NYÍREGYHÁZI EGYETEM
MŰSZAKI ÉS AGRÁRTUDOMÁNYI INTÉZET

KONFERENCIA KIADVÁNY

FENNTARTHATÓ TÁJGAZDÁLKODÁSI TUDOMÁNYOS MŰHELY KONFERENCIÁJA
2026 INNOVATÍV MEGOLDÁSOK A XXI. SZÁZAD MEZŐGAZDASÁGÁBAN

NYÍREGYHÁZA, 2026. ÁPRILIS 21.

Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely Konferenciája 2026 Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában

Szerkesztette:

Irinyiné dr. Oláh Katalin
Kosztyuné dr. Krajnyák Edit
Dr. Szabó Béla
Bara Eszter

Lektorálta:

Dr. Csabai Judit
Györgyiné Kovács Andrea
Dr. Hörcsik Tibor Zsolt
Irinyiné dr. Oláh Katalin
Kosztyuné dr. Krajnyák Edit
Makszim Györgyné dr. Nagy Tímea
Dr. Simon László
Dr. Szabó Béla
Dr. Tóth Csilla
Dr. Uri Zsuzsanna
Dr. Vigh Szabolcs

ISBN: 978-615-6032-91-1
DOI: https://doi.org/**10.71066/FTTMK.2**

TARTALOM

Antal Tamás – Kovács Zoltán: SZEMESTERMÉNY ÁLLAGMEGŐVÁSA A HORIZONTÁLIS TÁROLÓBAN: A TÁROLÁSI KONDÍCIÓK ELEMZÉSE ÉS OPTIMALIZÁLÁSA https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.01 7

Ács Peter Balázs – Mondici Susana – Ursan Patrick-Andrei – Andra Beniamin-Emanuel – Jurje Mara-Oana – Smit Gergely-Andrei: CROP RESPONSE TO GREEN MANURE SYSTEMS IN ACIDIC ALBIC LUVISOLS https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.02 18

Csabai Judit – Hörcsik Tibor Zsolt – Lengyel Anita – Mária Szanyi – Anzhela Kolesnyk – Kolesnyk Oleksandra – Kryvtsova Marina: Investigation of the antibacterial activity of bilberry (Vaccinium myrtillus L.) and lingonberry (Vaccinium vitis-idaea L.) leaf drugs using the disk diffusion method https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.03 28

Csabai Judit – Pinke Ildikó – Kosztyuné Krajnyák Edit – Mondici Susana – Makszim Györgyné Nagy Tímea: A TEHÉNBORSÓ (VIGNA UNGUICULATA (L.) WALP.) ÉLELMEZÉSI CÉLÚ TERMESZTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI MAGYARORSZÁGON https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.04..... 35

Edit Kosztyuné Krajnyák – István Henzsel – Shukhrat Shokirov – Ilhom Abdurahmanov – Mukhitdin Akbarov – Zokhid Mamatkulov – Ulugbek Kuziev – Khojiakbar Khasanov – Nozimjon Teshaev – Khakberdiev Obid – Khafizova Zulfiya – Susana Mondici – Ioan Radu ?ugar – Dominik László Sztojka – Béla Szabó – Eszter Petró Hajnal – Judit Csabai: Analysis of crop elements of triticale treated with poultry manure https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.05. 44

Gergely-Andrei Smit – Susana Mondici – Peter-Balazs Ács – Beniamin-Emanuel Andras – Patrick Ursan – Judit Csabai – Edit Kosztyuné Krajnyák – Béla Szabó – Floare Moisa: RED CLOVER VARIETIES CREATED AT LIVADA A.R.D.S. https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.06..... 53

Györgyi Gyuláné – Szabó Lajos – Sipos Tamás – Irinyiné Oláh Katalin – Henzsel István: Az öntözés hatása különböző burgonyafajták (Solanum tuberosum l.) termésmennyiségére és terméskép elemeire homoktalajon https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.07 59

Halász Judit: A talajtani tényezők szerepe az aflatoxin-kockázat alakulásában https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.08..... 68

Henzsel István – Makádi Marianna – Bogdányi Zsolt – Almási Csilla – Orosz Viktória – Demeter Ibolya: A kukoricatermés alakulása a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.09..... 81

Hüsniye Aka Sagliker: ENERGY CROPS AND ECOLOGICAL INTENSIFICATION: A MINI REVIEW https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.10 95

Hüsniye Aka Sagliker – Nigar Yarpuz-Bozdo?an: SUSTAINABLE BIOENERGY FROM PLANT-BASED FEEDSTOCKS https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.11 99

Irinyiné Oláh Katalin – Sipos Tamás – Tarekné Tilistyák Judit: Derítőkezelés hatása paradicsombogyók tárolás alatti vízvesztésére https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.12..... 105

Judit Csabai – Péter József Béres – Felicia Veronica Banciu – Anzhela Kolesnyk – Katalin Irinyiné Oláh: Effects of cultivation conditions on the herb yield of basil (Ocimum basilicum L.) https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.13..... 114

Judit Csabai – Péter József Béres – Felicia Veronica Banciu – Anzhela Kolesnyk – Katalin Irinyiné Oláh: Yield performance of different basil (Ocimum basilicum L.) varieties https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.14..... 118

Judit Csabai – Sichengcha Tongmoua – Pál Szarvas – Dóra Farkas – Jana Táborská – Tímea Nagy Makszim Györgyné – Judit Dobránszki: WINTER SURVIVAL AND FLOWERING

PERFORMANCE OF IN VITRO PROPAGATED DIANTHUS GIGANTEIFORMIS SUBSP. PONTEDERAE (A. KERN.) SOO UNDER DIFFERENT OVERWINTERING CONDITIONS https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.15 125

Kosztyuné Krajnyák Edit – Varga Richárd: KUKORICAHIBRIDEK POLLENSZÓRÁSÁNAK ÉS TERMÉSKÖTŐDÉSÉNEK VIZSGÁLATA https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.16 135

Kosztyuné Krajnyák Edit – Varga Richárd: VETÉSMÉLYSÉG HATÁSA A P9967 KUKORICAHIBRID CSÍRÁZÁSÁRA ÉS KELÉSDINAMIKÁJÁRA https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.17 143

Kövér Bella: ZÖLD KINCSÜNK: GYÓGYNÖVÉNYEK GYŰJTÉSE ÉS HASZNOSÍTÁSA NAPJAINKBAN https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.18 150

Mara-Oana Jurje – Beniamin -Emanuel Andras: EVALUATION OF PRODUCTION PERFORMANCE AND QUALITY PARAMETERS OF BARLEY VARIETIES AND LINES UNDER THE PEDO-CLIMATIC CONDITIONS OF NORTHWESTERN ROMANIA https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.19 156

Mondici Susana - Ács Peter-Balázs - Smit Gergely-Andrei - Goga Nicolae - Andras Beniamin-Emanuel - Ursan Patrick: VALORIZATION OF ACIDIC SOILS BY TESTING, INTRODUCING AND EXPANDING THE CULTIVATION OF NEW SPECIES WITH HIGH PRODUCTION POTENTIAL IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE IN NORTH-WEST ROMANIA https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.20 166

Nigar Yarpuz-Bozdogan – Ali Musa Bozdogan – Hüsniye Aka Sagliker: THE EFFECT OF DRIFT IN PESTICIDE APPLICATIONS ON THE ENVIRONMENT https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.21 182

Oleksandra Kolesnyk – Maryna Kryvtsova – Mandula Roman –Artem Kryvtsov – Csabai Judit: COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFECTS OF ANTISEPTIC AGENTS ON ISOLATES FROM COMPLICATED GUNSHOT WOUNDS (IN VITRO) https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.22 186

Orsolya Molnár – Dóra Farkas – Judit Csabai – Anzhela Kolesnyk – Judit Dobránszki: INFLUENCE OF LIGHT AND CYTOKININ CONCENTRATION ON THE IN VITRO MORPHOGENESIS OF HELICHRYSUM ARENARIUM LEAF SEGMENTS https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.23 192

Simon László: ÉLELMISZERIPARI MELLÉKTERMÉKEK ÉS HULLADÉKOK HASZNOSÍTÁSA AZ AGRÁRIUMBAN https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.24 198

Szabó Béla – Keczkó Zoltán – Györgyi Gyuláné: NITROGÉN HATÓANYAG MENNYISÉGEK ÉS KIJUTTATÁSI IDŐPONTOK HATÁSA A CSEMEGEKUKORICA TERMÉSELEMEIRE https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.25 208

Szabó Béla – Szabó Miklós– Györgyi Gyuláné – Bodnár Máté: AZ NDVI INDEX VÁLTOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA A CSEMEGEKUKORICA ÉRÉSE SORÁN https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.26 216

Tarekné Tilistyák Judit – Tarek Mohamed – Irinyiné Oláh Katalin: DERÍTŐSZERES TALAJKEZELÉS HATÁSA A CÉKLA (BETA VULGARIS L.) TERMELÉSI MUTATÓIRA https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.27 223

Tímea Makszim Györgyné Nagy - György Makszim - Béla Lukács - Béla Szabó - Andrea Györgyiné Kovács: SOIL PREPARATION FOR CANADIAN POPLAR (POPULUS×EURAMERICANA) FELLING AREAS: DEVELOPMENT TRENDS AND SUSTAINABILITY CHALLENGES https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.28 229

Tóth Csilla – Dezső Tamás – Szabó Béla: A TERMÉSHÉJ MIKROANATÓMIAI SZERKEZETÉNEK ÉS A FITOMELÁN RÉTEG VASTAGSÁGÁNAK SZEREPE A

NAPRAFORGÓMOLY (HOMOEOSOMA NEBULELLUM) ELLENI REZISZTENCIÁBAN KÜLÖNBÖZŐ GENOTÍPUSOKNÁL https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.29 240

Tóth Csilla – Kiss Fanni: EGY NATURA 2000-ES GYEP ÁLLATELTARTÓ KÉPESSÉGÉNEK ÉS TERMÉSZETVÉDELMI ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.30 251

Uri Zsuzsanna – Irinyiné Oláh Katalin – Varga Máté Csaba – Szabó Balázs: ROVARTRÁGYA HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A TALAJ FIZIKAI ÉS KÉMIAI JELLEMZŐIRE ÉS AZ ÉDESBURGONYA TERMÉSHOZAMÁRA https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.31 264

Ursan Patrick-Andrei – Mondici Susana – Andras Beniamin-Emanuel – Ács Peter Balazs – Smit Gergely-Andrei – Jurje Mara-Oana: IMPACT OF NOVEL CROP SPECIES ON ACIDIC SOIL FERTILITY: AN AGROCHEMICAL ANALYSIS OF THE SOIL-PLANT SYSTEM https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.32 274

Vigh Szabolcs – Kazai Diána: A TAKARMÁNYOZÁS ÉS AZ IMMUNRENDSZER ÖSSZEFÜGGÉSEINEK VIZSGÁLATA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A TEHENEK TŐGYGYULLADÁSÁRA https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.33 291

Vigh Szabolcs – Veres Boglárka: SZABOLCS-SZATMÁR-BEREG VÁRMEGYÉBEN TALÁLHATÓ NÉHÁNY VADÁSZTÁRSASÁG GAZDASÁGI HELYZETÉNEK ELEMZÉSE https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.34 306

SZEMESTERMÉNY ÁLLAGMEGÓVÁSA A HORIZONTÁLIS TÁROLÓBAN: A TÁROLÁSI KONDÍCIÓK ELEMZÉSE ÉS OPTIMALIZÁLÁSA

Antal Tamás[1] *– Kovács Zoltán*[2]

[1]Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: antal.tamas@nye.hu
[2]Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Jármű- és Mezőgazdasági Géptani Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: zoltan.kovacs@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.01

Bevezetés

A betakarított szemestermények minőségének megőrzése a tárolás teljes időtartama alatt kiemelt jelentőségű feladat, mivel a nem megfelelő tárolási körülmények jelentős szárazanyag-veszteséget, minőségromlást, mikrobiológiai károsodást és kártevő-fertőzést okozhatnak. A biztonságos tárolás alapfeltétele a hőmérséklet és a nedvességtartalom folyamatos ellenőrzése, mivel ezek a tényezők meghatározó szerepet játszanak a termény fizikai és biológiai állapotának alakulásában. A horizontális tárolók széles körű alkalmazása indokolttá teszi az ott kialakuló tárolási viszonyok részletes vizsgálatát.

A kutatás célja a horizontális tárolóban elhelyezett napraforgó magvak állagmegóvásának vizsgálata, különös tekintettel a tárolás során bekövetkező hőmérséklet- és nedvességváltozások értékelésére. További cél a tárolási körülmények terményminőségre gyakorolt hatásának elemzése, valamint olyan fejlesztési javaslatok megfogalmazása, amelyek hozzájárulhatnak a minőségromlás megelőzéséhez és a tárolási veszteségek csökkentéséhez.

Irodalmi áttekintés

A szemestermények tárolása a mezőgazdasági termelés egyik meghatározó technológiai folyamata, amelynek célja a betakarított termény minőségének, mennyiségének és felhasználhatóságának megőrzése a feldolgozásig vagy értékesítésig. A tárolás jelentőségét növeli, hogy a gabonafélék és olajos magvak nemcsak az élelmiszeripar, hanem a takarmányozás és az energetikai célú hasznosítás alapanyagait is képezik. A nem megfelelő tárolási körülmények jelentős gazdasági veszteségeket okozhatnak a szárazanyag-veszteség, a minőségromlás, valamint a kártevők és mikroorganizmusok elszaporodása következtében (Kacz és Varga, 2021).

A tartós tárolhatóság alapfeltétele a termény megfelelő nedvességtartalmának biztosítása. A betakarított szemestermények nedvességtartalma gyakran meghaladja a biztonságos tároláshoz szükséges értéket, ezért szárításuk elengedhetetlen. Az egyensúlyi nedvességtartalom felett tárolt terményben intenzív biológiai és kémiai folyamatok zajlanak, amelyek hőtermeléssel járnak (Bala, 2017). A keletkező vízpára a halmaz hidegebb részein kicsapódhat, ami a penészesedés, a gócponti felmelegedés és szélsőséges esetben akár az öngyulladás kialakulásához is vezethet. A szakirodalom szerint a szárítás sikerességét nemcsak a végnedvesség-tartalom, hanem annak egyenletessége is meghatározza (Komka, 1976).

A tárolás során a termény minőségét jelentősen befolyásolja a hőmérséklet és a környezeti levegő relatív nedvességtartalma. A tárolt magvak folyamatos légzése következtében hő és nedvesség szabadul fel, amely kedvezőtlen körülmények között a tárolótér mikroklímájának romlásához vezethet. Emiatt a korszerű tárolási technológiák alapvető eleme a természetes vagy mesterséges szellőztetés, amely biztosítja a nedvesség és a hő elvezetését, valamint elősegíti a terménytömeg homogén állapotának fenntartását (Nyári et al., 2023). Különösen fontos ez a horizontális tárolók esetében, ahol a nagy tömegű terményhalmazban helyi hőmérsékleti és nedvességi különbségek alakulhatnak ki.

A szemestermények tárolására alkalmazott rendszerek közül a legelterjedtebbek a síktárolók és a függőleges silók. A síktárolók előnye a nagy befogadóképesség és az egyszerű technológiai kialakítás, ugyanakkor fokozott figyelmet igényelnek a szellőztetés, a párakicsapódás elleni védelem és a terménytömeg ellenőrzése szempontjából. A modern tárolólétesítmények egyre gyakrabban rendelkeznek beépített szellőztető rendszerekkel, valamint hőmérséklet- és nedvességmérő szenzorokkal, amelyek lehetővé teszik a tárolási folyamat folyamatos felügyeletét (Yin et al., 2025).

A minőségmegőrzés fontos eleme a tisztítási technológia alkalmazása is. A betakarított termény számos idegen anyagot, például szármaradványt, gyommagot, törtszemet és port tartalmazhat. Ezek jelenléte rontja a tárolhatóságot, növeli a mikrobiológiai fertőzések és a kártevők megtelepedésének kockázatát. Az elő- és utótisztítás célja a tárolás szempontjából kritikus szennyeződések eltávolítása, ezáltal a termény állapotának stabilizálása és a későbbi veszteségek csökkentése (Komka és Bellus, 1986).

A tárolt termények állagmegóvását veszélyeztető tényezők közül kiemelkedő jelentőségűek a raktári kártevők. A gabonazsizsik, a lisztbogarak, az aszalványmoly és más rovarfajok jelentős minőségi és mennyiségi károkat okozhatnak. A rágcsálók jelenléte további veszélyt jelent, mivel közvetlen fogyasztásuk mellett szennyezik is a terményt (Srivastava és Subramanian, 2016). A szakirodalom hangsúlyozza a megelőző védekezés fontosságát, amely magában foglalja a tárolók alapos tisztítását, fertőtlenítését, a rendszeres monitoringot és szükség esetén a kártevőirtási beavatkozások elvégzését (Upadhyay és Ahmad, 2011).

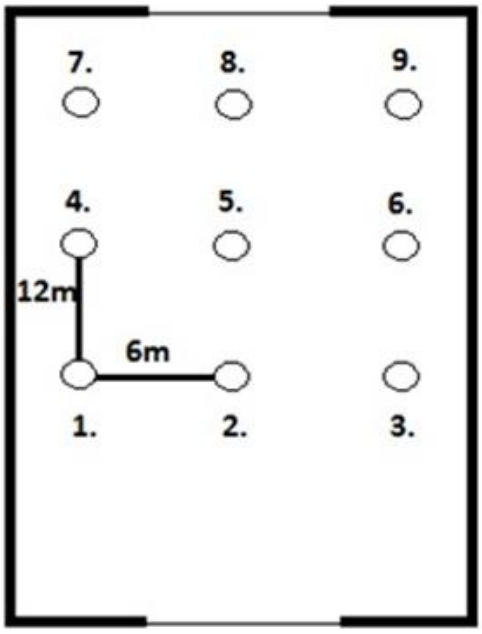
Az utóbbi években egyre nagyobb szerepet kapnak az automatizált monitoring rendszerek. Az intelligens érzékelők segítségével folyamatosan nyomon követhető a termény hőmérséklete, nedvességtartalma, a CO_2-kibocsátás, valamint a tárolótér levegőjének állapota. Az ilyen rendszerek lehetőséget biztosítanak a rendellenességek korai felismerésére, a szellőztetési folyamatok optimalizálására és a tárolási veszteségek minimális szintre csökkentésére. A precíziós technológiák alkalmazása a jövőben várhatóan meghatározó szerepet tölt be a szemestermények biztonságos és gazdaságos tárolásában (Aarif et al., 2025).

Anyag és módszer

A vizsgálatokat egy besztereci telephelyen található horizontális kialakítású acélvázas, könnyűszerkezetes gabonatárolóban végeztük szárított napraforgó terményen. A vizsgált tároló alapterülete 1510 m², tárolókapacitása mintegy 4500 t. A vizsgálati időszakban a tároló kapacitásának kihasználtsága nem érte el a maximális értéket.

A tárolóba betárolt napraforgó rétegvastagsága a megfigyelési időszak alatt 3,5–4,0 m volt.

A tárolási folyamatot 9 héten keresztül követtük nyomon heti rendszerességgel. A terményhalomban 9 állandó mérési pontot jelöltünk ki, amelyek egymástól 6 és 12 m távolságra helyezkedtek el (1. ábra). Minden mérési ponton két mintát vettünk: egyet a halom felszínéről, valamint egyet 1,5 m mélységből kézi mintavevő (stekker) (Konzum Trade Kft., Nyíregyháza) segítségével (2. ábra).



1. ábra. A horizontális tárolóban kialakított kilenc mérési pont elhelyezkedése
(Forrás: saját szerkesztés)

A termény nedvességtartalmának meghatározását hordozható Dickey-John Multi Grain gyorsnedvesség-mérővel (Dickey-John, USA, Auburn) végeztük. A maghőmérséklet mérésére 1,5 m hosszúságú KTTM típusú terményhőmérőt (Mérési tartomány: -10 – +110°C) (Konzum Trade Kft., Nyíregyháza) használtunk (2. ábra). A tároló belső levegőjének, illetve a külső környezetnek a hőmérsékletét és relatív nedvességtartalmát digitális hőmérséklet- és páratartalom-mérő állomás segítségével rögzítettük.

A tárolt termény biológiai állapotának értékelése céljából minden mérési alkalommal kártevő-felmérést is végeztünk. A rovarok jelenlétét szemrevételezéssel és kézi szita (1×1 mm, és 3,2×3,2 mm) (Konzum Trade Kft., Nyíregyháza) alkalmazásával vizsgáltuk a halom felső rétegéből és az 1,5 m mélységből származó mintákban (2. ábra). A megfigyelések során különös figyelmet fordítottunk a raktári kártevők megjelenésére és elterjedésére.



2. ábra. Terményhőmérő, kézi stekker és rovar rosta
(Forrás: saját felvétel)

A mért adatok alapján értékeltük a tárolás során bekövetkező nedvességtartalom- és hőmérséklet-változásokat, valamint azok hatását a termény állagmegóvására és a tárolási biztonságra.

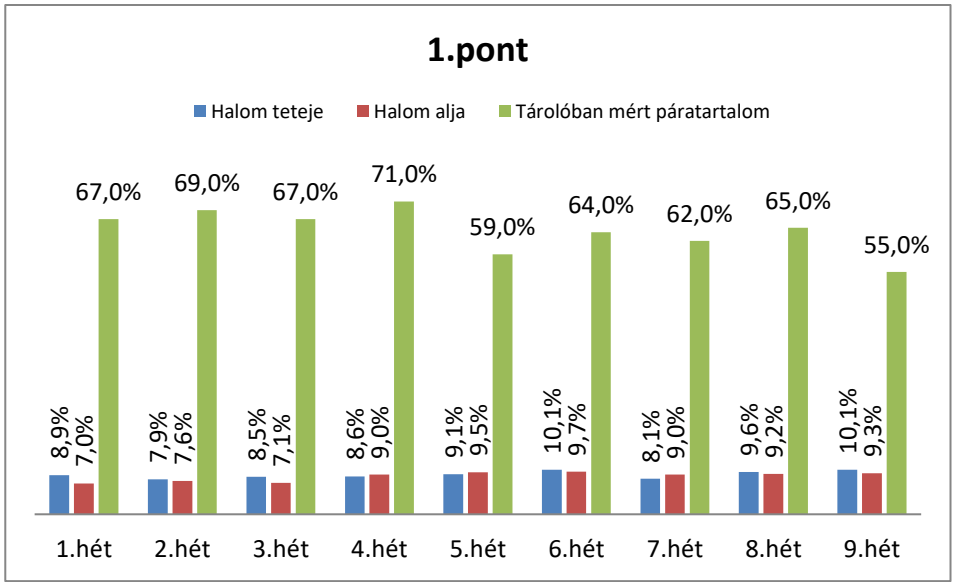
A vizsgálatok során valamennyi mérési ponton kétszeres ismétlést alkalmaztunk a mérési bizonytalanság csökkentése és az eredmények megbízhatóságának növelése érdekében. A nedvességtartalom-, hőmérséklet- és egyéb meghatározások minden mintavételi helyen két párhuzamos mérésből származtak. A cikkben bemutatott eredmények a két ismétlés számtani átlagát képviselik.

Eredmények és értékelésük

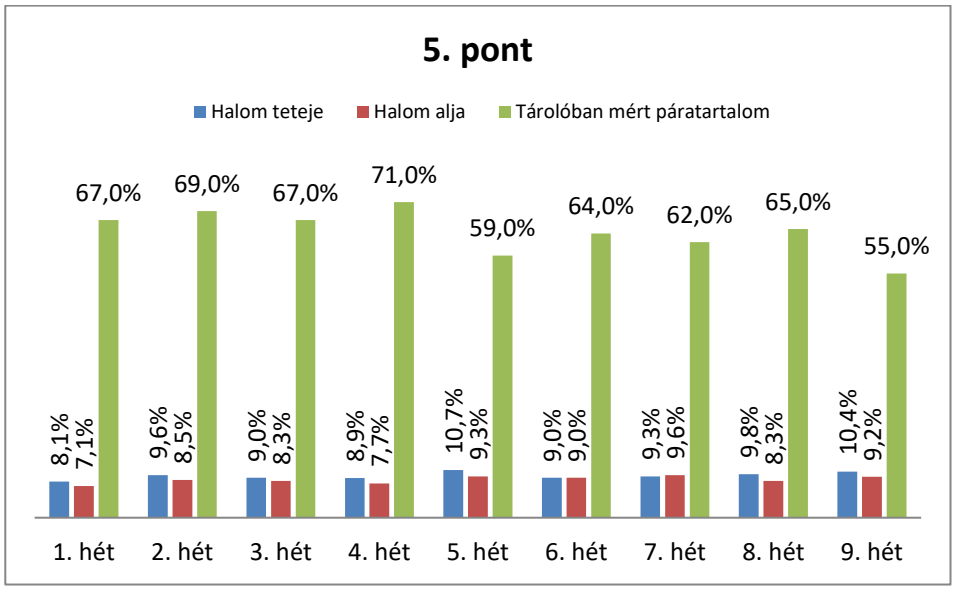
Az eredmények áttekinthető bemutatása érdekében a tároló eltérő térbeli helyzeteit reprezentáló 1., 5. és 9. mérési pont adatait emeltük ki részletes elemzésre.

A tárolt napraforgó nedvességtartalmának változása a tárolási idő alatt

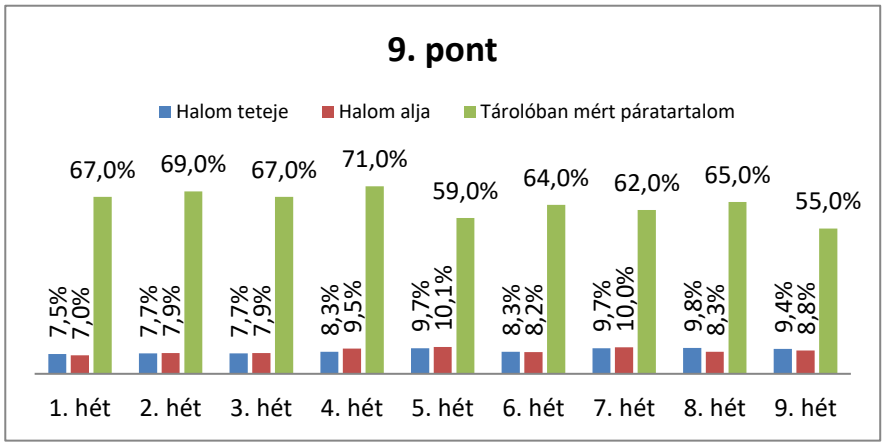
A 3–5. ábrák a napraforgó nedvességtartalmában, valamint a tárolótér levegőjének relatív nedvességtartalmában bekövetkező változásokat szemléltetik a kilenchetes tárolási időszak alatt.



3. ábra. A napraforgó nedvességtartalmának és a tároló levegő relatív nedvességtartalmának változása az 1. mérési ponton
(Forrás: saját szerkesztés)



4. ábra. A napraforgó nedvességtartalmának és a tároló levegő relatív nedvességtartalmának változása az 5. mérési ponton
(Forrás: saját szerkesztés)



5. ábra. A napraforgó nedvességtartalmának és a tároló levegő relatív nedvességtartalmának változása a 9. mérési ponton
(Forrás: saját szerkesztés)

A 3–5. ábrák adatai alapján megállapítható, hogy a vizsgált tárolási időszak során a napraforgó nedvességtartalma valamennyi mérési ponton csak mérsékelt mértékben változott. A betárolást követően a termény nedvességtartalma jellemzően 7,0–8,9% (nedves bázisban megadva) között alakult, majd a tárolás előrehaladtával fokozatos növekedést mutatott, és a vizsgálati időszak végére több esetben elérte vagy meghaladta a 9,0–10,0%-os értéket. A változás különösen az 5. héttől vált egyértelművé, amikor a termény nedvességtartalma szinte minden vizsgált ponton növekedést mutatott.

A tárolótér relatív nedvességtartalma a vizsgálat során 55–71% között változott. A legmagasabb értéket a 4. héten mértük (71%), amelyet követően a termény nedvességtartalma több mérési ponton emelkedő tendenciát mutatott. Ez arra utal, hogy a tároló levegőjének nedvességviszonyai érzékelhető hatást gyakoroltak a termény víztartalmára. A megfigyelt folyamat összhangban van a szemestermények ismert higroszkópos tulajdonságával, amelynek következtében a szemek a

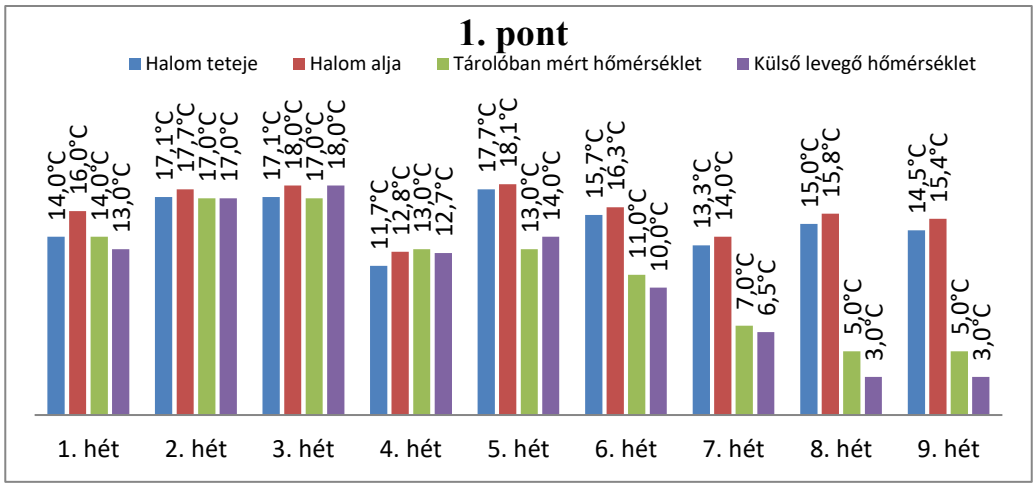
környező levegő nedvességi állapotának megfelelően nedvességet vesznek fel vagy adnak le (Ugrozov et al., 2007).

Az egyes mérési pontok összehasonlítása azt mutatta, hogy a halom felszíni és mélyebb rétegei között nem alakultak ki jelentős különbségek. A felszíni minták nedvességtartalma a legtöbb esetben kismértékben meghaladta az 1,5 m mélységből származó mintákét, ami a természetes légcsere és a környezeti levegő közvetlen hatásával magyarázható (Mao et al., 2024). Ugyanakkor a különbségek egyik mérési ponton sem utaltak kritikus nedvességfelhalmozódásra vagy lokális nedves gócpontok kialakulására.

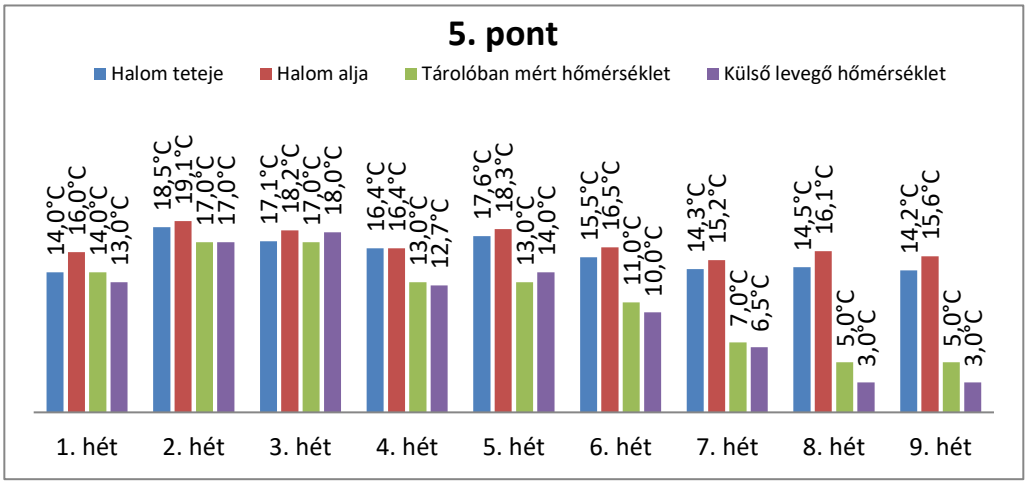
Összességében megállapítható, hogy a tárolási rendszer képes volt a termény nedvességi állapotának viszonylag egyenletes fenntartására, azonban a fokozatos visszanedvesedés ténye rámutat arra, hogy hosszabb tárolási idő esetén a rendszeres monitoring és az aktív szellőztetés alkalmazása indokolt lehet a minőségromlás megelőzése érdekében.

1. A napraforgó és levegő hőmérsékletének változása a tárolási folyamat alatt

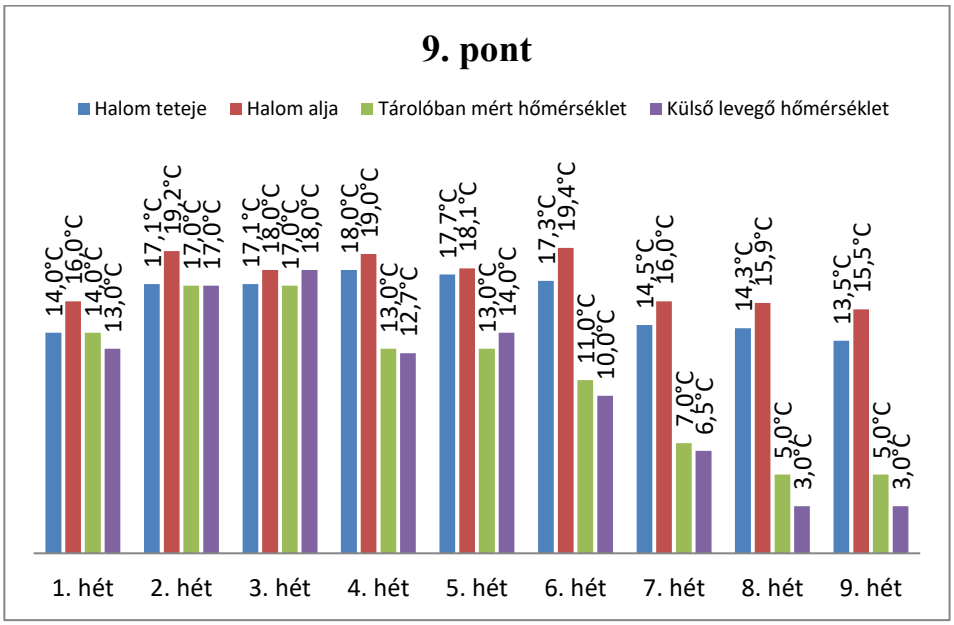
A 6–8. ábrák a napraforgó maghőmérsékletében, valamint a tárolótér és a környezet levegőjének hőmérsékletében bekövetkező változásokat szemléltetik a kilenchetes tárolási időszak alatt.



6. ábra. A termény és a környező levegő hőmérséklet-változása a tárolás során (1. mérési pont) (Forrás: saját szerkesztés)



7. ábra. A termény és a környező levegő hőmérséklet-változása a tárolás során (5. mérési pont) (Forrás: saját szerkesztés)



8. ábra. A termény és a környező levegő hőmérséklet-változása a tárolás során (9. mérési pont) (Forrás: saját szerkesztés)

A 6–8. ábrák eredményei alapján a tárolótér és a külső környezet hőmérséklete a vizsgálati időszak során fokozatos csökkenést mutatott, amely megfelelt az őszi időszakra jellemző klimatikus viszonyoknak. A külső levegő hőmérséklete a kezdeti 13–18 °C értékről a vizsgálat végére 3 °C-ra csökkent, miközben a tároló belső levegőjének hőmérséklete 14–17 °C-ról 5 °C-ra mérséklődött. A tároló belső tere a teljes időszak alatt kiegyenlítő hatást gyakorolt a környezeti változásokra, amely kedvező mikroklimatikus viszonyokat biztosított a termény számára.

A termény hőmérséklete szinte minden mérési ponton meghaladta a tároló levegőjének hőmérsékletét. Az 1., az 5. és a 9. mérési pont esetében egyaránt megfigyelhető volt, hogy az 1,5 m mélységből származó minták hőmérséklete rendszerint 0,4–2,0 °C-kal magasabb volt a felszíni rétegénél. Ez a jelenség a terményhalmaz belsejében zajló biológiai és légzési folyamatokkal, valamint a nagyobb hőtehetetlenséggel magyarázható (Molina-Herrera et al., 2025).

A legmagasabb maghőmérsékleti értékek a 2–6. héten jelentkeztek, amikor több mérési ponton 18–19 °C közötti hőmérsékletet mértünk. Ezt követően a terménytömeg hőmérséklete fokozatosan csökkent, követve a környezeti feltételek változását. Fontos megállapítás ugyanakkor, hogy a termény és a környező levegő közötti hőmérséklet-különbség a teljes megfigyelési időszak alatt megmaradt, ami a tárolt napraforgó folyamatos hőleadására és lassú lehűlésére utal (Zhiwen et al., 2026).

A vizsgálat során egyik mérési ponton sem alakult ki olyan mértékű hőmérséklet-emelkedés, amely a termény önmelegedésére vagy romlási gócpont kialakulására utalt volna. A hőmérséklet-eloszlás viszonylagos homogenitása arra enged következtetni, hogy a tároló természetes szellőzése megfelelő mértékben biztosította a keletkező hő elvezetését. Az eredmények alapján a tároló hőmérsékleti viszonyai a vizsgált időszakban kedvezőek voltak a napraforgó minőségének megőrzése szempontjából.

Raktári kártevők előfordulásának vizsgálata

A kilenchetes megfigyelési időszak során a tárolt napraforgó kártevő-fertőzöttségét rendszeres mintavétellel és szemrevételezéssel vizsgáltuk. Az első három hétben nem találtunk kártevőket a mintákban, azonban a negyedik héttől kezdődően rovarok jelenlétét sikerült kimutatni. A meghatározott fajok között aszalványmoly (*Plodia interpunctella* L.) és lisztbogár (*Tenebrio molitor* L.) egyedei fordultak elő (egyedszám: átlagosan 2 és 1 mintavételenként). A kártevők

megjelenése valószínűsíthetően a tároló előzetes fertőtlenítésének hiányosságaival, illetve a tárolási környezet kedvezőtlen feltételeivel hozható összefüggésbe (El-Ramady et al., 2014).

A megfigyelések rámutattak arra, hogy a termény minőségének hosszú távú megőrzése érdekében kiemelt jelentőségű a megfelelő higiéniai állapot fenntartása, a rendszeres kártevő-monitoring, valamint a megelőző védekezési eljárások alkalmazása.

Következtetések és javaslatok

A kilenchetes tárolási vizsgálat során a horizontális, könnyűszerkezetes tárolóban elhelyezett napraforgó nedvességtartalma és hőmérséklete mérsékelt változásokat mutatott, azonban a vizsgálati időszak alatt nem alakultak ki a termény minőségét veszélyeztető romlási gócpontok. A betárolást követően a termény nedvességtartalma fokozatosan növekedett, ami elsősorban a környezeti levegő nedvességtartalmával és a természetes légcsere hiányával hozható összefüggésbe.

A mért hőmérsékleti értékek alapján megállapítható, hogy a termény hőmérséklete a teljes tárolási időszak alatt meghaladta a tároló levegőjének hőmérsékletét, ugyanakkor kritikus felmelegedés nem következett be. A halom felszíne és mélyebb rétegei között csak kisebb hőmérsékleti különbségek alakultak ki, ami a tárolt tömeg viszonylag egyenletes állapotára utal.

A kártevő-felmérések során aszalványmoly és lisztbogár egyedeinek jelenléte volt kimutatható, amely arra utal, hogy a tároló higiéniai állapotának és a megelőző kártevő-mentesítési eljárások hatékonyságának további javítása szükséges.

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a jelenlegi tárolási technológia rövid és középtávú tárolásra megfelelő, ugyanakkor a tárolási biztonság növelése érdekében indokolt a technológia fejlesztése. Javasolt a tároló előkészítésének, takarításának és karbantartásának fokozása, a hatékonyabb elő- és utótisztítás alkalmazása, valamint a kártevő-monitoring rendszer fejlesztése. A tárolási veszteségek további csökkentése érdekében célszerű automatizált hőmérséklet-, nedvességtartalom- és CO_2-monitorozó rendszer kiépítése, amely valós idejű információt szolgáltat a tárolt termény állapotáról, és szükség esetén automatikusan vezérelheti a szellőztetési folyamatokat (9. ábra).



9. ábra. Javasolt intelligens monitoringrendszer a tárolt szemestermény hőmérséklet-, nedvességtartalom- és CO_2-viszonyainak felügyeletére
(Forrás: saját szerkesztés az Internet1 alapján)

A korszerű monitoring- és szellőztetési rendszerek alkalmazása hosszabb távon hozzájárulhat a termény minőségének megőrzéséhez, a tárolási veszteségek mérsékléséhez és a gazdaságosabb üzemeltetéshez.

Emellett fontos a páralecsapódást gátló szerkezeti elemek állapotának folyamatos ellenőrzése, valamint a rágcsálók bejutási lehetőségeinek további csökkentése.

Összefoglalás

A szemestermények minőségének megőrzése alapvető követelmény a biztonságos tárolás és a gazdasági veszteségek minimalizálása érdekében. A kutatás célja a napraforgó állagmegóvásának vizsgálata volt egy 4500 tonna kapacitású horizontális tárolóban, különös tekintettel a hőmérséklet- és nedvességviszonyok alakulására. A kilenc héten át tartó megfigyelés során rendszeres hőmérséklet- és nedvességtartalom-méréseket végeztünk a terménytömeg különböző pontjain.

Az eredmények alapján a napraforgó nedvességtartalma a tárolás során viszonylag stabil maradt, jelentős minőségromlás vagy káros külső elváltozás nem volt megfigyelhető. Ugyanakkor a tárolóban kártevők – aszalványmoly (*Plodia interpunctella* L.) és lisztbogár (*Tenebrio molitor* L.) – jelenlétét is kimutattuk, ami rámutat a megelőző védekezés és a folyamatos ellenőrzés fontosságára. A vizsgálat során feltártuk a kézi ellenőrzési módszerek korlátait, valamint azokat a kockázati tényezőket, amelyek hosszabb tárolási idő esetén minőségvesztést okozhatnak.

A terménybiztonság növelése érdekében javasolt a tárolók előkészítésének és tisztításának fejlesztése, a kártevő-monitoring erősítése, valamint automatizált hőmérséklet-, nedvesség- és CO_2-ellenőrző rendszer alkalmazása. Az intelligens felügyeleti rendszerek hozzájárulhatnak a romlási folyamatok korai felismeréséhez, a tárolási veszteségek csökkentéséhez és a termény minőségének hosszú távú megőrzéséhez.

Kulcsszavak: napraforgó, szemestermény-tárolás, állagmegóvás, hőmérséklet, nedvességtartalom, kártevők, automatizált monitoring.

Irodalom

Aarif KO, M., Alam, A., & Hotak, Y. (2025). Smart sensor technologies shaping the future of precision agriculture: Recent advances and future outlooks. *Journal of Sensors*, *2025*(1), 2460098. https://doi.org/10.1155/js/2460098

Bala, B. K. (2017). Drying and storage of cereal grains. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781119124207

El-Ramady, H. R., Domokos-Szabolcsy, É., Abdalla, N. A., Taha, H. S., & Fári, M. (2014). Postharvest management of fruits and vegetables storage. In *Sustainable Agriculture Reviews: Volume 15* (pp. 65-152). https://doi.org/10.1007/978-3-319-09132-7_2

Kacz, K., & Varga, Á. (2021). Egy mezőgazdasági vállalkozás terményszárító üzem létesítésének ökonómiai vizsgálata. *Acta Agronomica Óváriensis*, *62*(2), 70-81.

Komka, G. (1976). Egyszintes terménytárolók és szerkezeti megoldásaik (No. 13). Akadémiai Kiadó.

Komka, G., & Bellus, Z. (1986). Szemestermények hűtvetárolása (No. 69). Akadémiai Kiadó.

Mao, Q., Li, H., Ji, C., Peng, Y., & Li, T. (2024). Experimental study of ambient temperature and humidity distribution in large multi-span greenhouse based on different crop heights and ventilation conditions. *Applied Thermal Engineering*, *248*, 123176. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.123176

Molina-Herrera, F. I., Jiménez-Islas, H., Sandoval-Hernández, M. A., Maldonado-Sierra, N. E., Domínguez, C. C., Jarquín, E. L., & Flores-Martínez, N. L. (2025). Modeling of temperature and moisture dynamics in corn storage silos with and without aeration periods in three dimensions. *ChemEngineering*, *9*(4), 89. https://doi.org/10.3390/chemengineering9040089

Nyári, L., Teschner, G., & Kovács, A. J. (2023). Szemestermények szállítása, raktározása és osztályozása a minőségmegőrzési szempontok figyelembevételével. *Acta Agronomica Óváriensis*, *64*(1), 159-193.

Srivastava, C., & Subramanian, S. (2016). Storage insect pests and their damage symptoms: an overview. *Indian Journal of Entomology*, *78*(special), 53-58. https://doi.org/10.5958/0974-8172.2016.00025.0

Ugrozov, V. V., Filippov, A. N., & Sidorenko, Y. I. (2007). Theoretical description of the hygroscopicity of hydrophilic biopolymers and their mixtures. *Colloid Journal*, *69*(2), 232-236. https://doi.org/10.1134/S1061933X07020135

Upadhyay, R. K., & Ahmad, S. (2011). Management strategies for control of stored grain insect pests in farmer stores and public ware houses. *World Journal of Agricultural Sciences*, *7*(5), 527-549.

Yin, Q., He, Y., Liu, S., Liu, X., Zhang, Y., Song, S., & Li, H. (2025). Heat and moisture transfer dynamics in humidity-stratified paddy grain bulk under mechanical ventilation. *Results in Engineering*, *27*, 106131. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106131

Zhiwen, Z., Yan, C., Xilong, Y., Guanpeng, Q., Weihua, C., & Shiyu, D. (2026). A Case Study on Grain Storage in Underground Granaries with Different Lining Materials. *Applied Food Research*, 102045. https://doi.org/10.1016/j.afres.2026.102045

Internet 1. https://grainmanagement.com/grain-bin-monitoring-systems

PRESERVATION OF GRAIN QUALITY IN HORIZONTAL SILOS: ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF STORAGE CONDITIONS

[1]Tamás Antal, [2]Zoltán Kovács

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
antal.tamas@nye.hu

[2]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
zoltan.kovacs@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.02

Summary

Maintaining grain quality during storage is essential for preserving market value, food safety, and product quality of grains. This study examined the storage stability of sunflower seeds in a horizontal warehouse with a capacity of 4,500 t over a nine-week period. Temperature and moisture content were measured at multiple locations within the grain bulk to evaluate the influence of storage conditions on the product quality. The results showed relatively stable moisture levels (7.0–10.7%) and grain temperatures between 14 and 19 °C, with no visible signs of quality deterioration. However, storage pests, including the Indian meal moth (*Plodia interpunctella* L.) and yellow mealworm beetle (*Tenebrio molitor* L.), were detected, highlighting the importance of preventive pest management. This study identified limitations in manual monitoring and emphasized the need for improved cleaning, warehouse maintenance, condensation control, and rodent exclusion. The implementation of automated monitoring systems capable of continuously measuring temperature, moisture, and CO_2 concentration is recommended. These systems can provide early warning alerts and automatically initiate ventilation or cooling processes, thereby reducing storage losses and enhancing the safety and sustainability of grain storage operations.

Keywords: sunflower seed, grain storage, quality preservation, temperature, moisture content, storage pests, automation.

CROP RESPONSE TO GREEN MANURE SYSTEMS IN ACIDIC ALBIC LUVISOLS

Ács Peter Balázs[1] – *Mondici Susana*[1] – *Ursan Patrick-Andrei*[1] – *Andraș Beniamin-Emanuel*[1] – *Jurje Mara-Oana*[1] – *Smit Gergely-Andrei*[1]

[1]Agricultural Research and Development Station Livada (ARDS Livada), 7 Baia Mare Street, 447180 Livada, Satu Mare County, Romania

Introduction

The combined use of chemical and organic fertilizers is a promising approach for rapidly correcting nutrient deficiencies and improving soil structure, particularly in agricultural systems facing the dual pressures of maintaining productivity while preserving long-term soil health. Chemical fertilizers provide immediate nutrient availability, allowing crops to overcome acute deficiencies within a short timeframe, whereas organic amendments contribute to the gradual build-up of soil organic matter, improved water retention, and enhanced biological activity. Adapting and applying this integrated approach to the specific needs of the soil and crops enhances the benefits of both fertilizer types, minimizes their respective drawbacks, and contributes to the sustainable increase in agricultural production over successive growing seasons.

Within this framework, the use of green manures and cover crops has emerged as a particularly valuable practice, offering multiple agronomic and environmental benefits. These include reducing soil water evaporation, preventing erosion on exposed or sloped land, maintaining more stable and optimal soil temperatures, and improving soil structure through increased aggregation and porosity. When incorporated into the soil, green manures decompose and release essential nutrients, such as nitrogen, phosphorus, and potassium, back into the soil profile, making them available to subsequent crops and reducing reliance on external fertilizer inputs.

Given these documented benefits, the primary objective of this research is to assess the effects of green manures and their combinations with chemical fertilizers on soil fertility and the performance of major agricultural crops, namely wheat, maize, and sunflower. By examining both the standalone and combined effects of these amendments, the study aims to provide a clearer understanding of how green manure practices can be optimized within conventional fertilization systems.

Keywords: green manure crops; soil fertility; crop yield; nitrogen dynamics; sustainable cropping systems

Literature review

Soil fertility management is one of the most important factors affecting agricultural production. The use of organic fertilizers, including green manure, is an important strategy for maintaining or improving soil fertility for sustainable agricultural production (Aka Sagliker and Kizildag Ozdal, 2021; Kosztyuné Krajnyák et al., 2024; Csabai et al., 2022; Csabai et al., 2021; Takin et al., 2023; Shiferaw et al., 2011).

In general, green manure refers to crops that provide fertilizer for major agricultural crops and improve soil productivity. The use of green manure is a traditional and valuable practice for managing agroecosystems (Tovar et al., 2023).

Both chemical fertilizers and green manure can increase the efficiency of nitrogen use. Lei and colleagues (2022) showed that replacing chemical fertilizers with green manure can improve the growth environment for rice roots and increase root density, biomass, activity, and nutrient uptake (Wang et al., 2025). In addition, legumes used as green manure can provide extra nitrogen to the soil (Crews et al., 2004; Drinkwater et al., 1995; Györgyiné Kovács et al., 2025).

The application of green manure provided a more stable nitrogen supply and reduced the potential for nitrification by decreasing nitrification substrates, thereby maintaining a relatively stable trend in soil NH_4^+-N. This, in turn, reduced soil nitrogen volatilization, leaching, and runoff, helping protect the aquatic and atmospheric environments. (Rudisil et al., 2016)

Furthermore, the incorporation of green manure results in a rapid increase in the number of soil microorganisms; however, the high C/N and C/P ratios of non-leguminous green manure crops increase microorganisms' uptake of available N and P, thereby reducing the initial levels of available N and P in the soil during the early stage of green manure incorporation and subsequently inhibiting the early growth of rice

Green manure contains major macronutrients (N, P, K) and several micronutrients (Ca, Mg, Si), which not only transfer nutrients to the soil and ensure a balanced and sustainable supply of nutrients in paddy fields but also promote the uptake of nutrients from deeper soil layers by rice roots (Lei et al., 2022).

The method of using green manure varies depending on the climate, soil, the type of plant used as green manure, and the agronomic characteristics of the first crop being fertilized (Naz et al., 2023). With regard to climate, the application of green manure is recommended primarily for humid areas and secondarily for intermediate areas. As for soil, green manure can be applied to any type of soil, but it is of greater importance for podzolic and sandy soils (Naie et al., 2024). In these areas, insufficient forage resources make conditions unfavorable for raising livestock and, consequently, for supplying the farm with manure. On such soils, due to unsuitable physical conditions and poor nutrient and water supply, other measures aimed at restoring soil fertility also fail to yield satisfactory results (Sigfried, 2012).

Green manure is a viable and sustainable way to improve the fertility of acidic soils. Integrating it into agricultural practices can significantly help restore and maintain soil health. However, it is essential to evaluate and adapt these methods to the specific characteristics of each plot of land and the needs of the crops being grown (Păcurar et al., 1999a,b).

Material and method

The experiment was conducted on the experimental fields of the Agricultural Research and Development Station (ARDS) Livada in Romania and included three main crops: wheat, sunflower, and maize. The same experimental methodology was applied to all three crops, using identical variants. For each crop, the cultivation technology specific to the Livada area and the northwestern region of Romania was followed, adapted to local pedoclimatic conditions and the specific requirements of each crop.

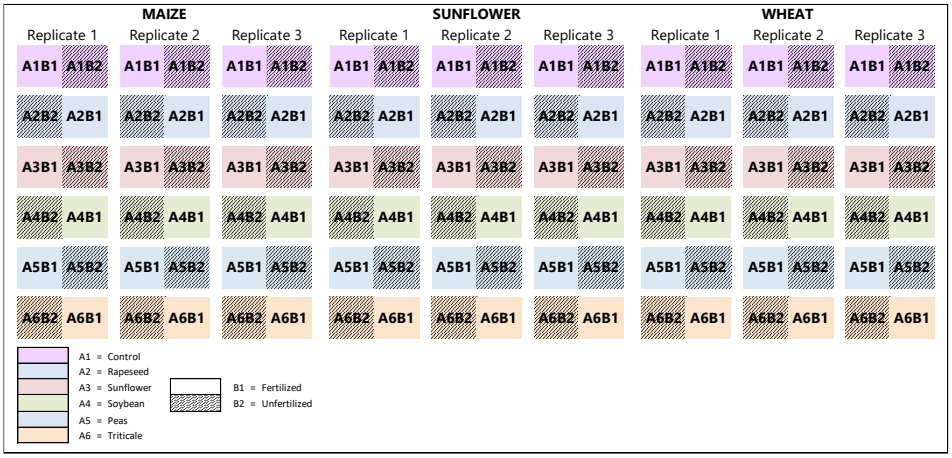


Figure 1. Experimental layout

The experiment was conducted using the split-plot design with three replicates and included three main experimental factors (Figure 1):

Factor A consisted of plant species used as green manures:

- A1 – Control (no green manure)
- A2 – Rapeseed
- A3 – Sunflower
- A4 – Soybean
- A5 – Pea
- A6 – Triticale

These species were sown in June, immediately after harvesting the preceding crop (in this case, oats), and were incorporated into the soil in their green state during autumn, approximately at the flowering phenological stage.

Factor B was represented by the chemical fertilizer Calcium ammonium nitrate (NH_4NO_3 + $CaMg(CO_3)_2$), applied at a rate of 450 kg/ha, with two levels:

- B1 – Chemically fertilized
- B2 – Not chemically fertilized

Results and discussion

The results indicate that sunflower produced the highest plant biomass in 2023, reaching 52.6 t/ha. The lowest green biomass was recorded in the soybean variant in 2022, at only 0.5 t/ha. In 2023, the pea green manure variant registered the lowest biomass production, at 2.5 t/ha, due to unfavorable climatic conditions.

Nitrogen content in plant species was determined using the Kjeldahl method (Figure 2). The highest nitrogen accumulation was recorded in the pea crop in 2022, reaching 471.74 kg/ha. This value reflects pea's ability to fix atmospheric nitrogen through symbiosis with nitrogen-fixing bacteria (Rhizobium). Rapeseed and triticale exhibited stable values across the years, with moderate nitrogen accumulation.



Figure 2. Kjeldahl digestion system

Rapeseed as green manure, when combined with chemical fertilization, maintained a stable soil pH in wheat and sunflower crops. In the unfertilized variant, a significant increase in soil pH was observed in sunflower, reaching 6.46 in the second year. In contrast, pea and triticale contributed to soil acidification, particularly in the unfertilized variants, with lower pH levels, especially in the first year (Figure 3).

No.	Variant	Wheat		Sunflower		Maize	
		2023	2024	2023	2024	2023	2024
1	Control F	5.7	5.3	5.64	5.7	5.39	5.12
2	Control N	5.26	5.28	5.57	5.68	5.36	5.24
3	Rapeseed F	5.59	5.39	5.35	5.7	5.18	5.21
4	Rapeseed N	5.28	5.43	5.2	6.46	5.27	5.18
5	Sunflower F	5.48	5.41	5.59	5.78	5.18	5.41
6	Sunflower N	5.24	5.4	5.59	5.74	5.27	5.5
7	Soybean F	5.38	5.3	5.6	5.64	5.19	5.44
8	Soybean N	5.29	5.31	5.64	6.06	5.26	5.49
9	Peas F	5.31	5.12	5.42	5.49	5.17	5.45
10	Peas N	5.2	5.15	5.13	5.49	5.22	5.48
11	Triticale F	5.24	5.25	5.48	5.55	5.23	5.61
12	Triticale N	5.21	5.28	5.44	5.55	5.15	5.75
Mean		5.35	5.30	5.47	5.74	5.24	5.41



Figure 3. Soil pH evolution

The results indicate that green manures, when combined with chemical fertilization, can enhance soil fertility, especially for species like sunflower and soybean. However, efficiency varies by species and treatment.

In 2023, the fertilized control (F) recorded higher values of total nitrogen (N_t, 0.163%) and humus (1.66%) than the unfertilized control (N). Fertilized green manures, such as soybean (F), had a significantly positive impact, with elevated N_t (0.150%) and humus (1.59%). By contrast, unfertilized pea (N) exhibited the lowest N_t (0.110%) and humus (1.54%).

In 2024, the second year after the incorporation of green manures, fertilized sunflower (F) demonstrated the highest efficiency, with N_t of 0.153% and humus of 1.69%, underscoring its beneficial role. In contrast, the fertilized control (F) showed a significant decrease in N_t (0.065%), suggesting possible soil nitrogen depletion. Additionally, fertilized triticale (F) displayed low N_t (0.054%) and humus (1.58%) (Table 1). The relationship between total soil N and soil pH across the treatments is illustrated in Figure 4.

Table 1. Evolution of total nitrogen, organic carbon and humus

No.	Variant	2023			2024		
		N_t	C_{org}	Humus	N_t	C_{org}	Humus
		%	%	%	%	%	%
1	Control N	0.132	1.03	1.77	0.150	0.94	1.62
2	Control F	0.163	0.96	1.66	0.065	0.95	1.64
3	Rapeseed N	0.138	0.90	1.55	0.146	0.90	1.56
4	Rapeseed F	0.116	0.90	1.55	0.107	0.89	1.54
5	Sunflower N	0.113	0.99	1.71	0.147	0.84	1.44
6	Sunflower F	0.135	0.96	1.66	0.153	0.99	1.70
7	Soybean N	0.150	0.92	1.59	0.129	0.97	1.67
8	Soybean F	0.121	0.93	1.60	0.131	0.95	1.64
9	Pea N	0.110	0.95	1.65	0.124	1.02	1.76
10	Pea F	0.121	0.93	1.60	0.143	1.03	1.78

11	Triticale N	0.128	0.93	1.60	0.120	0.95	1.64
12	Triticale F	0.106	0.90	1.55	0.054	0.92	1.58

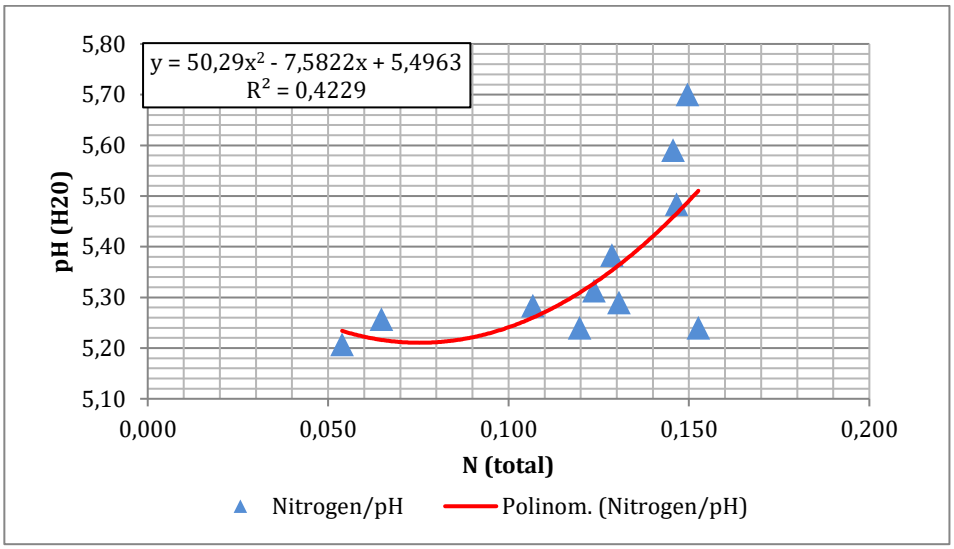


Figure 4. Polynomial interaction of total N and soil pH levels

Influence of Green Manures on the Wheat Crop

Results from 2023 show that, compared with the control, only the green manure variant with pea recorded a significantly higher protein content. The other variants did not show statistically significant differences.
In 2024, the control variant had a protein level of 10.78%, with no significant differences among the experimental treatments. Across the two-year average, no statistically significant differences were observed among the variants. However, considering year interaction effects, the green manure variant with pea showed a significantly higher protein content, reaching 11.09% in the wheat crop (Table 2).

Table 2. The influence of green manures on the protein content of wheat

Variant	2023		2024		Mean of years		Interaction of year	
	%	Dif./signif.	%	Dif./signif.	%	Dif./signif.	%	Dif./signif.
Control	10.59	Mt.	10.78	Mt.	10.69	Mt.	10.69	Mt.
Rapeseed	10.42	-0.17 ^{ns}	10.71	-0.07 ^{ns}	10.56	-0.13 ^{ns}	10.56	-0.13 ^{ns}
Sunflower	10.53	-0.07 ^{ns}	10.74	-0.04 ^{ns}	10.63	-0.05 ^{ns}	10.63	-0.05 ^{ns}
Soybean	10.82	0.22 ^{ns}	10.78	-0.01 ^{ns}	10.80	0.11 ^{ns}	10.80	0.11 ^{ns}
Pea	11.20	0.61*	10.98	0.20 ^{ns}	11.09	0.40 ^{ns}	11.09	0.40 *
Triticale	11.07	0.47^{ns}	10.73	-0.05 ^{ns}	10.90	0.21 ^{ns}	10.90	0.21 ^{ns}
	P 5% = 0.55 P 1% = 0.78 P 0.1% = 1.13		P 5% = 0.43 P 1% = 0.60 P 0.1% = 0.88		P 5% = 0.42 P 1% = 0.59 P 0.1% = 0.86		P 5% = 0.33 P 1% = 0.45 P 0.1% = 0.60	

Peas stood out for consistently positive effects, showing significantly higher gluten content in 2023 (17.82% compared to 15.59% in the control) and in the two-year average (17.15% vs. 15.70%). In contrast, rapeseed had a consistently negative impact, with significantly lower gluten values (Table 3) in both years of the study.

Table 3. The influence of green manures on the gluten content

Variant	2023		2024		Mean of years		Interaction of year	
	%	Dif./signif.	%	Dif./signif.	%	Dif./signif.	%	Dif./signif.
Control	15.59	Mt.	15.81	Mt.	15.70	Mt.	15.70	Mt.
Rapeseed	14.72	-0.57^{OO}	15.23	-0.07 ^{ns}	14.98	-0.73 ^{ns}	14.98	-0.73 ^{ns}
Sunflower	15.51	-0.08 ^{ns}	15.73	-0.04 ^{ns}	15.62	-0.08 ^{ns}	15.62	-0.08 ^{ns}
Soybean	16.13	0.03 ^{ns}	15.84	-0.01 ^{ns}	15.98	0.28 ^{ns}	15.98	0.28 ^{ns}
Pea	17.82	0.67**	16.48	0.20 ^{ns}	17.15	1.45**	17.15	1.45**
Triticale	16.03	-0.12 ^{ns}	15.69	-0.05 ^{ns}	15.86	0.16 ^{ns}	15.86	0.16 ^{ns}
	P 5% = 1.94 P 1% = 2.76 P 0.1% = 4.00		P 5% = 0.38 P 1% = 0.54 P 0.1% = 0.79		P 5% = 1.00 P 1% = 1.42 P 0.1% = 2.06		P 5% = 0.92 P 1% = 1.25 P 0.1% = 1.67	

Green manures had limited effects on TKW. None of the green manure crops consistently improved this parameter in a statistically significant way. Soybean and triticale showed negative trends, with lower average values (42.78 g and 42.30 g, respectively) than the control (43.46 g). Statistically significant differences were observed only under certain conditions. Sunflower recorded a slight, non-significant increase (43.68 g) (Table 4).

Table 4. The influence of green manures on the thousand grain weight

Variant	2023		2024		Mean of years		Interaction of year	
	g	Dif./signif.	g	Dif./signif.	g	Dif./signif.	g	Dif./signif.
Control	42.30	Mt.	44.70	Mt.	43.46	Mt.	43.46	Mt.
Rapeseed	41.53	-0.77^{ns}	45.12	0.42^{ns}	43.33	-0.13 ^{ns}	43.45	0.01^{ns}
Sunflower	42.08	-0.22 ^{ns}	45.28	0.58^{ns}	43.68	0.23 ^{ns}	43.73	0.27^{ns}
Soybean	42.63	0.33 ^{ns}	43.77	-0.93^{ns}	42.78	-0.67 ^{O}	42.38	-1.08^{OO}
Pea	42.02	-0.28 ^{ns}	44.60	-0.10^{ns}	43.23	-0.23 ^{ns}	43.31	-0.15^{ns}
Triticale	41.03	-1.27^{O}	43.90	-0.80^{ns}	42.30	-1.16^{OO}	42.47	-0.99 ^{OO}
	P 5% = 1.19 P 1% = 1.69 P 0.1% = 2.45		P 5% = 1.17 P 1% = 1.66 P 0.1% = 2.41		P 5% = 0.60 P 1% = 0.85 P 0.1% = 1.23		P 5% = 0.67 P 1% = 0.90 P 0.1% = 1.21	

Compared to the unfertilized control, the unfertilized rapeseed and sunflower variants showed significantly lower yields. With chemical fertilization, all variants resulted in highly significant yield increases over the unfertilized control. In the first year after the incorporation of green manures, all treatments showed lower yields compared to the control, with statistically highly significant reductions for rapeseed, sunflower, and triticale, and a significant negative result for soybean (-396 kg/ha). Only the pea variant showed a non-significant yield reduction (-115 kg/ha) (Table 5).

Table 5. The interaction of factors on the average production of wheat in the years 2023-2024

No.	Variant	Mean yield 2023–2024 (kg/ha)	Difference from fertilized control	Difference from unfertilized control	Significance vs. fertilized control	Significance vs. unfertilized control
1	Control F	7064	-	3344	-	***
2	Control N	3720	-3344	-	OOO	-
3	Rapeseed F	6822	-242	3102	-	***
4	Rapeseed N	3302	-3762	-418	OOO	-
5	Sunflower F	6860	-204	3140	-	***
6	Sunflower N	3175	-3889	545	OOO	-
7	Soybean F	7164	1	3444	-	***
8	Soybean N	3664	-340	-56	OOO	-
9	Pea F	6827	-237	3107	-	***
10	Pea N	3894	-317	174	OOO	-
11	Triticale F	7241	177	3521	-	***
12	Triticale N	3684	338	36	OOO	-
P 5% = 340; P 1% = 455; P 0.1% = 595						

Influence of Green Manures on Sunflower Crop

Triticale and soybean had the most notable effects in 2023, with fat content significantly increasing to 47.40% and 46.77%, respectively, compared with the control (44.38%). Rapeseed maintained fat content above the control in both 2023 (45.72%) and 2024 (44.60%), but these differences were not statistically significant (Table 5).

Table 6. The influence of green manures on the fat content

Variant	2023		2024		Mean of years		Interaction of year	
	%	Dif./signif.	%	Dif./signif.	%	Dif./signif.	%	Dif./signif.
Control	44.38	Mt.	44.18	Mt.	43.28	Mt.	44.28	Mt.
Rapeseed	45.72	1.33^{ns}	44.60	0.42^{ns}	44.93	1.65^{ns}	45.16	0.88^{ns}
Sunflower	46.00	1.62^{ns}	43.80	-0.38^{ns}	44.97	1.68^{ns}	44.90	0.62^{ns}
Soybean	46.77	2.38*	42.42	-1.76^{ns}	44.55	1.27^{ns}	44.59	0.31^{ns}
Pea	44.72	0.33^{ns}	44.08	-0.10^{ns}	45.08	1.80^{ns}	44.40	0.12^{ns}
Triticale	47.40	3.02*	43.67	-0.51^{ns}	44.62	1.33^{ns}	45.53	1.25^{ns}
	P 5% = 2.17 P 1% = 3.09 P 0.1% = 4.48		P 5% = 1.91 P 1% = 2.72 P 0.1% = 3.94		P 5% = 1.96 P 1% = 2.78 P 0.1% = 4.03		P 5% = 1.63 P 1% = 2.21 P 0.1% = 2.95	

Influence on Thousand Kernel Weight

Table 7. The influence of green manures on the thousand kernel weight

Variant	2023		2024		Mean of years		Interaction of year	
	g	Dif./signif.	g	Dif./signif.	g	Dif./signif.	g	Dif./signif.
Control	57.97	Mt.	61.70	Mt.	59.83	Mt.	59.83	Mt.
Rapeseed	56.85	-1.12^{ns}	61.04	-0.66^{ns}	58.94	-0.89^{ns}	58.94	-0.89^{ns}
Sunflower	53.33	-4.63^{OOO}	63.97	2.27**	58.65	-1.18^{ns}	58.65	-1.18^{ns}
Soybean	50.87	-7.10^{OOO}	65.36	3.66***	58.11	-1.72^{O}	58.11	-1.72^{ns}
Pea	56.50	-1.47^{ns}	66.27	4.57***	61.38	1.55*	61.38	1.55^{ns}
Triticale	49.50	-8.47^{OOO}	61.23	-0.46^{ns}	55.37	-4.46^{000}	55.37	-4.47^{OO}
	P 5% = 1.79 P 1% = 2.54 P 0.1% = 3.68		P 5% = 1.28 P 1% = 1.82 P 0.1% = 2.63		P 5% = 1.23 P 1% = 1.75 P 0.1% = 2.53		P 5% = 2.94 P 1% = 3.98 P 0.1% = 5.31	

In 2023, most variants had significantly lower thousand seed weight (TSW) than the control, especially triticale (-8.47 g), soybean (-7.10 g), and sunflower (-4.63 g). In 2024, this trend reversed dramatically: soybean (+3.66 g), pea (+4.57 g), and sunflower (+2.27 g) showed significant increases. On average across years, only pea maintained a significantly positive effect (+1.55 g), while triticale continued to show a marked negative impact (-4.46 g) (Table 8).

Table 8. Influence of green manures on sunflower production in 2023 and 2024

	2023		2024	
Variant	Yield (kg/ha)	Difference/ significance	Yield (kg/ha)	Difference/ significance
Control	2051	Mt.	1813	Mt.
Rapeseed	2681	630*	2045	232**
Sunflower	2685	634*	2447	634***
Soybean	3060	1009**	2393	581***
Peas	3194	1143**	2741	929***
Triticale	2447	396^{ns}	2533	720***
	P 5%=559; P 1%=846; P 0.1%=1125		P 5%=203; P 1%=289; P 0.1%=418	

In 2023, the best results were obtained from soybean (3060 kg/ha) and pea (3194 kg/ha), with significant increases of 1009 kg/ha and 1143 kg/ha, respectively, over the control. Triticale yielded 2447 kg/ha, a non-significant difference from the control (-396 kg/ha).

In 2024, the control yielded 1813 kg/ha. Rapeseed showed an increase of 232 kg/ha. Pea had the highest yield (2741 kg/ha), with a highly significant increase of 929 kg/ha. Sunflower and soybean also showed large, statistically significant yield increases (634 kg/ha and 581 kg/ha, respectively). Triticale had the highest yield increase (3532 kg/ha), with a highly significant difference.

Influence of Green Manures on Maize Crop

Peas green manure was the only variant with a significantly negative effect on starch content, reducing it by 1.07% in 2023 (74.68% vs. 75.75% in the control) and by an average of 0.60% over two years (74.65% vs. 75.25%) (Table 9).

Table 9. The influence of chemical fertilizers on the starch content

Variant	2023		2024		Mean of years		Interaction of year	
	%	Dif./signif.	%	Dif./signif.	%	Dif./signif.	%	Dif./signif.
Control	75.75	Mt.	74.68	Mt.	75.25	Mt.	75.22	Mt.
Rapeseed	75.68	-0.07 ^{ns}	74.22	-0.47 ^{ns}	74.97	-0.28 ^{ns}	74.95	-0.27 ^{ns}
Sunflower	75.72	-0.03 ^{ns}	74.83	0.15 ^{ns}	75.28	0.03 ^{ns}	75.28	0.06 ^{ns}
Soybean	75.65	-0.10 ^{ns}	74.48	-0.20 ^{ns}	75.10	-0.15 ^{ns}	75.07	-0.15 ^{ns}
Pea	74.68	-1.07^{OOO}	74.55	-0.13 ^{ns}	74.65	-0.60 ^{oo}	74.62	-0.60 ^{O}
Triticale	75.53	-0.22 ^{ns}	75.22	0.53 ^{ns}	75.42	0.17 ^{ns}	75.37	0.16 ^{ns}
	P 5% = 0.46 P 1% = 0.66 P 0.1% = 0.95		P 5% = 0.59 P 1% = 0.84 P 0.1% = 1.22		P 5% = 0.36 P 1% = 0.52 P 0.1% = 0.75		P 5% = 0.46 P 1% = 0.62 P 0.1% = 0.83	

Influence on Thousand Kernel Weight

Triticale showed a consistently positive effect, with significant increases in 2023 (301.83 g, +14.50 g vs. control) and 2024 (290.00 g, +13.67 g), and a two-year average increase of +14.15 g. In contrast, rapeseed demonstrated a markedly negative effect, with significant reductions of -16.67 g in 2023 and -16.25 g on average (Table 10).

Table 10. The influence of green manures on the thousand kernel weight

Variant	2023		2024		Mean of years		Interaction of year	
	g	Dif./signif.	g	Dif./signif.	g	Dif./signif.	g	Dif./signif.
Control	287.33	Mt.	276.33	Mt.	281.80	Mt.	205.05	Mt.
Rapeseed	270.67	-16.67^{OO}	260.17	-16.17^{OO}	265.55	-16.25^{OO}	196.67	-8.38^{O}
Sunflower	279.00	-8.33 ^{ns}	268.50	-7.83 ^{ns}	273.75	-8.05 ^{ns}	200.77	-4.28 ^{ns}
Soybean	283.67	-3.67 ^{ns}	273.17	-3.17 ^{ns}	278.52	-3.28 ^{ns}	203.18	-1.87 ^{ns}
Peas	279.00	-8.33 ^{ns}	268.17	-8.17 ^{ns}	273.53	-8.27 ^{ns}	200.33	-4.72 ^{ns}
Triticale	301.83	14.50**	290.00	13.67*	295.95	14.15*	211.91	6.85 ^{ns}
	P 5% = 11.34 P 1% = 16.12 P 0.1% = 23.35		P 5% = 10.93 P 1% = 15.54 P 0.1% = 22.50		P 5% = 10.98 P 1% = 15.61 P 0.1% = 22.60		P 5% = 7.84 P 1% = 10.62 P 0.1% = 14.20	

Table 11. Influence of green manures on maize production in 2023 and 2024

	2023		2024	
Variant	Yield (kg/ha)	Difference/ significance	Yield (kg/ha)	Difference/ significance
Control	5464	Ct.	3290	Ct.
Rapeseed	8002	2538***	3468	179 ^{ns}
Sunflower	7280	1816***	3964	675 ^{ns}
Soybean	7789	2325***	4794	1504**
Pea	8432	2967***	4373	1083*
Triticale	6107	643**	6821	3532***
	P 5% = 372; P 1%=528; P 0.1%=764		P 5%=870; P 1%=1236; P 0.1%=1790	

As shown in Table 11, the control yield in 2023 was 5464 kg/ha. Rapeseed showed a highly significant increase of 2538 kg/ha. Sunflower (1816 kg/ha), soybean (2325 kg/ha), and pea (2967 kg/ha) all recorded highly significant gains, with pea reaching the highest yield (8432 kg/ha). Triticale yielded less (6107 kg/ha), but the increase of 643 kg/ha was statistically significant.

In 2024, the control yield was 3290 kg/ha. Pea had the highest increase (1083 kg/ha, statistically significant), followed by soybean (1504 kg/ha). Sunflower and rapeseed had moderate, non-significant increases (675 kg/ha and 179 kg/ha, respectively). Triticale recorded the highest increase (3532 kg/ha), with a highly significant positive difference.

Conclusions and recommendations

The selection of green manure species should consider their impact on soil reaction and nutrient mineralization capacity. Rapeseed and sunflower proved to be the most suitable for correcting soil acidity and maintaining a stable agrochemical balance. The use of pea as a green manure is recommended to improve wheat quality, while chemical fertilization remains essential for ensuring a competitive yield level. The general conclusion is that sunflower responds favorably to green manures with weed-suppressing effects (rapeseed, triticale); however, harvest quality can vary considerably, requiring careful selection of the agricultural practice combination. Maize benefits from crop rotations preceded by species with high organic matter input and biological nitrogen fixation capacity, such as pea and sunflower. The use of these species as green manures is justified both agrochemically and economically.

In areas with acidic soils and low fertility, the systematic integration of green manures, combined with moderate chemical fertilization and crop rotation, represents a sustainable and effective strategy for long-term improvement of soil quality and agricultural performance.

References

Aka Sagliker. H. A.. & Kizildag Ozdal. N. (2021). How do imazamox additions affect carbon and nitrogen mineralization in sunflower soil? *Water. Air. & Soil Pollution. 232*. 514. https://doi.org/10.1007/s11270-021-05474-9

Csabai. J.. Braun. B.. Hörcsik. Z. T.. Kolesznyk. A.. & Irinyiné Oláh. K. (2022). Alternatív trágyaszerek és szerkezetjavító anyagok hatása a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira [Effects of alternative fertilizers and nutrient replenishers on soil physical and chemical properties]. In Z. Bujdosó (Ed.). *XVIII. Nemzetközi Tudományos Napok [18th International Scientific Days]: A „zöld megállapodás" – Kihívások és lehetőségek [The "Green Deal" – Challenges and opportunities]: Előadások és poszterek összefoglalói [Summaries of presentations and posters]* (p. 34). Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus.

Crews. T. E.. & Peoples. M. B. (2004). Legume versus fertilizer sources of nitrogen: Ecological tradeoffs and human needs. *Agriculture. Ecosystems & Environment. 102*(3). 279–297. https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.018

Drinkwater. L. E.. Wagoner. P.. & Sarrantonio. M. (1998). Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature*. *396*(6708). 262-265. https://doi.org/10.1038/24376

Györgyiné Kovács. A.. Tóth. G.. Sipos. T.. Csabai. J.. Irinyiné Oláh. K.. Kosztyuné Krajnyák. E.. Szabó. B.. & Henzsel. I. (2025). Effect of different sowing times. plant densities. and fertiliser doses on yield and crop elements of dry bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus. 24*(3). 27–37. https://doi.org/10.24326/asphc.2025.5427

Kosztyuné Krajnyák. E.. Szabó. B.. Kovács. Z.. Makszim Györgyné Nagy. T.. Györgyiné Kovács. A.. Csabai. J.. Abdurahmanov. I.. & Abdurakhmonov. Z. (2024). The effect of fermented poultry manure on the yield and quality parameters of triticale (× *Triticosecale* Wittmack) cultivated organically on acidic sandy soil. *E3S Web of Conferences. 590*. Article 01009. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459001009

Lei. B.. Wang. J.. & Yao. H. (2022). Ecological and Environmental Benefits of Planting Green Manure in Paddy Fields. *Agriculture. 12*(2). 223. https://doi.org/10.3390/agriculture12020223

Naie. M.. Mîrzan. O.. Diana Bărcan. M.. Stavarache. M.. Dumitriu. S.. Stavarache. E.. Muscalu. A.. Rusu. D. B.. & Lungoci. C. (2024). Productivity and vegetation structure evolution of complex mixtures of perennial forage grasses and leguminous species. in the conditions of the center of Moldova. Romania. *Romanian Agricultural Research. (41). 241.* https://doi.org/10.59665/rar4122

Naz. A.. Rebi. A.. Naz. R.. Akbar. M. U.. Aslam. A.. Kalsom. A.. Niaz. A.. Ahmad. M. I.. Nawaz. S.. Kausar. R.. et al. (2023). Impact of green manuring on health of low fertility calcareous soils. *Land. 12*. 546. https://doi.org/10.3390/land12030546

Păcurar. I.. Funar. S.. & Fritea. T. (1999a). Interrelația factori tehnici și rezultate economice în cultura porumbului. *Revista Tribuna Economică*. (6).

Păcurar. I.. Funar. S.. & Fritea. T. (1999b). Relația sol-tehnilogie-profit la cultura cerealelor păioase. *Revista Tribuna Economică*. (6).

Rudisill. M. A.. Turco. R. F.. & Hoagland. L. A. (2016). Fertility practices and rhizosphere effects alter ammonia oxidizer community structure and potential nitrification activity in pepper production soils. *Applied Soil Ecology. 99*. 70–77. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.011

Shiferaw. B.. Prasanna. B. M.. Hellin. J.. & Bänziger. M. (2011). Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security. 3*(3). 307–327. https://doi.org/10.1007/s12571-011-0140-5

Siegfried. B. D.. & Hellmich. R. L. (2012). Understanding successful resistance management. *GM Crops & Food. 3*(3). 184–193.https://doi.org/10.4161/gmcr.20715

Takil. E.. & Kayan. N. (2023). Nitrogen inhibators and rhizobia can improve yield and yield components in bean. *Romanian Agricultural Research. 40*. https://doi.org/10.59665/rar4012

Tovar Hernandez. S.. Carciochi. W. D.. Diovisalvi. N. V.. Izquierdo. N.. Wyngaard. N.. Barbieri. P.. & Calvo. N. I. R. (2023). Does nitrogen fertilization rate. timing. and splitting affect sunflower yield and grain quality? *Crop Science. 63*(3). 1525–1540. https://doi.org/10.1002/csc2.20932Digital

Wang. G.. Li. H.. Hu. F.. Yin. W.. Fan. Z.. Fan. H.. Sun. Y.. He. W.. & Chai. Q. (2025). Application of green manure combined with synthetic nitrogen fertilizer enhances soil aggregate stability in an arid wheat cropping system. *Applied Soil Ecology. 206*. 105849. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105849

INVESTIGATION OF THE ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF BILBERRY (*VACCINIUM MYRTILLUS* L.) AND LINGONBERRY (*VACCINIUM VITIS-IDAEA* L.) LEAF DRUGS USING THE DISK DIFFUSION METHOD

Csabai Judit[1] – Hörcsik Tibor Zsolt[1] – Lengyel Anita[1] – Mária Szanyi[1] – Anzhela Kolesnyk[2] – Kolesnyk Oleksandra[2] – Kryvtsova Marina[2]

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, Department of Agricultural Sciences and Environmental Management, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b
e-mail: csabai.judit@nye.hu
[2] Ungvári Nemzeti Egyetem, 3 Narodna, Ungvár, 88000

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.03

Abstract

The increasing prevalence of antibiotic-resistant bacteria has intensified the search for natural compounds with antimicrobial activity. The aim of this study was to evaluate the antibacterial potential of leaf extracts from lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) collected from different altitudes in the Gutâi Mountains (Romania). Ethanolic extracts were prepared from dried leaves and tested against Gram-positive and Gram-negative bacteria using the disk diffusion method.
The extracts showed selective antibacterial activity. The strongest inhibitory effect was observed against *Staphylococcus aureus*, with the largest inhibition zone (14 mm) recorded for one bilberry sample. Lingonberry extracts inhibited the growth of *Haemophilus influenzae*, *Staphylococcus aureus*, and coagulase-negative *Staphylococcus* spp., while no inhibitory activity was detected against *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, or *Clostridium perfringens* under the tested conditions. Differences in antibacterial activity were observed among samples collected from different locations, suggesting that environmental factors may influence the accumulation of bioactive compounds in the leaves.
The results confirm that *Vaccinium* leaf extracts possess selective antibacterial properties, particularly against Gram-positive bacteria. Although the limited number of samples does not allow conclusions regarding the effect of altitude, the findings support the potential use of lingonberry and bilberry leaves as natural sources of antimicrobial compounds. Further studies are required to identify the active constituents and determine their minimum inhibitory concentrations.

Keywords: *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*, leaf extracts, antibacterial activity, disk diffusion, polyphenols.

Introduction

Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) are economically and medicinally important berry species belonging to the Ericaceae family. Both species are members of the genus *Vaccinium*, which comprises more than 450 species worldwide and is recognized as an important source of bioactive compounds, particularly polyphenols and anthocyanins (Vander Kloet & Dickinson, 2009).

Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) is widely distributed in boreal and temperate regions, where it grows in acidic forest soils and mountainous habitats. In Hungary, it is a protected species occurring naturally in the Zemplén and Mecsek Mountains (Soó, 1980; Simon, 2000; Csapody, 1982; Huják, 1999). Its fruits are rich in phenolic compounds, flavonoids, and organic acids, which contribute to their antioxidant and antimicrobial properties (Ek et al., 2006). The official herbal drug is *Vitis-idaeae folium* (Ph. Hg. VIII.), traditionally used for the prevention and treatment of urinary tract infections (Kőszeginé Szalai et al., 2003a).

Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) is a deciduous dwarf shrub reaching a height of 15–60 cm. It grows mainly on acidic, humus-rich soils in mountain forests and coniferous woodlands (Soó, 1980; Simon, 2000; Csapody, 1982; Martz et al., 2006). In Hungary, its natural populations are found primarily in the Sopron Mountains and Vas County. The fruits are particularly rich in anthocyanins, which are responsible for their high antioxidant capacity and beneficial biological effects (Kalt et al., 2020; Sekikawa et al., 2021). The official herbal drugs include *Myrtilli fructus siccus*, *Myrtilli fructus recens*, and *Myrtilli fructus recentis extractum siccum raffinatum et normatum* (Kőszeginé Szalai et al., 2003b; EMA, 2015). Bilberry fruits are widely used in the food industry as well as in traditional medicine.

Vaccinium species contain considerable amounts of anthocyanins, natural flavonoid pigments responsible for the characteristic red, blue, and purple colour of the fruits. Besides their colouring properties, anthocyanins exhibit strong antioxidant activity and have been associated with cardiovascular protection, anti-inflammatory, antimicrobial, and cytoprotective effects (Köbölkuti & László, 2016).

The total anthocyanin content of lingonberry fruits is influenced by environmental conditions. In populations from the Eastern Carpathians, values ranging from 166.49 to 324.52 mg/100 g dry weight were reported, with the highest concentrations observed in plants growing under greater light exposure. Cyanidin-3-galactoside was identified as the dominant anthocyanin, accompanied by cyanidin-3-glucoside and cyanidin-3-arabinoside (Köbölkuti & László, 2016).

Using HPLC–ESI–QTOF–MS^2 analysis, Guo et al. (2024) identified 15 anthocyanins in bog bilberry (*Vaccinium uliginosum* L.) and eight in cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.). The total anthocyanin content reached 1,286.04 mg/100 g dry weight in bog bilberry, considerably exceeding the value measured in cranberry (467.48 mg/100 g dry weight). Antioxidant assays (DPPH, ABTS, and FRAP) confirmed that higher anthocyanin and polyphenol contents were associated with greater antioxidant capacity.

These findings indicate that *Vaccinium* species represent valuable natural sources of anthocyanins. Their concentration and composition depend not only on the species but also on environmental conditions, particularly light intensity, which strongly influences antioxidant activity.

Previous studies have demonstrated that the proanthocyanins and polyphenols of *Vaccinium* species possess considerable antimicrobial activity. Proanthocyanidin fractions isolated from lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) were highly effective against *Staphylococcus aureus* and were also able to inhibit the adhesion of certain *Escherichia coli* strains, suggesting a role in the prevention of bacterial infections (Kylli et al., 2011).

Cioch et al. (2017) compared extracts from several medicinal plants and found that the polyphenol-rich lingonberry extract exhibited pronounced antimicrobial activity, supporting the potential use of plant extracts as natural antimicrobial agents.

Ștefănescu et al. (2020) investigated the antibacterial activity of wild bilberry and lingonberry leaf extracts and reported the strongest inhibitory effect against *Staphylococcus aureus*. The authors associated this activity with the high polyphenol content of the extracts and observed that Gram-positive bacteria were generally more susceptible than Gram-negative species.

Similarly, Elferjane et al. (2022) demonstrated that bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves are an important source of polyphenols and that their extracts exhibit antibacterial activity against several clinically relevant microorganisms in disk diffusion assays. The authors suggested that bilberry leaves could serve as a valuable raw material for the development of natural antimicrobial products.

Kryvtsova et al. (2019, 2020) investigated the antimicrobial properties of lingonberry leaf and fruit extracts. Ethanolic and methanolic extracts showed marked activity against Gram-positive bacteria, particularly *Staphylococcus aureus*, including methicillin-resistant strains (MRSA), and

Streptococcus pyogenes. The extracts also exhibited strong antioxidant activity while having no inhibitory effect on the probiotic bacterium *Lactobacillus plantarum*. Furthermore, lingonberry leaf extracts significantly reduced *S. aureus* biofilm formation, highlighting their potential as natural antimicrobial agents (Kryvtsova et al., 2019, 2020).

Materials and Methods

Leaf samples of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) used in this study were collected from different sampling sites in the Gutâi Mountains, Maramureș County, Romania. The samples originated from different altitudes (900–1428 m above sea level), allowing the evaluation of potential habitat-related differences. The sample codes and the main characteristics of the collected material are presented in Table 1.

Table 1. Sampling sites and characteristics of the bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) samples used in the study

Sample	**Species**	**Sampling site**	**Coordinates**	**Estimated altitude (m a.s.l.)**
V/1	*Vaccinium vitis-idaea*	Kakastaréj Peak (Creasta Cocoșului), Gutâi Mountains	47°42′14.59″ N, 23°50′31.13″ E	1428
V/4	*Vaccinium vitis-idaea*	Masa de Piatra Waterfall (Cascada Masa de Piatra)	47°41′58.33″ N, 23°49′58.55″ E	1180
F/1	*Vaccinium myrtillus*	Masa de Piatra Waterfall (Cascada Masa de Piatra)	47°41′58.33″ N, 23°49′58.55″ E	1180
F/5	*Vaccinium myrtillus*	Poiana Boului, Gutâi Mountains	47°41′23.64″ N, 23°47′19.65″ E	900

Ethanolic extracts were prepared from dried and homogenized leaves of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). For each sample, 1.0 g of plant material was extracted with 10 mL of 70% ethanol. The extraction was carried out for 24 h at room temperature in the dark with occasional shaking. The extracts were then filtered, and the ethanol was completely removed under reduced pressure using a rotary evaporator with a water bath maintained at 35–40 °C. The resulting dry extracts were reconstituted in distilled water and used for the antibacterial assays.

Gram-positive (*Staphylococcus aureus, Enterococcus faecalis,* and coagulase-negative *Staphylococcus* spp.), Gram-negative (*Escherichia coli* and *Haemophilus influenzae*), and anaerobic (*Clostridium perfringens*) bacterial strains were used in the study (Table 2).

Table 2. Bacterial strains used in the antibacterial assay

Group	**Bacterial strain**
Gram-negative	*Escherichia coli*
Gram-negative	*Haemophilus influenzae*
Gram-positive	*Enterococcus faecalis*
Gram-positive	*Staphylococcus aureus*
Gram-positive	Coagulase-negative *Staphylococcus* spp.

Group	**Bacterial strain**
Anaerobic	*Clostridium perfringens*

The plant extracts were diluted with distilled water under sterile conditions at a 1:2 ratio (500 µL extract and 1000 µL distilled water), resulting in a final volume of 1500 µL. The mixtures were homogenized using a vortex mixer and subsequently used for the antibacterial assays (Figure 1).

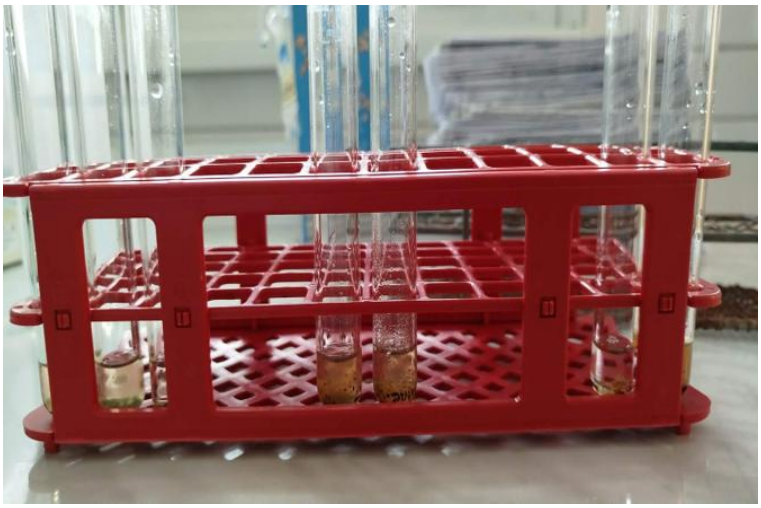


Figure 1. Plant extract and distilled water prior to vortex mixing during the dilution procedure.

Antibacterial activity was evaluated using the disk diffusion method. Sterile paper discs (6 mm in diameter) were impregnated with 30 µL of plant extract and dried at 37 °C (Figure 2). The dried discs were placed onto agar plates previously inoculated with bacterial lawns and incubated at 37 °C for 18–24 h. Antibacterial activity was assessed by measuring the diameter of the inhibition zones surrounding the discs. Paper discs impregnated with distilled water served as the negative control.

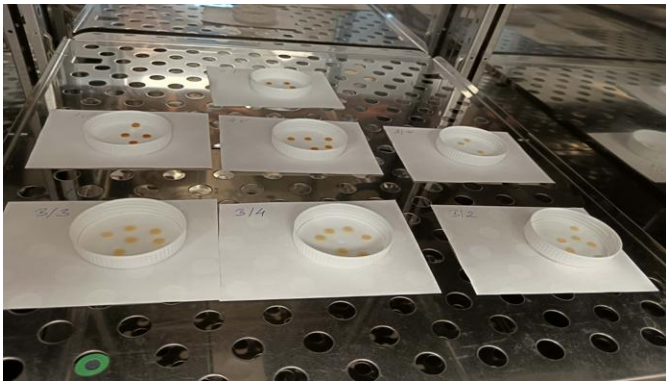


Figure 2. Drying of paper discs impregnated with plant extracts prior to the disk diffusion assay.

Bacterial suspensions were prepared in 0.9% physiological saline (one colony per 3 mL) and pre-incubated at 37 °C for 15 min. Subsequently, 400 µL of each suspension was spread evenly onto the surface of agar plates using a sterile spreader to obtain a uniform bacterial lawn. Before and after placing the extract-impregnated paper discs on the agar surface, the plates were left at room temperature for 15 min to facilitate the diffusion of the extracts. The plates were then incubated at 37 °C for 24 h. Anaerobic conditions for *Clostridium perfringens* were established using a gas-generating sachet in a sealed anaerobic jar.

The disk diffusion assay and the interpretation of the results were performed in accordance with the international guidelines for antimicrobial susceptibility testing (EUCAST, 2025; CLSI, 2024).

Results

After 24 h of incubation, the diameters of the inhibition zones were measured in millimetres (Table 3). Leaf extracts of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) exhibited selective antibacterial activity against the tested bacterial strains.

The largest inhibition zone (14 mm) was observed for the F/5 bilberry sample against *Staphylococcus aureus*. Lingonberry extracts inhibited the growth of all susceptible bacterial strains (*Haemophilus influenzae, Staphylococcus aureus*, and coagulase-negative *Staphylococcus* spp.), whereas bilberry extracts showed antibacterial activity only against Gram-positive *Staphylococcus* strains.

No inhibition zones were detected for *Escherichia coli, Enterococcus faecalis,* or *Clostridium perfringens*, indicating that these bacteria were not susceptible to the tested extracts at the applied concentration.

Our findings are consistent with previous studies reporting that polyphenol-rich leaf extracts of *Vaccinium* species exhibit stronger antibacterial activity against Gram-positive bacteria than against Gram-negative species (Kylli et al., 2011; Ștefănescu et al., 2020; Elferjane et al., 2022). Differences observed among the samples suggest that ecological conditions at the sampling sites may influence the quantity and composition of bioactive secondary metabolites. However, the limited number of samples in the present study does not allow firm conclusions regarding the independent effect of altitude on antibacterial activity.

Table 3. Inhibition zones produced by the Vaccinium leaf extracts against the tested bacterial strains

Bacterial strain	**Extract code**	**Inhibition zone (mm)**
Haemophilus influenzae	V/1	10
Haemophilus influenzae	V/4	11
Staphylococcus aureus	V/1	13
Staphylococcus aureus	V/4	12
Staphylococcus aureus	F/5	14
Coagulase-negative *Staphylococcus* spp.	V/1	9
Coagulase-negative *Staphylococcus* spp.	V/4	14
Coagulase-negative *Staphylococcus* spp.	F/5	9

Conclusions

The results of this study demonstrate that leaf extracts of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) possess selective antibacterial activity. The strongest inhibitory effect was observed against *Staphylococcus aureus*, whereas lingonberry extracts exhibited a broader antibacterial spectrum by also inhibiting the growth of *Haemophilus influenzae*. No antibacterial activity was detected against *Escherichia coli, Enterococcus faecalis,* or *Clostridium perfringens* at the tested concentration.

Our findings are consistent with previous studies showing that polyphenol-rich extracts of *Vaccinium* leaves are more effective against Gram-positive bacteria. The observed differences

among the samples suggest that environmental conditions at the sampling sites may influence the composition of bioactive compounds and, consequently, their antibacterial activity. However, further studies involving a larger number of samples are required to clarify the effect of altitude and other ecological factors. Future research should focus on the identification of the active compounds, determination of the minimum inhibitory concentration (MIC), and further evaluation of the antibacterial potential of *Vaccinium* leaf extracts.

Table 4. Comparison of the antibacterial activity of *Vaccinium* leaf extracts collected from different altitudes

Sample	**Estimated altitude (m a.s.l.)**	***H. influenzae***	***S. aureus***	**Coagulase-negative *Staphylococcus* spp.**
V/1	1428	10 mm	13 mm	9 mm
V/4	1180	11 mm	12 mm	14 mm
F/5	1180	–	14 mm	9 mm
F/1	900	–	–	–

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the support of the CEEPUS program, which enabled student and staff mobility and thereby made the joint research and publication possible.

References

Cioch, M., Satora, P., Skotniczy, M., Semik-Szczurak, D., & Tarko, T. (2017). Characterisation of antimicrobial properties of extracts of selected medicinal plants. *Polish journal of microbiology*, *66*(4), 463. https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.7002

Clinical and Laboratory Standards Institute. (2024). *Performance standards for antimicrobial susceptibility testing* (CLSI standard). CLSI.

Csapody, I. (1982). *Védett növényeink*. Gondolat Könyvkiadó.

Czirók, É. (1999). *Klinikai és járványügyi bakteriológia kézikönyv*. Medicina Könyvkiadó.

Ek, S., Kartimo, H., Mattila, S., & Tolonen, A. (2006). Characterization of phenolic compounds from lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54*(26), 9834–9842.https://doi.org/10.1021/jf0623687

Elferjane, M. R., Milutinović, V., Jovanović Krivokuća, M., Taherzadeh, M. J., Pietrzak, W., Marinković, A., & Jovanović, A. A. (2022). *Vaccinium myrtillus* L. leaf waste as a source of biologically active compounds: Optimization of polyphenol extractions, chemical profile and biological properties of extracts. *Antibiotics, 11*(11), 1573. https://doi.org/10.3390/antibiotics11111573

European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. (2025). *EUCAST disk diffusion method*. https://www.eucast.org/
European Medicines Agency. (2015). *European Union herbal monograph on Vaccinium myrtillus L., fructus siccus* (EMA/HMPC/4831/2014). https://www.ema.europa.eu

Guo, L., Qiao, J., Mikhailovich, M. S., Wang, L., Chen, Y., Ji, X., She, H., Zhang, L., Zhang, Y., & Huo, J. (2024). Comprehensive structural analysis of anthocyanins in blue honeysuckle, bilberry and cranberry and antioxidant capacity comparison. *Food Chemistry: X, 23*, 101734. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101734

Hulják, P. (1999). Vörös áfonya (*Vaccinium vitis-idaea*). *Tilia | Botanikai Sorozat, 5*(7), 78–86. https://doi.org/10.64610/tilia.1999.07k.11

Kalt, W., Cassidy, A., Howard, L. R., Krikorian, R., Stull, A. J., Tremblay, F., & Zamora-Ros, R. (2020). Recent research on the health benefits of blueberries and their anthocyanins. *Advances in Nutrition, 11*(2), 224–236. https://doi.org/10.1093/advances/nmz065

Köbölkuti, Z. A., & László, É. (2016). A vörös áfonya (*Vaccinium vitis-idaea* L.) össz-antocianin tartalma néhány állományánál a Keleti-Kárpátokban. *Botanikai Közlemények, 103*(1), 33–44.

Kőszeginé Szalai, H., Török, I., Ráfliné Romvári, Zs., Nagy, A., Fejér, I., Kertész, P., Posgayné Kovács, E., & Vankó, É. (Szerk.). (2003a). *Vitis-idaeae folium*. In *Magyar Gyógyszerkönyv VIII. kiadás* (1. kötet). Medicina Könyvkiadó.

Kőszeginé Szalai, H., Török, I., Ráfliné Romvári, Zs., Nagy, A., Fejér, I., Kertész, P., Posgayné Kovács, E., & Vankó, É. (Szerk.). (2003b). *Myrtilli fructus siccus*. In *Magyar Gyógyszerkönyv VIII. kiadás* (1. kötet). Medicina Könyvkiadó.

Kryvtsova, M., Salamon, I., Koščová, J., & Spivak, M. (2020). Antibiofilm forming, antimicrobial activity and some biochemical properties of *Vaccinium vitis-idaea* leaf and berry extracts on *Staphylococcus aureus*. *Biosystems Diversity, 28*(3), 238–242. https://doi.org/10.15421/012031

Kryvtsova, M. V., Trush, K., Eftimova, J., Koščová, J., & Spivak, M. J. (2019). Antimicrobial, antioxidant and some biochemical properties of *Vaccinium vitis-idaea* L. *Microbiological Journal, 81*(3), 40–52. https://doi.org/10.15407/microbiolj81.03.040

Kylli, P., Nohynek, L., Puupponen-Pimiä, R., Westerlund-Wikström, B., Leppänen, T., Welling, J., Moilanen, E., & Heinonen, M. (2011). Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) and cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) proanthocyanidins: Isolation, identification, and bioactivities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59*(7), 3373–3384. https://doi.org/10.1021/jf104621e

Martz, F., Jaakola, L., Julkunen-Tiitto, R., & Stark, S. (2006). Phenolic composition and antioxidant capacity of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54*, 7193–7199. https://doi.org/10.1007/s10886-010-9836-9

Petruș-Vancea, A., Cupșa, D., Ferenți, S., Dumbravă, A.-R., & Covaciu-Marcov, S.-D. (2024). Low altitude *Vaccinium myrtillus* L. populations in the Eșelnița Valley (Danube Gorge, Carpathian Mountains, Romania). *Journal for Nature Conservation, 82*, 126730. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2024.126730

Sekikawa, T., Kizawa, Y., Takeoka, A., Sakiyama, T., Li, Y., & Yamada, T. (2021). The effect of consuming an anthocyanin-containing supplement derived from bilberry (*Vaccinium myrtillus*) on eye function: A randomized, double-blind, placebo-controlled parallel study. *Functional Foods in Health and Disease, 11*(3), 115–127. https://doi.org/10.31989/ffhd.v11i3.782

Simon, T. (2000). *A magyarországi edényes flóra határozója*. Nemzeti Tankönyvkiadó.

Soó, R. (1980). *A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve* (1–6. kötet). Akadémiai Kiadó.

Ștefănescu, B.-E., Călinoiu, L. F., Ranga, F., Fetea, F., Mocan, A., Vodnar, D. C., & Crișan, G. (2020). Chemical composition and biological activities of the wild bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) leaves from North-West Romania. *Antioxidants, 9*(6), 495. https://doi.org/10.3390/antiox9060495

Vander Kloet, S. P., & Dickinson, T. A. (2009). A subgeneric classification of the genus *Vaccinium* and the metamorphosis of *Vaccinium* section *Myrtillus*. *The Botanical Review, 75*, 235–271.https://doi.org/10.1007/s10265-008-0211-7

A TEHÉNBORSÓ (*VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP.) ÉLELMEZÉSI CÉLÚ TERMESZTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI MAGYARORSZÁGON

Csabai Judit[1] – Pinke Ildikó[1] – Kosztyuné Krajnyák Edit[1] – Mondici Susana[2] – Makszim Györgyné Nagy Tíme[3]

[1]Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: csabai.judit@nye.hu
[2]Agricultural Research and Development Station Livada, 7 Baia Mare St., Livada, Romania, Tel/Fax: 0261 – 840 -018, e-mail: scdalivada@yahoo.com
[2]Nyíregyházi Egyetem, Alkalmazott Humántudományok Intézete, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b.
E-mail: makszim.gyorgyne@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.04

Bevezetés

Az újabb és újabb potenciális fehérjenövények felkutatását és termesztésbe vonását számos tényező indokolhatja. Ezek közé tartoznak a környezet- és állatvédelmi szempontok, valamint az emberi táplálkozási szokások változása. A hüvelyes növények esetében kiemelendő a talajszerkezetet javító és a talaj termékenységét fokozó hatásuk, amely jelentősen hozzájárul a fenntartható mezőgazdasági termeléshez.

Kísérletünket a Nyíregyházi Egyetem bemutatókertjében állítottuk be. Vizsgált növényünk a tehénborsó, más néven homoki bab (*Vigna unguiculata*), amely kiváló fehérjeforrás, és a világ számos térségében termesztett kultúrnövény. Termesztése a közönséges babnál és a borsónál kisebb termesztési igényű, termesztéstechnológiája pedig egyszerűen megvalósítható.

A magokat három időpontban vetettük (május elején, közepén és végén), a kísérletet négy ismétlésben végeztük. A vizsgált vegetatív paraméterek (gyökérhossz, gyökérgümők száma) alapján a harmadik vetési idő bizonyult a legkedvezőbbnek. Ezzel szemben a legnagyobb maghozamot a második vetési idő eredményezte, míg az első vetési idő esetében mértük a legtöbb hüvelyt tövenként.

Az egy hektárra vonatkoztatott terméshozam az első vetési időben 6,84 t/ha, a másodikban 7,33 t/ha, a harmadikban pedig 6,54 t/ha volt. Ezek az eredmények jelentősen meghaladják a világ különböző térségeiben közölt átlagos terméshozamokat. Feltételezésünk szerint a kiemelkedő eredmények elsősorban az alkalmazott csepegtető öntözésnek tulajdoníthatók.

A vegetáció során jelentős mennyiségű rhizobiumgümőt figyeltünk meg, azonban az első két vetési időben kialakult gümők jelentős része a mérés időpontjára már felszívódott.

Irodalmi áttekintés

Az IPCC (2013) értékelése szerint rendkívül valószínű (>95%), hogy az 1950-es évektől napjainkig megfigyelhető globális hőmérséklet-emelkedés döntően az emberi tevékenység következménye. A világ népességének folyamatos növekedése egyre nagyobb kihívás elé állítja a mezőgazdaságot, mivel a jelenlegi termelési rendszerek hosszú távon várhatóan nem lesznek képesek fenntartható módon kielégíteni a növekvő élelmiszerigényeket (Vallner–Krausz, 2011). A környezeti, gazdasági és társadalmi kihívások következtében az emberi táplálkozási szokások is átalakulóban vannak, és egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a fenntartható táplálkozási rendszerek (Godfray, 2010; Reardon, 2012). A 20. század végén felerősödő természetvédelmi törekvések szintén hozzájárultak a fenntartható étrendek előtérbe kerüléséhez (Hegarty & O'Mahony, 2001). Ennek eredményeként folyamatosan bővül a növényi fehérjeforrásokat tartalmazó élelmiszerek választéka, amelyek a húsmentes táplálkozás fontos alapanyagait jelentik. Az alternatív fehérjenövények jelentősége nem csupán a vegetáriánus és vegán étrendek térnyerése miatt növekszik (Csabai et al., 2022a; Csabai et al., 2022b; Avery Yale, 2020), hanem azért is, mert egy esetleges élelmiszerválság, valamint az állati eredetű élelmiszerek – különösen

a hús – árának emelkedése várhatóan tovább fokozza termesztésük és felhasználásuk iránti igényt (Janardhanan, 2003; Das & Ghosh, 2012; Jernei, 2022; KSH, 2022).

A mezőgazdaság számára egyre nagyobb kihívást jelent olyan, a hazai agroökológiai adottságok között is sikeresen termeszthető növénykultúrák termesztéstechnológiájának kidolgozása, amelyek alkalmasak az emberi táplálkozásban a hús részleges vagy teljes helyettesítésére. A hazai kutatások közül kiemelkedőek a Kaposvári Egyetem vizsgálatai, amelyek a csicseriborsó termesztéstechnológiájának fejlesztésére irányulnak, és biztató eredményeket mutatnak (Piszkerné et al., 2017). Az alternatív növényi fehérjeforrások közül a hüvelyes növények kiemelt jelentőségűek magas fehérjetartalmuk és kedvező táplálkozás-élettani tulajdonságaik miatt (Janardhanan, 2003). Termesztésük bővítése agronómiai szempontból is indokolt, mivel nitrogénmegkötő képességük révén hozzájárulnak a talaj termékenységének fenntartásához, javítják a talaj állapotát, valamint szerepet játszhatnak a gyengébb adottságú talajok regenerálásában is (Kosev & Georgieva, 2021; Bravo et al., 1999; Vadivel & Janardhanan, 2005).

A tehénborsó vagy homoki bab (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) egynyári hüvelyes növény, amely erőteljes karógyökérrel és a talaj felső rétegében kiterjedt oldalgyökérzettel rendelkezik. Gyökérrendszere a nagyszámú gyökérgümő következtében fejlettebb és kiterjedtebb, mint a szójáé. A növény a *Bradyrhizobium* spp. baktériumokkal specifikus szimbiózist alakít ki, amely lehetővé teszi a légköri nitrogén megkötését.

A termesztett haszonnövények közül a tehénborsó az egyik legnagyobb morfológiai változatosságot mutató faj; jelentős eltérések figyelhetők meg növekedési típusa, habitusa, érésideje és magtulajdonságai tekintetében (Singh et al., 2014). A szakirodalom a tehénborsó öt fajtacsoportját különíti el: *biflora*, *melanophthalmus*, *sesquipedalis*, *textilis* és *unguiculata* (Pasquet, 2000). Növekedési formája lehet felálló, bokros vagy kúszó. Kedvező környezeti feltételek mellett indeterminált növekedésű, hosszú és erőteljes hajtásokat fejleszt. Levelei szórt állásúak, hármasan összetettek, színük többnyire sötétzöld (Gómez, 2004).

Virágai öntermékenyülők, színük fehér, sárgásfehér, rózsaszín, halványkék vagy lila lehet. A virágok fürtvirágzatban helyezkednek el, rendszerint a kora reggeli órákban nyílnak ki, majd a déli órákra bezáródnak. Az elvirágzott virágok rövid időn belül elszáradnak és lehullanak. Bár a tehénborsó elsősorban önbeporzó növény, a beporzó rovarok jelenléte kedvezően befolyásolhatja a hüvelyek számát, a hüvelyenkénti magszámot, illetve mindkét tulajdonságot egyaránt (McGregor, 1976).

A hüvelyek mérete, alakja és színe jelentős változatosságot mutat. Egy hüvely rendszerint 8–20 magot tartalmaz. A magok mérete, alakja és színe szintén változatos. Hosszúságuk 2–12 mm, ezermagtömegüknek megfelelően a 100 mag tömege 5–30 g között változik. A magok alakja lehet vese vagy gömb alakú, míg a maghéj sima vagy ráncos felületű. Színe rendkívül változatos: előfordul fehér, zöld, vörös, barna, fekete, pettyes, foltos vagy úgynevezett „szemes" típus, amelyet fehér köldökvonal és azt körülvevő sötét elszíneződés jellemez (Gómez, 2004).

A tehénborsó földrajzi elterjedése széles, termesztése elsősorban a meleg éghajlatú területekre korlátozódik. A szójánál nagyobb fagyérzékenysége miatt az északi termesztőkörzetekben nem termeszthető gazdaságosan. Kedvező körülmények között már évi 300 mm csapadék mellett is képes hektáronként megközelítőleg 1 t mag- és 5 t szénatermést adni. Kiváló szárazságtűrő képességét mélyre hatoló karógyökere, valamint a párologtatást mérséklő élettani alkalmazkodási mechanizmusai – például a levelek függőlegesebb helyzete és a sztómák záródása – biztosítják (Van Rij, 1999). Ennek köszönhetően olyan körülmények között is eredményesen termeszthető, amelyek a közönséges bab számára már nem megfelelőek. A talajtípusok széles köréhez jól alkalmazkodik, a kötött agyagtalajoktól a laza homoktalajokig sikeresen termeszthető (Dangi et al., 2020; El Naim et al., 2011). Ennek következtében a száraz szavannák egyik meghatározó kultúrnövénye, ugyanakkor a nedvesebb szavannai körülményekhez alkalmazkodott fajták is ismertek (Gómez, 2004).

A tenyészidő hossza a növekedési típustól függően változik: a determinált típusok átlagosan 100, a félig determináltak 110, míg az indeterminálták mintegy 120 nap alatt érik el a teljes érettséget.

A tenyészidőt az éghajlati viszonyok is befolyásolják; magasabb hőmérséklet esetén az érési folyamat általában felgyorsul (Van Rij, 1999). Az optimális növényállomány kialakítását számos tényező befolyásolja, többek között a csapadék mennyisége, a talaj nedvességtartalma, a fajta tulajdonságai, a tápanyagellátottság és az alkalmazott termesztéstechnológia (Ndiaga, 2000; El Naim et al., 2011).

A tehénborsót elsősorban száraz magjáért termesztik, ugyanakkor zöldségnövényként is hasznosítható. A zsenge levelek és a fiatal hüvelyek egyaránt fogyaszthatók, ezért a növény többféle módon is felhasználható az emberi táplálkozásban.

A tehénborsó a világ egyik legjelentősebb hüvelyes növénye. Eredete Afrikához köthető, termesztése azonban napjainkra valamennyi trópusi térségben, valamint több mérsékelt övi régióban – így a Földközi-tenger medencéjében, Iránban, Kínában és az Egyesült Államok déli államaiban – is elterjedt (Pasquet, 1998). A világ éves szárított tehénborsó-termelése meghaladja a 7,4 millió tonnát, amelyből közel 7,1 millió tonna Afrikában terem (Pihlanto et al., 2017). A legnagyobb termelő és egyben fogyasztó Nigéria, amely Afrika termelésének mintegy 48%-át, míg a világ összes tehénborsó-termelésének 46%-át adja. Becslések szerint csak Nyugat-Afrikában megközelítőleg 6 millió hektáron termesztik ezt a növényt.

A FAOSTAT (2016) adatai szerint 2014-ben a legfontosabb hüvelyes kultúrák – a földimogyoró, a csicseriborsó, a galambborsó, a közönséges bab, a tehénborsó és a szójabab – együttes termőterülete világszerte megközelítette a 220 millió hektárt, összes termelésük pedig elérte a 430 millió tonnát. Az átlagos terméshozam 1,7 t/ha volt, ugyanakkor az egyes növényfajok között jelentős különbségek mutatkoztak: a földimogyoró 2,0 t/ha, a szójabab 1,8 t/ha, a közönséges bab 1,6 t/ha, a csicseriborsó és a galambborsó egyaránt 1,4 t/ha, míg a tehénborsó mindössze 0,44 t/ha átlagtermést ért el (Kebede & Bekeko, 2020).

Az irodalmi adatok szerint a világ tehénborsó-termelése 88%-kal, míg az átlagos terméshozam 35%-kal növekedett az 1994–1996-os és a 2006–2008-as időszak összehasonlításában. Ugyanezen idő alatt a betakarított termőterület 38%-kal bővült (Akibode et al., 2012). A termelés és a termelékenység jelentős növekedése ellenére a tehénborsó átlagos terméshozama továbbra is az egyik legalacsonyabb a szemes hüvelyes növények között. A 2006–2008-as időszakban a világátlag mindössze 450 kg/ha volt, ami megközelítőleg a fejlettebb régiókban elérhető terméshozamok felének felel meg. Egyes országokban ugyanakkor ennél lényegesen magasabb hozamokat is elérnek: Szerbiában az átlagos terméshozam 3,4 t/ha, míg az Egyesült Államokban 1,8 t/ha (Kebede & Bekeko, 2020).

Anyag és módszer

A kísérletet a Nyíregyházi Egyetem bemutatókertjében állítottuk be. A vizsgált növény a tehénborsó, más néven homoki bab (*Vigna unguiculata*), amelynek vetőmagja Spanyolországból, egy kertészeti szaküzletből származott. A vizsgálatok során a 'California Blackeye' fajtát alkalmaztuk (1. ábra).



1. ábra. A tehénborsó magja vese alakú, fekete foltokkal a köldökvonal mentén
Forrás: saját kép

A talajvizsgálati eredmények alapján a kísérleti terület talaja az alábbi paraméterekkel jellemezhető: pH 7,29; Arany-féle kötöttségi szám (K_A): 31; humusztartalom: 2,1%; sótartalom: 0,02 m/m%; kicserélhető nátriumtartalom: 2,3 m/m%; nitrit-nitrát-tartalom: 19,1 mg/kg; káliumtartalom: 183 mg/kg; foszfortartalom: 339 mg/kg; szulfáttartalom: 207,3 mg/kg; magnéziumtartalom: 68,4 mg/kg; nátriumtartalom: 32,3 mg/kg; cinktartalom: 11,67 mg/kg; réztartalom: 2,28 mg/kg; mangántartalom: 28,4 mg/kg (Csabai et al., 2022c; Csabai et al., 2021).

A szabadföldi kísérletet a Nyíregyházi Egyetem bemutatókertjében állítottuk be. A tehénborsó vetését három időpontban végeztük: 2022. május 9-én, május 16-án és május 26-án.

A parcellák mérete 200 × 160 cm volt. A vetést 40 cm sortávolságra és 5 cm tőtávolságra végeztük. A csapadékhiány pótlására csepegtető öntözést alkalmaztunk. A kísérletet négy ismétlésben állítottuk be.

A betakarítás 2022 augusztusában kezdődött. Az állományt fokozatosan, három hét alatt takarítottuk be, majd a növényeket tövenként kiemeltük, és a Nyíregyházi Egyetem Növénytermesztési Laboratóriumában dolgoztuk fel. A vizsgálat során az alábbi paramétereket határoztuk meg:

- gyökérhossz (cm);
- rhizobiumgümők száma (db);
- hüvelyszám (db);
- magszám (db);
- magtömeg (g).

A vetési idő és a vizsgált paraméterek közötti összefüggések értékelésére egyutas varianciaanalízist alkalmaztunk (Obádovics, 2009), amelyben a vetési idő független, a mért paraméterek pedig függő változóként szerepeltek. A három vetési időpont három vizsgálati csoportot alkotott. A varianciaanalízis alkalmazási feltételeit minden esetben ellenőriztük. A független változó nominális, míg a függő változók metrikus skálájúak voltak. A minták függetlenségét a kísérleti elrendezés biztosította. A normalitás feltételét normáleloszlás-ábrák alapján vizsgáltuk, a varianciahomogenitást Levene-próbával ellenőriztük, a minták elemszáma pedig közel azonos volt (Hódiné & Mikó, 2018). Az adatok statisztikai értékelését 5%-os szignifikanciaszint mellett végeztük.

Eredmények és értékelésük

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a leghosszabb gyökérzet a harmadik vetési időben fejlődött. Az első és a második vetési idő között számottevő különbséget nem tapasztaltunk, mindkét esetben megközelítőleg 21 cm-es gyökérhosszt mértünk, míg a harmadik vetési időben az átlagos gyökérhossz 24,7 cm volt. A legtöbb hüvely az első vetési időben alakult ki, átlagosan 25 db/tő, ezt követően a vetési idő későbbre tolódásával az átlagos hüvelyszám fokozatosan csökkent (20,6, illetve 14,4 db/tő). Hasonló tendencia volt megfigyelhető a magszám esetében is, amely az egymást követő vetési időpontokban átlagosan 144,4; 106,3 és 74,8 db/tő volt.

A legnagyobb magtömeget a második vetési idő eredményezte (36,1 g/tő), amelyet kis mértékben maradt el az első vetési időben mért 34,2 g/tő érték. A harmadik vetési időben az átlagos magtömeg mindössze 17,6 g/tő volt, ami közel 50%-kal alacsonyabb az első két vetési időben mért értékeknél (1. táblázat).

1. táblázat. A mért paraméterek elemszáma és átlaga a három vetési időben

Mért paraméterek	1. minta=1. vetési idő (2022.05.09.)		2. minta=2. vetési idő (2022.05.16.)		3. minta=3. vetési idő (2022.05.26.)	
	elemszám	átlag	elemszám	átlag	elemszám	átlag
Gyökérhosszúság (cm)	61	21,9	62	21,3	71	24,7
Rhizobium gümők száma (db)	56	2	55	2,4	70	12,9
Hüvelyek száma (db)	64	25,0	65	20,6	73	14,4
Magszám (db)	64	144,4	65	106,3	73	74,8
Magtömeg (g)	64	34,2	65	36,1	72	17,6

Forrás: Saját kutatás alapján saját szerkesztés

A varianciaanalízis eredményei (2. táblázat) alapján valamennyi vizsgált paraméter esetében a próba statisztikai értéke meghaladta a kritikus értéket, így megállapítható, hogy a vetési idő szignifikáns hatást gyakorolt a mért tulajdonságokra. A gyökérhosszúság esetében a vetési idő hatása statisztikailag igazolható volt, azonban a csoportokon belüli variabilitás meghaladta a csoportok közötti különbségeket, ami arra utal, hogy a vetési idő hatása mérsékelt. A rhizobiumgümők száma esetében ezzel szemben a csoportok közötti variancia meghaladta a csoportokon belüli varianciát, ami azt jelzi, hogy a vetési idő nemcsak szignifikáns, hanem számottevő hatást is gyakorolt erre a paraméterre. A hüvelyszám vizsgálata a gyökérhosszúsághoz hasonló eredményt adott: a vetési idő hatása statisztikailag igazolható volt, ugyanakkor a hatás mértéke mérsékeltnek tekinthető. A magszám és a magtömeg esetében szintén szignifikáns összefüggést mutattunk ki a vetési idővel, azonban ezeknél a paramétereknél a vetési idő magyarázó ereje szintén kisebb volt.

2. táblázat. A varianciaanalízis 5% melletti szignifikancia és variancia értékei

Mért paraméterek	szignifikancia, p-érték	Csoportok közötti variancia	Csoporton belül variancia
Gyökérhosszúság (cm)	0,002	505	7 522
Rhizobium gümők száma (db)	0,000	4 576	3 939
Hüvelyek száma (db)	0,000	3 240	28 285
Magszám (db)	0,000	133 733	1 225 264
Magtömeg (g)	0,000	14 589	126 855

Forrás: Saját kutatás alapján saját szerkesztés

Következtetések

Az irodalmi adatok alapján a tehénborsó kedvező alkalmazkodóképességű növény, amely csapadékosabb és szárazabb termesztési körülmények között egyaránt eredményesen termeszthető. Jó szárazságtűrő képessége miatt a klímaváltozás következtében egyre kiszámíthatatlanabbá váló időjárási viszonyok között hazánkban is ígéretes alternatívát jelenthet a hagyományosan termesztett hüvelyes növények, elsősorban a borsó és a közönséges bab mellett.

Vizsgálataink alapján a gyökérhossz és a gyökérgümők száma a harmadik vetési időben érte el a legmagasabb értéket. A gyökérgümők számában megfigyelt különbségek hátterében feltehetően élettani folyamatok állnak. Feltételezésünk szerint a vegetációs időszak végére a korábban kialakult gyökérgümők egy része lebomlik, ezért a betakarítás időpontjában az első két vetési időben már alacsonyabb gümőszámot mértünk. Ezt a feltételezést a vegetáció során végzett rendszeres szemrevételezések is alátámasztják. A tenyészidő folyamán több alkalommal

emeltünk ki növényeket a gyökérgümő-képződés nyomon követése céljából, és különösen a második vetési időben vetett állományban nagyszámú gümőt figyeltünk meg. Mivel ezek a megfigyelések nem standardizált mérésekből származnak, statisztikailag nem igazolhatók, ezért csupán megfigyelésként értékelhetők.

A hüvelyszám és a tövenkénti magszám a harmadik vetési időben volt a legalacsonyabb. Ebben a kezelésben a fejletlen, léha magok aránya is magasabbnak bizonyult, ami kedvezőtlenül befolyásolta a terméshozamot. Eredményeink alapján a terméshozam szempontjából a május közepi vetés tekinthető a legkedvezőbbnek. Bár a varianciaanalízis szerint a vetési idő hatása statisztikailag szignifikáns volt, a hatás mértéke a legtöbb vizsgált paraméter esetében mérsékeltnek bizonyult.

A tövenkénti magtömeg alapján a terméshozam hektárra vetített értéke becsléssel meghatározható volt. A 3,2 m²-es kísérleti parcellák eredményeit hektárra vetítve az első vetési idő esetében 6,84 t/ha, a második vetési időben 7,33 t/ha, míg a harmadik vetési időben 6,54 t/ha becsült terméshozamot kaptunk.

A FAOSTAT adatai szerint kedvező ökológiai adottságok és öntözés mellett a tehénborsó jó terméshozama általában 1,5–2,0 t/ha, míg a világátlag megközelítőleg 1,0 t/ha. Az általunk becsült terméshozamok ezt jelentősen meghaladták.

A varianciaanalízis eredményei alapján megállapítottuk, hogy a vetési idő valamennyi vizsgált paraméterre szignifikáns hatást gyakorolt. A legerőteljesebb összefüggést a gyökérgümők számánál tapasztaltuk, ahol a vetési idő hatása a többi vizsgált tulajdonsághoz viszonyítva is a legnagyobbnak bizonyult.

Vizsgálatunk eredményeinek értékelésekor figyelembe kell venni, hogy a kísérleti állomány a tenyészidő során rendszeres csepegtető öntözésben részesült, ami kedvezőbb vízellátást biztosított, mint amilyen a termesztési gyakorlatban általában rendelkezésre áll. Ennek ellenére eredményeink arra utalnak, hogy a tehénborsó hazai, élelmezési célú termesztése jelentős potenciállal rendelkezik. A megfelelő vízellátás biztosítása mellett a Nyírség homoktalajain is kiemelkedő terméshozam érhető el, amely meghaladja a nemzetközi szakirodalomban közölt átlagos értékeket, és a kedvezőbb termőhelyi adottságú országok – például Szerbia – eredményeivel is összevethető.

Kulcsszavak: tehénborsó/homoki bab, alternatív protein, vetési idő, terméshozam

Irodalom

Akibode, C. S., Maredia, M. K., Akibode, C. S., & Maredia, M. K. (2012). Global and Regional Trends in Production, Trade and Consumption of Food Legume Crops. Unknown. https://doi.org/10.22004/AG.ECON.136293

Bravo, L., Siddhuraju, P., & Saura-Calixto, F. (1999). Composition of underexploited Indian pulses: Comparison with common legumes. Food Chemistry, 64(2), 185–192. Doi: 10.1016/S0308-8146(98)00140-X

Csabai, J., Braun, B., Tarek, M., & Irinyiné Oláh, K. (2021). Effect of alternative nutrient replenishes on soil quality parameters. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія (Scientific Bulletin of Uzhhorod National University: Series Biology), 50–51, 41–47. https://doi.org/10.24144/1998-6475.2021.50-51.41-47

Csabai, J., Szabó, B., Kosztyuné Krajnyák, E., Szabóné Berta, O., & Hörcsik, Zs. T. (2022a). The current state of vegetarianism in Hungary, its possible effects on the agricultural structure and the food system. South-Western Journal of Horticulture, Biology and Environment, 13(1), 31–57.

Csabai, J., Szabó, B., Kosztyuné Krajnyák, E., Hörcsik, Zs. T., & Nagy Makszim Györgyné, T. (2022b). Examining some ideological aspects of vegetarianism. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія (Scientific Bulletin of Uzhhorod National University: Series Biology), 52, 32–36. https://doi.org/10.24144/1998-6475.2022.52.32-36

Csabai, J., Braun, B., Hörcsik, Z. T., Kolesznyk, A., & Irinyiné Oláh, K. (2022c). Alternatív trágyaszerek és szerkezetjavító anyagok hatása a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira [Effects of alternative fertilizers and nutrient

replenishers on soil physical and chemical properties]. In: Bujdosó, Z. (szerk.), XVIII. Nemzetközi Tudományos Napok [18th International Scientific Days]: A „zöld megállapodás" – Kihívások és lehetőségek [The "Green Deal" – Challenges and Opportunities]: Előadások és poszterek összefoglalói [Summaries of Presentations and Posters] (p. 34). Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus.

Dangi, S. S., Bara, B. M., Chaurasia, A. K., & Pal, A. K. (2020). Evaluation and characterization of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes for growth, yield and quality parameters in Prayagraj agro-climatic region. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9(10), 3069–3079. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.910.369

Das, A., & Ghosh, P. K. (2012). Role of legumes in sustainable agriculture and food security: An Indian perspective. Outlook on Agriculture, 41(4), 279–284. https://doi.org/10.5367/oa.2012.0109

FAOSTAT. (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E

Godfray, H. C. J., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Nisbett, N., Pretty, J., Robinson, S., Toulmin, C., & Whiteley, R. (2010). The future of the global food system. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 365(1554), 2769–2777. https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0180

Gómez, C. (2004). Cowpea: Post-harvest operations. FAO.

Hegarty, J. A., & O'Mahony, G. B. (2001). Gastronomy: A phenomenon of cultural expressionism and an aesthetic for living. International Journal of Hospitality Management, 20(1), 3–13. https://doi.org/10.1016/S0278-4319(00)00028-1

Hódiné Sz. Mikó, J. E. (2018). Kutatásmódszertani alapismeretek: Bevezetés az SPSS használatába. Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013). Climate change 2013: The physical science basis. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324

Janardhanan, K., Vadivel, V., & Pugalenthi, M. (2003). Biodiversity in Indian underexploited/tribal pulses. In: Jaiwal, P. K. & Singh, R. P. (Eds.), Improvement strategies of Leguminosae biotechnology (pp. 353–405). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0109-9_17

Jernei, G. (2022). Elszabadulhatnak az élelmiszerárak. Portfolio. https://privatbankar.hu/cikkek/agrar/elszabadulhatnak-az-elelmiszerarak.html

Kebede, E., & Bekeko, Z. (2020). Expounding the production and importance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Ethiopia. Cogent Food & Agriculture, 6(1). https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1769805

Kosev, V. I., & Georgieva, N. (2021). Multivariate analysis of white lupine (*Lupinus albus*) genotypes. South-Western Journal of Horticulture, Biology and Environment, 12(2), 75.

KSH (Központi Statisztikai Hivatal) (2022). Fogyasztói árak, 2022. január. https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/far/far2201.html

McGregor, S. E. (1976). Insect pollination of cultivated crop plants (Agriculture Handbook No. 496). U.S. Department of Agriculture.

El Naim, A. M., Jabereldar, A. A., & Mohamed, E. A. (2011). Effect of seed rate and varieties on vegetative growth attributes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) under rain-fed conditions in Sudan. Asian Journal of Science and Technology, 2(3), 22–26.

Ndiaga, C. (2000). Genotype × row spacing and environment interaction of cowpea in semi-arid zones. African Crop Science Journal, 9(2), 359–367. https://doi.org/10.4314/acsj.v9i2.27606

Obádovics, J. Gy. (2009). Valószínűségszámítás és matematikai statisztika. Scolar Kiadó.

Pasquet, R. S. (1998). Morphological study of cultivated cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp.). Importance of ovule number and definition of cv. gr. Melanophthalmus. Agronomie, 18(1), 61–70. https://doi.org/10.1051/agro:19980104

Pasquet, R. S. (2000). Allozyme diversity of cultivated cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Theoretical and Applied Genetics, 101*, 211–219. https://doi.org/10.1007/s001220051471

Pihlanto, A., Mattila, P., Mäkinen, S., & Pajari, A.-M. (2017). Bioactivities of alternative protein sources and their potential health benefits. *Food & Function, 8*(10), 3443–3458. https://doi.org/10.1039/C7FO00302A

Piszkerné Fülöp, É., Treitz, M., & Treitz, J. (2017). Egyre kelendőbb a csicseriborsó Európában is. Agroinform, https://www.agroinform.hu/gazdasag/egyre-kelendobb-a-csicseriborso-europaban-is-34271-001

Reardon, T., & Timmer, C. P. (2012). The economics of the food system revolution. Annual Review of Resource Economics, 4, 225–264. https://doi.org/10.1146/annurev.resource.050708.144147

Singh, B. B., Timko, M. P. & Aragao, F. J. L. (2014). Advances in Cowpea Improvement and Genomics. In: Gupta, S., Nadarajan, N., Gupta, D. (eds) Legumes in the Omic Era. Springer, New York, NY.
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8370-0_7

Vadivel, V., & Janardhanan, K. (2005). Nutritional and antinutritional characteristics of seven South Indian wild legumes. Plant Foods for Human Nutrition, 60(2), 69–75.
https://doi.org/10.1007/s11130-005-5102-y

Vallner, J., & Krausz, E. (2011). Fenntarthatóság, globális problémák. Bessenyei Könyvkiadó.

van Rij, N. (1999). Production of cowpea in KwaZulu-Natal. Agriculture and Environment Affairs Department, Province of KwaZulu-Natal. South-Africa.

POTENTIAL FOR THE CULTIVATION OF COWPEA (*VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP.) FOR HUMAN CONSUMPTION IN HUNGARY

[1]Judit Csabai, [1]Ildikó Pinke, [1]Edit Kosztyuné Krajnyák, [2]Mondici Susana, [3]Tímea Nagy Makszim Györgyné

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
csabai.judit@nye.hu

[2]Agricultural Research and Development Station Livada, 7 Baia Mare St., Livada, Romania, Tel/Fax: 0261 – 840 -018 scdalivada@yahoo.com

[3]University of Nyíregyháza, Institute of Applied Humanities, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
makszim.gyorgyne@nye.hu

Summary

The identification and cultivation of alternative protein crops are becoming increasingly important for several reasons, including environmental sustainability, animal welfare considerations, and changing dietary habits. Leguminous crops are particularly valuable because, in addition to providing a rich source of plant protein, they improve soil fertility through biological nitrogen fixation and contribute to sustainable agricultural production.
The field experiment was conducted in the demonstration garden of the University of Nyíregyháza using cowpea (*Vigna unguiculata*), a protein-rich legume cultivated in many regions of the world. Compared with common bean and pea, cowpea has lower cultivation requirements and can be grown using relatively simple production technology.
Seeds were sown at three different dates (early, mid and late May) in a randomized experiment with four replicates. The third sowing date resulted in the greatest root length and the highest number of root nodules, whereas the second sowing date produced the highest seed yield. The estimated yields were 6.84, 7.33 and 6.54 t ha^{-1} for the first, second and third sowing dates, respectively. These values substantially exceeded the average yields reported in the international literature, which was most likely attributable to the drip irrigation applied during the experiment. Large numbers of rhizobial root nodules were observed during the growing season. However, by the time of harvest, most nodules formed during the first two sowing dates had already senesced, resulting in considerably lower nodule counts at the final assessment.

Keywords: cowpea, alternative protein, sowing time, yield

ANALYSIS OF CROP ELEMENTS OF TRITICALE TREATED WITH POULTRY MANURE

Edit Kosztyuné Krajnyák[1] – István Henzsel[2] – Shukhrat Shokirov[3] – Ilhom Abdurahmanov[3] – Mukhitdin Akbarov[3] – Zokhid Mamatkulov[3] – Ulugbek Kuziev[3] – Khojiakbar Khasanov[3] – Nozimjon Teshaev[3] – Khakberdiev Obid[3] – Khafizova Zulfiya[3] – Susana Mondici[4] – Ioan Radu Șugar[5] – Dominik László Sztojka[1] – Béla Szabó[1] – Eszter Petró Hajnal[1] – Judit Csabai[1]

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, Department of Agricultural Sciences and Environmental Management, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b
e-mail: krajnyak.edit@nye.hu

[2]University of Debrecen, IAREF, Research Institute of Nyíregyháza,
H-4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos Str. 4-6.
henzsel6@gmail.com

[3]Department of Geodesy and Geoinformatics, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers (TIIAME) - National Research University, Tashkent, Uzbekistan

[4]Agricultural Research and Development Station (ARDS) Livada, 7 Baia Mare Street, Livada, Romania.
e-mail: scdalivada@yahoo.com

[5]Department of Engineering and Technology Management, Faculty of Engineering, Northern University Center of Baia Mare, Technical University of Cluj-Napoca, 62A Victor Babes Street, 430083 Baia Mare, Romania;
e-mail: ioan.sugar@imtech.utcluj.ro

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.05

Introduction

The domestic significance of triticale is defined by its ability to be reliably cultivated even on poor-quality, acidic soils. While for many decades it was comparable to rye in this regard, modern breeding has resulted in significantly higher yield potential, while maintaining excellent tolerance to extreme weather conditions and water scarcity. These characteristics justify investigating fertilization strategies that simultaneously increase yield, improve grain quality, and promote long-term soil sustainability. Our study aimed to determine whether granulated poultry manure (PM) offers a viable alternative to conventional mineral fertilizers and what practical conclusions can be drawn regarding its application in cultivation technology.

Literature review

Triticale (×*Triticosecale*) is an artificial hybrid created in Europe in the 1870s by crossing wheat and rye; it became a widely cultivated crop starting in the 1950s (Biczó, 2012). The primary goal of breeding was to develop a cereal that combined high protein content and baking qualities with stress tolerance – such as cold and drought resistance and stable yields on poorer soils (Benedek & Kiss, 2017). Triticale is cultivated primarily as a feed crop. Due to its high protein content (11–13%) and favorable amino acid composition –particularly its high lysine and methionine levels – it serves as a valuable ingredient in swine and poultry feed (Szalai et al., 2018). Furthermore, triticale plays an increasingly important role in climate change adaptation, as it is capable of delivering stable yields despite shifting precipitation patterns and rising temperatures (Oláh et al., 2021; Soós & Makszim, 2024). Poultry manure plays a key role in sustainable crop production, as it offers a unique combination of macro- and micro-nutrients and organic matter that stimulates soil biological activity. In the cultivation of cereals – including triticale – the application of poultry manure not only increases crop yields but also improves nutritional quality (Szabó, 2019; Makszim, 2021). Grain development results from the coordinated progression of vegetative and reproductive growth stages. In the case of triticale, the following phenophases play a decisive role:

- Tillering: The main shoots and lateral shoots develop during the plant's initial vegetative stage; later, they form the basis of the spikes (Horváth & Papp, 2020).

- Spike development: At the beginning of the reproductive stage, the development of the spikes and the formation of grain primordia commence. The number of spikes depends largely on nutrient availability, particularly the amount of nitrogen (Smith et al., 2020).
- Grain formation: The number and quality of grains within the spike are determined. The effect of fertilization is particularly significant at this stage, as nitrogen and phosphorus promote the full development of the grains (Benedek & Kiss, 2017).
- Ripening: The final mass and internal quality characteristics of the grains develop during this stage. Nutrient availability, water and light conditions, as well as environmental stress factors, directly influence crop quality (Lipiec et al., 2021).

Triticale yield components serve to measure quantitative and qualitative parameters and are directly linked to cultivation technology and fertilization:

- Number of spikes: The number of spikes per plant unit depends on tillering and nutrient supply. High-nitrogen fertilization generally results in a greater number of spikes (Smith et al., 2020).
- Grain number: The number of developing grains within a spike directly influences yield. Optimal nitrogen and phosphorus supply enhances full grain development (Horváth & Papp, 2020).
- Thousand-kernel weight: Thousand-kernel weight indicates the individual mass of the grains and is an important quality indicator. The application of organic fertilizers, particularly poultry manure, generally increases the thousand-kernel weight (Benedek & Kiss, 2017).
- Grain yield: The actual yield resulting from the combination of the number of spikes and the number of grains. Adequate nutrient supply and a stress-free environment increase grain yield (Antal, 2009).

The yield potential of triticale is favorable: in Hungary, the average yield is 4–7 t ha^{-1}, but higher yields can be achieved in good years and with favorable nutrient supply (Kovács, 2017).

Materials and methods

We established our experiment at the University of Nyíregyháza's experimental farm, on a 10-ha experimental field over two consecutive growing seasons (2023/2024 and 2024/2025). The crop used in the experiment was the 'GK Maros' triticale variety. Developed by Gabonakutató Nonprofit Kft., 'GK Maros' is known as a medium-early maturing variety with high yield potential and good winter hardiness. Due to its excellent adaptability to the local continental climate, it is frequently selected for both experimental and commercial cultivation (Gabonakutató Nonprofit Kft., 2023).

Half of the experimental field (5 ha) was treated in the autumn, prior to sowing, with granulated poultry manure (Bio-Fer Natur™). Bio-Fer Natur™ is manufactured and distributed by Baromfi Coop Kft. The fermented poultry manure (PM) has an NPK content of 4-3-3% (w/w), meaning it provides 40 kg ha^{-1} of nitrogen, 30 kg ha^{-1} of phosphorus, and 30 kg ha^{-1} of potassium (based on the application rate of 1 tonne ha^{-1} used in the experiment). During the production of Bio-Fer Natur™ (Baromfi Coop Kft., 2023), fresh poultry manure undergoes a controlled microbiological fermentation process in an enclosed environment. In this process, natural bacterial cultures (primarily *Bacillus* and *Lactobacillus* strains) partially break down the organic matter, thereby reducing ammonia emissions and unpleasant odors.

Fermentation stabilizes organic matter, eliminates pathogenic microorganisms, and improves the rate of nutrient availability in the manure. The resulting product has a uniform structure – either granular or finely crumbly – making it easy to apply with spreading equipment, and it exerts its effect when incorporated into the soil. Bio-Fer Natur™ has a high organic matter content (60–70%); consequently, it boosts the soil's humus content, which helps enhance microbial activity.

During the study, all operations (soil preparation, sowing, crop maintenance, and harvesting) were carried out in the same way in both years under investigation, so that the effect of fertilization could be clearly evaluated.

The experimental plots were harvested on June 27, 2024, and June 30, 2025. Plant samples were collected in five replicates from randomly selected 1 m² areas within both the poultry manure-treated and control plots. The triticale plants were cut at a stubble height of 10 cm and then bundled. Following drying, the collected plant samples (5 treated, 5 control) were processed at the Crop Production Laboratory of the University of Nyíregyháza. The spikes were separated from the triticale stems, and the above-ground biomass was measured. During the measurement of yield components, the number of spikes was counted. A manual thresher was used to thresh the triticale spikes. After threshing, the grain mass and thousand-kernel weight were measured.

In presenting the background of the experimental methodology, we considered it important to outline the soil and climatic characteristics of the study years. Due to their mode of formation, the acidic sandy soils of the Nyírség region are generally poor in humus, colloids, and nutrients. Their humus content typically ranges from 0.5% to 2.0%, with values exceeding 2.0% considered high. Furthermore, the low pH (4.0–5.4) hinders nutrient retention and uptake by plants. The sandy soil under study is characterized by low water-holding capacity, though its good aeration favors root development. The soil warms up rapidly, resulting in quick germination following sowing. The region features a temperate continental climate, which is generally favorable for the cultivation of small-grain cereals.

The annual average temperatures during the years under study (Table 1) exceeded the long-term average (9.7 °C), ranging from 11.5 °C to 13.2 °C. Throughout the August-to-July period, recorded temperatures were – almost without exception – above the long-term average. The years examined were warmer than average, resulting in more rapid development for the triticale. Autumn temperatures promoted good emergence and the onset of tillering, while higher spring temperatures favored vigorous plant growth. The 2023/2024 and 2024/2025 growing seasons in the Nyírség region were characterized by a long, warm autumn and a mild winter, with only a few brief spells of frost. Weather conditions favored the overwintering of autumn-sown cereals, including triticale. The gradual warming between February and March enabled early plant development.

Table 1. Temperature data for the years under study and the long-term average (1870–2002) in Nyíregyháza

Months	**2023-2024**	**2024-2025**	**Multi-year average (1870-2002)**
August	22.7	23.9	19.8
September	19.1	18.3	15.5
October	13.4	10.6	9.9
November	5.6	3.0	4.2
December	2.5	2.2	-0.4
January	1.0	2.6	-2.4
February	7.8	0.0	-0.1
March	9.4	7.8	4.6
April	13.7	12.8	10.7
May	17.5	14.1	15.9
June	21.2	22.1	19.0
July	24.1	21.1	20.6
Average	**13.2**	**11.5**	**9.7**

Source: University of Nyíregyháza Ferenctanya - Meteorological Station, Multi-year average (1870-2002) (OMSZ, 2024)

A comparison of precipitation data recorded during the growing seasons of the years under study (Table 2) reveals that the annual precipitation totals (623.2–694.9 mm) significantly exceeded the

long-term average (564.5 mm), with an excess of more than 60–130 mm. Significant differences were observed in the monthly distribution of precipitation. In the 2023/2024 season, lower autumn precipitation was recorded (6.4 mm, 30.8 mm, and 76 mm), resulting in sluggish germination and shoot growth; conversely, in the autumn of 2024/2025, substantial rainfall occurred in September and October (149 mm and 102.6 mm), which favorably influenced the initial development and growth of the triticale. In the spring of 2025, high precipitation levels were recorded in March (95.2 mm) and May (66.9 mm), greatly promoting spring shoot growth and tillering. Unfortunately, the spring of 2024 began with low precipitation, which had a severe impact on stem elongation and tillering effects that subsequently manifested in both vegetative and reproductive development.

Table 2. Precipitation data for the years under study and the long-term average (1870–2002) in Nyíregyháza

Months	2023-2024	2024-2025	Multi-year average (1870-2002)
August	5.0	16.0	65.0
September	6.4	149.0	43.0
October	30.8	102.6	44.0
November	76.0	50.2	46.5
December	113.6	18.2	40.5
January	45.0	38.2	29.5
February	10.4	26.0	30.0
March	13.4	95.2	30.0
April	49.8	13.9	39.5
May	65.8	66.9	54.0
June	182.4	17.7	76.0
July	24.6	101.0	66.5
Total	**623.2**	**694.9**	**564.5**

Source: University of Nyíregyháza Ferenctanya - Meteorological Station, Multi-year average (1870-2002) (OMSZ, 2024)

Results and their evaluation

Small-plot trials conducted during the 2023/2024 and 2024/2025 seasons provided an opportunity to evaluate the effect of poultry manure treatment on triticale under two different sets of environmental conditions. The amount and distribution of precipitation during the 2023/2024 growing season had an adverse effect on triticale development. In contrast, the more favorable precipitation distribution of the 2024/2025 season – as reflected in the meteorological data – allowed the effect of the poultry manure to manifest more markedly.

Table 3 presents the above-ground biomass – measured across five replicates from 1 m² plant samples – for our small-plot field experiment over the two years studied. Data from the 2023/2024 season clearly demonstrate that, under unfavorable precipitation conditions, the above-ground biomass in poultry manure-treated plots declined, averaging 561.7 g. That year, the average results for the control plot exceeded those of the poultry manure-treated plots (636.5 g) by more than 13%. Based on the results from the 2024/2025 growing season, it was found that the average above-ground biomass of the control plot samples (across five replicates) nearly reached 800 g. In contrast, the poultry manure-treated samples produced an average above-ground biomass of nearly 1,300 g.

In the 2023/2024 season, the poultry manure treatment produced 11.8% lower biomass than the control plot (561.7 g vs. 636.5 g). From a technical standpoint, this can be attributed to the low

precipitation, which prevented the poultry manure from breaking down and becoming available to the plants. In the 2024/2025 season, the effect of the poultry manure became evident, resulting in a 60% increase compared to the control (1,273.6 g vs. 793.9 g); the nutrients in the manure had become accessible to the triticale. This indicates that weather conditions in the second year were far more favorable for the triticale than in the first.

Table 3. Analysis of above-ground biomass (g) in control and treated plots during the 2023/2024 and 2024/2025 growing seasons (per 1 m², with 5 replicates)

	Above-ground biomass (g) 2023/2024					
Number of replicates	1.	2.	3.	4.	5.	Average (g)
Control plot	384.7	154.1	1 135.9	675.2	832.7	636.5
Treated plot (PM)	410.9	327.1	657.7	683.7	729.3	561.7
	Above-ground biomass (g) 2024/2025					
Number of replicates	1.	2.	3.	4.	5.	Average (g)
Control plot	820.4	767.8	705.2	721.3	955.0	793.9
Treated plot (PM)	1 508.2	815.1	1 394.4	1 527.5	1 122.9	1 273.6

The results regarding yield components are summarized in Table 4. In the 2023/2024 growing season, the effect of the poultry manure treatment was not observed. The average number of spikes was 254.4 in the control plots, whereas 245.4 were counted in the treated plots. A difference was noted in grain weight: compared to the control's average of 229.6 g, the area treated with poultry manure yielded 205.2 g. Regarding thousand-kernel weight, average values slightly exceeding 38.0 g were measured in both cases (control and treated); however, the poultry manure treatment did not yield a positive effect.

In the 2024/2025 growing season, the average number of spikes harvested from the control plot across five replicates was 283.6, whereas in the plot treated with poultry manure, it was nearly double that figure at 555.8. Measurements of grain mass obtained after threshing showed that the poultry manure-treated plot outperformed the control plot, with an average yield of 546.0 g compared to 314.7 g. Although no major difference was observed regarding the thousand-kernel weight, the manure treatment did result in a higher thousand-kernel weight (44.9 g) for the triticale seeds. For all parameters examined, the results clearly demonstrated that poultry manure increased the number of spikes, grain mass, and thousand-kernel weight.

Table 4. Analysis of yield components in control and treated plots for the 2023/2024 and 2024/2025 growing seasons (per 1 m², with 5 replicates)

	Control plot 2023/2024					
Number of replicates	1.	2.	3.	4.	5.	Average
Number of spikes (pcs)	209	221	295	249	298	254.4
Seed weight (g)	154.5	60.5	360.8	263.2	308.2	229.4
Thousand-kernel weight (g)	32.3	33.4	46.1	39.2	41.6	38.5
	Treated plot (PM) 2023/2024					
Number of spikes (pcs)	216	273	262	221	255	245.4
Seed weight (g)	173.7	99.3	233.5	252.5	267.0	205.2
Thousand-kernel weight (g)	38.7	32.2	39.8	39.7	40.5	38.2

	Control plot 2024/2025					
Number of replicates	1.	2.	3.	4.	5.	Average
Number of spikes (pcs)	282	286	223	285	342	283.6
Seed weight (g)	259.3	355.8	282.5	288.5	387.4	314.7
Thousand-kernel weight (g)	44.6	44.5	43.4	44.0	47.2	44.7
	Treated plot (PM) 2024/2025					
Number of spikes (pcs)	554	447	387	530	861	555.8
Seed weight (g)	627.9	338.8	647.1	657.7	458.5	546.0
Thousand-kernel weight (g)	40.1	39.4	53.9	47.2	43.7	44.9

After analyzing the yield components, yield was estimated by extrapolating the 1 m² plot data to a per-hectare basis. The table below (Table 5) presents the results of the 1 m² small-plot experiment, extrapolated to a 1-hectare basis.

Based on data from the 2023/2024 growing season, the control plot showed better results than the treated area. The estimated yield for the control area, calculated on a per-hectare basis, approached 2.3 tonnes ha^{-1}. For the plot treated with poultry manure, the estimated yield was lower than that of the untreated plot (2.052 tonnes ha^{-1}). Data from the 2024/2025 growing season show significant improvement compared to the previous year. The plot treated with poultry manure produced a yield more than 2.3 tonnes ha^{-1} higher (5.46 tonnes ha^{-1}) than the control plot (3.147 tonnes ha^{-1}). That year, the poultry manure treatment proved highly effective, resulting in a higher yield compared to the control.

Table 5: Analysis of estimated yield results for the 2023/2024 and 2024/2025 growing seasons in control and treated plots

	2023/2024 growing season	
	Seed weight per m² / average of 5 replicates	Estimated yield
Control plot	229.6 g	2.296 tonnes ha^{-1}
Treated plot (PM)	205.2 g	2.052 tonnes ha^{-1}
	2024/2025 growing season	
	Seed weight per m² / average of 5 replicates	Estimated yield
Control plot	314.7 g	3.147 tonnes ha^{-1}
Treated plot (PM)	546.0 g	5.460 tonnes ha^{-1}

Conclusions

The effect of poultry manure on crop yields is well known. However, previous observations have shown fluctuations in its effectiveness. Earlier experiments also suggested that the impact of poultry manure varies depending on weather conditions and soil parameters (Irinyiné et al., 2019; Csabai et al., 2020, Csabai et al., 2022). In areas with unfavorable soil conditions and a constant risk of drought, organic triticale cultivation can yield between 1.1 and 2.8 tonnes ha^{-1} (Kosztyuné, 2023).

The spring drought of the 2023/2024 season inhibited the tillering process, thereby limiting the effectiveness of the fertilizer. Nutrient release and plant uptake are substantially reduced under water-deficient conditions.

The 2024/2025 growing season was wetter than average, with precipitation exceeding the long-term average by more than 130 mm. Rainfall during the autumn months had a beneficial effect on the initial growth and development of the triticale. In the spring, the heavy rainfall in March favored shoot growth and tillering. The effect of the poultry manure was evident in both above-ground biomass production and yield formation. These findings indicate that, given the wetter-than-average conditions, the poultry manure mineralized effectively and exerted a strong influence, as the above-ground biomass and yield components significantly exceeded the values measured in the control plots. However, further studies and a higher number of replicates are required to fully assess the impact of poultry manure in relation to weather conditions, soil quality parameters, and long-term application.

Summary

Our study aimed to examine the effect of fermented poultry manure on triticale during the 2023/2024 and 2024/2025 growing seasons and to determine the crop's above-ground biomass and yield components. Overall, a comparison of the results from the two years indicates that the effectiveness of poultry manure depends primarily on precipitation distribution. The spring drought of 2023/2024 inhibited shoot growth, tillering, and both vegetative and reproductive development, whereas the balanced and abundant rainfall of 2024/2025 favored above-ground biomass accumulation and yield components, resulting in a significant increase in yield. The findings demonstrate that the effectiveness of organic fertilization depends on environmental conditions that support nutrient release and uptake.

Keywords: triticale, poultry manure, yield components, biomass

Acknowledgements

The presentation received support from project 2022-1.2.2-TÉT-IPARI-UZ-2022-00023, AL-6222052520 "Supporting organic and conventional farming with Geospatial methods, "funded by the NKFI (NRDI), Hungary and Innovative Development Agency, Uzbekistan.

References

Antal, J. (2009). Növénytermesztéstan I. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Baromfi Coop Kft. (2023). Bio-Fer Natur™ fermentált baromfitrágya – Termékleírás és műszaki adatlap. Debrecen. Elérhető: http://bio-fer.hu/bio-fer-natur/

Benedek, P. & Kiss, T. (2017). A tritikálé termesztése és felhasználása. AgrárUnió, Budapest.

Biczó, I. (2012). A tritikálé termesztése és jelentősége Magyarországon. DE MÉK Közlemények, Debrecen.

Csabai, J., Irinyiné Oláh, K., Gonda, V., Márta-Kergyik, É., Cziáky, Z., Tarek, M., Aka Sağliker, H., Klimiene, A., Petrus, A. & Mészáros, O. (2020). Relation-analysis, between the yield, capsaicin content, using different nutrient supplementation methods at cultivation various chili peppers. In Complex rural economic development and sustainability research, development of the service network in the Carpathian basin: proceedings of the intarnational scientific conference Nutriment-farming researches at University of Nyíregyháza, EFOP-3.6. 2.-16-2017-00001: Nyíregyháza, Hungary, March 12, 2020 (pp. 7-14). Nyíregyháza: University of Nyíregyháza.
https://hdl.handle.net/20.500.14172/2973

Csabai, J., Braun, B., Hörcsik Zs, T., Kolesznyk, A., & Irinyiné Oláh, K. (2022). Alternatív trágyaszerek és szerkezetjavító anyagok hatása, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira. Bujdosó, Zoltán (szerk.) XVIII. Nemzetközi Tudományos Napok [18th International Scientific Days]: A „Zöld Megállapodás"–Kihívások és lehetőségek. Gyöngyös, Magyarország: Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus, 122-128.

Gabonakutató Nonprofit Kft. (2023). GK Maros tritikálé – fajtaismertető. Szeged.
Elérhető: https://www.gabonakutato.hu

Horváth, Z. & Papp, Z. (2020). Kalászos gabonák agrotechnikája és tápanyagellátása. Agrártudományi Közlemények, 79(1), 45–53.
Irinyiné Oláh, K., Lipcsei, D., Ragány, B., Aka Sağliker, H., Cziáky, Z., Vigh, Sz., Tarek, M. & Csabai, J. (2019). Szerves trágyaszerek és talajjavító anyagokhatása a chili paprika növekedés-dinamikájára. „Komplex vidékgazdasági és

fenntarthatósági fejlesztések kutatása, szolgáltatási hálózatának kidolgozása a Kárpát-medencében" EFOP-3.6.2.-16-2017-00001 azonosító számú projekt Tápanyagutánpótlás a fenntartható homoki gazdálkodásban szakmai konferencia. March 27, 2019 (pp 1-6.)

Kosztyuné Krajnyák, E. (2023). Szöszös bükköny (*Vicia villosa* Roth.) jelentősége a fenntartható homoki gazdálkodásban (The importance of the hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) in sustainable sand management) Thesis. University of Debrecen

Kovács, G. (2017). A tritikálé termesztéstechnológiai fejlesztése hazai viszonyok között. Agrofórum Extra, 66, 45–50.

Lipiec, J., Kus, J. & Nosalska, A. (2021). Nitrogen and water interaction effects on triticale yield components. Plant, Soil and Environment, 67(5), 235–243.

Makszim Györgyné Nagy, T. (2021). A területfejlesztés aktuális kérdései Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében. In Tóth, C. (Ed.), Őshonos- és tájfajták – ökotermékek – egészséges táplálkozás – vidékfejlesztés: Minőségi élelmiszerek – egészséges környezet – fenntartható vidéki gazdálkodás. Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet. (pp. 327–334).

Nyíregyházi Egyetem (2025). Ferenctanyai Tangazdaság – Meteorológiai állomás adatai (2024/2025). Nyíregyháza. Elérhető: https://www.sulinet.hu/oroksegtar/data/telepulesek_ertekei/Nyiregyhaza/pages/004_ny_eghajlata.htm?fbclid=IwAR03kIPUduMFa3gSEJ_BQVS2zaiPbTw81Za02Odrlpjrmp_7Br2MXI-BYt0

Oláh, L., Bencze, S. & Jolánkai, M. (2021). A klímaváltozás hatásai a tritikálé termesztésére. Növénytermelés, 70(2), 95–104.

Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) (2024). Éghajlati adatsorok és sokéves átlagok (1870–2024), Nyíregyháza állomás. Elérhető: https://www.met.hu

Smith, J., Thomas, R. & Peterson, D. (2020). Nitrogen effects on grain yield and quality of triticale. European Journal of Agronomy, 112, 125936.

Soós, A., & Makszim, G. N. (2024). Károsodott környezeti elemek, kihívás előtt álló mezőgazdaság–mielőbbi megoldás a paradigmaváltás [Damaged environmental elements, agriculture facing challenges–paradigm shift as soon as possible solution]. Mezőgazdasági Technika, 65(1), 2-7.

Szabó, D. (2019). A szerves trágyák és a tápanyag-hasznosulás összefüggése tritikálében. Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények, 89(1), 61–68.

Szalai, T., Oláh, L. & Bencze, S. (2018). A tritikálé takarmányozási értéke és beltartalmi jellemzői. Növénytermelés, 67(4), 241–249.

ANALYSIS OF CROP ELEMENTS OF TRITICALE TREATED WITH POULTRY MANURE

[1]Edit Kosztyuné Krajnyák, [2]István Henzsel, [3]Shukhrat Shokirov, [3]Ilhom Abdurahmanov, [3]Mukhitdin Akbarov, [3]Zokhid Mamatkulov, [3]Ulugbek Kuziev, [3]Khojiakbar Khasanov, [3]Nozimjon Teshaev, [3]Khakberdiev Obid, [3]Khafizova Zulfiya, [4]Susana Mondici, [5]Ioan Radu Șugar, [1]Dominik László Sztojka, [1]Béla Szabó, [1]Judit Csabai

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, Department of Agricultural Sciences and Environmental Management, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b
krajnyak.edit@nye.hu

[2]University of Debrecen, IAREF, Research Institute of Nyíregyháza, H-4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos Str. 4-6.
henzsel6@gmail.com

[3]Department of Geodesy and Geoinformatics, TashkentInstitute of Irrigation and Agricultural MechanizationEngineers (TIIAME) - National Research University,Tashkent, Uzbekistan

[4]Agricultural Research and Development Station (ARDS) Livada, 7 Baia Mare Street, Livada, Romania.
e-mail: scdalivada@yahoo.com

[5]Department of Engineering and Technology Management, Faculty of Engineering, Northern UniversityCentre of Baia Mare, Technical University of Cluj-Napoca, 62A Victor Babes Street, 430083 Baia Mare,Romania;
e-mail: ioan.sugar@imtech.utcluj.ro

Summary

Our study aimed to examine the effect of fermented poultry manure on triticale during the 2023/2024 and 2024/2025 growing seasons and to determine the crop's above-ground biomass and yield components. Overall, a comparison of the results from the two years indicates that the effectiveness of poultry manure depends primarily on precipitation distribution. The spring drought of 2023/2024 inhibited shoot growth, tillering, and both vegetative and reproductive development, whereas the balanced and abundant rainfall of 2024/2025 favored above-ground biomass accumulation and yield components, resulting in a significant increase in yield. The findings demonstrate that the effectiveness of organic fertilization depends on environmental conditions that support nutrient release and uptake.

Keywords: triticale, poultry manure, yield components, biomass

RED CLOVER VARIETIES CREATED AT LIVADA A.R.D.S.

Gergely-Andrei Smit[1] – Susana Mondici[1] – Peter-Balazs Ács[1] – Beniamin-Emanuel Andraş[1] – Patrick Ursan[1] – Judit Csabai[2] – Edit Kosztyuné Krajnyák[2] – Béla Szabó[2] – Floare Moisa [1]

[1] Livada Agricultural Research and Development Station (Livada A.R.D.S.) 447180 Livada, str. Baia Mare, nr. 7, jud Satu Mare, e-mail: smitergely@gmail.com
[2] Institute of Engineering and Agricultural Sciences, University of Nyíregyhaza, Sóstói str. 31/b, H-4400, Nyíregyhaza, Hungary, e-mail: szabo.bela@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.06

Introduction

The red clover breeding program at the Livada Agricultural Research and Development Station (Livada A.R.D.S.) has achieved continuous progress in improving yield potential, forage quality, and adaptation to stress conditions caused by climate change. During the period 1990–2026, the program developed 13 cultivars, including two tetraploid and eleven diploid varieties.

The advantages of red clover cultivation are well recognized:

- Red clover has a high nutritional value, excellent digestibility, and is rich in vitamins and carotene. It is also an important nectar-producing species for honeybees.
- It enriches the soil with nitrogen and improves the physical and chemical properties of the soil, thereby contributing to the development of sustainable agricultural systems with positive ecological, economic, and social impacts.
- It plays an important role in crop rotation, serving as an excellent preceding crop for many agricultural species.
- It has a beneficial environmental effect by reducing the need for nitrogen fertilizers.
- It can be successfully cultivated both as a pure stand and in mixtures with forage grasses.

The development and introduction into production of high-performing red clover cultivars represent an important measure for increasing the quantity, quality, and stability of forage and seed production.

The objective of this paper is to present the new red clover cultivars developed at Livada A.R.D.S. and registered in recent years, characterized by improved productivity, forage quality, and adaptability to the climatic conditions of Romania.

The new red clover cultivar 'Ardelean Liv', officially registered in 2026, is the result of many years of breeding work carried out at Livada A.R.D.S.. The breeding program aimed to accumulate favorable genes involved in determining high productivity and yield stability under diverse soil and climatic conditions.

Under the provisional designation Syn4-017, this breeding line was evaluated in control nurseries and comparative yield trials conducted at Livada A.R.D.S., where it demonstrated superior agronomic performance. Based on the favorable results obtained during the testing period, the line was submitted in 2023 for official testing within the ISTIS (State Institute for Variety Testing and Registration) network and was officially registered as a cultivar in 2026.

Literature review

Red clover breeding activities began in 1960 at the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Cluj-Napoca (USAMV Cluj-Napoca). Since 1989, breeding research has

continued at Livada A.R.D.S., focusing on the development of synthetic diploid and tetraploid cultivars.

The initial stage of the breeding program focused on collecting a diverse red clover germplasm, including local populations and cultivars obtained from breeding programs and gene banks worldwide. This germplasm served as the basis for selecting parental material with superior adaptation to the major biotic and abiotic stress factors occurring under Romanian conditions.

The area cultivated with red clover in Romania fluctuated between 171000 and 105000 hectares during the period 1938–2025, with the maximum area of 264000 hectares recorded in 1975 (Romanian Statistical Yearbook, 2025). The main reason for the decline in red clover cultivation in recent years has been the substantial reduction in livestock numbers.

Materials and methods

The synthetic cultivar 'ARDELEAN LIV' presented in this study was developed using the polycross Half-sib method, in which selection is based on the evaluation of general combining ability, followed by progeny testing and the selection of the most valuable genotypes for inclusion in the synthetic population (Varga et al., 1998; Savatti et al., 2004; Schitea, 2010; Moisa, 2012).

Results

The genetic composition of this synthetic cultivar consists of approximately 67% domestic germplasm and 33% foreign germplasm. It is characterized by excellent plant uniformity under field conditions. The stems are slender and hollow, exhibiting good lodging resistance. Under normal environmental conditions, plants reach a height of 80–90 cm, producing 22–27 shoots per plant and 5–7 internodes per shoot. The inflorescences are elongated-oval and pink to red in color, containing 85–110 florets per flower head, with 18–24% double flower heads. The cultivar also exhibits good resistance to winter conditions, drought, and diseases (Table 1).

Table 1. Morphophysiological characteristics of the red clover cultivar Ardelean Liv compared with the standard cultivar David Liv

Cultivar	Regrowth capacity after cutting (score 1–9)	Winter hardiness (score 1–9)	Drought tolerance (score 1–9)	Disease resistance (score 1–9)	Persistence (% plants surviving in the third growing year)
Ardelean Liv	1.5	1.4	2.2	1.4	90
David Liv (control)	1.8	1.7	2.3	1.6	75

The red clover breeding nursery was established under rainfed conditions on a typical argic preluvisol (brown luvic soil), characterized by a tendency toward acidification and a low humus content.

The last three years (2023–2025) were characterized by considerable fluctuations in both precipitation and temperature. A common feature throughout the experimental period was that, from autumn sowing until the onset of winter, soil moisture conditions were optimal for seedling emergence. However, climatic conditions differed markedly during the development of the three forage harvests and, in particular, during seed production.

The 177.4 mm of precipitation recorded in May and June 2024 ensured satisfactory forage and seed yields, despite the fact that July and August 2024 experienced the highest temperatures recorded in recent years.

Overall, 2024 was a favorable year for red clover cultivation. The abundant rainfall received during May and June (177.4 mm) promoted the development of the three forage cuts as well as seed production.

In contrast, 2025 was characterized by severe drought, beginning in June, when the average temperature exceeded the long-term mean by 2.6°C. The drought was intensified by extremely high temperatures, which remained above 30°C in the shade, together with a precipitation deficit of 70.4 mm compared with the long-term average for the region. These conditions adversely affected forage production from the second and third cuts, and had an even more pronounced negative impact on seed crop development (Figures 1 and 2).

Climate change, characterized by large year-to-year fluctuations ranging from extremely wet to extremely dry conditions, requires the evaluation of cultivar responses to these environmental factors.

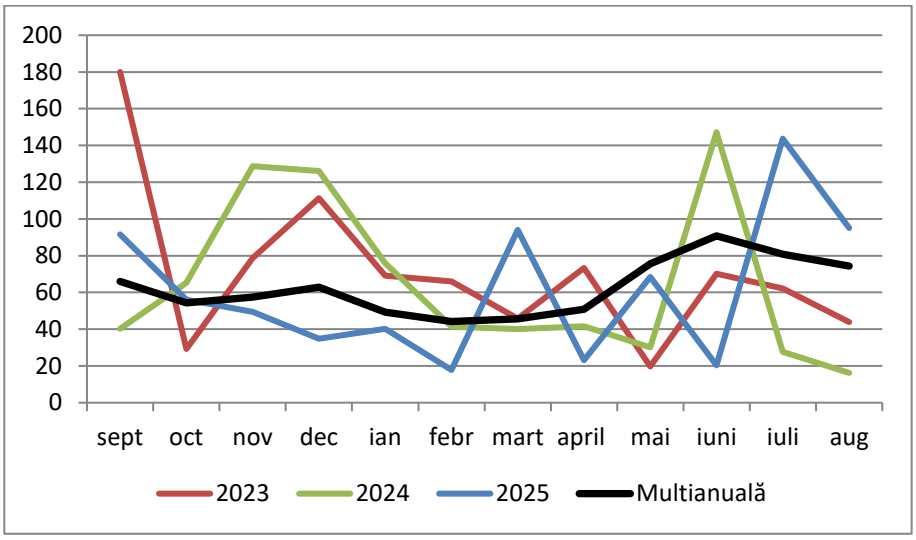


Figure1. Distribution of precipitation (mm)

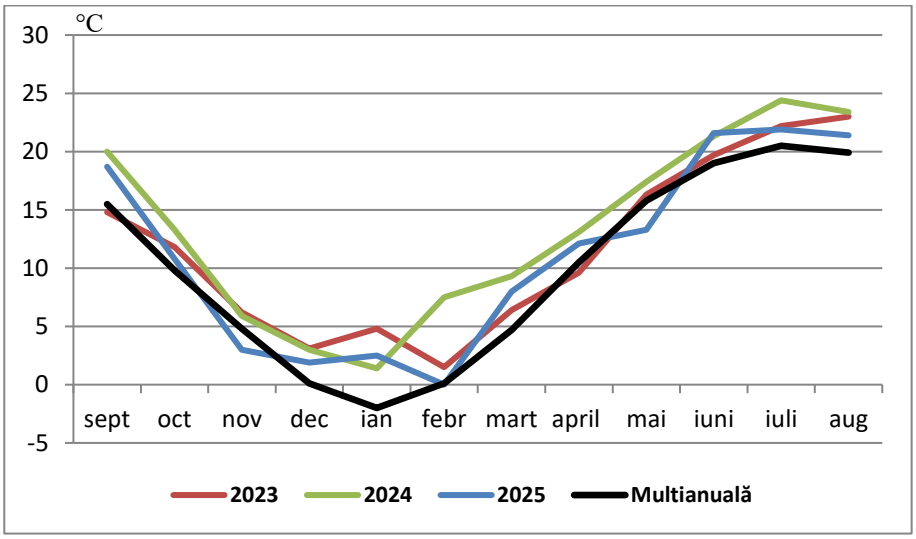


Figure. 2. Distribution of temperatures (°C)

Experimental data were analyzed using appropriate statistical methods (Ceapoiu, 1968).

Based on the evaluations conducted at Livada A.R.D.S. during the period 2023–2025, the newly registered cultivar demonstrated consistently good performance with respect to forage yield throughout the experimental period (Table 2).

The yield results obtained during 2023–2025 were strongly influenced by the meteorological conditions prevailing during the red clover growing season, which varied considerably from one year to another.

The experimental results showed that the highest fresh forage yields were obtained in 2023 and 2024, both favorable years for red clover cultivation. In contrast, yields declined in 2025 due to the severe drought that occurred in June, coinciding with the critical stages of plant growth, flowering, and seed development (Table 2).

In the comparative variety trials, considering the cumulative production from the three harvests, the new cultivar Ardelean Liv exhibited the best overall performance during the three-year evaluation period, producing an average fresh forage yield of 53.2 t/ha, representing an 8% increase over the standard cultivar David Liv (Table 2).

2. Table 2. Fresh forage yield (t/ha) of red clover cultivars developed at Livada A.R.D.S. during 2023–2025

Cultivar	2023	2024	2025	Mean	±	% of control
Someșan	57.8	62.1	39.3	53.1	3.7	107
Syn 2-017	55.1	59.9	37.4	50.8	1.4	103
Ardelean Liv	57.7	62.5	39.3	53.2	3.8	108
Livezeanu	58.4	61.6	39.1	53.0	3.6	107
Tinu Liv	51.0	59.8	36.3	49.0	–0.4	99
Livada 10	57.5	60.4	38.0	52.0	2.6	105
David Liv (control)	51.6	60.0	36.6	49.4	0.0	100
Mean	55.6	60.9	38.0	51.5	2.1	104
LSD (5%)	2.4	2.3	1.1	–	1.8	–

The value of these diploid synthetic cultivars also lies in their high flowering and seed-setting capacity, producing, on average over the three years, more than 500 kg/ha of seed under intensive production technology with autumn sowing.

High seed production capacity, an essential characteristic for the multiplication of newly developed cultivars, was observed in the diploid synthetics Livezeanu, Ardelean Liv, Syn 2-017, and Someșan, which produced seed yields 6–9% higher than the control cultivar David Liv, with statistically significant differences (Table 4). Their superior performance is primarily attributed to enhanced drought tolerance, hollow stems, and good resistance to diseases.

The highest seed yield, 623 kg/ha, was obtained by the synthetic cultivar Livezeanu in 2023, a year considered highly favorable during seed development and harvest.

In contras during 2025 both soil and atmospheric drought severely limited seed formation. The lack of rainfall and temperatures exceeding 30°C during June adversely affected pollination, resulting in poorly developed seeds and a substantial reduction in seed yield.

3. Table 4. Seed yield (kg, ha^{-1}) of diploid red clover cultivars developed at Livada A.R.D.S. during 2023–2025

Cultivar	2023	2024	2025	Mean	±	% of control
Someșan	593	613	337	514	31	106
Syn 2-017	620	594	327	514	31	106
Ardelean Liv	614	612	335	520	37	108
Livezeanu	623	615	336	525	42	109
Tinu Liv	581	617	288	495	12	103
Livada 10	557	618	280	485	2	100
David Liv (control)	536	603	310	483	0	100
Mean	589	610	316	505	22	105

LSD (5%)	22	26	4	–	23	–

An important objective of the red clover breeding program at Livada A.R.D.S. is the improvement of forage quality.

The newly developed cultivars Someșan, Ardelean Liv, and Livezeanu provided forage with superior nutritional quality, ranking first in crude protein concentration, with average values over the three-year period of 20.3%, 20.1%, and 20.0%, respectively (Figure 3).

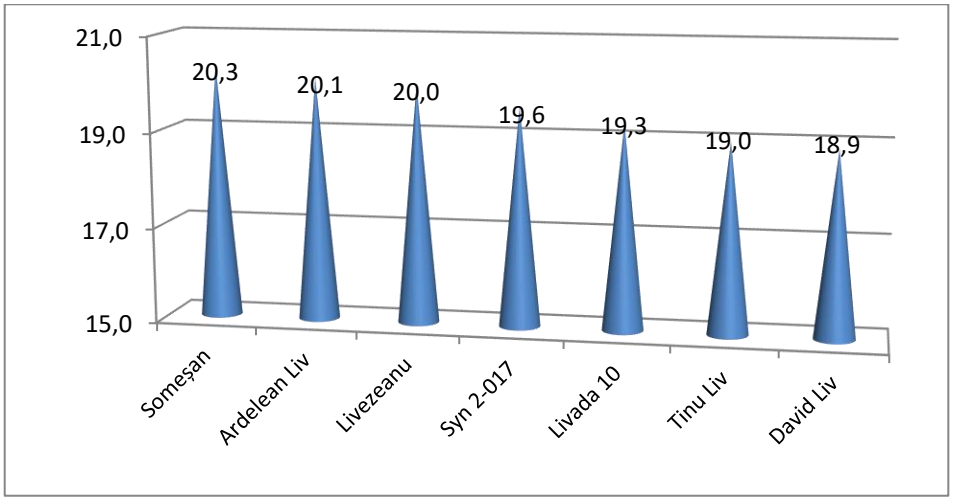


Figure 3. Crude protein content of dry matter in red clover cultivars developed at Livada A.R.D.S.

The synthetic cultivars Someșan, Ardelean Liv, and Livezeanu therefore represent significant genetic progress in improving forage and seed productivity as well as forage quality.

The genetic progress achieved in the Livada A.R.D.S. red clover breeding program, illustrated in Figure 4, demonstrates that the new synthetic cultivars Ardelean Liv, Someșan, and Livezeanu produced yield increases of 7–9% for fresh forage and 6–9% for seed yield compared with the standard cultivar David Liv during the three-year evaluation period.

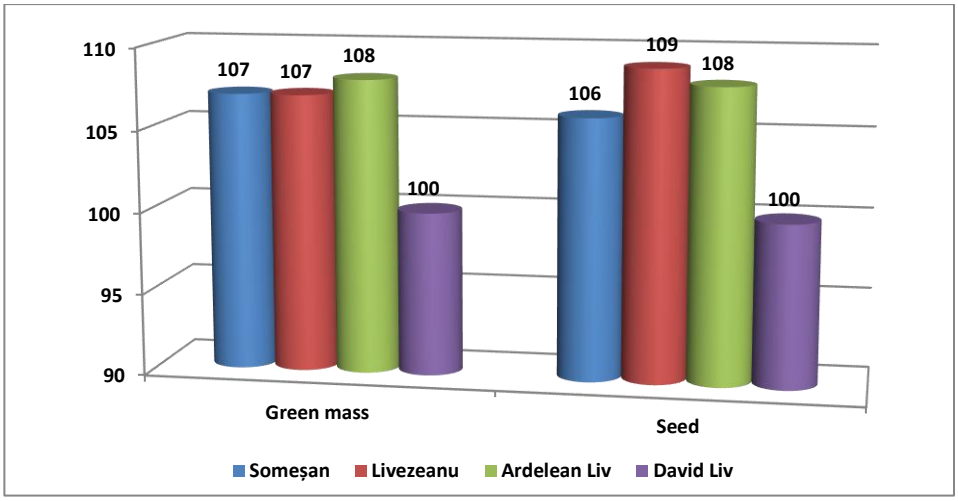


Figure 4. Genetic progress achieved in the red clover breeding program at Livada A.R.D.S.

Conclusions

The new red clover cultivar 'Ardelean Liv', officially registered in 2026, is the result of several years of breeding work carried out at Livada A.R.D.S., aimed at accumulating favorable genes responsible for high productivity and yield stability under diverse soil and climatic conditions.

The cultivar Ardelean Liv exhibits excellent resistance to drought, lodging, and diseases.

Compared with the standard cultivar David Liv, Ardelean Liv produced 8% higher fresh forage yield and 8% higher seed yield, with statistically significant differences.

The cultivar also provides high-quality forage, with an average crude protein content of 20.1%.

The cultivation of Ardelean Liv, together with the other newly developed cultivars, is recommended for all red clover growing regions under both intensive and conventional production systems.

Abstract

The northwestern part of the country through Livada A.R.D.S. is a reference point in the improvement of the red clover.

As a result ofresearch conducted on this species, by using a diverse germplasm from differentcrop areas of red clover, in A.R.D.S. Livada during 1989-2026 were created and recorded 13 synthetic varieties of red clover, two tetraploids and 11 diploids, from which three varietieswere patented.

The genetic progress made in the improvement of red clover, presented in this paper demonstrates that the new synthetic cultivars Ardelean Liv, Someșan, and Livezeanu produced yield increases of 7–9% for fresh forage and 6–9% for seed yield compared with the standard cultivar David Liv during the three-year evaluation period.

Keywords: red clover, genetic progress, forage and seed productivity, forage quality

References

Ceapoiu, N., (1968). Metode statistice aplicate în experienţele agricole şi biologice. Editura Agro-Silvică, Bucureşti.

Savatti, M., Nedelea, G., & Ardelean, M. (2004). Tratat de ameliorarea plantelor. Editura Marineasa, Timişoara, 246-272.

Schitea, M. A. R. I. A. (2010). Rezultate în ameliorarea lucernei la INCDA Fundulea în perioada 2000-2009. *An. INCDA Fundulea*, *78*(2), 63-78.

Floare Moisa, Smit Gergely–Andrei, (2018). David Liv, soi de trifoi roșu creat la S.C.D.A Livada, Analele INCDA Fundulea Vol. LXXXVI.

Floare Moisa, Smit Gergely Andrei. (2021). Crearea de noi genotipuri de trifoi roșu cu perenitate crescută și conținut ridicat de proteină cu rezistență la secetă și arșiță cu capacitate mai mare pentru producerea de sămânță. Cercetare și performanță în agricultură. Nr 6, pg 5-12.

Varga, P., Moisuc, Al., Savatti, M., Schitea, M., Olaru, C., Dragomir, N., Savatti, M. Jr., (1998). Ameliorarea plantelor furajere şi producerea seminţelor. Editura Lumina, pag. 432.

AZ ÖNTÖZÉS HATÁSA KÜLÖNBÖZŐ BURGONYAFAJTÁK (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) TERMÉSMENNYISÉGÉRE ÉS TERMÉSKÉPZŐ ELEMEIRE HOMOKTALAJON

Györgyi Gyuláné[1] – Szabó Lajos[2] – Sipos Tamás[1] – Irinyiné Oláh Katalin[3] – Henzsel István[1]

[1] Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400 Nyíregyháza, Westsik V. u. 4-6. e-mail:gyorgyine@agr.unideb.hu
[2] Bács Gazda-Coop Kft, 6400 Kiskunhalas, Harangos tér 9. e-mail: bacsgazdacoopkft@gmail.com
[3] Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b. e-mail: olah.katalin@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.07

Bevezetés

A burgonya a búza, rizs és kukorica után a 4. legfontosabb népélelmezési növény (Szalay, 1998). Gazdag szénhidrátokban, kálciumban (Kruppa, 2022), glikémiás indexe magas (Internet 1). Fehérjetartalma 1-2%, azonban a felvett mennyiség 90%-át tudja az emberi szervezet hasznosítani. Jelentős a C-, B_1-, és B_2 vitamintartalma, emellett sok ásványi anyagot is tartalmaz (Mándy & Csák, 1965).

Az Andok hegységből származó burgonya Magyarországra az 1650-es években került (Kruppa, 2022). Humán táplálkozásban betöltött szerepe jelentős, régebben hazánkban szeszgyártásra, keményítőiparban és állatok takarmányozására is felhasználták (Mándy & Csák, 1965). A magyarországi burgonyatermesztés egyik célja, hogy a lakosság fogyasztási igényét hazai termesztésű burgonyából biztosítani tudja. Hazánkban az egy főre jutó éves burgonyafogyasztás 5 év (2019-2023) átlagában 39 kg volt, amely a 33 kg/fő világátlagot meghaladja, azonban elmarad a 73 kg/fő európai fogyasztási átlagtól (Internet 2). Hazánkban az 1980-2000 években jellemző 50-60 kg/fő éves fogyasztáshoz képest csökkenő tendenciát mutat (Szalay, 1998). A burgonyatermő területe is folyamatosan csökken: míg 1920-1965 között 219-290 ezer ha-on termesztették, 2020-2024 között átlagosan már csak 9 ezer ha-on. Az aszályos időjárás is jelentősen megnehezíti termesztését. Azokon a területeken, ahol magas az évi átlaghőmérséklet, nem érdemes burgonyát termelni (Szalay, 1998; Internet 2). A Nemzetközi Fajtalistán (Internet 3) 2025-ben 24 fajta szerepelt, azonban jelentős a forgalmazó cégek által behozott fajták száma is. Minden fajtára elmondható, hogy más és más az igénye és az alkalmazkodóképessége.

A kísérletünk célja az volt, hogy 9 külföldi fajta/vonal termeszthetőségét vizsgálja öntözött és öntözetlen körülmények között. A fajtákat a Bács Gazda-Coop Kft. bocsájtotta a rendelkezésünkre.

Irodalmi áttekintés

A fajta kiválasztása jelentős a termesztés sikeressége szempontjából. Fontos a termőhelyi adottságokhoz legjobban alkalmazkodó fajta kiválasztása. A fajta igénye, biotikus és abiotikus stresszel szembeni ellenállóképessége, alkalmazkodó képessége mind meghatározó tényező. Polgár & Frank (2023) 3 éves kísérletsorozatukban összesen 65 külföldi, illetve magyar fajtákat/fajtajelölteket vizsgáltak ökotermesztésben. Kiemelték, hogy mennyire fontos a fajták betegségekre való érzékenységének, aszály- és egyenetlen vízellátás tűrésének ismerete, hiszen a fajtaválasztás alapjaiban határozza meg a termesztés gazdaságosságát.

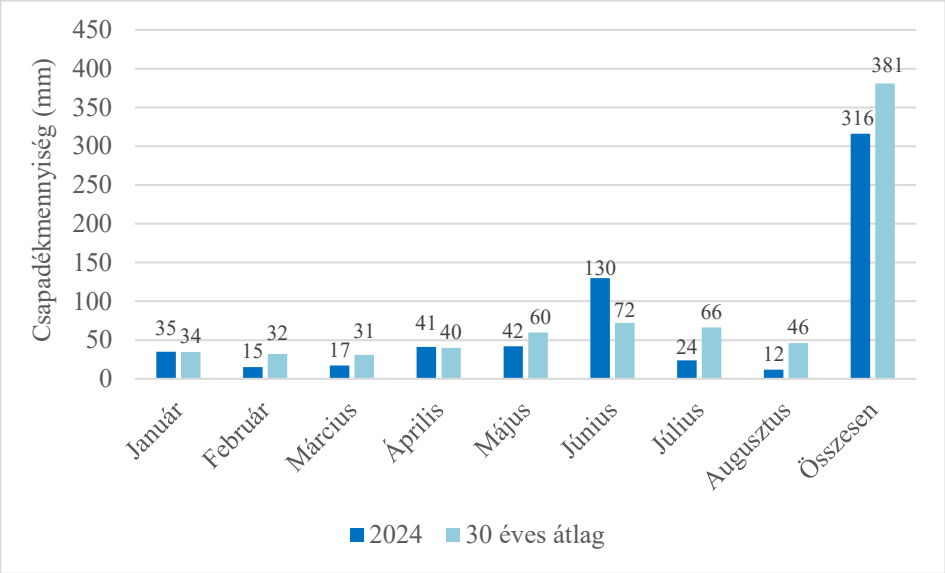
Öntözéssel a burgonyatermés 30-50%-kal növelhető (Internet 4). Csajbók (2004) eredményei alapján 50-130% közötti a burgonya öntözési reakciója. A fajták eltérő reakcióját az öntözésre előző vizsgálataink is alátámasztják (Györgyi et al., 2016), melyben több fajtánál az öntözés pozitív hatását igazoltuk a termésmennyiségre, az étkezési méretű termésmennyiség arányára és a gumók átlagsúlyára.

Napjainkban egyre több kísérletet folytatnak annak megállapítására, hogy fajtára és fenológiai szakaszhoz kötött vízdeficites öntözés hatását vizsgálják, mellyel jelentős öntözővizet takaríthatnak meg. Barka et al. (2025), valamint Misgina et al. (2025) megállapították, hogy a fajták eltérően reagálnak az öntözés csökkentésére. Az öntözés csökkentése az összes termésmennyiség, ezen belül néhány méretfrakció termésmennyiségének, és a piacképes termés mennyiségének csökkentését eredményezte. Misgina et al. (2025) továbbá igazolta a vízhiánynak a tövenkénti gumószám és a gumók méretének csökkenését előidéző hatását is. Shrestha et al. (2024) szintén a fent említett összefüggéseket tárta fel. A kisebb méretű gumók száma és ezen frakciók összsúlya is növekedett a deficit öntözés hatására. A szakirodalmak is alátámasztják azt a megállapítást, hogy öntözés hatására nő a hektáronkénti termésmennyiség, azon belül is az étkezési méretű gumók száma és termésmennyisége. Mauro & Lerna (2025) kísérletükben fenofázishoz kötött deficit öntözés hatását vizsgálták az átlagos gumósúly növekedésére, valamint a beltartalom alakulására. Tanulmányukban kimutatták az öntözés gumósúly növekedésre gyakorolt hatását, azonban azt is megállapították, hogy a gumónövekedés 50%-ától csökkenthető a vízmennyiség az átlagos gumósúly jelentősebb csökkenése mellett, mellyel jelentősen csökkenthető az öntözővíz mennyisége.

Anyag és módszer

2024-ben 9 külföldi fajtát/vonalat (BRS 16-292R, Camillo, Cammeo, Cartagena, Chloe, Fantini, Java, Kyra és Stemster) vizsgáltunk 4 ismétlésben, randomizált elhelyezéssel öntözetlen és öntözött körülmények között, a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetének területén (GPS: 47.974961, 21.691528). Az öntözetlen parcellák mérete 3x5 m, az öntözött parcelláké 0,75x2,5 m volt. Az ültetést 0,75x0,3 m sor- és tőtávolsággal végeztük, az öntözetlen területen április 10-én, az öntözött területen április 12-én. Az elővetemény öntözetlen területen zab, öntözött területen facélia volt. A talajjellemzők közel azonosak voltak a két területen: öntözetlen területen a talaj $pH_{(KCl)}$ értéke 6,72 (enyhén savanyú), öntözött területen 7,68 (semleges) kémhatású volt. A területek alacsony humusztartalommal rendelkező (1,22%$_{\text{öntözetlen}}$ és 1,44%$_{\text{öntözött}}$) homoktalajok voltak, Aranyféle-kötöttségi értékük: K_A 28$_{\text{öntözetlen}}$, és K_A 29$_{\text{öntözött}}$. Pétisó (27% N) és összetett NPK műtrágya (8:24:24) került kiszórásra 200-200 kg/ha mennyiségben.

A kelés fajtánként eltérő volt, de általában május 03-10-ig tartott. A virágzási időszak június 04 és július 09 közé esett. A virágzási időszakhoz a gumókötés, majd az intenzív gumónövekedés időszaka köthető. Ebben az időszakban jellemző időjárási körülmények meghatározóak a termésmennyiség szempontjából. 2024-ben a csapadék mennyisége, eloszlása és intenzitása nem volt kedvező a burgonya termesztésére. A tenyészidőszak alatt (április-augusztus) 241 mm csapadék hullott, amely 43 mm-rel maradt el a 30 éves átlagtól. A tenyészidőszak a februári, márciusi csapadékdeficit (31 mm) miatt csapadékhiánnyal indult, amelyet a májusi, júliusi és augusztusi csapadékhiányok tovább fokoztak (-94 mm, a 30 éves átlaghoz képest). A júniusban lehullott 130 mm-ből 3 nap alatt 53 mm és 1 nap alatt 42 mm csapadék zúdult le (1). Ezzel szemben egy 50 t/ha termés eléréséhez tenyészidőszakban 500-600 mm vízmennyiségre lenne szükség, melyből 300-350 mm június-július hónapokban álljon a növény rendelkezésére (Sárvári, 2002).



1. ábra. Havi csapadékmennyiség (mm) (Nyíregyháza, 2024)

A burgonya ott termeszthető sikeresen, ahol a legmelegebb hónapokban is a középhőmérséklet 15-21°C. 2024-ben június közepétől a hőmérsékleti maximumok értékei is igen magasak voltak, különösen július 9-18 dekádjában (1). Ebben az időszakban 5-6 °C-kal is meghaladták a hőmérsékleti értékek a 10 éves átlagot, melyben már szerepelnek a szintén igen meleg és aszályos 2015-ös és 2022-es évek is. A gumóképződés optimális hőmérséklete azonban 13-16 °C, amely 26 °C felett leáll (Sárvári, 2022).

1. táblázat. Levegő hőmérsékleti értékek dekádonként 2024-ben és 10 év átlagában (Nyíregyháza)

Dátum	Minimum (°C) 2024	Minimum (°C) 10 éves átlag	Min. hőm. Átlag (°C) 2024	Min. hőm. Átlag (°C) 10 éves átlag	Középhő-mérséklet (°C) 2024	Középhő-mérséklet (°C) 10 éves átlag	Maximum (°C) 2024	Maximum (°C) 10 éves átlag	Max. hőm. Átlag (°C) 2024	Max. hőm. Átlag (°C) 10 éves átlag
máj.30-jún.08.	12,7	9,1	**18,4**	13,1	20,3	19,7	29,7	29,6	**32,1**	25,7
jún.09-18.	10,9	12,3	14,9	15,4	19,9	20,9	31,0	30,8	25,3	26,4
jún.19-28.	**15,0**	12,6	**17,5**	16,2	**23,6**	22,3	**33,9**	32,9	**29,8**	28,3
jún.29-júl.08.	11,4	11,3	**16,5**	15,7	**23,4**	22,6	**34,4**	33,2	**29,5**	28,8
júl.09-18.	**19,8**	12,0	**21,2**	15,7	**27,9**	22,0	**36,6**	32,6	**34,5**	28,2
júl.19-28.	12,2	13,2	16,2	16,6	23,5	23,1	**34,8**	33,5	**30,1**	29,4
júl.29-aug.07.	10,5	12,6	14,3	16,5	21,1	22,9	31,8	32,9	28,0	29,3
aug.08-17.	**14,0**	12,2	**17,4**	16,1	**24,7**	22,9	**34,6**	33,7	**32,0**	29,9
aug.18-22.	12,4	12,8	**18,4**	15,7	**25,0**	22,1	**35,4**	32,1	**32,1**	29,0

Vastag kiemeléssel a 30 éves átlagot legalább 0,7 °C -kal meghaladó 2024-es hőmérsékleti értékek vannak feltüntetve. Piros cellában a legnagyobb eltérést mutató dekád van megjelenítve.

Az öntözési időpontokat az 2 tartalmazza. A csapadékszegény júliusban összesen 45 mm csapadéknak megfelelő vizet juttattunk ki, a tenyészidőszak alatt összesen 95 mm-t.

2. táblázat. Öntözési időpontok a kijuttatott vízmennyiséggel (Nyíregyháza, 2024)

Időpont	05.02.	05.15.	06.07.	07.02.	07.09.	07.22.
Mennyiség (mm)	25	10	15	20	15	10

Öntözetlen területen a mintaszedést augusztus 22-én, öntözött területen szeptember 09-én végeztük. A mintavételezéskor ismétlésenként 3 tő termését szedtük fel, a 3 tő sorhosszának lemérésével. A hektáronkénti termésmennyiséget a mintaterek terméséből számítottuk ki. A

gumók osztályozása étkezési méretű (55 mm feletti), 54-35 mm vető méretű, valamint 34-25 mm-es és 25 mm alatti frakciókba történt. Frakciónként feljegyeztük a gumószámot és annak a súlyát.

A kiértékeléshez Excel, valamint SPSS Statistics 22.0 programcsomag variancia-analízisét használtuk. Az időjárási adatokat a Kutatóintézet területén felállított µMetos meteorológiai állomással mértük.

Eredmények és értékelésük

A fajták többségénél a termésmennyiség és a terméskép elemek értéke az öntözött termesztési körülmények között nagyobb volt. Statisztikailag igazoltan a Cartagena, Fantini és Java fajták összes termésmennyisége az öntözött területen nagyobb volt, mint az öntözés nélküli területen (3). Öntözött területen nagyobb volt a Camillo, Cammeo, Chloe és Stemster fajták termésmennyisége, azonban szignifikáns különbséget nem igazoltunk közöttük. A BRS 16-292R vonal öntözési reakciója alacsony volt, mert a két termesztési módban hasonló termésmennyiségeket takarítottunk be. Egyedül a Kyra fajtánál volt nagyobb az öntözetlen területen a hektáronkénti összes, illetve az étkezési méretű termésmennyiség.

Az étkezési méretű gumók termésmennyiségének aránya a Fantini fajtánál volt szignifikánsan nagyobb az öntözött területen betakarított termés estén az öntözetlen területhez képest.

A vető méretű gumók termésmennyiségének aránya a Cammeo, Cartagena, Fantini és Stemster fajtáknál az öntözetlen területen nagyobb volt.

Az étkezési méretű gumók hektáronkénti termésmennyisége a Fantini és a Java fajtáknál statisztikailag igazoltan nagyobb volt az öntözött területen. Öntözött területen a Camillo, Cammeo, Cartagena, Chloe és Stemster fajták termésmennyisége nagyobb volt, azonban szignifikáns különbséget nem igazoltunk közöttük.

A vető méretű gumók hektáronkénti termésmennyisége között nem volt nagy különbség az öntözés hatására.

Az étkezési méretű átlagos gumósúly esetén a Java fajtánál az öntözött terület értéke szignifikánsan nagyobb volt az öntözetlen értékétől. Nagyobb eltérést az öntözött és öntözetlen területen termett gumók átlagsúlya között még a Camillo, Cammeo, Fantini, Kyra és Stemster fajtáknál mértünk, az öntözött terület javára.

A tövenkénti gumószámban a Fantini és a Java fajták öntözött területen statisztikailag igazoltan is többet kötöttek. A Stemster fajta kötéskülönbsége is jelentős a két termesztési mód között, azonban szignifikáns különbséget nem igazoltunk.

3. táblázat. A fajták termés és terméskép elemeinek alakulása öntözetlen és öntözött körülmények között (Nyíregyháza, 2024).

	BRS 16-292R	Camillo	Cammeo	Cartagena	Chloe	Fantini	Java	Kyra	Stemster
Termésmennyiség t/ha									
Öntözetlen	33,5	30,9	41,4	41,0 b	35,5	27,9 b	34,8 b	53,1	37,6
Öntözött	33,0	39,9	47,5	63,1 a	42,0	47,2 a	54,7 a	49,8	46,7
Étkezési méretű gumók termésmennyiségének aránya									
Öntözetlen	16,3	30,1	29,9	16,3	11,0	19,3 b	54,2	62,9	42,2
Öntözött	14,3	43,6	56,6	40,5	23,6	46,9 a	62,7	54,2	53,9
Vető méretű gumók termésmennyiségének aránya									
Öntözetlen	69,1	53,3	62,7	70,3	78,8	66,9	39,9	32,8	55,2
Öntözött	62,0	48,2	39,1	55,1	71,0	47,5	31,3	38,6	40,4
Étkezési méretű gumók (55 mm>) termésmennyisége (t/ha)									
Öntözetlen	5,5	10,6	12,5	6,6	4,2	5,4 b	19,4 b	34,0	16,5
Öntözött	5,5	17,0	28,5	25,9	9,4	22,1 a	34,3 a	28,7	25,6
Vető méretű gumók (54-35 mm) termésmennyisége (t/ha)									
Öntözetlen	23,2	15,4	25,9	28,8	27,9	19,0	13,5	16,8	20,1
Öntözött	20,3	19,6	17,3	34,4	30,3	22,5	17,3	18,0	18,5

Étkezési méret átlagos gumósúlya (g)									
Öntözetlen	150,6	177,5	175,7	167,7	167,0	174,0	161,5 b	163,0	173,7
Öntözött	137,3	197,5	194,6	179,9	163,5	188,5	186,0 a	178,8	209,3
Gumószám/tő									
Öntözetlen	31,6	21,3	30,0	37,8	30,1	19,3 b	23,5 b	27,0	19,0
Öntözött	35,8	25,0	26,5	38,0	34,0	25,8 a	35,3 a	32,5	30,8

A barna, illetve a zöld szín a szignifikáns különbségeket jelzi. A sárga szín a jelentősen nagyobb, de nem szignifikáns értékeket mutatja

Következtetések

Ahhoz, hogy a fajták igényeit hazai viszonyok között is jobban tudjuk biztosítani, fontos tesztelni őket különböző termesztési körülmények között. A fajták reakciója eltérő volt az öntözés hatására. Általában a termésmennyiség és a terméskép elemek értéke nagyobb volt az öntözött termesztési körülmények között. A Fantini és a Java fajták pozitív reakciója az öntözésre több terméskép elemnél és a termésmennyiségnél megnyilvánult, a BRS 16-292R vonalnál jelentősebb különbséget nem idézett elő az öntözés.

A kísérleti területhez hasonló termesztési körülmények között érdemes öntözve termeszteni a Cartagena, Fantini és Java fajtákat, melyeknek így jelentősen nagyobb lesz a hektáronkénti, ezen belül az étkezési méretű gumók termésmennyisége nagyobb étkezési gumósúly és kötésszám mellett.

Összefoglalás

Kísérletünket 9 külföldi fajtával/vonallal homoktalajon állítottuk be öntözött és öntözetlen körülmények között 4 ismétlésben, randomizált elhelyezéssel. A kísérlet célja az volt, a fajták/vonal termőképességét vizsgáljuk adott körülmények között, valamint az öntözés hatásának vizsgálata a termésmennyiségre és a terméskép elemekre. Megállapítottuk, hogy a fajták eltérően reagáltak az öntözésre. Olyan területen, amely hasonló a kísérleti hely adottságaihoz, érdemes öntözve termeszteni a Cartagena, Fantini és Java fajtákat, melyeknek így jelentősen nagyobb lesz a hektáronkénti, ezen belül az étkezési méretű gumók termésmennyisége nagyobb étkezési méretű átlagos gumósúly és kötésszám mellett.

Kulcsszavak: burgonya, termés, öntözés

Irodalom

Barka, A. M. H., Essah, S. Y. C., & Davis, J. G. (2025). Deficit Irrigation and Nitrogen Application Rate Influence Growth and Yield of Four Potato Cultivars (*Solanum tuberosum* L.). Horticulturae, 11(7), 849. https://doi.org/10.3390/horticulturae11070849

Csajbók, J. (2004). A növénytermesztési tér vízgazdálkodása. Egyetemi jegyzet. 161. In: Ábrahám, É. B. (2009): Fajta és öntözés hatása a burgonya termésmennyiségének és minőségének alakulására mezőségi talajon. 16-20. Doktori disszertáció
https://dea.lib.unideb.hu/server/api/core/bitstreams/0b332cb8-5a59-423c-8acf-a5df6e838e7c/content

Györgyi, G., Szabó, L., Zsombik, L., Sipos, T., Tóth, G., Henzsel, I. (2016). Öntözéses burgonya fajta-összehasonlító kísérlet eredményei nyírségi homoktalajon.
https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20163271007

Kruppa, J. (2022). Burgonya. In: Szántóföldi növények vetőmagtermesztése 2. Szerk.: Izsáki Z. – Kruppa J. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő. 410-441.

Mándy, Gy., & Csák, Z. (1965). A burgonya. Akadémiai Kiadó, Budapest 228-234.

Mauro, R. P., & Lerna, A. (2025). Tuber Growth and Nutritional Traits in Deficit Irrigated Potatoes. Agronomy, 15(5), 1019.
https://doi.org/10.3390/agronomy15051019

Misgina, N. A., Yohannes, D. B., Beshir, H. M., & Gebreyohanes G. H. (2025). Effect of Irrigation Level and Genotype on Growth, Yield and Quality of Potato Under Semi-Arid Growing Conditions of Tigray, Northern Ethiopia. Potato Res. 68, 3879–3899.
https://doi.org/10.1007/s11540-025-09894-6

Polgár, Zs., & Frank, K. (2023). Gondolatok a hazai bioburgonya termesztésért.
https://www.biokontroll.hu/gondolatok-a-hazai-bioburgonya-termesztesert/

Sárvári, M. (2022). Burgonya. In: Integrált növénytermesztés 2. Alapnövények. Szerk.: Pepó P. Debreceni Egyetemi Kiadó. ISBN 978-963-615-051-8 243-273. pp.

Shrestha, B., Stringam, B. L., Darapuneni, M. K., Lombard, K. A., Sanogo, S., Higgins, C., & Djaman, K. (2024). Effect of Irrigation and Nitrogen Management on Potato Growth, Yield, and Water and Nitrogen Use Efficiencies. Agronomy, 14(3), 560.
https://doi.org/10.3390/agronomy14030560

Szalay, A. (1998). Bevezetés a burgonyatermesztésbe. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, ISBN: 963-356-245 7

Internet 1. https://www.cukorbetegkozpont.hu/fogalmak/glikemias-index

Internet 2. https://www.fao.org/faostat/en/#data

Internet 3.
https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/81819/Fajtajegyz%C3%A9ksz%C3%A1nt%C3%B3f%C3%B6ld+202509 03.pdf/431659e8-9f20-ab5f-8d6f-b68a0782c3b4?t=1756899240747

Internet 4.:https://www.agraroldal.hu/burgonya-2.html#:~:text=A%20burgonya%20%C3%B6nt%C3%B6z%C3%A9se%20Magyarorsz%C3%A1gon%20nem%20%C3%A1ltal%C3%A1nos%2C%20nem,a%20term%C3%A9s%20mennyis%C3%A9ge%20%C3%B6nt%C3%B6z%C3%A9s%20hat%C3%A1s%C3%A1ra.%20Mutatjuk%20mi%C3%A9rt A burgonya vízellátása, az öntözés hatása a gumók minőségére.

THE EFFECT OF IRRIGATION ON THE YIELD AND YIELD TRAITS OF DIFFERENT POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) VARIETIES

[1]Andrea Györgyiné Kovács, [2]Lajos Szabó, [1]Tamás Sipos, [3]Katalin Irinyiné Oláh, [1]István Henzsel

[1]University of Debrecen, IAREF, Research Institute of Nyíregyháza,
H-4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos Str. 4-6.
gyorgyine@agr.unideb.hu

[2]Bács Gazda-Coop Kft, H-6400 Kiskunhalas, Harangos Square 9.
bacsgazdacoopkft@gmail.com

[3]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
olah.katalin@nye.hu

Summary

Our experiment was set up with nine foreign varieties/line on sandy soil, with and without irrigation. The trial had four repetitions located randomly. We aim to examine the fertility of varieties/line, and the effect of irrigation on yield and yield traits. We confirmed that the reaction of varieties/line was different for irrigation. In an area with similar conditions to the experimental site, it is worth growing the Cartagena, Fantini, and Java varieties under irrigation, which will have a significantly higher yield per hectare, including yield of food-sized tubers, with a higher average food-sized tuber weight and tuber numbers.

Keywords: potato, yield, irrigation

A TALAJTANI TÉNYEZŐK SZEREPE AZ AFLATOXIN-KOCKÁZAT ALAKULÁSÁBAN

Halász Judit[1]

[1] Nyíregyházi Egyetem, Környezet- és Természettudományi Intézet, Biológia Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/B., e-mail: halasz.judit@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.08

Bevezetés

Az aflatoxin-szennyeződést sokáig elsősorban a trópusi és szubtrópusi régiók problémájának tekintették, napjainkra azonban Európában is egyre nagyobb élelmiszer- és takarmánybiztonsági kockázatot jelent. A gyakoribb hőhullámok és tartós aszályos időszakok kedvező feltételeket teremtenek az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok számára, miközben a hő- és vízstressz gyengítheti a növények védekezőképességét. E két folyamat együttesen növeli a termények aflatoxinnal való szennyeződésének kockázatát (Battilani et al., 2016; Cotty & Jaime-Garcia, 2007).

Az aflatoxinok a mezőgazdaság és az élelmiszerlánc szempontjából legjelentősebb mikotoxinok közé tartoznak. Közülük az aflatoxin B_1 (AFB_1) a leggyakrabban előforduló és egyben a legtoxikusabb vegyület. A Nemzetközi Rákkutató Ügynökség (International Agency for Research on Cancer, IARC) az emberre bizonyítottan rákkeltő, 1. csoportba tartozó anyagként sorolja be (IARC, 2002). Az aflatoxinok hosszú távú bevitele növeli a májkárosodás és a hepatocelluláris karcinóma kialakulásának kockázatát, nagy mennyiségük rövid időn belüli elfogyasztása pedig akut aflatoxikózist okozhat (Williams et al., 2004). Súlyos egészségkárosító hatásuk miatt az élelmiszerekben és takarmányokban előforduló mennyiségüket világszerte szigorú határértékek korlátozzák.

A termények aflatoxinnal való szennyeződését elsősorban az időjárási tényezőkkel és a növényeket érő stresszhatásokkal hozzák összefüggésbe. Az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok azonban természetes módon jelen vannak a talajban. Szaporítóképleteik itt hosszabb ideig fennmaradhatnak, majd kedvező körülmények között a növényi fertőzés forrásává válhatnak. A kutatások ezért egyre nagyobb figyelmet fordítanak arra, hogy a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságai miként hatnak a gombák fennmaradására és szaporodására, a növények stressztűrő képességére, valamint a fertőzésre és a toxintermelésre (Cotty & Jaime-Garcia, 2007; Horn, 2003).

Jelen áttekintő tanulmány célja annak bemutatása, hogy a talaj pH-ja, tápanyag-ellátottsága és biológiai állapota milyen módon befolyásolhatja az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok előfordulását, valamint a termények aflatoxinnal való szennyeződésének kockázatát. A rendelkezésre álló szakirodalom alapján a tanulmány arra is rámutat, hogy ezek a tényezők nem egymástól függetlenül, hanem a talaj–növény–mikroorganizmus rendszer egymással kölcsönhatásban álló elemeiként fejtik ki hatásukat. A tényezők közötti összefüggések feltárása segítheti az aflatoxin-kockázat kialakulásának jobb megértését és a megelőzési lehetőségek azonosítását.

Irodalmi áttekintés

1. Az aflatoxinok kialakulása és a környezeti tényezők szerepe

1.1. A mikotoxinok fogalma és jelentősége

A mikotoxinok egyes fonalas gombák által termelt másodlagos anyagcseretermékek, amelyek már kis mennyiségben is káros hatást gyakorolhatnak az emberek és az állatok egészségére. Napjainkig több száz különböző mikotoxint azonosítottak, közülük azonban csak néhány fordul elő rendszeresen az élelmiszer- és takarmányláncban. Kémiai stabilitásuk miatt a betakarítást, a tárolást és egyes feldolgozási eljárásokat követően is fennmaradhatnak, ezért jelenlétük jelentős

élelmiszer- és takarmánybiztonsági, valamint gazdasági kockázatot jelent világszerte (Xue et al., 2025).

1.2. Az aflatoxinok jelentősége

Az aflatoxinok elsősorban az *Aspergillus* nemzetség egyes fajai, mindenekelőtt az *Aspergillus flavus* és az *Aspergillus parasiticus* által termelt mikotoxinok. A természetben leggyakrabban az AFB_1, AFB_2, AFG_1 és AFG_2 fordul elő, amelyek közül toxikológiai szempontból az AFB_1 a legjelentősebb (EFSA CONTAM Panel, 2020). Az aflatoxinok számos mezőgazdasági terményt, többek között gabonaféléket, olajos magvakat, diófféléket és fűszereket is szennyezhetnek. A szennyeződés már a termesztés során kialakulhat, de nem megfelelő körülmények között a betakarítást követően és a tárolás alatt is fokozódhat (EFSA CONTAM Panel, 2020). Az aflatoxinok viszonylag hőstabil vegyületek, ezért a hagyományos élelmiszer-feldolgozási eljárások és a főzés csökkenthetik ugyan a mennyiségüket, de általában nem eredményezik teljes lebomlásukat (Kabak, 2009).

1.3. Az aflatoxin B_1 toxikológiai jelentősége

Az aflatoxinok közül az aflatoxin B_1 (AFB_1) jelenti a legnagyobb élelmiszer- és takarmánybiztonsági kockázatot. Akut és krónikus toxicitása mellett genotoxikus és rákkeltő hatással is rendelkezik, ezért a Nemzetközi Rákkutató Ügynökség az emberre bizonyítottan rákkeltő anyagok közé sorolta (IARC, 2002). A szervezetbe jutva elsősorban a májban alakul át, amelynek során egy rendkívül reakcióképes metabolit, az AFB_1-8,9-epoxid képződik. Ez a vegyület a DNS-hez kötődve genetikai károsodást idézhet elő, és szerepet játszhat a májsejtes karcinóma kialakulásában (EFSA CONTAM Panel, 2020). Jelentős egészségügyi kockázata indokolja az aflatoxinok élelmiszerekben és takarmányokban megengedett koncentrációjának szigorú szabályozását.

1.4. A klímaváltozás szerepe az aflatoxin-kockázat növekedésében

Az aflatoxinnal való szennyeződést hosszú időn keresztül elsősorban a trópusi és szubtrópusi régiók mezőgazdasági problémájának tekintették. Az elmúlt évtizedekben azonban az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok előfordulásának és a termények szennyeződésének kockázata Európában is növekedett. Ebben meghatározó szerepet játszanak a klímaváltozással összefüggő környezeti változások (Battilani et al., 2016).
Az aflatoxin-kockázat előrejelzése nem alapozható kizárólag egyetlen környezeti változóra. Az aflatoxin-kockázat megértéséhez egyaránt figyelembe kell venni a hőmérséklet, a vízellátottság és a növényi stressz összefüggéseit, valamint a gomba növekedését és toxintermelését befolyásoló körülményeket. Ezeknek az összefüggéseknek a vizsgálata alapozhatja meg a klímaváltozási forgatókönyvekhez kapcsolódó, térben és időben változó mikotoxin-kockázat megbízhatóbb előrejelzését (Magan et al., 2011).
Az emelkedő hőmérséklet, a gyakoribb aszályos időszakok és a csapadékeloszlás megváltozása kedvezőbb feltételeket teremthet az aflatoxintermelő gombák fejlődéséhez és toxintermeléséhez (Medina et al., 2014). A magas hőmérséklet és a korlátozott vízellátás ugyanakkor a gazdanövényben is stresszt idéz elő, amely gyengítheti annak természetes védekezőképességét, és növelheti a fertőzéssel szembeni fogékonyságát (Cotty & Jaime-Garcia, 2007).
Magyarország számára az éghajlati előrejelzések a hőmérséklet emelkedését, valamint a nyári csapadék csökkenését és időbeli eloszlásának kedvezőtlen változását vetítik előre (Pongrácz et al., 2011). Az újabb, módosított Pálfai-féle aszályindexen alapuló vizsgálatok szerint az aszály gyakoriságának és súlyosságának növekedése különösen az Alföldet, azon belül annak déli területeit érintheti. Az aszályindex és a kukorica terméshozama között kimutatott erős negatív kapcsolat arra utal, hogy a fokozódó vízhiány a termesztett növények stresszterhelését és termésbiztonsági kockázatát is növeli (Kis et al., 2025). A tartósan meleg és száraz időszakok egyúttal kedvezőbb feltételeket teremthetnek az *Aspergillus flavus* fertőzéséhez és az aflatoxin-felhalmozódáshoz (Battilani et al., 2016).

1.5. Az aflatoxinnal való szennyeződést meghatározó tényezők

A termények aflatoxinnal való szennyeződése összetett folyamat, amelyet az aflatoxintermelő gomba, a gazdanövény és a környezeti feltételek közötti kölcsönhatások alakítanak. A fertőzés és a toxintermelés mértéke ezért nem vezethető vissza egyetlen tényezőre, hanem számos biotikus és abiotikus hatás együttes eredményeként alakul ki.
A környezeti tényezők közül különösen fontos a hőmérséklet, a vízellátottság, a relatív páratartalom és a növényt érő stresszhatások szerepe. Az aszály és a magas hőmérséklet nemcsak az *Aspergillus flavus* fejlődésének és aflatoxintermelésének kedvezhet, hanem a növény természetes védekezőképességét is gyengítheti. A fertőzés kockázatát tovább növelhetik a rovarok és más kártevők által okozott sérülések, amelyek megkönnyítik a gomba bejutását a növényi szövetekbe (Cotty & Jaime-Garcia, 2007).
A gazdanövény fogékonyságát a növényfaj, a genotípus, a fejlődési állapot és az általános fiziológiai állapot is befolyásolja. A víz- és tápanyaghiány tovább fokozhatja a növény érzékenységét, de a talajból származó egyéb kémiai stresszhatások is módosíthatják a növény szerkezeti és élettani állapotát. Simon és munkatársai (2022) szennyvíziszap-alapú anyagokkal és fahamuval kezelt talajon termesztett energiafűz vizsgálata során kimutatták, hogy a kezelések növelték több tápelem és potenciálisan toxikus elem felvételét, valamint a klorofillfluoreszcencia értékeit is befolyásolták. Az ehhez kapcsolódó későbbi vizsgálatban Tóth és munkatársai (2024) azt is megállapították, hogy a potenciálisan toxikus elemek fokozott felvétele a levelek mikroanatómiai tulajdonságainak megváltozásával járt. Bár ezek az eredmények nem az aflatoxinnal való szennyeződésre vonatkoznak, jól szemléltetik, hogy a talaj kémiai állapota módosíthatja a növény szerkezeti és élettani jellemzőit, ezáltal pedig közvetetten a növény–kórokozó kapcsolatok feltételeit is. Az aflatoxin-kockázat értékelésekor ezért a klimatikus és növényélettani tényezők mellett a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait is figyelembe kell venni.

2. A talaj mint az aflatoxintermelő gombák természetes élőhelye

A termények aflatoxinnal való szennyeződése gyakran már a betakarítást megelőzően, a termesztés során megkezdődik. Ebben a folyamatban a talajnak kiemelt szerepe van, mivel az nemcsak a növények növekedési közege, hanem az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok természetes élőhelye és egyik legfontosabb inokulumforrása is (Cotty & Jaime-Garcia, 2007; Horn, 2003).
Az aflatoxintermelő fajok – elsősorban az *Aspergillus flavus* és az *Aspergillus parasiticus* – természetes módon előfordulhatnak a talajban. Konídiumaik, szkleróciumaik és más túlélőképleteik hosszabb időn keresztül fennmaradhatnak, majd kedvező környezeti feltételek között újra aktívvá válhatnak. A talajban fennmaradó gombaképletek ezért a fejlődő növények fertőzésének lehetséges kiindulópontjai (Horn, 2003; Abbas et al., 2009).
A gomba szaporítóképletei a széllel, a porral és a felverődő csapadékkal juthatnak el a növény felszíni részeire. Terjedésüket különböző talajlakó és növénykárosító rovarok is elősegíthetik, az általuk okozott sérülések pedig megkönnyíthetik a növényi szövetek fertőződését. A betakarítást követően a fertőzött növényi maradványok visszakerülhetnek a talajba, és hozzájárulhatnak a gombapopuláció fennmaradásához. Így a talaj és a termesztett növény között olyan fertőzési körforgás alakulhat ki, amely hosszabb távon is befolyásolja az adott terület fertőzési nyomását (Horn, 2003; Abbas et al., 2009).
A talaj tehát nem tekinthető pusztán a növénytermesztés közegeként, hanem olyan dinamikus ökológiai rendszer, amely befolyásolja az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok fennmaradását, szaporodását és terjedését. Mindez felveti azt a kérdést, hogy a talaj egyes tulajdonságai milyen módon alakítják e gombák életfeltételeit és a termények aflatoxinnal való szennyeződésének kockázatát. A következő fejezet ezért a talaj pH-jának szerepét tekinti át.

3. A talaj pH-jának szerepe az aflatoxin-kockázat alakulásában

A talaj pH-ja az aflatoxin-kockázattal összefüggésben gyakran vizsgált talajtani tényező, szerepének megítélése azonban a szakirodalomban nem egyértelmű. A rendelkezésre álló eredmények alapján a pH önmagában nem alkalmas a termények aflatoxinnal való szennyeződésének megbízható előrejelzésére. Hatása elsősorban közvetetten, más talajtulajdonságokkal és környezeti tényezőkkel kölcsönhatásban érvényesül.
A talaj pH-ja alapvetően meghatározza a tápanyagok oldhatóságát és felvehetőségét, ezáltal hatással van a növények fejlődésére, kondíciójára és stressztűrő képességére. Emellett befolyásolja a talaj mikrobiális közösségének összetételét és aktivitását is. Zhang és munkatársai (2022) földimogyoró-termesztő területeken végzett vizsgálatukban azt találták, hogy az alacsonyabb átlagos pH-jú agyagos vályogtalajokban nagyobb volt az *Aspergillus* fajok telepszáma és az aflatoxintermelő izolátumok aránya, mint a magasabb átlagos pH-jú homokos vályogtalajokban. A vizsgált talajok azonban több más tulajdonságukban is különböztek, ezért az eredmények alapján nem különíthető el a pH önálló hatása, és nem igazolható közvetlen ok-okozati kapcsolat a talaj pH-ja és a termények aflatoxinnal való szennyeződése között.
A talaj pH-ja ezért nem önálló kockázati tényezőként, hanem a talaj működését szabályozó egyik alapvető tulajdonságként értelmezhető. Jelentősége abban rejlik, hogy befolyásolja a tápanyagok hasznosulását, a talaj mikrobiális folyamatait és a növények stressztűrő képességét, ezáltal közvetve alakíthatja az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok megtelepedésének és terjedésének feltételeit. A pH hatása tehát a talaj–növény–mikroorganizmus rendszer más elemeivel együtt értékelhető megfelelően.

4. A tápanyag-gazdálkodás szerepe az aflatoxin-kockázat alakulásában

4.1. A kiegyensúlyozott tápanyagellátás jelentősége

A tápanyag-gazdálkodás és az aflatoxin-kockázat kapcsolatát nem célszerű egyetlen tápelem hatására leszűkíteni. A növény tápanyagellátottsága elsősorban a növény általános élettani állapotán, stressztűrő képességén és termésfejlődésén keresztül befolyásolhatja a fertőzés kialakulását. Az aszály- és hőstressznek kitett, legyengült növények általában fogékonyabbak az *Aspergillus flavus* fertőzésére és az aflatoxin-felhalmozódásra (Fountain et al., 2014).
A megfelelő tápanyagellátás elősegíti a gyökérzet fejlődését, a fotoszintetikus aktivitás fenntartását és a szemek megfelelő kitelítődését. A kiegyensúlyozatlan vagy elégtelen tápanyagellátás ezzel szemben fokozhatja a növény környezeti stresszhatásokkal szembeni érzékenységét. A tápanyaghiány ezért nem feltétlenül közvetlenül növeli az aflatoxintermelést, hanem olyan növényi állapotot alakíthat ki, amely kedvezőbbé teszi a gombás fertőzést.
Az egyes tápelemek és az aflatoxin-szennyeződés kapcsolatát vizsgáló kutatások eredményei ugyanakkor nem mutatnak egységes képet. Manoza és munkatársai (2017) különböző nitrogén- és foszfortrágyázási kombinációkat, valamint kukoricahibrideket vizsgáltak. A trágyázási kezelések nem okoztak szignifikáns különbséget sem az *A. flavus* kolonizációjában, sem az aflatoxin-felhalmozódásban, bár szuboptimális tápanyagellátás mellett nagyobb átlagos gombafelhalmozódást mértek. A termőhely és a hibrid hatása szintén jelentősnek bizonyult. Mindezek alapján a kiegyensúlyozott tápanyagellátás az integrált megelőzés fontos eleme lehet, közvetlen és általánosan érvényes aflatoxincsökkentő hatása azonban önmagában nem igazolható.
A tápanyag-utánpótlás és a gombás növénybetegségek kapcsolata nem írható le minden kórokozóra és gazdanövényre egyaránt érvényes, egyszerű összefüggéssel. Egy metaanalízis szerint a trágyázás hatását a kijuttatott tápelem mellett a kórokozó életmódja, a gazdanövény és a környezeti feltételek is befolyásolják (Veresoglou et al., 2013). Az aflatoxin-kockázat szempontjából ezért nem önmagában a műtrágya mennyisége, hanem a növény kiegyensúlyozott tápanyagellátása, élettani állapota és stresszterhelése lehet meghatározó.

4.2. A nitrogén szerepe

A nitrogén alapvető szerepet játszik a növények növekedésében, a fehérjeszintézisben és a fotoszintetikus működés fenntartásában. Az aflatoxin-kockázattal való kapcsolata azonban nem írható le egyszerű, lineáris összefüggéssel. Hatása elsősorban a növény fejlődésének, kondíciójának és stressztűrő képességének alakításán keresztül érvényesül, miközben a fertőzés és a toxinfelhalmozódás mértékét számos más környezeti és termesztési tényező is befolyásolja.
Blandino és munkatársai (2008) több éven keresztül vizsgálták a nitrogéntrágyázás módjának és adagjának hatását a kukorica csőpenészesedésére és mikotoxin-szennyeződésére. Eredményeik szerint az elégtelen nitrogénellátás általában növelte a csőpenészesedés gyakoriságát és súlyosságát. Az aflatoxin B_1 koncentrációja és a nitrogénadag között negatív összefüggést találtak azokban az évjáratokban, amelyek időjárása kedvezett az aflatoxin képződésének. A szerzők ugyanakkor hangsúlyozták, hogy az egyes mikotoxinok eltérően reagáltak a nitrogénellátásra.
Egy magyarországi tartamkísérletben Nyandi és Pepó (2024) szintén összetett, évjárattól és hibridtől függő kapcsolatot mutatott ki. A nitrogénadag növelése 2022-ben nagyobb aflatoxin B_1-szennyeződéssel társult, míg 2023-ban egyik kezelésben sem mutattak ki aflatoxin B_1-et. Az eredmények alapján a nitrogéntrágyázás hatása nem választható el a hibrid tulajdonságaitól és az adott év környezeti feltételeitől.
A jelenlegi ismeretek alapján ezért nem állítható, hogy a nitrogénellátás növelése önmagában minden körülmény között csökkenti vagy növeli az aflatoxinnal való szennyeződés kockázatát. A túlzott és az elégtelen nitrogénellátás egyaránt kedvezőtlen lehet; jelentősége elsősorban a termőhelyhez, a hibridhez és a várható természinthez igazított, kiegyensúlyozott tápanyag-gazdálkodás részeként értelmezhető.

4.3. A foszfor szerepe

A foszfor nélkülözhetetlen a növények energiaforgalmához, gyökérfejlődéséhez és számos anyagcsere-folyamatához. Megfelelő ellátottsága elősegíti az erőteljes gyökérzet kialakulását, valamint a rendelkezésre álló víz és tápanyagok hatékonyabb hasznosítását. A foszforhiány ezzel szemben visszafoghatja a növekedést, és fokozhatja a növények környezeti stresszhatásokkal szembeni érzékenységét.
A foszforellátás és az aflatoxinnal való szennyeződés közötti közvetlen kapcsolatot viszonylag kevés kutatás vizsgálta. Manoza és munkatársai (2017) különböző nitrogén–foszfor-kezeléskombinációk hatását értékelték. A kezelések nem okoztak szignifikáns különbséget sem az *Aspergillus flavus* kolonizációjában, sem az aflatoxin-felhalmozódásban, bár szuboptimális tápanyagellátás mellett átlagosan nagyobb gombafelhalmozódást mértek. Mivel a két tápelemet kombinációban alkalmazták, a foszfor önálló hatása az eredményekből nem különíthető el egyértelműen.
A rendelkezésre álló bizonyítékok alapján ezért nem jelenthető ki, hogy a foszforadag növelése önmagában mérsékelné az *A. flavus* kolonizációját vagy az aflatoxin-felhalmozódást. A megfelelő foszforellátás jelentősége inkább a növény kiegyensúlyozott fejlődésének és stressztűrő képességének fenntartásában ragadható meg.

4.4. A kálium szerepe

A kálium fontos szerepet játszik a növények vízháztartásának szabályozásában, a sztómaműködésben, az ozmotikus egyensúly fenntartásában és számos enzim működésében. Megfelelő káliumellátás mellett a növények hatékonyabban alkalmazkodhatnak a vízhiányhoz és más abiotikus stresszhatásokhoz. A káliumhiány ezzel szemben ronthatja a fotoszintetikus működést, és fokozhatja az oxidatív stressz káros hatásait (Cakmak, 2005).
A hő- és vízstressz növelheti a kukorica *Aspergillus flavus* fertőzéssel szembeni fogékonyságát, valamint elősegítheti az aflatoxin-felhalmozódást (Fountain et al., 2014). Ebből következően a megfelelő káliumellátás a növény vízháztartásának és stressztűrő képességének fenntartásán keresztül közvetve mérsékelheti az aflatoxin-kockázatot. Ez azonban közvetett összefüggés, és

nem jelenti azt, hogy a kálium kijuttatása önmagában megakadályozná a fertőzést vagy az aflatoxin képződését.
A káliumellátás és a termények aflatoxinnal való szennyeződése közötti kapcsolatot kevés célzott vizsgálat elemezte. A jelenlegi szakirodalom ezért nem teszi lehetővé általánosan érvényes dózis–hatás kapcsolat meghatározását. A kálium jelentősége elsősorban a növény megfelelő kondíciójának és stressztűrő képességének fenntartásában játszik szerepet, míg az aflatoxinnal való szennyeződésre gyakorolt közvetlen hatása egyelőre nem tekinthető bizonyítottnak.

4.5. A tápanyag-gazdálkodás integrált szerepe

A nitrogén-, foszfor- és káliumellátás szerepének áttekintése alapján egyik tápelem mennyisége sem határozza meg önmagában a termények aflatoxinnal való szennyeződésének kockázatát. Jelentőségük elsősorban abban rejlik, hogy együttesen alakítják a növények fejlődését, élettani állapotát, vízháztartását és stressztűrő képességét.
A növény igényeihez és a talaj adottságaihoz igazodó tápanyagellátás elősegíti a megfelelő növényi kondíció fenntartását, és mérsékelheti a tápanyaghiányból vagy a tápelemek aránytalanságából eredő stresszt. Ez közvetve csökkentheti a növény *Aspergillus flavus* fertőzéssel szembeni fogékonyságát. A túlzott vagy aránytalan tápanyag-kijuttatás ugyanakkor nem jelent nagyobb védelmet, és önmagában nem tekinthető az aflatoxinnal való szennyeződés megelőzésére alkalmas beavatkozásnak (Blandino et al., 2008; Manoza et al., 2017; Nyandi & Pepó, 2024).
A rendelkezésre álló kutatások mennyisége és eredményei tápelemenként jelentősen eltérnek. A nitrogén hatását több vizsgálat elemezte, míg a foszfor és különösen a kálium közvetlen szerepéről lényegesen kevesebb bizonyíték áll rendelkezésre. A jelenlegi ismeretek alapján ezért a kiegyensúlyozott tápanyag-gazdálkodás elsősorban a talaj–növény rendszer megfelelő működésének és a növény stressztűrő képességének fenntartásán keresztül járulhat hozzá az aflatoxin-kockázat mérsékléséhez. Hatása szorosan összekapcsolódik a talaj biológiai állapotával, amelyet a következő fejezet tárgyal.

5. A talaj szervesanyag-tartalmának közvetett szerepe az aflatoxin-kockázat alakulásában

5.1. A szerves anyag szerepe a talaj vízgazdálkodásában

A talaj szervesanyag-tartalma a talajszerkezet, az aggregátumstabilitás és a vízgazdálkodás alakításán keresztül befolyásolja a növények számára hozzáférhető víz mennyiségét. A nagyobb szervesanyag-tartalom általában kedvezőbb pórusszerkezettel, jobb vízbeszivárgással és nagyobb hozzáférhető vízkapacitással társulhat, bár a hatás mértéke jelentősen függ a talaj fizikai féleségétől és a szerves anyag mélységi eloszlásától (Hudson, 1994; Franzluebbers, 2002). Újabb, nagy adatállományon alapuló eredmények arra is utalnak, hogy a talaj szerves széntartalma nemcsak az átlagos terméshozammal, hanem a termés kedvezőtlen körülmények közötti stabilitásával is kapcsolatban állhat (King et al., 2026).

5.2. Kapcsolat a növényi vízstresszel és az aflatoxin-kockázattal

Az aflatoxin-kockázat szempontjából a talaj szerves anyagának jelentősége elsősorban közvetett. A kedvezőbb talajszerkezet és vízgazdálkodás mérsékelheti a növény vízhiányát, miközben a tartós szárazság és a magas hőmérséklet növeli a kukorica stresszterhelését, és kedvezőbb feltételeket teremthet az *Aspergillus flavus* fertőzéséhez és az aflatoxin-felhalmozódáshoz (Fountain et al., 2014; Battilani et al., 2016). A talaj szervesanyag-tartalma ezért nem tekinthető az aflatoxin-kockázat közvetlen előrejelzőjének, de a talaj vízmegtartó képességén és a növény stresszállapotán keresztül hozzájárulhat a kockázatot alakító környezeti feltételek módosításához.

5.3. A vetésforgó lehetséges szerepe

A vetésforgó a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak alakítása mellett a mikrobiális közösségek összetételét és a talajban fennmaradó növényi kórokozók mennyiségét is befolyásolhatja. Kukorica–szója vetésforgóban a talaj gombaközösségének összetétele eltért a folyamatos termesztés során kialakult közösségtől, és több potenciálisan kórokozó gombacsoport relatív gyakorisága is csökkent (Dou et al., 2025). Ez az általános hatás azonban nem terjeszthető ki automatikusan az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajokra. Az *Aspergillus flavus* esetében végzett vizsgálatok szerint az elővetemény és a talaj fizikai tulajdonságai összefügghetnek a talajban élő populáció mennyiségével és az S-, illetve L-törzsek arányával (Jaime-Garcia & Cotty, 2006).
A termesztett növény hatása a talajhőmérséklettel is kölcsönhatásba léphet, ezért a vetésforgó nem minden termőhelyen és minden évben módosítja azonos módon az *A. flavus*-közösséget (Jaime-Garcia & Cotty, 2010). A rendelkezésre álló eredmények alapján így nem jelölhető meg általánosan alkalmazható „aflatoxincsökkentő vetésforgó", de az elővetemény a talajbeli inokulum mennyiségét és toxintermelő képességének összetételét alakító tényező lehet.

5.4. A talajművelés és a növényi maradványok kezelése

A talajművelés és a növényi maradványok kezelése a talajszerkezet, a szervesanyag-tartalom és a nedvességi viszonyok módosításán keresztül befolyásolhatja a növények vízellátását. Kukoricával végzett szántóföldi vizsgálatban a csökkentett talajművelés és a növényi maradványok visszaforgatása növelte a talaj víztartalmát, javította a gyökérzet egyes tulajdonságait és kedvezően hatott a termésre az átlagosnál szárazabb tenyészidőszakokban (You et al., 2017). Ezek a változások mérsékelhetik a növényi vízstresszt, de a talajművelés és az aflatoxin-szennyeződés közötti közvetlen kapcsolat jelenleg nem tekinthető kellően bizonyítottnak. A növényi maradványok visszahagyása emellett az *A. flavus* fennmaradásának lehetőségét is befolyásolhatja, ezért az egyes művelési rendszerek hatása nem ítélhető meg kizárólag a talajnedvesség alapján.

6. A talaj biológiai állapotának szerepe az aflatoxin-kockázat alakulásában

6.1. A talaj biológiai állapotának jelentősége

A talaj nem csupán fizikai és kémiai rendszer, hanem rendkívül összetett élőhely is. A benne élő mikroorganizmusok közössége – a talajmikrobiom – alapvető szerepet játszik a szerves anyagok lebontásában, a tápanyagok körforgásában, a talajszerkezet kialakulásában és a növények egészségi állapotának fenntartásában. A talaj biológiai állapota ezért nemcsak a talaj termékenységét, hanem a teljes talaj–növény rendszer működését is befolyásolja (De Corato, 2020; Schlatter et al., 2017).
Az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok természetes módon jelen lehetnek a talajban, amely szaporítóképleteik fennmaradásának és a növényi maradványok kolonizációjának egyik fontos közege. A talajban fennmaradó populációk ezért a növényi fertőzés lehetséges inokulumforrását jelenthetik (Horn, 2003; Cotty et al., 2008). Talajbeli jelenlétük azonban önmagában nem jelenti azt, hogy minden esetben növényi fertőzés és aflatoxin-felhalmozódás alakul ki. A fertőzés kimenetelét az időjárási és növényi tényezők mellett a talajban élő mikroorganizmusok közötti kölcsönhatások is befolyásolhatják.
Az aktív és változatos mikrobiális közösség a tápanyagokért és az élettérért folytatott versengéssel, valamint egyes mikroorganizmusok antagonista hatásán keresztül korlátozhatja a talajeredetű növényi kórokozók megtelepedését és elszaporodását (Schlatter et al., 2017). Ezeket a mechanizmusokat az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok esetében még nem tárták fel teljes körűen. Ennek alapján a talaj biológiai állapota szerepet játszhat az aflatoxin-kockázat alakulásában, pontos mechanizmusa és jelentősége azonban még nem kellően feltárt.

6.2. A szupresszív talaj fogalma

A talajmikrobiom kórokozókat korlátozó működésének egyik legfontosabb megnyilvánulása az úgynevezett talaj szupresszivitás. Szupresszívnek azokat a talajokat nevezzük, amelyekben a növényi kórokozó és a fogékony gazdanövény egyaránt jelen van, továbbá a környezeti feltételek is kedveznének a fertőzésnek, a betegség mégsem alakul ki, vagy lényegesen kisebb mértékben jelentkezik. A jelenség hátterében rendszerint a talaj mikrobiális közösségének természetes szabályozó működése, valamint a talaj biotikus és abiotikus tulajdonságainak kölcsönhatása áll (De Corato, 2020; Schlatter et al., 2017). A szupresszivitás nem állandó tulajdonság, és nem minden kórokozóval szemben érvényesül azonos módon.
A szupresszív hatás kialakulásában megkülönböztethető a teljes mikrobiális közösség által létrehozott általános gátló környezet, valamint egyes mikroorganizmusok vagy mikrobiális csoportok célzott antagonista hatása. A talajlakó mikroorganizmusok versenghetnek a kórokozókkal a rendelkezésre álló tápanyagokért és az élettérért, gátló hatású vegyületeket termelhetnek, továbbá serkenthetik a növény saját védekező folyamatait. Ezek a mechanizmusok külön-külön és egymást kiegészítve is korlátozhatják a kórokozók megtelepedését, szaporodását és fertőzőképességét (De Corato, 2020; Schlatter et al., 2017).
A talaj szupresszív működése nem feltétlenül egyetlen mikroorganizmus jelenlétéhez, hanem a mikrobiális közösség összetételéhez, sokféleségéhez és tagjainak kölcsönhatásaihoz kapcsolódik. A talaj mikrobiális közössége fungisztatikus hatást fejthet ki, ezáltal korlátozhatja egyes gombák spóráinak csírázását és micéliumának növekedését (de Boer et al., 2003). A rizoszféra közösségének kialakulását ugyanakkor a növényfaj, a talajtípus és a korábbi területhasználat egyaránt befolyásolja (Garbeva et al., 2008). A szupresszív talajok vizsgálata arra is rámutatott, hogy a kórokozókkal szembeni védelem a rizoszféra mikrobiomjának meghatározott összetételéhez és összehangolt működéséhez köthető (Mendes et al., 2011).
A szupresszivitás kialakulását és fennmaradását a mikrobiális közösség mellett a talaj pH-ja, szervesanyag-tartalma, tápanyag-ellátottsága, nedvességi viszonyai és az alkalmazott gazdálkodási gyakorlat is befolyásolja. Ezért nem egyetlen mikroorganizmus vagy talajtulajdonság hatásaként, hanem a talaj ökológiai rendszerének összetett működéseként értelmezhető.

6.3. A talajmikrobiom és az aflatoxin-kockázat kapcsolata

A talaj mikrobiális közössége többféle mechanizmuson keresztül befolyásolhatja az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok fennmaradását és szaporodását. A mikroorganizmusok versenghetnek a gombával a rendelkezésre álló tápanyagokért és az élettérért, egyes baktériumok és gombák pedig a kórokozók növekedését gátló anyagcseretermékeket állíthatnak elő. A talajmikrobiom közvetetten, a növény tápanyagellátásának és védekező folyamatainak támogatásán keresztül is alakíthatja a fertőzés feltételeit. Ezek a mechanizmusok általánosan ismertek a talajeredetű növényi kórokozók szabályozásában, aflatoxintermelő fajokra való alkalmazhatóságuk azonban külön vizsgálatot igényel (Schlatter et al., 2017).
Az *Aspergillus flavus* talajbeli visszaszorításában különböző antagonista mikroorganizmusok vehetnek részt. Kukoricatáblák talajából izolált *Pseudomonas chlororaphis* és *Pseudomonas fluorescens* törzsek jelentősen gátolták az *A. flavus* növekedését a talajban, és ezzel csökkentették a levegőbe jutó konídiumok mennyiségét is (Palumbo et al., 2010). Talajból származó antagonista élesztők illékony szerves vegyületei szintén gátolhatják a gomba növekedését és aflatoxintermelését (Natarajan et al., 2022). Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a baktériumok és élesztők közvetlen antagonista hatása egyaránt szerepet kaphat az *A. flavus* biológiai korlátozásában.
Ellenőrzött laboratóriumi vizsgálatok igazolták, hogy egyes, a rizoszférából származó baktériumtörzsek képesek lehetnek az *Aspergillus flavus* növekedésének és aflatoxintermelésének gátlására. Wu és munkatársai (2022) a tea (*Camellia sinensis*) rizoszférájából izolált *Bacillus velezensis* B2 törzs esetében jelentős antagonista hatást mutattak ki. A baktériumtörzs jelenlétében az aflatoxin-bioszintézis génklaszterének 16 génje csökkenő kifejeződést mutatott. Az eredmények alátámasztják, hogy egyes rizoszférában élő

mikroorganizmusok közvetlen antagonista hatást fejthetnek ki az aflatoxintermelő gombákkal szemben. Az egyedi törzsekkel, ellenőrzött körülmények között kapott eredmények azonban nem terjeszthetők ki automatikusan a természetes talajmikrobiom egészének működésére.

Az atoxigén *Aspergillus flavus* törzsek alkalmazásán alapuló biológiai védekezés során a kijuttatott törzsek versenybe lépnek a természetes, aflatoxintermelő populációkkal, és ezáltal módosíthatják a talajban élő *A. flavus*-közösség genetikai összetételét (Lewis et al., 2019). Az újabb eredmények szerint az atoxigén izolátumok biokontroll-hatékonysága törzsenként eltérhet, alkalmazásuk pedig a talaj teljes gombaközösségének szerkezetére is hatással lehet (Zhang et al., 2025).

A mikrobiális közösség és az *Aspergillus flavus* kapcsolata ugyanakkor kétirányú: nemcsak a talaj mikroorganizmusai befolyásolhatják a gomba fennmaradását, hanem maga a fertőzés is átalakíthatja a rizoszféra közösségét. Földimogyoróval végzett tenyészedényes vizsgálatban az *A. flavus* fertőzése idő- és törzsfüggő változásokat idézett elő a rizoszféra baktériumközösségének összetételében és diverzitásában (Lin et al., 2026). Mivel a vizsgálat sterilizált talajon zajlott, és az aflatoxin mennyiségét nem határozták meg, az eredmények elsősorban a növény–kórokozó–mikrobiom kapcsolat értelmezéséhez nyújtanak alapot.

Szántóföldi körülmények között a mikroorganizmusok közötti kapcsolatok lényegesen összetettebbek. Monda és munkatársai (2020) két, eltérő éghajlati és termesztési adottságú kenyai agroökológiai régió talajainak vizsgálatakor csak gyenge összefüggést találtak az *A. flavus*, valamint a potenciálisan antagonista *Bacillus* és *Pseudomonas* fajok előfordulása között. Ez arra utal, hogy valamely mikroorganizmus jelenléte önmagában nem bizonyítja a talaj szupresszív működését. A mikroorganizmusok mennyisége mellett azok funkcionális tulajdonságai, aktivitása, egymással kialakított kapcsolatai és a környezeti feltételek együttesen határozzák meg, hogy kialakul-e tényleges gátló hatás.

A rendelkezésre álló eredmények alapján a talajmikrobiom hozzájárulhat az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok természetes szabályozásához, a talaj mikrobiális összetétele és a termények tényleges aflatoxin-szennyeződése közötti közvetlen kapcsolat azonban még nem kellően feltárt. A talaj biológiai állapotát fenntartó gazdálkodási gyakorlatok kedvezően befolyásolhatják a talaj általános működését és a növény stressztűrő képességét, aflatoxin-kockázatra gyakorolt hatásuk azonban jelenleg nem számszerűsíthető egyértelműen. A további kutatásokban ezért a talaj mikrobiális közösségét, a talajtulajdonságokat, a növény állapotát és az aflatoxinnal való szennyeződést együttesen, szántóföldi körülmények között célszerű vizsgálni.

7. Következtetések

A termények aflatoxinnal való szennyeződésének vizsgálata hagyományosan elsősorban az éghajlati tényezőkre, a növényeket érő stresszhatásokra és az aflatoxintermelő gombák jelenlétére összpontosított. Az áttekintett szakirodalom alapján azonban az aflatoxin-szennyezés kockázata nem vezethető vissza egyetlen környezeti vagy talajtani tényezőre. Kialakulása az aflatoxintermelő gomba, a gazdanövény és a környezeti feltételek összetett kölcsönhatásának eredménye, amelyben a talaj állapota közvetett szerepet tölthet be.

A talaj pH-ja, tápanyag-ellátottsága és biológiai állapota önmagában nem tekinthető a termények aflatoxinnal való szennyeződését közvetlenül meghatározó tényezőnek. Jelentőségük elsősorban abban rejlik, hogy egymással kölcsönhatásban alakítják a tápanyagok hozzáférhetőségét, a talaj mikrobiális folyamatait, a növény élettani állapotát és stressztűrő képességét, valamint az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok fennmaradásának és szaporodásának ökológiai feltételeit. Hatásuk ezért a talaj–növény–mikroorganizmus rendszer egészében értelmezhető megfelelően.

Az áttekintett szakirodalom több olyan kérdést is feltárt, amelynek megválaszolásához további kutatások szükségesek. A talaj pH-jának közvetlen szerepéről nem állnak rendelkezésre egyértelmű eredmények, a foszfor és különösen a kálium önálló hatását pedig kevés célzott vizsgálat elemezte. A talajmikrobiom egyes tagjainak *Aspergillus flavus*-gátló hatását laboratóriumi kísérletek igazolták, de még nem tisztázott, hogy ezek a kapcsolatok természetes talajban és szántóföldi körülmények között milyen mértékben befolyásolják a termények tényleges aflatoxin-szennyeződését. A további vizsgálatokban ezért indokolt a

talajtulajdonságok, a mikrobiális közösségek, a növény élettani állapota és az aflatoxin-felhalmozódás együttes értékelése.
A klímaváltozás következtében várhatóan gyakoribbá váló hőhullámok és aszályos időszakok tovább növelhetik az aflatoxinnal való szennyeződés kockázatát, különösen a korábban kevésbé érintett mérsékelt égövi területeken (Battilani et al., 2016). Ez felértékeli azoknak a talajgazdálkodási módszereknek a jelentőségét, amelyek elősegítik a növények kiegyensúlyozott tápanyagellátását, javítják a vízhiánnyal szembeni stressztűrő képességüket, és támogatják a talaj biológiai működését. Ezek az intézkedések önmagukban nem akadályozzák meg az aflatoxinnal való szennyeződést, de egy összetett megelőzési stratégia részeként hozzájárulhatnak a növényeket érő stresszhatások és ezáltal a fertőzés kockázatának mérsékléséhez.
Az aflatoxin-kockázat mérséklése nem zárul le a betakarítással. A talajállapotot és a növényi stresszt mérséklő termesztéstechnológiai intézkedések elsősorban a betakarítás előtti fertőzési és toxinfelhalmozódási kockázatot mérsékelhetik. Ezt követően a termény gyors szárítása, megfelelő nedvességtartalmának beállítása és a biztonságos tárolás szükséges annak megakadályozásához, hogy az aflatoxinnal való szennyeződés a tárolás során tovább növekedjen.

Összefoglalás

A klímaváltozással összefüggő gyakoribb hőhullámok és aszályos időszakok Európa mérsékelt égövi területein is növelik a termények aflatoxinnal való szennyeződésének kockázatát. A szennyeződés kialakulását az aflatoxintermelő *Aspergillus* fajok, a gazdanövény állapota és a környezeti feltételek kölcsönhatása határozza meg. A tanulmány azt tekinti át, hogy a talaj pH-ja, nitrogén-, foszfor- és káliumellátottsága, szervesanyag-tartalma és biológiai állapota miként befolyásolhatja a gombák fennmaradását, a növényi fertőzést és az aflatoxin-felhalmozódást. A szakirodalmi eredmények alapján egyetlen talajtulajdonság sem tekinthető az aflatoxin-szennyeződés önálló előrejelzőjének, mivel hatásuk a növény stresszállapotával és az időjárási viszonyokkal összefüggésben érvényesül. A kiegyensúlyozott tápanyagellátás, a talaj kedvező vízgazdálkodásának és biológiai működésének fenntartása, valamint a növényi stressz mérséklése hozzájárulhat a betakarítás előtti kockázat csökkentéséhez. Ezt a betakarítást követően gyors szárítással és biztonságos tárolással szükséges kiegészíteni. Az eredményes megelőzés ezért a termőhelyi adottságok, a talajállapot, a növény stressztűrő képessége, valamint a termesztési és tárolási gyakorlat együttes értékelését igényli.

Kulcsszavak: aflatoxin, *Aspergillus flavus*, talaj pH-ja, tápanyag-gazdálkodás, talajmikrobiom

Irodalom

Abbas, H. K., Wilkinson, J. R., Zablotowicz, R. M., Accinelli, C., Abel, C. A., Bruns, H. A., & Weaver, M. A. (2009). Ecology of *Aspergillus flavus*, regulation of aflatoxin production, and management strategies to reduce aflatoxin contamination of corn. *Toxin Reviews, 28*(2–3), 142–153. https://doi.org/10.1080/15569540903081590

Battilani, P., Toscano, P., Van der Fels-Klerx, H. J., Moretti, A., Camardo Leggieri, M., Brera, C., Rortais, A., Goumperis, T., & Robinson, T. (2016). Aflatoxin B_1 contamination in maize in Europe increases due to climate change. *Scientific Reports, 6*, 24328. https://doi.org/10.1038/srep24328

Blandino, M., Reyneri, A., & Vanara, F. (2008). Influence of nitrogen fertilization on mycotoxin contamination of maize kernels. *Crop Protection, 27*(2), 222–230. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.05.008

Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168*(4), 521–530. https://doi.org/10.1002/jpln.200420485

Cotty, P. J., & Jaime-Garcia, R. (2007). Influences of climate on aflatoxin-producing fungi and aflatoxin contamination. *International Journal of Food Microbiology, 119*(1–2), 109–115. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.060

Cotty, P. J., Probst, C., & Jaime-Garcia, R. (2008). Etiology and management of aflatoxin contamination. In J.F. Leslie, R. Bandyopadhyay, & A. Visconti (Eds.), *Mycotoxins: Detection methods, management, public health and agricultural trade* (pp. 287–299). CABI. https://doi.org/10.1079/9781845930820.0287

de Boer, W., Verheggen, P., Klein Gunnewiek, P. J. A., Kowalchuk, G. A., & van Veen, J. A. (2003). Microbial community composition affects soil fungistasis. *Applied and Environmental Microbiology, 69*(2), 835–844. https://doi.org/10.1128/AEM.69.2.835-844.2003

De Corato, U. (2020). Disease-suppressive compost enhances natural soil suppressiveness against soil-borne plant pathogens: A critical review, Rhizosphere, 13, 100192, ISSN 2452-2198, https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100192.

Dou, Y., Yu, S., Liu, S., Cui, T., Huang, R., Wang, Y., Wang, J., Tan, K., & Li, X. (2025). Crop rotations reduce pathogenic fungi compared to continuous cropping. *Rhizosphere, 34*, 101074. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2025.101074

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2020). Risk assessment of aflatoxins in food. *EFSA Journal, 18*(3), e06040. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6040

Fountain, J. C., Scully, B. T., Ni, X., Kemerait, R. C., Lee, R. D., Chen, Z.-Y., & Guo, B. (2014). Environmental influences on maize–*Aspergillus flavus* interactions and aflatoxin production. *Frontiers in Microbiology, 5*, 40. https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00040

Franzluebbers, A. J. (2002). Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. Soil and Tillage Research, 66(2), 197–205. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00027-2

Garbeva, P., van Elsas, J. D., & van Veen, J. A. (2008). Rhizosphere microbial community and its response to plant species and soil history. *Plant and Soil, 302*(1–2), 19–32. https://doi.org/10.1007/s11104-007-9432-0

Horn, B. W. (2003). Ecology and Population Biology of Aflatoxigenic Fungi in Soil. *Journal of Toxicology: Toxin Reviews*, *22*(2–3), 351–379. https://doi.org/10.1081/TXR-120024098

Hudson, B. D. (1994). Soil organic matter and available water capacity. Journal of Soil and Water Conservation, 49(2), 189–194. https://doi.org/10.1080/00224561.1994.12456850

International Agency for Research on Cancer. (2002). *Some traditional herbal medicines, some mycotoxins naphthalene and styrene* (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 82). https://pure.johnshopkins.edu/en/publications/iarc-monographs-on-the-evaluation-of-carcinogenic-risks-to-humans-3/

Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., & Kopriva, S. (2017). The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition—Current knowledge and future directions. *Frontiers in Plant Science, 8*, 1617. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01617

Jaime-Garcia, R., & Cotty, P. J. (2006). Spatial relationships of soil texture and crop rotation to *Aspergillus flavus* community structure in South Texas. *Phytopathology, 96*(6), 599–607. https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0599

Jaime-Garcia, R., & Cotty, P. J. (2010). Crop rotation and soil temperature influence the community structure of *Aspergillus flavus* in soil. *Soil Biology and Biochemistry, 42*(10), 1842–1847. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.06.025

Kabak, B. (2009). The fate of mycotoxins during thermal food processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 89*(4), 549–554. https://doi.org/10.1002/jsfa.3491

King, A. E., Choi, E., Burkhardt, J., & Mueller, N. D. (2026). Soil organic carbon improves crop yield and yield resilience. *Global Change Biology, 32*(5), e70909. https://doi.org/10.1111/gcb.70909

Kis, A., Szabó, P., & Pongrácz, R. (2025). Analysis of detected and future drought conditions—A case study for the Great Hungarian Plain. *Theoretical and Applied Climatology, 156*, Article 303. https://doi.org/10.1007/s00704-025-05510-2

Lewis, M. H., Carbone, I., Luis, J. M., Payne, G. A., Bowen, K. L., Hagan, A. K., Kemerait, R., Heiniger, R., & Ojiambo, P. S. (2019). Biocontrol strains differentially shift the genetic structure of indigenous soil populations of *Aspergillus flavus*. *Frontiers in Microbiology, 10*, Article 1738. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01738

Lin, Q., Wu, X., Li, L., Peng, T., Zou, X., Li, G., Wang, J., Tang, X., Yue, X., & Li, P. (2026). Impact on *Aspergillus flavus* infection on the rhizosphere bacterial microbiota of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Toxins, 18*(3), 131. https://doi.org/10.3390/toxins18030131

Magan, N., Medina, A., & Aldred, D. (2011). Possible climate-change effects on mycotoxin contamination of food crops pre- and postharvest. *Plant Pathology, 60*(1), 150–163. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02412.x

Manoza, F. S., Mushongi, A. A., Harvey, J., Wainaina, J., Wanjuki, I., Ngeno, R., Darnell, R., Gnonlonfin, B. G. J., & Massomo, S. M. S. (2017). Potential of using host plant resistance, nitrogen and phosphorus fertilizers for reduction of *Aspergillus flavus* colonization and aflatoxin accumulation in maize in Tanzania. *Crop Protection, 93*, 98–105. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.021

Medina, Á., Rodriguez, A., & Magan, N. (2014). Effect of climate change on *Aspergillus flavus* and aflatoxin B_1 production. *Frontiers in Microbiology, 5*, 348. https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00348

Mendes, R., Kruijt, M., de Bruijn, I., Dekkers, E., van der Voort, M., Schneider, J. H. M., Piceno, Y. M., DeSantis, T. Z., Andersen, G. L., Bakker, P. A. H. M., & Raaijmakers, J. M. (2011). Deciphering the rhizosphere microbiome for disease-suppressive bacteria. Science, 332(6033), 1097–1100. https://doi.org/10.1126/science.1203980

Monda, E., Masanga, J., & Alakonya, A. (2020). Variation in occurrence and aflatoxigenicity of *Aspergillus flavus* from two climatically varied regions in Kenya. *Toxins, 12*(1), 34. https://doi.org/10.3390/toxins12010034

Muthuraja, R., Muthukumar, T., & Natthapol, C. (2023). Drought tolerance of *Aspergillus* violaceofuscus and Bacillus licheniformis and their influence on tomato growth and potassium uptake in mica amended tropical soils under water-limiting conditions. Frontiers in Plant Science, 14, 1114288. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1114288

Natarajan, S., Balachandar, D., Senthil, N., Velazhahan, R., & Paranidharan, V. (2022). Volatiles of antagonistic soil yeasts inhibit growth and aflatoxin production of *Aspergillus* flavus. Microbiological Research, 263, 127150. https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127150

Nyandi, M. S., & Pepó, P. (2024). *Aspergillus* and Fusarium mycotoxin contamination in maize (*Zea mays* L.): The interplay of nitrogen fertilization and hybrids selection. *Toxins, 16*(7), 318. https://doi.org/10.3390/toxins16070318

Palumbo, J. D., O'Keeffe, T. L., Kattan, A., Abbas, H. K., & Johnson, B. J. (2010). Inhibition of *Aspergillus* flavus in soil by antagonistic Pseudomonas strains reduces the potential for airborne spore dispersal. Phytopathology, 100(6), 532–538. https://doi.org/10.1094/PHYTO-100-6-0532

Pongrácz, R., Bartholy, J., & Miklós, E. (2011). Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Applied Ecology and Environmental Research, 9*(4), 387–398. https://doi.org/10.15666/aeer/0904_387398

Schlatter, D., Kinkel, L., Thomashow, L., Weller, D., & Paulitz, T. (2017). Disease suppressive soils: New insights from the soil microbiome. *Phytopathology, 107*(11), 1284–1297. https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-17-0111-RVW

Simon, L., Makádi, M., Uri, Z., Vigh, S., Irinyiné-Oláh, K., Vincze, G., & Tóth, C. (2022). Phytoextraction of toxic elements and chlorophyll fluorescence in the leaves of energy willow (*Salix* sp.), treated with wastewater solids and wood ash. *Agrokémia és Talajtan, 71*(1), 77–99. https://doi.org/10.1556/0088.2022.00122

Tóth, C., Simon, L., & Tóth, B. (2024). Microanatomical properties of energy willow (*Salix* spp.) leaves after exposure to potentially toxic elements from wastewater solids and wood ash. *Agronomy, 14*(8), 1625. https://doi.org/10.3390/agronomy14081625

Veresoglou, S. D., Barto, E. K., Menexes, G., & Rillig, M. C. (2013). Fertilization affects severity of disease caused by fungal plant pathogens. Plant Pathology, 62(5), 961–969. https://doi.org/10.1111/ppa.12014

Williams, J. H., Phillips, T. D., Jolly, P. E., Stiles, J. K., Jolly, C. M., & Aggarwal, D. (2004). Human aflatoxicosis in developing countries: A review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. *The American Journal of Clinical Nutrition, 80*(5), 1106–1122. https://doi.org/10.1093/ajcn/80.5.1106

Wu, Q., Li, H., Wang, S., Zhang, Z., Zhang, Z., Jin, T., Hu, X., & Zeng, G. (2022). Differential expression of genes related to growth and aflatoxin synthesis in *Aspergillus flavus* when inhibited by *Bacillus velezensis* strain B2. *Foods, 11*(22), 3620. https://doi.org/10.3390/foods11223620

Xue, M., Qu, Z., Moretti, A., Logrieco, A. F., Chu, H., Zhang, Q., Sun, C., Ren, X., Cui, L., Chen, Q., An, Y., Li, C., Zhong, H., Cao, Z., Wang, F., Sun, Y., Wang, L., Hou, J., Zhang, C., . . . Zhu, Y.-G. (2025). *Aspergillus* mycotoxins: The major food contaminants. *Advanced Science, 12*(9), 2412757. https://doi.org/10.1002/advs.202412757

You, D., Tian, P., Sui, P., Zhang, W., Yang, B., & Qi, H. (2017). Short-term effects of tillage and residue on spring maize yield through regulating root–shoot ratio in Northeast China. *Scientific Reports, 7*, 13314. https://doi.org/10.1038/s41598-017-13624-5

Zhang, S., Wang, X., Wang, D., Chu, Q., Zhang, Q., Yue, X., Zhu, M., Dong, J., Li, L., Jiang, X., Yang, Q., & Zhang, Q. (2022). Discovery of the relationship between distribution and aflatoxin production capacity of *Aspergillus* species and soil types in peanut planting areas. *Toxins, 14*(7), 425. https://doi.org/10.3390/toxins14070425

Zhang, Y., Wang, W., Piao, C., Li, W., Cotty, P. J., Shan, S., Rasheed, U., Migheli, Q., & Kong, Q. (2025). Exploring the characteristics of atoxigenic *Aspergillus* flavus isolates and their biocontrol impact on soil fungal communities. Journal of Fungi, 11(7), 491. https://doi.org/10.3390/jof11070491

THE ROLE OF SOIL FACTORS IN SHAPING AFLATOXIN RISK

[1]Judit Halász,

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Environmental and Natural Sciences, Department of Biology, 4400 Nyíregyháza, Sóstói út 31/B, Hungary
judit.halasz@nye.hu

Summary

Climate change-related increases in the frequency of heatwaves and drought periods are raising the risk of aflatoxin contamination of crops, including in the temperate regions of Europe. Contamination is determined by interactions among aflatoxin-producing *Aspergillus* species, host plant condition and environmental factors. This review examines how soil pH, nitrogen, phosphorus and potassium availability, organic matter content and biological condition may influence fungal survival, plant infection and aflatoxin accumulation. The available literature indicates that no single soil property can be considered an independent predictor of aflatoxin contamination, as its effects depend on interactions with plant stress and weather conditions. Balanced nutrient supply, the maintenance of favourable soil water conditions and biological functioning, and the mitigation of plant stress may help reduce pre-harvest risk. After harvest, these measures must be complemented by rapid drying and safe storage. Effective prevention therefore requires the combined evaluation of site conditions, soil status, plant stress tolerance, and crop production and storage practices.

Keywords: aflatoxin, *Aspergillus flavus*, soil pH, nutrient management, soil microbiome

A KUKORICATERMÉS ALAKULÁSA A WESTSIK-FÉLE VETÉSFORGÓ TARTAMKÍSÉRLETBEN

Henzsel István[1] – Makádi Marianna[1] – Bogdányi Zsolt[1] – Almási Csilla[1] – Orosz Viktória[1] – Demeter Ibolya[1]

[1] Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos utca 4-6., henzsel6@gmail.com

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.09

Bevezetés

A kukorica az egyik legjelentősebb szántóföldi növényünk. Sok gazdálkodó megélhetését biztosító, nagy területen termesztett gazdasági növényünk. Termőterülete azonban jelentősen csökkent az utóbbi időszakban: a korábbi 1 200 000 ha területről napjainkra lecsökkent 700 000 ha-ra (KSH 2026). A termőterület-csökkenés okaként elsősorban a kedvezőtlenné váló időjárást említhetjük. Az egyenetlen eloszlású, csökkenő mennyiségű csapadék és az emelkedő hőmérséklet következtében csökken a hasznosítható víz mennyisége a növények számára. Az aszályos időszakok gyakoriságának és hosszának növekedése következtében a kukorica eredményes termesztése egyre bizonytalanabbá válik, különösen a gyenge víztartó képességű homoktalajokon. Publikációnk célja annak bemutatása, hogy egy alacsony humusztartalmú, savanyú kémhatású nyírségi homoktalajon napjainkban milyen eredménnyel lehet kukoricát termeszteni különböző trágyázású vetésforgó rendszerekben.

Irodalmi áttekintés

A kukorica számára a humuszszegény, gyenge víztartó-képességű homoktalaj egyáltalán nem tekinthető ideálisnak, ugyanis nagy tápanyag- és vízigényét nem tudja kielégíteni. Kiegyenlített, nagy kukoricatermésre elsősorban mélyrétegű, humuszban gazdag, középkötött vályogtalajon lehet számítani. Termeszthető az enyhén savanyú és az enyhén lúgos kémhatású talajokon is (5,8-8,0 pH), de a legmegfelelőbb a semleges kémhatásúhoz hasonló, 6,6-7,5 pH-jú talaj (Nagy-Sárvári, 2005). A talaj kémhatása befolyásolhatja a kukorica számára a felvehető tápelemek mennyiségét. A savanyú talajoldatban megnő a vas- és alumínium ionok mennyisége. A vas- és alumínium ionok a foszfátionokkal nehezen oldható vegyületeket képeznek, így a lekötődött P a kukorica számára felvehetetlenné válik. Savanyú talajban a mikroelemek jobban oldódnak (kivéve a molibdén), amely a kedvező tápelem-arányok felborulásához vezet. Egyes tápelemek nagy koncentrációja más tápelemek felvételét akadályozhatja, vagy az oldódás fokozódása akár toxikus mennyiség felvételéhez is vezethet. A talaj kémhatása a mikrobák tevékenységét is befolyásolja. A savanyú kémhatás akadályozza a nitrifikációt. A savanyú talajban csökken a talajkolloidok stabilitása, így romlik a talaj szerkezete és kedvezőtlenné válik a talaj levegő- és vízgazdálkodása. A talaj tápanyag-szolgáltató képességét befolyásoló másik fontos talajtulajdonság a talaj humusztartalma. A kukoricanövények táplálása szempontjából a humusz jelentőségét az adja, hogy tartalék tápanyagot képez. A humuszban lévő tápanyagok biológiailag kötöttek, a kukoricanövények számára felvehetetlenek, azonban a mikroszervezetek lebontó tevékenysége folytán a tápelemek folyamatosan felvehetővé válnak. A szerves anyagok, a növényi maradványok, szerves trágyák nagymértékben hozzájárulnak a kukorica folyamatos tápellátásához. Ha csak a két makro elemet nézzük, a N-t és a P-t, akkor azt látjuk, hogy az összes N-nek 90-95%-a, míg a P-nak mintegy 50%-a van szerves kötésben (Loch, 1992). A kukorica a tápanyag-igényes növények közé tartozik. N és K igénye nagyobb, mint a P igénye. 1 t szemtermés és a hozzá tartozó szárrészek előállításához 28 kg N-t, 11 kg P_2O_5-t és 30 kg K_2O-t von ki a talajból (Antal, 1999). A hiányos tápanyag-ellátásra a kukorica érzékenyen reagál. N-hiány és K-hiány esetén is egyaránt alacsonyabbak lesznek a kukoricanövények, vékonyabbak lesznek a szárak és csökken a szemtermés (Nagy-Sárvári, 2005).

Dolgozatunkban bemutatjuk, hogy a Westsik-féle vetésforgó kísérletben alkalmazott trágyázási módok hatására hogyan alakult a kukoricanövények magassága, termésmennyisége,

szemnedvesség tartalma, valamint a kukoricacsövek hossza és ezerszemtömege. Vizsgáltuk, hogy milyen összefüggés van a kukorica fejlettsége, termése, terméselemei és a talaj kémhatása, humusztartalma, AL-oldható P_2O_5 és K_2O tartalma között.

Anyag és módszer

A kísérletet 1929-ben hozta létre Westsik Vilmos Magyarország keleti részén, a Nyírségben, a mai Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet területén. A kísérlet 15 vetésforgót foglal magába, melyek közül 14 hároméves és 1 négyéves (1. táblázat). Területe 12,42 ha. Talaja alacsony humusztartalmú (0,5-1%), savanyú kémhatású (pH_{KCl} 3,88-5,15), laza homoktalaj (K_A 27-29). A talaj mechanikai összetétele a következő: durvahomok frakció (0,25-1,00 mm) 1,1%, közepes homok frakció (0,05-0,25 mm) 91,0%, finom homok frakció (0,02-0,05 mm) 2,6%, iszap frakció (0,002-0,02 mm) 2,5% és az agyag frakció (<0,002 mm) aránya 2,8%. A kísérlet célja a homoktalaj termékenységének növelése. A tápanyagok utánpótlása szerves trágyázással (szalma-, istálló- és zöldtrágyázás) és NPK műtrágyázással történik. A kísérletben kalászos, kapás és hüvelyes növények termesztése történik. A kalászos növény a rozs, kapás növény a burgonya volt 2022-ig, majd ezt 2023-tól a kukoricára cseréltük. A vetésforgók mintegy felében csillagfürtöt is termesztünk, míg 2 vetésforgóban zabos bükköny van takarmánykeveréknek vetve.

Az I. vetésforgóban trágyázást nem alkalmazunk, azonban a talaj időszakosan, háromévente pihentetve van. A II. vetésforgóban fővetésű csillagfürt zöldtrágyázást, míg a VIII., XII., XIII., XIV. és XV. vetésforgókban másodvetésű csillagfürt zöldtrágyázást végzünk. A másodvetésű csillagfürt leszántása a XII. és XIV. vetésforgók esetében ősszel, míg a VIII., XIII. és XV. vetésforgók esetében tavasszal történik. A csillagfürtöt a III. és VIII. vetésforgóban magtermesztés céljából, míg a IX. vetésforgóban zöldtakarmányozás céljából vetjük. Szalmatrágyázást 4 vetésforgó esetében alkalmazunk: a szalmát a IV. vetésforgóban erjesztés nélkül, mulcsként (3,5 t/ha), az V. vetésforgóban N műtrágyával erjesztve (11,3 t/ha), a VI. és VII. vetésforgóban vízzel erjesztve (26,1 t/ha) juttatjuk ki. Istállótrágyázás a X. és XI. vetésforgóban történik (26,1 t/ha). A szalmatrágya és az istállótrágya a vetésforgó ciklus elején, egy adagban kerül kijuttatásra.

1. táblázat. A Westsik-féle kísérlet vetésforgószakaszai és trágyakezelései

Vetésforgó	**1. szakasz**	**2. szakasz**	**3. szakasz**	**4. szakasz**
I.	Pallag	Rozs	Kukorica	
II.	Csillagfürt zöldtrágya + 63 kg/ha P_2O_5 +56 kg/ha K_2O	Rozs + 31 kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Kukorica + 43 kg/ha N	
III.	Csillagfürt + 63 kg/ha P_2O_5 + 56 kg/ha K_2O	Rozs +31 kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Kukorica + 43kg/ha N	
IV.	Rozs + 3,5 t/ha szalmatrágya + 65 kg/ha N + 47 kg/ha P_2O_5 + 56 kg/ha K_2O	Kukorica +43 kg/ha N +47 kg/ha P_2O_5 +28 kg/ha K_2O	Rozs	
V.	Rozs + 11,3 t/ha szalmatrágya + 65 kg/ha N + 47 kg/ha P_2O_5 + 56 kg/ha K_2O	Kukorica + 43 kg/ha N + 47kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Rozs	
VI.	Rozs + 26,1 t/ha szalmatrágya + 65 kg/ha N + 47 kg/ha P_2O_5 + 56 kg/ha K_2O	Kukorica + 43 kg/ha N + 47kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Rozs	
VII.	Rozs + 26,1 t/ha szalmatrágya	Kukorica	Rozs	

Vetésforgó	1. szakasz	2. szakasz	3. szakasz	4. szakasz
VIII.	Csillagfürt + 32 kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Rozs + csillagfürt zöldtrágya + 43 kg/ha N + 31kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Kukorica + 31kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Rozs + 43kg/ha N
IX.	Csillagfürt zöldtakarmány+ 63 kg/ha P_2O_5 + 56 kg/ha K_2O	Rozs + 43 kg/ha N + 31 kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Kukorica + 43 kg/ha N	
X.	Zabos bükköny + 26,1 t/ha istállótrágya	Rozs	Kukorica	
XI.	Zabos bükköny + 26,1 t/ha istállótrágya + 63 kg/ha P_2O_5 + 56 kg/ha K_2O	Rozs + 31 kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Kukorica + 43 kg/ha N	
XII.	Rozs zöldtakarmány + csillagfürt zöldtrágya + 63 kg/ha P_2O_5 + 56 kg/ha K_2O	Rozs + 31 kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Kukorica + 43 kg/ha N	
XIII.	Rozs + csillagfürt zöldtrágya + 43 kg/ha N + 32 kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Kukorica + 31 kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Rozs + 43 kg/ha N +31 kg/ha P_2O_5 +28 kg/ha K_2O	
XIV.	Rozs + csillagfürt zöldtrágya + 43 kg/ha N + 32 kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Kukorica + 31 kg/ha P_2O_5 + 28 kg/ha K_2O	Rozs + 43 kg/ha N + 31kg/ha P_2O_5 +28 kg/ha K_2O	
XV.	Rozs + csillagfürt zöldtrágya	Kukorica	Rozs	

A 15 vetésforgó közül 4 műtrágya nélküli (I., VII., X., XV.), míg 11 NPK műtrágyázásban is részesül. A N műtrágya adagja a vetésforgó ciklus alatt összesen 43 kg/ha (II., III., XI., XII.), 86 kg/ha (VIII., IX., XIII., XIV.) és 108 kg/ha (IV., V., VI.). A P és K műtrágya adagja a 11 műtrágyás vetésforgóban azonos: 94 kg/ha P_2O_5 és 84 kg/ha K_2O kerül kijuttatásra a vetésforgó ciklus alatt. A kísérletben a vetésforgók mindegyik szakasza elvetésre kerül minden évben.

A kukoricafajta a korai érésű SY Torino volt (FAO 340-360).

A talajvizsgálatokhoz a talajmintákat 2023-ban, a kukorica betakarítását követően, a felső 25 cm-es talajrétegből, 3 ismétlésben szedtük. A talaj pH értékének meghatározása az MSZ-08-0206-2:1978 2.1., a humusztartalmának meghatározása az MSZ 21470:1983 2., az AL-oldható P_2O_5 tartalmának meghatározása az MSZ-20135:1999 5.1. és 5.4. és az AL-oldható K_2O tartalmának meghatározása az MSZ-20135:1999 5.1. és 5.2. vizsgálati módszer szerint történt.

A kukoricatermés és a kukorica terméselemeinek vizsgálatához a 2023., a 2024. és a 2025. években, a betakarítás előtt mintaterületeket alakítottunk ki (1 fm/5 tő), megmértük a növények magasságát és letörtük a kukoricacsöveket. Megmértük a csövek hosszát, majd lemorzsoltuk a kukoricát. Mértük a szemek nedvességtartalmát, a szemtermést és az ezerszemtömeget. A szemtermést és az ezerszemtömeget 14,5%-os nedvességtartalomra korrigáltuk. A vizsgálatokat 3 ismétlésben végeztük. Az adatok statisztikai értékeléséhez egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk ($P<0,05$), majd az átlagok összehasonlítására Tukey-tesztet használtunk. A paraméterek főátlagának számításához a 15 vetésforgó kísérletben mért adatokat átlagoltuk. Az összefüggések vizsgálatához Pearson-féle korrelációt alkalmaztunk.

Eredmények és értékelésük

A talaj pH értéke, humusztartalma, Al-oldható P_2O_5 és K_2O tartalma

A kálium-kloridos szuszpenzióban mért pH-érték 3,94-6,49 között alakult (2. táblázat). A pH-érték 4,5 alatti volt a II., III., VIII. és IX. fővetésű csillagfürt termesztéses, a IV. szalmatrágyás és a XIV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgóban. 4,5-5,0 közötti értéket mértünk az I. trágyázás nélküli, a VI. szalmatrágyás és a XII., XIII. és XV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgóban, míg a pH-érték 5,0 feletti volt az V. és VII. szalmatrágyás, valamint a X. és XI. istállótrágyás vetésforgóban.

A talaj kémhatása kevésbé volt savanyú az istállótrágyás vetésforgókban, mint a fővetésű zöldtrágyás vetésforgóban. A talaj kémhatását kedvezően befolyásolta az erjesztett szalmatrágya is. A fővetésű zöldtrágyás és az erjesztett szalmatrágyás vetésforgók talajának kémhatása közötti különbségek azonban nem voltak minden esetben jelentősek.

2. táblázat. A talajvizsgálati eredmények (átlag±szórás, 2023.)

Vetésforgó	$pH_{(KCl)}$	Humusz (%)	AL-P_2O_5 (mg/kg)	AL-K_2O (mg/kg)
I.	$4,54±0,19^{abcde}$	$0,54±0,07^{bcde}$	$44±11^{a}$	$67±8^{a}$
II.	$4,09±0,08^{abcd}$	$0,38±0,02^{a}$	$128±13^{bc}$	$123±15^{b}$
III.	$4,07±0,02^{abc}$	$0,52±0,07^{bcd}$	$129±10^{bc}$	$84±6^{ab}$
IV.	$4,26±0,18^{abcd}$	$0,58±0,09^{cdef}$	$122±9^{bc}$	$78±9^{ab}$
V.	$6,49±0,65^{f}$	$0,73±0,04^{g}$	$126±23^{bc}$	$67±2a^{ab}$
VI.	$4,64±0,22^{bcde}$	$0,63±0,02^{defg}$	$121±18^{bc}$	$93±4^{ab}$
VII.	$5,12±0,24^{e}$	$0,43±0,04^{ab}$	$43±4^{a}$	$101±12^{ab}$
VIII.	$3,94±0,02^{a}$	$0,70±0,02^{fg}$	$113±12^{bc}$	$98±18^{ab}$
IX.	$4,05±0,04^{ab}$	$0,45±0,03^{ab}$	$116±6^{bc}$	$118±33^{ab}$
X.	$5,16±0,16^{e}$	$0,67±0,04^{fg}$	$142±10^{cd}$	$208±37^{c}$
XI.	$5,17±0,23^{e}$	$0,65±0,04^{efg}$	$303±13^{e}$	$194±25^{c}$
XII.	$4,71±0,13^{cde}$	$0,49±0,01^{abc}$	$161±15^{d}$	$81±21^{ab}$
XIII.	$4,71±0,18^{cde}$	$0,60±0,02^{cdef}$	$115±1^{bc}$	$84±14^{ab}$
XIV.	$4,28±0,11^{abcd}$	$0,59±0,02^{cdef}$	$104±13^{b}$	$80±18^{ab}$
XV.	$4,73±0,22^{de}$	$0,49±0,01^{abc}$	$33±7^{a}$	$72±9^{ab}$
Átlag	**4,66**	**0,56**	**120**	**103**

A különböző betűindexek az átlagok közötti szignifikáns különbségeket jelölik (Tukey-teszt, P<0,05)

A talaj humusztartalma 0,56% volt a vetésforgók átlagában. A kisebb, a vetésforgók átlaga alatti humusztartalmakat az I. trágyázás nélküli, a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás, a XV. műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás, a II., III. és IX. fővetésű csillagfürt termesztéses+NPK műtrágyás, és a XII. másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás vetésforgóban mértük, míg a nagyobb, a vetésforgók átlaga feletti humusztartalmakat a IV., V. és VI. szalmatrágyás+NPK műtrágyás, a VIII. fő- és másodvetésű csillagfürt termesztéses+NPK műtrágyás, a XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás, valamint a X. és XI. istállótrágyás vetésforgóban találtuk.

A talaj humusztartalma nagyobb volt istállótrágyázás hatására, mint szalmatrágyázás, vagy másodvetésű zöldtrágyázás hatására. A talaj humusztartalma nagyobb volt a szalmatrágya és a NPK műtrágya, valamint a másodvetésű zöldtrágya és a NPK műtrágya kombinációjának hatására is, mint a műtrágya nélküli szalmatrágyás, vagy a műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás kezelésben, azonban nem figyeltünk meg humusztartalom-növekedést az istállótrágya+NPK műtrágya kombinációjában a műtrágya nélküli istállótrágyás kezeléshez

viszonyítva. A növényszerkezet is befolyásolhatta a talaj humusztartalmát. A talaj humusztartalma többnyire nagyobb volt azokban a vetésforgókban, melyekben gyakrabban (2:1 arányban) szerepelt a rozs, mint azokban a vetésforgókban, melyekben 1:1:1arányban volt a rozs, a kukorica és a csillagfürt.

A talaj AL-oldható P_2O_5 tartalma 33-303 mg/kg között változott. Az AL-oldható P_2O_5 tartalom 50 mg/kg alatti volt a műtrágya nélküli I., VII. és XV. vetésforgókban, 100-150 mg/kg közötti volt a műtrágya nélküli istállótrágyás X., a zöldtrágyás+NPK műtrágyás II., VIII., XIII. és XIV., a szalmatrágyás+NPK műtrágyás IV., V. és VI., a csillagfürt magtermesztéses+NPK műtrágyás III. és a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses+NPK műtrágyás IX. vetésforgókban. 150-200 mg/kg közötti értéket mértünk a másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás XII. vetésforgóban, míg 300 mg/kg feletti értéket az istállótrágyás+NPK műtrágyás XI. vetésforgóban mértünk.

A talaj könnyen oldható foszfortartalmát az istállótrágya jelentősen növelte a szalmatrágyázáshoz, vagy a zöldtrágyázáshoz képest. A szalmatrágyázás és a zöldtrágyázás hatását egymáshoz viszonyítva megállapítottuk, hogy nem okozott szignifikáns különbséget a talaj könnyen oldható foszfortartalmában. A talaj időszakos pihentetésével is el lehet érni hasonló AL-oldható P_2O_5 tartalmat a talajban, mint szalma-, vagy zöldtrágyázással. A kísérletben alkalmazott P műtrágya jelentősen növelte a talaj könnyen oldható foszfor tartalmát mindegyik szervestrágya kombinációjában.

A talaj AL-oldható K_2O tartalma 67-208 mg/kg között alakult. A talaj AL-oldható K_2O tartalma a vetésforgók többségében (I., III., IV., V., VI., VIII., XII., XIII., XIV.) 67-100 mg/kg közötti volt. 100-130 mg/kg közötti értéket mértünk a II., VII. és IX. vetésforgókban, míg 130 mg/kg feletti értéket a X. és XI. vetésforgókban állapítottunk meg.

A talaj könnyen oldható káliumtartalmát a K műtrágya nem növelte szignifikánsan egyik szervestrágyázási mód esetében sem. A talaj könnyen oldható káliumtartalmát az istállótrágya növelte jelentősen. A talaj AL-oldható K_2O tartalma szignifikánsan nagyobb volt istállótrágyázás hatására K műtrágya nélkül is, mint a K műtrágyával kiegészített szalmatrágyázás, vagy zöldtrágyázás esetében.

A kukoricanövények magassága

A kukoricanövények magassága 190-256 cm között alakult (3. táblázat). A kukorica 200 cm alatti volt a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás és a XV. műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A növények magassága 220-240 cm között változott a II., III. és IX. fővetésű csillagfürt termesztéses, a VIII., XII., XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás és a IV. erjesztés nélküli szalmatrágyás vetésforgókban. A kukorica 240 cm feletti volt az I. trágyázás nélküli, az V. és VI. erjesztett szalmatrágyás, valamint a X. és XI. istállótrágyás vetésforgókban.

A két legkisebb magasságú kukoricanövények a műtrágya nélküli szalmatrágyás és a műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás kezelések esetében fejlődtek. A kukorica fejlődését az istállótrágya, vagy a talaj pihentetése kedvezően befolyásolta. A kukorica jelentősen nagyobb volt a műtrágya nélküli istállótrágyás vetésforgóban és a parlagoltatott vetésforgóban is, mint a műtrágya nélküli szalmatrágyás, vagy másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A kijuttatott NPK műtrágya a szalmatrágyás és a zöldtrágyás vetésforgókban is egyaránt jelentősen segítette a növények fejlődését, azonban nem tapasztaltunk jelentős növény-növekedést az istállótrágya+NPK műtrágya hatására a műtrágya nélküli istállótrágyás kezeléshez képest. Ennek oka az lehetett, hogy az istállótrágyás vetésforgóban műtrágya nélkül is elegendő lehetett a tápanyag a növények vegetatív fejlődéséhez és a NPK műtrágyával pluszban kijuttatott tápanyag már nem eredményezett számottevő növény-növekedést. A szervestrágyák NPK műtrágya kombinációjában is, egymástól eltérően befolyásolták a kukorica fejlődését. A kukorica növények jobban fejlődtek, magasabbra nőttek erjesztett szalmatrágya+NPK műtrágya és istállótrágya+NPK műtrágya hatására, mint a zöldtrágya+NPK műtrágya hatására. Három év átlagában a kukoricanövények az istállótrágyás+NPK műtrágyás kezelésben nőttek a legnagyobbra.

A kukoricatermés

A 14,5 %-os nedvességtartalomra korrigált kukoricatermés 7 t/ha alatti volt a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás vetésforgókban (3. táblázat). A szemtermés 7-9 t/ha között változott az I., X. és XV. műtrágya nélküli és a IX. csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses+NPK műtrágyás vetésforgóban. A termés 9-11 t/ha között mozgott a III. csillagfürt magtermesztéses, a IV. erjesztés nélküli szalmatrágyás és a XII. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A kukoricatermés 11 t/ha feletti volt a II. fővetésű zöldtrágyás, az V. és VI. erjesztett szalmatrágyás, a XI. istállótrágyás és a VIII., XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A kukoricatermés szignifikánsan is nagyobb volt a II., V. és VI. vetésforgókban, mint az I., VII., IX. és XV. vetésforgókban.

A legkisebb kukoricatermést a szalmatrágyázás eredményezte. A kukoricatermés egyaránt jelentősen emelkedett a másodvetésű zöldtrágyázás és az istállótrágyázás hatására is, és akkor is, ha a talajt periodikusan pihentettük. Az istállótrágyázás nagyobb kukoricatermést eredményezett, mint a másodvetésű zöldtrágyázás, azonban a két kezelés termése között nem volt szignifikáns különbség. A NPK műtrágya minden szevestrágyázási mód esetében növelte a kukoricatermést a műtrágya nélküliekhez viszonyítva. A NPK műtrágyás kezelések közül a legkisebb termést a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses vetésforgóban takarítottuk be. A kukoricatermés emelkedett a csillagfürt magtermesztéses és a csillagfürt zöldtrágyás vetésforgókban is a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses vetésforgóhoz képest, azonban a különbségek nem voltak minden esetben szignifikánsak. A kukoricatermést kedvezőbben befolyásolta az erjesztett szalmatrágya és a NPK műtrágya kombinációja, mint a mulcsként alkalmazott rozsszalma NPK műtrágyával kiegészítve. E kezelések esetében a terméskülönbségek meghaladták az 1 t/ha mennyiséget. A kukoricatermés az istállótrágyás+NPK műtrágyás kezeléshez viszonyítva a másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás kezelésekben kisebb, míg a fővetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás és az erjesztett szalmatrágyás+NPK műtrágyás kezelésekben nagyobb volt, a különbségek azonban nem voltak szignifikánsak.

3. táblázat. A kukoricanövények magassága, a szemtermés és a kukorica terméselemei (átlag±szórás, 2023-2025.)

Vetésforgó	Növény-magasság (cm)	Termés (t/ha)	Szem-nedvesség (%)	Csőhossz (cm)	Ezerszem-tömeg (g)
I.	246±14^{cd}	7,67±2,48^{b}	17,37±2,80^{ab}	16,1±3,1^{b}	268±20^{bc}
II.	231±24^{bc}	11,87±1,46^{de}	17,43±3,51 ^{ab}	18,7±2,2^{de}	287±13^{cd}
III.	223±18^{b}	10,69±1,54^{bcde}	17,52±2,87 ^{ab}	18,9±1,6^{e}	287±13^{cd}
IV.	233±9^{bc}	10,02±1,77^{bcde}	17,40±3,11 ^{ab}	18,1±1,7^{cde}	293±21^{cde}
V.	247±28^{cd}	11,86±1,88^{de}	17,13±3,12 ^{ab}	18,1±2,5^{cde}	318±13^{def}
VI.	245±18^{cd}	12,55±2,19^{e}	19,07±3,13 ^{ab}	18,3±2,2^{de}	330±17^{f}
VII.	190±23^{a}	2,82±0,95^{a}	16,36±2,12 ^{ab}	10,4±2,1^{a}	223±26^{a}
VIII.	238±33^{bcd}	11,62±3,32^{cde}	19,04±3,65 ^{ab}	18,1±2,0^{cde}	327±22^{f}
IX.	234±33^{bc}	7,64±3,00^{b}	15,43±1,73 ^{ab}	16,4±2,4^{b}	241±21^{ab}
X.	253±32^{d}	8,47±3,09^{bcd}	14,90±1,44^{a}	16,4±2,1^{b}	264±42^{bc}
XI.	256±42^{d}	11,63±2,15^{cde}	16,23±3,03 ^{ab}	17,2±2,2^{bcd}	308±24^{def}
XII.	225±32^{b}	9,25±3,52^{bcde}	17,84±3,40 ^{ab}	16,7±2,7^{bc}	294±22^{cde}
XIII.	224±30^{b}	11,41±3,04^{cde}	19,11±4,11 ^{ab}	18,7±2,7^{de}	330±16^{f}
XIV.	224±21^{b}	11,53±2,61^{cde}	20,70±4,58 ^{ab}	19,0±2,5^{e}	323±13^{ef}
XV.	198±16^{a}	7,98±1,98^{bc}	19,94±4,81^{b}	15,8±2,6^{b}	290±26^{cde}
Átlag	**231**	**9,80**	**17,70**	**17,1**	**292**

A különböző betűindexek az átlagok közötti szignifikáns különbségeket jelölik (Tukey-teszt, ±P<0,05)

A kukorica szemnedvesség tartalma

A kukorica szemnedvesség tartalma 14,9-20,7% között alakult. A kukorica nedvességtartalma 17,0% alatti volt a VII., IX., X. és XI. vetésforgókban (3. táblázat). A nedvességtartalom 17,0-19,0% között változott az I., II., III., IV., V. és XII. vetésforgókban, míg 19,0% feletti volt a VI., VIII., XIII., XIV. és XV. vetésforgókban.

Kísérletünkben a legkisebb szemnedvesség tartalmat a műtrágya nélküli istállótrágyás vetésforgóban mértük. A nedvességtartalom alacsony volt abban az istállótrágyás vetésforgóban is, melyben NPK műtrágyázást is alkalmaztunk, valamint a műtrágya nélküli szalmatrágyás és a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses+NPK műtrágyás vetésforgóban. A nagyobb szemnedvességű vetésforgók között többnyire másodvetésű zöldtrágyás vetésforgók helyezkedtek el, valamint az a vetésforgó, ahol a nagyobb adagú erjesztett szalmatrágyát NPK műtrágya kombinációjában juttattuk ki.

A kukoricatermés nedvességtartalma nemcsak a szárítási költség szempontjából fontos, hanem ez egy mutatószám is lehet arra vonatkozóan, hogy a kukorica fejlődési üteme hogyan alakult a vegetációs időszak folyamán. Megfigyeléseink szerint a kukorica azokban a kezelésekben, melyekben gyorsabban fejlődött, hamarabb jelentek meg a generatív részek, korábban beérett, több idő állt rendelkezésre a vízleadásához, így a szemtermés nedvességtartalma kisebb volt betakarításkor, mint a lassabb ütemben fejlődők esetében. A kukorica fejlődési üteme az istállótrágyás kezelések esetében gyorsabb volt, korábban fejezte be a vegetációt, hamarabb kezdte el leadni a vizet a szem, mint a másodvetésű zöldtrágyás kezelések esetében. Berzsenyi (2009) a kukorica fejlődésének eltérését N-műtrágyázás hatására állapította meg. N-műtrágyázás hatására a kukorica növekedési sebessége és szárazanyag-akkumulációja megváltozott. A N-műtrágya adagok növelésével nőtt a kukorica növekedési sebessége. A kukorica növekedésének sebessége és szárazanyag felhalmozása a 160 kg/ha N-műtrágya adagig fokozódott, ettől nagyobb adagok esetében kismértékben csökkent. A növények N-felvételét a talaj N-ellátottsága és a növények N-szükséglete együtt határozta meg.

A szemnedvesség a trágyázási mód mellett kapcsolatban lehetett a kialakult termésmennyiséggel is. A szemnedvesség kicsi volt a legkisebb terméső műtrágya nélküli szalmatrágyás vetésforgóban, míg a nedvességtartalom nagy volt a nagyobb erjesztett szalmatrágya adagú+NPK műtrágyás vetésforgóban, mely a legnagyobb kukoricatermést eredményezte. Ennek oka az lehet, hogy a tápanyaggal gyengébben ellátott vetésforgóban a kukorica számára kevés volt a felvehető tápanyag, mely érését gyorsította, míg a tápanyaggal jobban ellátott vetésforgóban inkább kitolódott a tenyészidőszak, valamint a nagyobb termés, a nagyobb szemek lassabban adták le a vizet.

A kukoricacsövek hossza

A kukoricacsövek hossza 10,4-19,0 cm között változott. A legkisebb kukoricacsöveket a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás vetésforgóban mértük (3. táblázat). A kukoricacsövek a vetésforgók átlaga (17,1 cm) alattiak voltak a műtrágya nélküli I., X. és XV., valamint az NPK műtrágyás IX. csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses és a XII. őszi vetésű rozs takarmány-termesztéses+másodvetésű zöldtrágyás vetésforgóban. A kukoricacsövek hossza a vetésforgók átlagához hasonló volt a XI. istállótrágyás+NPK műtrágyás vetésforgóban, míg a vetésforgók átlaga felettiek voltak a IV., V. és VI. szalmatrágyás+NPK műtrágyás, a II. fővetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás, a III. csillagfürt magtermesztéses+NPK műtrágyás és a VIII., XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás vetésforgókban. A kukoricacsövek növekedését a műtrágyázás segítette. A kukoricacsövek fejlődését, növekedését kedvezőbben befolyásolta a NPK műtrágyával kombinált zöldtrágyázás, mint az istállótrágyázás, vagy a szalmatrágyázás.

A kukorica ezerszemtömege

A kukorica ezerszemtömege 223-330 g között alakult. A legkisebb kukoricaszemek a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás vetésforgóban fejlődtek (3. táblázat). A kukoricaszemek inkább kisebbek, a vetésforgók átlaga (292 g) alattiak voltak az I., X. és XV. műtrágya nélküli és a II., III. és IX. fővetésű csillagfürt termesztéses+NPK műtrágyás vetésforgókban, míg inkább nagyobbak, a vetésforgók átlaga felettiek voltak a XI. istállótrágyás+NPK műtrágyás, a VIII., XII., XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás és a IV., V. és VI. szalmatrágyás+NPK műtrágyás vetésforgókban. A kukorica ezerszemtömegét az istállótrágya is és a másodvetésű zöldtrágya is jelentősen növelte a szalmatrágyázáshoz viszonyítva. A szervestrágyák hatása változott NPK műtrágyával kombinálva a műtrágya nélküliekhez képest. A kukorica ezerszemtömege nagyobb volt az erjesztett szalmatrágyás+NPK műtrágyás kombinációban, mint az istállótrágyás+NPK műtrágyás kombinációban, és többnyire nagyobb volt a másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás kombinációban is, mint ahol az istállótrágyát NPK műtrágyával egészítettük ki. A különbségek azonban nem voltak szignifikánsak.

A szemtermés, a kukoricanövények magassága és a terméselemek közötti összefüggések

A kukoricatermés összefüggése a szemnedvességgel pozitív, közepes (r=0,401), a növénymagassággal pozitív, közepes (r=0,573, P<5%), a kukoricacsövek hosszával pozitív, igen szoros (r=0,933, P<1%) és az ezerszemtömeggel pozitív, szoros (r=0,883, P<1%) volt (4. táblázat). A szemnedvesség és az ezerszemtömeg közötti összefüggés pozitív, közepes volt (r=0,671, P<1%). A növények magassága és a kukoricacsövek hossza közötti összefüggés pozitív, közepes (r=0,531, P<5%) és a kukorica csövek hossza és az ezerszemtömeg közötti összefüggés pozitív, szoros (r=0,768, P<1%) volt.

4. táblázat. A szemtermés, a kukoricanövények magassága és a kukorica terméselemei közötti összefüggések korrelációs koefficiensei (r-értékek, *P<5%, **P<1%)

Pearson-féle korreláció	**Termés (t/ha)**	**Szemnedvesség (%)**	**Növénymagasság (cm)**	**Csőhossz (cm)**	**Ezerszem-tömeg (g)**
Termés (t/ha)	1	0,401	0,573*	0,933**	0,883**
Szemnedvesség (%)	0,401	1	-0,333	0,388	0,671**
Növénymagasság (cm)	0,573*	-0,333	1	0,531*	0,343
Csőhossz (cm)	0,933**	0,388	0,531*	1	0,768**

A Westik-féle vetésforgó kísérletben a kukoricatermés mennyisége és a szemtermés nedvességtartalma között nem volt megbízható kapcsolat. Mind a kisebb, mind a nagyobb termések nedvességtartalma is egyaránt volt alacsonyabb és magasabb is. A kukoricatermés függött a növények fejlettségétől, a kukoricacsövek hosszától és az ezerszemtömegtől. Nagyobb volt a termés a magasabb, fejlettebb növények esetében és nagyobb volt a termés, ha nagyobbak voltak a kukoricacsövek és nagyobbak voltak a kukoricaszemek. A kukoricatermés sokkal jobban függött a kukoricacsövek hosszától és a szemek tömegétől, mint a növények magasságától. A szemek nedvességtartalma nagyobb volt a nagyobb szemek esetében. A kisebb szemek könnyebben leadhatták a vizet, mint a nagyobb szemek. Az összefüggés-vizsgálat eredményéből megállapíthatjuk azt is, hogy a magasabb növényeken hosszabb kukoricacsövek fejlődtek és a hosszabb kukoricacsöveken nagyobb szemek is képződtek.

A szemtermés, a kukoricanövények magassága, a terméselemek és a talajvizsgálati adatok közötti összefüggések

A kukorica növénymagasságát, termését és a termés elemeit (5. táblázat) a mért tartományban a talaj pH-értéke nem befolyásolta (r=-0,261-0,168). A kukorica növénymagasságának összefüggése a talaj humusztartalmával és a talaj AL-oldható P_2O_5 tartalmával pozitív, közepes volt (r=0,623, P<5%, ill. r=0,597, P<5%), és szintén pozitív, közepes volt a talaj AL-oldható K_2O tartalmával is, azonban ez az összefüggés nem volt statisztikailag igazolt (r=0,442). A

kukoricatermés összefüggése a talaj humusztartalmával és a talaj AL-oldható P_2O_5 tartalmával pozitív, közepes volt (r=0,506, ill. r=0,505), ezek a kapcsolatok azonban statisztikailag nem voltak igazoltak. A kukorica szemnedvessége és a talaj AL-oldható K_2O tartalma közötti összefüggés negatív, közepes volt (r=-0,620, P<5%). A kukoricacsövek hossza laza kapcsolatban volt a vizsgált talajtulajdonságokkal. Az ezerszemtömeg és a talaj humusztartalma közötti összefüggés pozitív, közepes volt (r=0,619, P<5%).

5. táblázat. A szemtermés, a kukoricanövények magassága, a kukorica terméselemei és a talajvizsgálati adatok közötti összefüggések korrelációs koefficiensei (r-értékek, *P<5%)

Pearson-féle korreláció	**pH (KCl)**	**Humusz (%)**	**P_2O_5 (mg/kg)**	**K_2O (mg/kg)**
Növénymagasság (cm)	0,168	0,623*	0,597*	0,442
Termés (t/ha)	-0,063	0,506	0,505	-0,007
Szemnedvesség (%)	-0,261	0,086	-0,314	-0,620*
Csőhossz (cm)	-0,249	0,382	0,364	-0,103
Ezerszemtömeg (g)	0,050	0,619*	0,318	-0,214

Kísérletünkben a kukorica fejlődését, terméképzését a talaj pH-értéke nem befolyásolta jelentősen. Ennek oka az lehetett, hogy a talaj minden vetésforgó kísérletben savanyú kémhatású volt. A kukoricanövények magasságát és termésmennyiségét a talaj humusztartalma és könnyen oldható foszfortartalma jobban befolyásolta, mint a talaj könnyen oldható káliumtartalma. A nagyobb humusztartalom és a nagyobb felvehető foszfortartalom fejlettebb növényeket és nagyobb termést eredményezett. A talaj humusztartalma és könnyen oldható foszfortartalma megbízhatóbban befolyásolta a kukorica növények magasságát, mint a termésmennyiségét. A kukorica szemnedvessége kisebb volt azokon a területeken, ahol a talaj könnyen oldható káliumtartalma nagyobb volt. A kukoricaszemek tömegét a talaj humusztartalma jobban befolyásolta, mint a könnyen oldható foszfortartalma, vagy könnyen oldható káliumtartalma. A kukoricaszemek tömege nagyobb volt ott, ahol nagyobb volt a talaj humusztartalma.

Musa et al. (2024) vizsgálata alapján a kukorica fejlődését elsősorban a fajták tulajdonságai határozták meg. A kukorica fejlődését a különböző termesztéstechnológia befolyásolta, azonban a kezelések nem eredményeztek szignifikáns hatást minden növekedési tulajdonságra. A kukorica hozama szignifikánsan korrelált a növénymagassággal, az ezerszemtömeggel és a kukoricacsövek tömegével. A legszorosabb összefüggést a kukoricatermés és a kukoricacsövek tömege között állapították meg. Olusegum (2015) N és P műtrágyaadagok hatását vizsgálta kukorica kísérletében. A N és P műtrágya adagok növelésével nőtt a kukorica magassága, a szárának kerülete, a levélfelülete, a kukoricacsövek hossza, átmérője és a kukorica ezerszemtömege. A legnagyobb szemtermést 90 kg/ha N és 30 kg/ha P kombinációjának kijuttatásával érte el. Tampubolon et al. (2021) a műtrágyázás hatásának vizsgálatakor a legnagyobb kukorica növénymagasság-növekedést a N+P kezelésnél, míg a legnagyobb levél- és biomassza-növekedést az N+P+K kezelésnél tapasztalták. A kukoricanövekedést leginkább korlátozó tényező a N-trágyázás hiánya volt. Vári-Pepó (2011) kimutatta, hogy a műtrágyaadagok emelésével nőtt a kukorica magassága. Azonban kedvezőtlen hatásokat is megállapítottak. A műtrágyaadagok növelésének hatására nőtt a szárdőlés mértéke, az üszögfertőzés és a csőfuzárium-fertőzés mértéke is.

Több szerző is vizsgálta a kukorica szervestrágyázását. Bekeko (2014) istállótrágya (4-10 t/ha), N műtrágya (0-100 kg/ha) és P műtrágya (0-100 kg/ha) kezelések kombinációit vizsgálta. Eredményei alapján a leghatékonyabbnak a 4 t/ha istállótrágya+75 kg/ha N +60 kg/ha P műtrágyakezelés bizonyult. A kukoricatermés jelentősen nőtt és kihangsúlyozta, hogy ezzel a kombinációval a talajtermékenységét több évre úgy növelte, hogy a szervetlen műtrágyák költségeit csökkentette. Geng et al. (2019) a csirketrágya és tehéntrágya alkalmazhatóságát vizsgálták a műtrágya helyettesítésére. Bebizonyították, hogy az azonos tápelem-tartalmú szervestrágyák nemcsak képesek helyettesíteni a műtrágyákat, hanem kukoricatermés-növekedést is elértek a műtrágyás kezelésekhez képest. Wang et al. (2017) szervestrágyázással növelte a kukoricatermést és javította a kukorica vízhasznosítását is. A kukorica által termelt

biomassza a szárrészekbe és szemtermésbe történő eloszlása optimalizálódott, mely a harvest index enyhe növekedéséhez vezetett. Kukoricakísérletében a kukorica betakarítását követően nőt a talaj szervesanyag-tartalma, az összes N-tartalma és a felvehető P-tartalma. Shah et al. (2023) kukorica kísérletében a szervestrágyák (istállótrágya, baromfitrágya) jelentősen növelték a kukoricatermést súlyos aszály mellett is. A szervestrágyák növelték a talaj porozitását, csökkentették a talaj térfogatsűrűségét, így növelték a kukorica tápanyagfelvételét. Megfigyelték azt is, hogy a szervestrágyák segítették a kukoricanövénynek az antioxidánsok (SOD, POD, CAT) termelését, amellyel tudta mérsékelni az aszály káros hatásait. Opala et al. (2015) eredményei alapján N-forrásként a karbamidot egyaránt helyettesítheti a zöldtrágya (*Tithonia diversifolia*) és az istállótrágya. A kukoricahozamok növelésében ugyanolyan hatékonynak találta a zöldtrágyát is és az istállótrágyát is, mint a karbamidot. Azt hogy, melyik N-forrást használják tápanyag-utánpótlás céljából, az gazdasági megfontoláson alapszik. Gao et al. (2024) kísérletében a zöldtrágyák javították a N és a P hasznosulását, melyek következtében nőtt a kukoricatermés. A zöldtrágyanövények hatása azonban eltérő volt. A nem hüvelyes növények alig befolyásolták a szemtermést, míg a hüvelyes növények jelentősen növelték a kukoricatermést. A legnagyobb termésnövekedést lucernával érték el. Song et al. (2024) kísérletében szalmakezelések hatásait vizsgálták a kukoricatermésre. Eredményeik alapján a szalma elsődleges hatása nem, mint tápanyagforrás, hanem a talaj hidrotermikus környezetének befolyásolása volt. A szalmatakarással csökkent a talaj hőmérséklete és javult a talaj vízháztartása a hagyományos műveléshez képest. A szalma beforgatása pedig csökkentette a N-műtrágyavesztességet és javította a N-műtrágya hasznosulását. Ezek a hatások a kukoricahozam szignifikáns növekedését eredményezték.

Az irodalmak alátámasztják kísérleti eredményeinket, melyek szerint a kukorica a trágyázásra érzékenyen reagál. A kukoricatermést leginkább meghatározó két makrotápelem a N és a P. A kukorica tápanyag-utánpótlására a műtrágyák mellett a szerves trágyák is jól alkalmazhatóak. A szerves trágyák nemcsak tápanyagforrásul szolgálnak, hanem a környezet befolyásolása révén a tápelemek hasznosulását is segítik. A trágyákkal növeltük a talajban a felvehető tápelemek mennyiségét, amelyek segítik a kukorica ásványi elem-asszimilációját. A kedvezőbb tápelem-ellátás következtében a kukorica több szervesanyagot tud képezni, jobban fejlődik, nagyobbak lesznek a kukoricanövények, nagyobb lesz az asszimilációs felülete. Fokozódik a fotoszintézis, mely során több széndioxidot köt meg, nagyobb mennyiségű szervesanyagot képez, így nagyobb csöveket tud nevelni, nagyobbak lesznek a kukoricaszemek és emelkedik a kukorica szemtermése.

Következtetések

A Westsik-féle vetésforgó kísérletben alkalmazott trágyázási módok befolyásolták a talajtulajdonságokat. A talaj kémhatása kevésbé volt savanyú az istállótrágyás vetésforgókban, mint a fővetésű zöldtrágyás vetésforgóban. A talaj humusztartalmát az istállótrágya jobban növelte, mint a szalmatrágya, vagy a zöldtrágya. A talaj humusztartalmát növelte a NPK műtrágya is a szalmatrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban, azonban nem növelte az istállótrágyás vetésforgóban. A talaj felvehető foszfortartalmát az istállótrágya és a P műtrágya egyaránt jelentősen növelte. A talaj felvehető káliumtartalmát az istállótrágya kiemelkedően emelte, míg a K műtrágya alig befolyásolta.

A trágyázási módok jelentősen befolyásolták a kukoricanövények fejlődését, a termések mennyiségét és a kukorica terméselemeinek alakulását. A kukorica vegetatív fejlődését az istállótrágya kedvezőbben befolyásolta, mint a szalmatrágya, vagy a zöldtrágya. A növények magasabbak voltak az istállótrágyás kezelésben, mint a szalmatrágyás, vagy a zöldtrágyás kezelésekben. A növények magasságát jelentősen növelte a NPK műtrágya a szalmatrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás kombinációkban, azonban az istállótrágya mellé kiadott NPK műtrágya nem emelte számottevően a kukorica magasságát a műtrágya nélküli istállótrágyás kezeléshez képest.

A kukoricatermést jelentősen növelte az istállótrágyázás is és a másodvetésű zöldtrágyázás is a szalmatrágyázáshoz viszonyítva. Az NPK műtrágya termésnövelő hatása mindegyik

szervestrágyázási mód esetében jelentős volt. A legnagyobb termést az erjesztett szalmatrágya és NPK műtrágya kombinációja eredményezte.

A kukoricaszem nedvességtartalmát befolyásolta a trágyázás. Jellemzően a szem nedvességtartalma nagyobb volt a nagyobb termések esetében, míg a kisebb termések esetében a szem nedvességtartalma inkább alacsonyabb volt. Azok a kezelések, melyek növelték a termést, többnyire emelték a szemtermés nedvességtartalmát is. Ezen kívül azt is megállapítottuk, hogy a trágyázási módok eltérő hatással lehettek a kukoricaszem nedvességtartalmára. A kukoricatermés nedvességtartalma alacsonyabb volt az istállótrágyás kezelésekben, mint a másodvetésű zöldtrágyás kezelésekben, függetlenül attól, hogy a termésmennyiség milyen nagy volt.

A kukoricacsövek hosszát is befolyásolta a trágyázás. A kukoricacsövek fejlődését jobban segítette az istállótrágya, vagy a másodvetésű zöldtrágya, mint a szalmatrágya. E mellett a NPK műtrágya hosszabb kukoricacsöveket eredményezett, mint a műtrágya nélküli kezelések. NPK műtrágyával kiegészítve szalmatrágyával is elértünk hasonló nagyságú kukoricacsöveket, mint az istállótrágyázással, vagy a zöldtrágyázással.

A kukorica ezerszemtömegét jobban növelte a másodvetésű zöldtrágya, vagy az istállótrágya, mint a szalmatrágya. NPK műtrágyázás hatására nőtt a kukoricaszemek tömege. A kukoricaszemek tömege közötti különbségek azonban csökkentek a szervestrágyák és a NPK műtrágya kombinációiban, és hasonló ezerszemtömegű volt a kukorica a szalmatrágyás+NPK műtrágyás, az istállótrágyás+NPK műtrágyás, vagy a zöldtrágyás+NPK műtrágyás kezelésekben.

A kukoricatermés összefüggésben volt a növények magasságával, a kukoricacsövek hosszával és az ezerszemtömeggel. A vizsgált tulajdonságok közötti összefüggés erőssége azonban eltérő volt. A kukoricatermés sokkal jobban függött a kukoricacsövek hosszától és a szemek tömegétől, mint a növények magasságától.

A kukorica jobban fejlődött, magasabbra növekedett, nagyobb termést adott azokban a vetésforgó kísérletekben, melyekben nagyobb volt a talaj humusztartalma és felvehető foszfortartalma. A kukoricatermés és a talaj felvehető káliumtartalma között lazább volt a kapcsolat, mint a felvehető foszfortartalom esetében.

Összefoglalás

A kukorica tápanyagigényes növény. A megfelelő fejlődéséhez szükséges tápanyagok biztosítása nagyobb feladat egy alacsony humusztartalmú, savanyú kémhatású homoktalajon, mint egy humuszban gazdag, középkötött vályogtalajon. Publikációnkban elemeztük, hogy a nyírségi homoktalajon milyen kukoricatermést lehet elérni különböző trágyázású vetésforgó rendszerekben. Vizsgáltuk az összefüggéseket a kukorica magassága, termése, terméselemei és a talaj kémhatása, humusztartalma, AL-oldható P_2O_5 és K_2O tartalma között. A vizsgálatokat a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben végeztük, mely a Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet területén helyezkedik el (GPS: 47,978699, 21,702075). Talaja alacsony humusztartalmú (0,5-1%), savanyú kémhatású (pH_{KCl} 3,88-5,15), laza homoktalaj. A tápanyagok utánpótlása szalma-, istálló- és zöldtrágyázással és NPK műtrágyázással történik. A kísérlet 15 vetésforgót foglal magába. A vetésforgó kísérletekben termesztett kukoricafajta a korai érésű SY Torino volt (FAO 340-360).

A kukoricanövények magasabbak voltak istállótrágyázás hatására, mint szalma-, vagy zöldtrágyázás hatására. A NPK műtrágya elsősorban a szalmatrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás kombinációban növelte jelentősen a növények magasságát. A kukoricatermés egyaránt jelentősen nagyobb volt az istállótrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás kezelésekben, mint a szalmatrágyás kezelésben. A NPK műtrágya termésnövelő hatása a különböző szervestrágyázási módok esetében eltérő volt. A legnagyobb termésnövekedés az erjesztett szalmatrágya és NPK műtrágya kombinációjában keletkezett. A kukoricatermés sokkal jobban függött a kukoricacsövek hosszától és a szemek tömegétől, mint a növények magasságától. A kukorica jobban fejlődött, magasabbra növekedett, nagyobb termést adott azokban a vetésforgó kísérletekben, melyekben nagyobb volt a talaj humusztartalma és a felvehető foszfortartalma. A

kukoricatermés és a talaj felvehető káliumtartalma között lazább volt a kapcsolat, mint a termés és a felvehető foszfortartalom között.

Kulcsszavak: homoktalaj, szerves trágyázás, NPK műtrágyázás, kukorica terméselemek, talajkémiai tulajdonságok

Köszönetnyilvánítás: A szerzők köszönik a Syngenta Magyarországnak a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet tartamkísérleteihez szükséges Torino kukoricahibrid vetőmagjának biztosítását, ezzel a kísérletek fenntartásának támogatását.

Irodalom

Antal, J. (1999). A szántóföldi növények trágyázása. In: Tápanyag-gazdálkodás. Szerk. Füleky, Gy. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 295-366.

Bekeko, Z. (2014). Effect of enriched farmyard manure and inorganic fertilizers on grain yield and harvest index of hybrid maize (bh-140) at Chiro, eastern Ethiopia. African Journal of Agricultural Research, 9(7), 663-669. https://doi.org/10.5897/AJAR12.2241

Berzsenyi, Z. (2009). A nitrogén műtrágyázás hatásának vizsgálata a kukorica (Zea mays L) hibridek növekedésére Richards-függvénnyel. Növénytermelés, 58(2) 5-21.
https://doi.org/10.1556/novenyterm.58.2009.2.1

Gao, X., He, Y., Chen, Y., & Wang, M. (2024). Leguminous green manure amendments improve maize yield by increasing N and P fertilizer use efficiency in yellow soil of the Yunnan-Guizhou Plateau. Frontiers in Sustainable Food Systems, 8, 1369571.
https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1369571

Geng, Y., Cao, G., Wang, L., & Wang, S. (2019). Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution. PloS one, 14(7), e0219512.
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219512

KSH (Központi Statisztikai Hivatal) (2026). https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0012.html

Loch, J. (1992). Agrokémia. In: Agrokémia és növényvédelmi kémia. Szerk. Loch, J., – Nosticzius, Á. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 15-210.

Musa, Y., Farid, M., Iswoyo, H., Adzima, A. F., Anshori, M. F., & Arief, R. (2024). Evaluation of cultivation technology package and corn variety based on agronomy characters and leaf green indices. Open Agriculture, 9(1), 20220371
https://doi.org/10.1515/opag-2022-0371

Nagy, J., Sárvári, M. (2005). Kukorica. In: Növénytermesztéstan 1. A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Szerk. Antal, J. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 252-284.

Olusegum, O. S. (2015). Nitrogen (N) and phosphorus (P) fertilizer application on maize (Zea mays L.) growth and yield at Ado-Ekiti, South-West, Nigeria. American Journal of Experimental Agriculture 6(1), 22-29.
DOI: 10.9734/AJEA/2015/12254

Opala, P. A., Kisinyo, P. O., & Nyambati, R. O. (2015). Effects of Tithonia diversifolia, farmyard manure and urea, and phosphate fertiliser application methods on maize yields in western Kenya. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS), 116(1), 1-9.

Shah, I. N., Wright, D. L., Hussain, S., Koutroubas, S. D., Seepaul, R., George, S., Ali, S., Naveed, M., Khan, M., Altaf, M. T., Ghaffor, K., Dawar, K., Syed, A., & Eswaramoorthy, R. (2023). Organic fertilizer sources improve the yield and quality attributes of maize (Zea mays L.) hybrids by improving soil properties and nutrient uptake under drought stress. Journal of King Saud University-Science, 35(4), 102570. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102570

Song, F., Liu., M., Zhang, Z., Qi, Z., Li, T., Du, S., Li, A., & Liu, J. (2024). No-tillage with straw mulching increased maize yield and nitrogen fertilizer recovery in northeast China. Agricultural Water Management 292, 108687.
https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108687

Tampubolon, K., Azmi, B. F., Tamba, P. A., Lestari, A. W., Kamaruddin, K., Lestari, E., & Ginting, T. S. (2021). Fertilization the omission one test as determination limiting factors for maize biomass (Zea mays L.). Agrinula: Jurnal Agroteknologi dan Perkebunan, 4(2), 94-105.
https://doi.org/10.36490/agri.v4i2.154

Vári, E., Pepó, P. (2011). Az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica agronómiai tulajdonságaira tartamkísérletben. Növénytermelés, 60(4), 115-130.
https://doi.org/10.1556/novenyterm.60.2011.4.6

Wang, X., Ren, Y., Zhang, S., Chen, Y., & Wang, N. (2017). Applications of organic manure increased maize (Zea mays L.) yield and water productivity in a semi-arid region. Agricultural water management 187, 88-98.
http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.03.017

EVALUATION OF THE MAIZE YIELD IN THE WESTSIK'S CROP ROTATION LONG-TERM EXPERIMENT

[1]István Henzsel, [1]Marianna Makádi, [1]Zsolt Bogdányi, [1]Csilla Almási, [1]Viktória Orosz, [1]Ibolya Demeter

[1]Research Institute of Nyíregyháza, IAREF, University of Debrecen, Westsik Vilmos u. 4–6, H–4400 Nyíregyháza, Hungary
henzsel6@gmail.com

Summary

Maize is a nutrient-demanding plant. Providing the nutrients necessary for its proper development is a greater task on a sandy soil with a low humus content and an acidic pH than on a humus-rich, moderately hard loamy soil. In our publication, we analyzed the corn yield can be achieved on the sandy soil of Nyírség in crop rotation systems with different fertilization. We examined the relationships between the height, yield, yield components of maize and the pH, humus content, AL-soluble P_2O_5 and K_2O content of the soil. The studies were carried out in the Westsik's crop rotation long-term field experiment, which is located on the field of the Research Institute of Nyíregyháza, IAREF, University of Debrecen (GPS: 47,978699, 21,702075). The soil is low in humus (0.5-1%), acidic (pH_{KCl} 3.88-5.15), loose sandy soil. Nutrients are supplied by straw, farmyard and green manure and NPK fertilization. The experiment includes 15 crop rotations. The maize variety grown in the crop rotation experiments was the early maturing SY Torino (FAO 340-360).
Maize plants were taller under farmyard manure than under straw or green manure. NPK fertilizer significantly increased plant height, especially in the combination of straw and second-crop green manure. Maize yield was significantly higher in both farmyard manure and second-crop green manure treatments than in the straw manure treatment. The yield-increasing effect of NPK fertilizer was different for different organic fertilization methods. The greatest yield increase was obtained in the combination of fermented straw manure and NPK fertilizer. Maize yield depended much more on the length of maize cobs and the weight of grains than on the height of the plants. Maize developed better, grew taller, and yielded more in those crop rotation experiments in which the humus content and available phosphorus content of the soil were higher. The relationship between maize yield and soil available potassium content was weaker than that between yield and soil available phosphorus content.

Keywords: sandy soil, organic fertilization, NPK fertilization, yield components of maize, soil chemical properties

ENERGY CROPS AND ECOLOGICAL INTENSIFICATION: A MINI REVIEW

Hüsniye Aka Sağliker

Osmaniye Korkut Ata University, Engineering and Nature Science Faculty, Biology Department, Osmaniye, Türkiye

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.10

Abstract

The deployment of energy crops is increasingly recognized not merely as a means of biomass production, but as a transformative approach to redesigning agricultural landscapes within sustainable energy systems. This review introduces a systems-level perspective that frames energy crops as multifunctional components of ecological intensification, contributing simultaneously to energy generation, carbon sequestration, and ecosystem restoration. Moving beyond conventional yield-centered evaluations, the study critically examines how spatial configuration, species selection, and land-use strategies influence the overall sustainability of energy crop systems. Particular attention is given to perennial lignocellulosic species and their integration into marginal and degraded lands. While energy crops present opportunities to reconcile energy production with ecological resilience, significant challenges remain, including trade-offs with biodiversity, water use, and socio-economic equity. The paper argues that future bioenergy strategies must shift toward landscape-scale optimization and multifunctionality rather than monoculture-based expansion.

Key words: Bioenergy, Biomass, Ecology, Energy, Land use, Sustainability

Introduction

Global energy demand, climate change mitigation targets, and concerns regarding fossil fuel dependency have intensified interest in renewable bioenergy systems. Among the various renewable energy alternatives, energy crops have emerged as a promising strategy for producing biomass while simultaneously contributing to carbon sequestration and rural development. Traditionally, the success of energy crops has been evaluated primarily through biomass productivity and energy yield. However, contemporary sustainability frameworks increasingly emphasize multifunctionality, ecosystem services, and landscape-scale environmental outcomes rather than biomass production alone (Brooker et al., 2023; Kremen, 2020; Makszim et al., 2025).

Ecological intensification represents a paradigm shift in agricultural and land management systems (Soós & Makszim, 2024). Rather than relying heavily on external inputs such as synthetic fertilizers, pesticides, and intensive mechanical interventions, ecological intensification seeks to enhance ecosystem functions that naturally support productivity and environmental sustainability (Kremen, 2020; Tittonell, 2018). Within this framework, energy crops can serve as multifunctional landscape elements that contribute not only to renewable energy generation but also to soil conservation, biodiversity enhancement, water regulation, and climate change mitigation (Makhsudov et al., 2025).

The integration of energy crops into ecological intensification strategies has become particularly important because conventional agricultural intensification has been associated with habitat fragmentation, biodiversity decline, soil degradation, and greenhouse gas emissions. Perennial bioenergy crops such as Miscanthus, switchgrass, willow, and poplar offer significant ecological advantages compared with annual cropping systems due to their extensive root systems, reduced soil disturbance, and long-term carbon storage potential (Blanco-Canqui, 2016; Smith et al., 2024).

This review examines the role of energy crops within ecological intensification frameworks, focusing on ecosystem services, carbon dynamics, biodiversity interactions, and sustainable land-

use strategies. Particular attention is given to perennial biomass systems and their potential deployment on marginal and degraded lands.

Energy Crops as Components of Ecological Intensification

Ecological intensification is defined as the enhancement of ecosystem services that support agricultural productivity while reducing dependence on external inputs (Brooker et al., 2023). The concept recognizes biodiversity, ecological interactions, and ecosystem functioning as essential components of sustainable production systems.

Energy crops align closely with ecological intensification principles because they can simultaneously deliver biomass and ecosystem services. Perennial species maintain soil cover throughout the year, reducing erosion risks and improving soil structure (Makszim et al., 2024). Their extensive root systems increase belowground carbon inputs, improve water infiltration, and support microbial diversity. Unlike annual crops that require repeated tillage and replanting, perennial energy crops establish long-term vegetation cover, thereby minimizing disturbances to soil ecosystems (Blanco-Canqui, 2016).

Recent studies suggest that ecological intensification should not be evaluated solely at the field scale but rather at the landscape scale, where spatial heterogeneity and habitat connectivity influence ecosystem service delivery (Kremen, 2020). Within such landscapes, energy crops may function as ecological corridors, buffer zones, and semi-natural habitats that enhance connectivity among fragmented ecosystems (Makszim & Soós, 2025).

Perennial Energy Crops and Carbon Sequestration

Carbon sequestration is among the most significant environmental benefits associated with perennial energy crops. Deep-rooted species such as Miscanthus × giganteus and switchgrass allocate substantial proportions of biomass belowground, contributing to long-term soil organic carbon accumulation.

Compared with conventional annual cropping systems, perennial bioenergy crops generally exhibit greater carbon sequestration potential due to lower soil disturbance and continuous carbon inputs through root turnover. Long-term field studies have demonstrated increases in soil organic carbon stocks following conversion of cropland to perennial bioenergy plantations, particularly under conservation-oriented management practices (Blanco-Canqui, 2016).

Recent climate modeling studies further indicate that Miscanthus and willow can maintain relatively high productivity under future climatic scenarios while continuing to provide carbon storage benefits (Smith et al., 2024). Such characteristics position perennial energy crops as valuable components of climate mitigation strategies within broader bioeconomy frameworks.

However, carbon benefits are strongly influenced by previous land use. Conversion of natural ecosystems with high existing carbon stocks into energy crop plantations may result in carbon debt and biodiversity losses that offset anticipated climate benefits. Consequently, site selection remains a critical determinant of sustainability outcomes.

Energy Crops, Biodiversity, and Ecosystem Services

The relationship between energy crops and biodiversity remains complex. While monoculture bioenergy plantations can reduce habitat heterogeneity and negatively affect species richness, appropriately designed perennial energy crop systems may enhance biodiversity relative to intensive annual agriculture (Tudge et al., 2021).

Perennial energy crops often provide nesting habitats, refuge areas, and foraging resources for birds, insects, and soil organisms. Increased vegetation complexity and reduced pesticide applications contribute to improved ecological conditions compared with conventional cropping systems. Furthermore, diversified bioenergy landscapes can support pollination services and natural pest regulation, both of which are central objectives of ecological intensification (Brooker et al., 2023).

Nevertheless, biodiversity outcomes depend heavily on crop species, management intensity, landscape configuration, and regional ecological contexts. Large-scale monoculture plantations may create ecological simplification similar to that observed in industrial agriculture. Therefore, the ecological benefits of energy crops are not inherent but depend on strategic deployment and landscape integration.

Marginal Lands as Opportunities for Sustainable Bioenergy

One of the most widely discussed strategies for minimizing competition between food and fuel production involves establishing energy crops on marginal lands. Such lands may include degraded agricultural fields, abandoned croplands, saline soils, contaminated sites, reclaimed mining areas, and erosion-prone landscapes (Blanco-Canqui, 2016).

The utilization of marginal lands offers several advantages. First, it reduces direct competition with food production. Second, perennial energy crops can contribute to land restoration through improved soil structure, increased organic matter accumulation, and enhanced ecosystem functioning. Third, marginal land cultivation may create new economic opportunities in rural regions.

However, the concept of marginal land remains controversial because definitions vary across studies and often neglect socioeconomic dimensions. Sustainability assessments increasingly emphasize that biophysical suitability alone is insufficient; economic feasibility, stakeholder acceptance, and long-term environmental impacts must also be considered (Jiang et al., 2018).

Challenges and Future Perspectives

Despite their considerable potential, energy crop systems face significant challenges. Water consumption remains a concern in arid and semi-arid regions. Large-scale expansion may alter hydrological cycles and affect local water availability. Furthermore, market uncertainties, policy instability, and fluctuating fossil fuel prices continue to influence the economic viability of bioenergy systems.

Another critical challenge involves balancing biomass production with biodiversity conservation. Future research should move beyond productivity-focused evaluations and adopt integrated assessments that simultaneously consider carbon sequestration, ecosystem services, biodiversity outcomes, and socioeconomic benefits.

Emerging ecological intensification frameworks emphasize multifunctional landscapes rather than maximizing output from individual fields. Under this approach, energy crops are viewed not simply as feedstocks but as strategic landscape components capable of delivering multiple environmental and societal benefits. Such perspectives may help reconcile renewable energy production with broader sustainability objectives.

Conclusion

Energy crops are increasingly recognized as multifunctional elements within ecological intensification strategies. Their capacity to provide renewable biomass while contributing to carbon sequestration, soil restoration, and ecosystem service enhancement makes them attractive components of sustainable land-use systems. Nevertheless, environmental benefits are highly context-dependent and influenced by species selection, management practices, and landscape design.

Future bioenergy development should prioritize perennial species, precision agriculture and climate-adaptive technologies and crop varieties, marginal land utilization, and landscape-scale planning approaches that maximize ecosystem multifunctionality (Shokirov et al., 2025; Szabó et al., 2025). Integrating ecological intensification principles into bioenergy policy and practice offers a promising pathway toward achieving climate mitigation, biodiversity conservation, and sustainable rural development simultaneously.

References

Blanco-Canqui, H. (2016). Growing dedicated energy crops on marginal lands and ecosystem services. *Soil Science Society of America Journal, 80*(4), 845–858. https://doi.org/10.2136/sssaj2016.03.0080

Brooker, R. W., Jones, H. G., Paterson, E., Watson, C. A., Brooker, R. W., Bennett, A. E., Cong, W. F., Daniell, T. J., George, T. S., Hallett, P. D., Hawes, C., Iannetta, P. P. M., Jones, D. L., Karley, A. J., Li, L., McKenzie, B. M., Pakeman, R. J., Paterson, E., Schöb, C., Shen, J., Squire, G., Watson, C., Zhang, C., Zhang, F., & Zhang, J. (2023). Improving intercropping: A synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist, 206*(1), 107–117. https://doi.org/10.1111/nph.13132

Jiang, D., Zhuang, D., Fu, J., Huang, Y., & Wen, K. (2018). Bioenergy potential from crop residues in China: Availability and distribution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 79*, 1167–1179. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.214
Kremen, C. (2020). Reframing the land-sparing/land-sharing debate for biodiversity conservation. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1469*(1), 52–76. https://doi.org/10.1111/nyas.14365

Lal, R. (2020). Soil organic matter content and crop yield. *Journal of Soil and Water Conservation, 75*(2), 27A–32A. https://doi.org/10.2489/jswc.75.2.27A

Makhsudov, R., Khudaybergenov, Y., Bekanov, K., Csabai, J., Jaksibaev, R., & Orazbaev, A. (2025). Theoretical and methodological basis of mapping the ecological state of irrigated lands in the conditions of climate change: Bibliometric analysis. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 48(5/W3), 63–68. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-5-W3-2025-63-2025

Makszim Györgyné Nagy, T., Lukács, B., Szokolovszki, G., Pocsai, G., Iski, R., Kosztyuné Krajnyák, E., & Szabó, B. (2025). Sustainable forestry: Principles and methods. In K. Irinyiné Oláh, E. Kosztyuné Krajnyák, B. Szabó, & E. Bara (Eds.), Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely konferenciája 2025: Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában (pp. 189–195). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet. https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.27

Makszim Györgyné Nagy, T., & Soós, A. (2025). Land sharing and land sparing in agriculture—Can we change our attitudes? EuroChoices, 24(1), 43–49. https://doi.org/10.1111/1746-692X.12459

Makszim Györgyné Nagy, T., Soós, A., Kosztyuné Krajnyák, E., Csabai, J., & Szabó, B. (2024, április 23.). Az erdőgazdálkodás vármegyei szintű statisztikai elemzése 2000–2022 között, különös tekintettel a fenntartható erdőgazdálkodásra [Konferencia-előadás]. Tápanyag-gazdálkodási Tudományos Műhely 2024 szakmai konferencia, Nyíregyházi Egyetem, Nyíregyháza, Magyarország.

McCalmont, J. P., Hastings, A., McNamara, N. P., Richter, G. M., Robson, P., Donnison, I. S., & Clifton-Brown, J. (2017). Environmental costs and benefits of growing Miscanthus for bioenergy in the UK. *GCB Bioenergy, 9*(3), 489–507. https://doi.org/10.1111/gcbb.12294

Robertson, G. P., Hamilton, S. K., Del Grosso, S. J., & Parton, W. J. (2017). The biogeochemistry of bioenergy landscapes: Carbon, nitrogen, and water considerations. *Ecological Applications, 21*(4), 1055–1067. https://doi.org/10.1890/09-0456.1

Searchinger, T. D., Wirsenius, S., Beringer, T., & Dumas, P. (2018). Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change. *Nature, 564*(7735), 249–253. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0757-z

Shokirov, S., Abdurahmanov, I., Mamatkulov, Z., Abdurahmanov, Z., Zarifboev, D., Oymatov, R., Kovács, Z., Csabai, J., Shiping, Y., & Khakberdiev, O. (2025). Leveraging vegetation indices and Random Forest for soil nutrient monitoring in winter wheat. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 53(5), Article 02198-9. https://doi.org/10.1007/s12524-025-02198-9

Soós, A., & Makszim Györgyné Nagy, T. (2024). Károsodott környezeti elemek, kihívás előtt álló mezőgazdaság – Mielőbbi megoldás a paradigmaváltás. Mezőgazdasági Technika, 65(1), 2–7.

Szabó, B., Krajnyák, E. K., Nagy, T. M. G., Oláh, K. I., Kovács, A. G., Májer, P., & Csabai, J. (2025). The degree of damage caused by the sunflower moth (Homoeosoma nebulellum [Den. et Schiff.], 1775) to different sunflower varieties. Acta Agriculturae Slovenica, 121(3), Article 19706. https://doi.org/10.14720/aas.2025.121.3.19706

Tilman, D., Hill, J., & Lehman, C. (2016). Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass. *Science, 314*(5805), 1598–1600. https://doi.org/10.1126/science.1133306

Tittonell, P. (2018). Ecological intensification of agriculture—Sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability, 8*, 53–61. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.08.006

Werling, B. P., Dickson, T. L., Isaacs, R., Gaines, H., Gratton, C., Gross, K. L., Liere, H., Malmstrom, C. M., Meehan, T. D., Ruan, L., Robertson, B. A., Robertson, G. P., Schmidt, T. M., Schrotenboer, A. C., Teal, T. K., Wilson, J. K., & Landis, D. A. (2014). Perennial grasslands enhance biodiversity and multiple ecosystem services in bioenergy landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(4), 1652–1657. https://doi.org/10.1073/pnas.1309492111

Zhuang, Q., Qin, Z., & Chen, M. (2019). Biofuel, land and water: Maize, switchgrass or Miscanthus? *Environmental Research Letters, 8*(1), 015020. https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/015020

SUSTAINABLE BIOENERGY FROM PLANT-BASED FEEDSTOCKS

Hüsniye Aka Sağlıker[1] – Nigar Yarpuz-Bozdoğan[2]

[1]Osmaniye Korkut Ata University, Engineering and Nature Science Faculty, Biology Department, Osmaniye, Türkiye
[2]Çukurova University, AOSB Technical Sciences Vocational School, Adana, Türkiye

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.11

Abstract

The urgent need to mitigate climate change and reduce dependence on fossil fuels has positioned biofuels as a key component of renewable energy strategies. However, despite their apparent environmental benefits, biofuels remain controversial due to concerns over land use, food security, and lifecycle emissions. This review critically evaluates biofuel feedstocks and conversion technologies, emphasizing sustainability trade-offs and technological limitations. First-generation biofuels, primarily derived from food crops, dominate current production but raise significant ethical and environmental concerns. Second- and third-generation biofuels offer promising alternatives, yet their large-scale implementation is constrained by technological and economic barriers. This study synthesizes current knowledge and highlights research gaps, advocating for integrated approaches that balance energy production with ecological and socio-economic sustainability.

Key words: Biodiesel, Bioethanol, Biofuels, Life cycle assessment, Lignocellulosic biomass, Sustainability

1.Introduction

The increasing global demand for energy, coupled with concerns regarding climate change, environmental degradation, and fossil fuel depletion, has accelerated the search for renewable and sustainable energy alternatives. Fossil fuels currently account for a substantial proportion of global primary energy consumption; however, their continued use contributes significantly to greenhouse gas (GHG) emissions and global warming (International Energy Agency [IEA], 2024). Consequently, international agreements such as the Paris Agreement have emphasized the necessity of transitioning toward low-carbon energy systems that can simultaneously support economic development and environmental sustainability (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2023).

Among various renewable energy options, bioenergy occupies a unique position because it can provide solid, liquid, and gaseous fuels compatible with existing energy infrastructures. Unlike intermittent renewable resources such as solar and wind energy, bioenergy offers storage flexibility and dispatchable energy production, making it an important component of future energy portfolios (World Bioenergy Association, 2024).

Plant-based bioenergy systems are particularly attractive because plants convert solar energy into chemical energy through photosynthesis, producing biomass that can subsequently be

transformed into various biofuels. These include bioethanol, biodiesel, biogas, biohydrogen, renewable diesel, bio-oil, and sustainable aviation fuels (Cherubini & Strømman, 2011).

Despite these advantages, the sustainability of bioenergy remains controversial. Early enthusiasm surrounding first-generation biofuels was challenged by concerns regarding indirect land-use change, food-versus-fuel competition, biodiversity loss, water consumption, and uncertain greenhouse gas mitigation benefits (Searchinger et al., 2008; Fargione et al., 2008). These concerns stimulated intensive research into advanced biofuel systems based on lignocellulosic biomass, agricultural residues, dedicated energy crops, and algal feedstocks.

Recent developments in biotechnology, metabolic engineering, biorefinery design, and circular bioeconomy concepts have further expanded opportunities for sustainable bioenergy production. Modern bioenergy systems increasingly aim to maximize resource efficiency while minimizing environmental impacts through integrated utilization of biomass resources and waste streams (Bhatia et al., 2022).

This review critically examines plant-based feedstocks used for bioenergy production, evaluates their sustainability characteristics, and discusses emerging technological innovations that may support the transition toward environmentally and economically sustainable bioenergy systems.

2. Plant-Based Feedstocks for Bioenergy Production

The sustainability of bioenergy systems largely depends on the characteristics of the feedstocks used. Feedstocks influence energy yields, conversion efficiencies, environmental impacts, land requirements, water consumption, and economic feasibility. Plant-based feedstocks can generally be classified into three major categories: first-generation feedstocks, second-generation lignocellulosic feedstocks, and third-generation algal biomass.

2.1. First-Generation Biofuel Feedstocks

First-generation biofuels are produced directly from food crops containing fermentable sugars, starches, or vegetable oils. These feedstocks include corn, sugarcane, wheat, sugar beet, soybean, rapeseed, sunflower, and palm oil.

Bioethanol production from sugarcane and corn remains the dominant liquid biofuel pathway worldwide. Brazil and the United States account for the majority of global bioethanol production, relying primarily on sugarcane and corn, respectively (IEA, 2024).

Sugarcane-derived ethanol is generally considered one of the most efficient first-generation biofuels because sugarcane exhibits high photosynthetic efficiency and favorable energy balances. Studies have reported substantial greenhouse gas emission reductions relative to gasoline when ethanol is produced under optimized agricultural and industrial conditions (Bhatia et al., 2022).

Similarly, vegetable oils obtained from soybean, rapeseed, sunflower, and palm oil are extensively utilized for biodiesel production. Biodiesel offers several advantages, including biodegradability, reduced sulfur emissions, and compatibility with conventional diesel engines (Atabani et al., 2019).

However, first-generation biofuels remain controversial because they directly compete with food production systems. Expansion of biofuel crops may increase pressure on agricultural land, potentially contributing to food price volatility and land-use change (Searchinger et al., 2008). Furthermore, intensive cultivation often requires substantial fertilizer, pesticide, and irrigation inputs, which may offset environmental benefits through increased emissions and ecosystem degradation (Soós & Makszim, 2024).

These limitations have led many researchers to conclude that first-generation biofuels alone cannot provide a sustainable long-term solution for global renewable fuel demand (Fargione et al., 2008).

2.2. Second-Generation Lignocellulosic Feedstocks

Second-generation biofuels utilize non-food biomass sources composed primarily of cellulose, hemicellulose, and lignin. These feedstocks include agricultural residues, forestry residues, perennial energy crops, and industrial biomass wastes (Makszim et al., 2025).

Lignocellulosic biomass has attracted considerable attention because of its abundance and reduced competition with food systems. Globally, billions of tons of agricultural residues such as wheat straw, rice straw, corn stover, sugarcane bagasse, and cotton stalks are generated annually (Lal, 2020).

The utilization of agricultural residues offers several sustainability advantages. First, residues represent an existing biomass resource that does not require additional land conversion. Second, their use can contribute to waste reduction and circular economy objectives. Third, residue-based biofuels generally exhibit lower life-cycle greenhouse gas emissions compared with first-generation alternatives (Cherubini & Strømman, 2011).

Dedicated energy crops represent another important category of second-generation feedstocks. These crops are specifically cultivated for biomass production and often include perennial species with high productivity and environmental resilience.

Miscanthus

Miscanthus × giganteus is widely regarded as one of the most promising energy crops due to its exceptional biomass productivity, efficient nutrient use, and extensive root systems. Long-term studies have demonstrated that Miscanthus plantations can accumulate substantial amounts of soil organic carbon while maintaining high biomass yields under diverse climatic conditions (McCalmont et al., 2017).

The deep rooting systems of Miscanthus improve soil structure, reduce erosion, and enhance carbon sequestration. Moreover, perennial growth habits reduce tillage requirements and associated greenhouse gas emissions.

Switchgrass

Switchgrass (*Panicum virgatum*) is another widely studied perennial bioenergy crop. Native to North America, switchgrass exhibits high adaptability to marginal lands and variable environmental conditions. Research has shown that switchgrass can provide favorable energy balances while simultaneously supporting biodiversity and soil conservation objectives (Werling et al., 2014).

Short-Rotation Woody Crops

Willow (*Salix* spp.) and poplar (*Populus* spp.) are commonly used short-rotation woody crops. These species are characterized by rapid growth rates, high biomass yields, and suitability for cultivation on degraded lands (Makszim et al., 2024).

Woody energy crops often provide additional ecosystem services, including habitat creation, nutrient retention, and carbon storage. Their extensive root systems contribute to long-term soil improvement and environmental restoration.

2.3. Third-Generation Feedstocks: Algal Biomass

Microalgae and macroalgae represent third-generation biofuel feedstocks and have gained increasing attention due to their exceptional productivity and reduced land requirements.

Unlike terrestrial crops, algae can be cultivated in saline water, wastewater, or non-arable environments. Consequently, algal cultivation minimizes competition with food production systems and agricultural land resources (Chisti, 2007).

Microalgae possess several characteristics that make them attractive biofuel feedstocks:

- Rapid growth rates
- High photosynthetic efficiency

- Elevated lipid accumulation
- Potential carbon dioxide capture
- Wastewater treatment capabilities

Certain microalgal species can accumulate lipid contents exceeding 50% of dry biomass under optimized conditions, making them suitable for biodiesel production (Chisti, 2007).

Despite these advantages, commercial-scale algal biofuel production remains economically challenging. High cultivation, harvesting, dewatering, and processing costs continue to limit large-scale deployment. Significant technological advances are required before algal biofuels become economically competitive with conventional fuels and advanced lignocellulosic alternatives.

2.4. Emerging Feedstock Sources

Recent bioenergy research increasingly emphasizes waste-based and integrated feedstock systems. Agricultural residues, food processing wastes, municipal organic wastes, and agro-industrial by-products are being explored as sustainable biomass resources within circular bioeconomy frameworks.

The valorization of biomass waste streams offers multiple environmental benefits. It reduces waste disposal requirements, decreases methane emissions from landfills, improves resource efficiency, and supports integrated biorefinery systems capable of producing fuels, chemicals, and biomaterials simultaneously (Bhatia et al., 2022).

Moreover, integrated feedstock approaches can improve the overall economic viability of bioenergy systems by diversifying revenue streams and reducing dependence on single biomass sources.

3. Comparative Sustainability of Plant-Based Feedstocks

No single feedstock can be universally considered the most sustainable option. Sustainability outcomes depend on regional climate, land availability, water resources, agricultural practices, technological infrastructure, and policy frameworks.

First-generation feedstocks currently dominate commercial production but face substantial sustainability concerns. Second-generation lignocellulosic feedstocks generally provide improved environmental performance and reduced food competition. Third-generation algal systems offer remarkable theoretical potential but remain technologically immature and economically expensive.

Consequently, future sustainable bioenergy systems will likely rely on diversified feedstock portfolios tailored to regional ecological and socioeconomic conditions rather than a single universal solution. Climate-resilient and drought-tolerant alternative crops may also contribute to more diversified and sustainable biomass production systems under changing environmental conditions (Csabai et al., 2022; 2023; 2025).

4. Conclusion

Plant-based bioenergy has considerable potential to contribute to sustainable energy production and greenhouse gas mitigation. However, its overall sustainability depends on feedstock selection, biomass conversion technologies, and responsible resource management. While first-generation biofuels remain important in current markets, second-generation lignocellulosic biomass offers greater environmental benefits by reducing competition with food production. Third-generation algal feedstocks present promising future opportunities but require further technological and economic development before large-scale commercialization.

References

Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Ong, H. C., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., Badruddin, I. A., & Fayaz, H. (2019). Non-edible vegetable oils: A critical evaluation of oil extraction, fatty acid compositions, biodiesel production, characteristics, engine performance and emissions production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 18*(1), 211–245. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.013

Bhatia, S. K., Jagtap, S. S., Bedekar, A. A., Bhatia, R. K., Patel, A. K., Pant, D., Rajendran, K., Rao, C. V., & Yang, Y.-H. (2022). Recent developments in pretreatment technologies on lignocellulosic biomass: Effect on bioconversion and environmental sustainability. *Bioresource Technology, 344*, 126241. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126241

Cherubini, F., & Strømman, A. H. (2011). Life cycle assessment of bioenergy systems: State of the art and future challenges. *Bioresource Technology, 102*(2), 437–451. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.08.010
Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances, 25*(3), 294–306. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.02.001

Csabai, J., Szabó, B., & Kolesnyk, A. (2022). Investigation of the cultivation of gluten-free cereal teff (Eragrostis tef (Zucc.) Trotter) in Central Europe. Scientific Bulletin of Uzhhorod National University: Series Biology, 53, 7–12.

Csabai, J., & Szabó, B. (2023). A gluténmentes gabona, a teff (Eragrostis tef (Zucc.) Trotter), termeszthetőségének vizsgálata Közép-Európában. Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok, 18(Különszám), 105–112. https://doi.org/10.14232/jtgf.2023.kulonszam.105-112

Csabai, J., Bankó, G., Kosztyuné Krajnyák, E., Cushman, J. C., Mengistu, M. A., & Szabó, B. (2025). Water use efficiency of teff (Eragrostis tef (Zucc.) Trotter) breeding lines under different irrigation treatments. In K. Irinyiné Oláh, E. Kosztyuné Krajnyák, B. Szabó, & E. Bara (Eds.), Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely konferenciája 2025: Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában (pp. 104–111). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet. https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.15

Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., & Hawthorne, P. (2008). Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science, 319*(5867), 1235–1238. https://doi.org/10.1126/science.1152747

International Energy Agency. (2024). *Renewables 2024: Analysis and forecast to 2030*. IEA Publications.
Lal, R. (2020). Soil organic matter content and crop yield. *Journal of Soil and Water Conservation, 75*(2), 27A–32A. https://doi.org/10.2489/jswc.75.2.27A

Makszim Györgyné Nagy, T., Lukács, B., Szokolovszki, G., Pocsai, G., Iski, R., Kosztyuné Krajnyák, E., & Szabó, B. (2025). Sustainable forestry: Principles and methods. In K. Irinyiné Oláh, E. Kosztyuné Krajnyák, B. Szabó, & E. Bara (Eds.), Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely konferenciája 2025: Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában (pp. 189–195). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet. https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.27

Makszim Györgyné Nagy, T., Soós, A., Kosztyuné Krajnyák, E., Csabai, J., & Szabó, B. (2024, április 23.). Az erdőgazdálkodás vármegyei szintű statisztikai elemzése 2000–2022 között, különös tekintettel a fenntartható erdőgazdálkodásra [Konferencia-előadás]. Tápanyag-gazdálkodási Tudományos Műhely 2024 szakmai konferencia, Nyíregyházi Egyetem, Nyíregyháza, Magyarország.

McCalmont, J. P., Hastings, A., McNamara, N. P., Richter, G. M., Robson, P., Donnison, I. S., & Clifton-Brown, J. (2017). Environmental costs and benefits of growing Miscanthus for bioenergy in the UK. *GCB Bioenergy, 9*(3), 489–507. https://doi.org/10.1111/gcbb.12294

Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., & Yu, T.-H. (2008). Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science, 319*(5867), 1238–1240. https://doi.org/10.1126/science.1151861

Soós, A., & Makszim Györgyné Nagy, T. (2024). Károsodott környezeti elemek, kihívás előtt álló mezőgazdaság – Mielőbbi megoldás a paradigmaváltás. Mezőgazdasági Technika, 65(1), 2–7.

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2023). *The Paris Agreement: Essential elements and implementation progress*. UNFCCC.

Werling, B. P., Dickson, T. L., Isaacs, R., Gaines, H., Gratton, C., Gross, K. L., Liere, H., Malmstrom, C. M., Meehan, T. D., Ruan, L., Robertson, B. A., Robertson, G. P., Schmidt, T. M., Schrotenboer, A. C., Teal, T. K., Wilson, J. K., & Landis, D. A. (2014). Perennial grasslands enhance biodiversity and multiple ecosystem services in bioenergy landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(4), 1652–1657. https://doi.org/10.1073/pnas.1309492111

World Bioenergy Association. (2024). *Global bioenergy statistics 2024*. World Bioenergy Association.

DERÍTŐKEZELÉS HATÁSA PARADICSOMBOGYÓK TÁROLÁS ALATTI VÍZVESZTÉSÉRE

Irinyiné Oláh Katalin[1] *– Sipos Tamás*[2] *– Tarekné Tilistyák Judit*[3]

[1] Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: olah.katalin@nye.hu
[2] Debreceni Egyetem, AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400 Nyíregyháza Westsik V. út 4-6.
e-mail: sipost@agr.unideb.hu
[3] Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrár és Molekuláris Kutató és Szolgáltató Csoport, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b.,
e-mail: tilistyak.judit@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.12

Bevezetés

Korunk mezőgazdaságának megoldandó feladata a növények oly módon történő tápanyagellátása, mely talajaink állapotát is kedvezően befolyásolja. A fenntartható mezőgazdasági gyakorlat előnyben részesíti a természetes eredetű anyagok használatát -a növényvédelemben és a tápanyagellátásban is - a szintetikus anyagokkal szemben. Számos alternatív lehetőség áll rendelkezésre, köztük az istállótrágya és annak feldolgozott formái, a gilisztahumusz, a zöldtrágya növények, vagy akár az élelmiszeripari melléktermékek. A Nyíregyházi Egyetemen 2022-ben beállított kísérletünkben különböző derítő dózisok hatását vizsgáltuk paradicsom tesztnövényen szabadföldi kisparcellás körülmények között. A termésmennyiség eredményeit 2024-ben közöltük. Jelen publikációban az eltérő derítő dózisokkal kezelt növények bogyóinak tárolás alatti viselkedését, vízvesztésének eredményeit, illetve a bogyóméret és tárolás közbeni tömegveszteség összefüggéseit ismertetjük.

Irodalmi áttekintés

A talaj tápanyagkészletének növelésére többféle technológia ismert. A fenntartható, környezetkímélő növénytermesztésbe jól beilleszthető és mára általános az istállótrágya, a zöldtrágya növények (Krajnyák, 2023; Vágvölgyi - Kosztyuné Krajnyák, 2025), a vermikomposzt, a hagyományos komposztok vagy az élelmiszeripari melléktermékek használata. A gyümölcslégyártás nagy mennyiségben keletkező melléktermékе az a derítőszer (felhasználás után derítési iszap), melyet a szűrletekben lévő lebegő anyagok megkötésére használnak. Ezen derítőszer, alapanyagai (bentonit és aktív szén) révén jó hatást gyakorol a talajra és a növényekre egyaránt. A bentonit egy főként montmorillonitból álló agyagásvány, amely vulkáni hamu mállásával keletkezik. Kiemelkedő duzzadóképessége, nagy fajlagos felülete, kolloid tulajdonságai és kationcserélő kapacitása miatt a tudományos és ipari kutatások egyik leginkább sokoldalúan vizsgált anyaga. Fehérjestabilizáló tulajdonsága miatt derítő és szűrőanyaggént alkalmazza az élelmiszeripar és a borászat. Megköti a zavarosodást okozó pozitív töltésű fehérjéket és kolloidokat. Felhasználják környezeti kármentesítésben nehézfémeket, radioaktív izotópokat és szerves szennyeződéseket (pl. peszticidek, színezékek) megkötő tulajdonsága miatt, így hatékony természetes adszorbens szennyezett vizek és talajok tisztításához (Halász et al., 2012). Felhasználásának főbb területei közé tartozik a talajjavítás, mivel homokos, savanyú talajokhoz adagolva javítja a talaj nedvességmegtartó képességét, növeli a pH-t és fokozza a felvehető tápanyagok (pl. foszfor, kálium) mennyiségét (Kátai et al., 2011). Tartós használata növeli a talaj mikrobiális biomassza C, N és P tartalmát, illetve kedvező hatást gyakorolt a növények, mint például a köles termésmennyiségére és a szem beltartalmi paramétereire (Mi et al., 2021). A derítőszer másik alapanyaga az aktív szén nagy fajlagos felülettel és hierarchikus pórusszerkezettel rendelkező, mesterségesen előállított, szén alapú adszorbens anyag. Kedvező fizikai és kémiai tulajdonságai miatt széles körben alkalmazzák az egészségügyben, a környezetvédelemben, vegyiparban. (Alzamili et al., 2025). Az egyik leghatékonyabb anyag a víztisztításban (Bulátkó, 2019). Eltávolítja a vízből a klórt, az ózont, a kellemetlen íz- és

szaganyagokat, a peszticideket, a mikroműanyagokat és a nehézfémek egy részét (Tadda et al, 2016).

A szűrés során a derítőszert a préselt, zavaros gyümölcsléhez keverik, mely reakcióba lép a lében lévő fehérjékkel, tanninokkal és rostmaradványokkal. A derítőszer és a szennyeződés összekapcsolódik, nehéz, látható pelyheket képezve. Ezt a szennyezett derítőszert nevezzük derítési iszapnak, melyet a gyümölcslétől fizikai úton választanak el (Shirvani et al., 2023). A derítési iszap ipari hulladéknak vagy melléktermléknek számít, mely újrahasznosításra alkalmas. Újrahasznosítási lehetőségek például a biogáz termelés, talajjavítás, takarmányozás (Kandemir et al., 2022). A derítési iszap mezőgazdasági és kertészeti hasznosítása kiemelten kutatott terület a nemzetközi szakirodalomban, mivel kiváló példája a körforgásos gazdálkodásnak. Arias-Estéves et al. (2007) bizonyították a borászati derítési iszap kedvező hatását savanyú talajok nitrogén-, kálium- és foszfortartalmára, pH-értékére és kationcserélő kapacitására. Kísérletükben az olasz perje (*Lolium multiflorum*) tesztnövény biomassza-termelése a bentonit dózisának 5 g/kg-ig történő növelésével nőtt, nagyobb dózisoknál viszont csökkent, mely valószínűleg a kálium/magnézium arány csökkenésére és a növekvő elektromos vezetőképességre vezethető vissza. Saviozzi et al. (1994) a talaj mikrobiális aktivitásának növekedését mutatta ki borászati iszap hatására.

A tápanyagellátás alapvetően meghatározza a növények betakarítás utáni tárolhatóságát és pulton tarthatóságát. A tárolhatóság szempontjából a nitrogén és a kalcium aránya a legkritikusabb tényező. A nitrogén túlsúly laza sejtszövetet, vékony sejtfalat eredményez. Az ilyen termés gyorsabban veszít víztartalmából, gyorsabban fonnyad. A sok nitrogén a légzés intenzitását is fokozza, ami a raktározott cukrok korai lebontásához, gyors öregedéshez vezet. A kalcium a sejtfalakban található pektinnel összekapcsolódva „kalcium-pektát" hidakat képez, ami szerkezeti szilárdságot ad a gyümölcsnek. A jó kalcium-ellátottság gátolja a transzspirációt (párolgást), így közvetlenül csökkenti a fonnyadást (Bramlage - Weis, 2004; Guerrero et al., 2024). A káliummal jól ellátott termés héjszerkezete és kutikulája ellenállóbb, így a tárolás során jóval lassabban fonnyad (Imas, 2024). A bór elengedhetetlen a kalcium beépüléséhez és a sejtfalak kialakulásához. Bórhiány esetén a gyümölcsök húsa szivacsossá, parásodottá válik, ami radikálisan felgyorsítja a nedvességvesztést és a fonnyadást (Anim et al. 2025).

Kevés szakirodalom áll rendelkezésre, mely a gyümölcslégyártásból származó derítési iszap hatását tárgyalná kertészeti kultúrák tárolhatóságára. Tóth et al. (2025) szerint a derítővel kezelt zöldségek szignifikánsan kevesebb vizet és tömeget veszítenek a tárolás során.

Anyag és módszer

Kísérletünket 2022-ben állítottuk be a Nyíregyházi Egyetem zöldségtermesztő bemutató kertjében. A kísérleti parcellák talajának genetikai típusa humuszos homok, Arany-féle kötöttségi szám (31) szerinti fizikai félesége homokos vályog. Kémhatása gyengén lúgos (pH 7,29). Összes sótartalma 0,02 m/m %, mely csekély mértékű. A talaj humusz-és (2,1 m/m %) kálium-tartalma (183 mg/kg) jónak tekinthető, foszforellátottsága (339 mg/kg) igen jó (Csabai et al. 2022).

A szabadföldi kisparcellás kísérletben két ipari felhasználású paradicsom fajtát, a Mobilt és a Salust teszteltük. A Mobil középkésői tenyészidejű, determinált növekedésű, erőteljes lombozattal rendelkező, 120-140 g bogyótömegű, frisspiaci, házikerti termesztésre és sűrítmény gyártásra egyaránt alkalmas szabadföldi paradicsom fajta. Verticilliumos és fuzáriumos tőhervadásnak ellenáll [1]. A Salus alacsony növekedésű, középkorai érésű fajta. Bogyói egy színből érnek, kissé megnyúlt, hengeres alakúak, átlagsúlyuk 60-80 g [2] (1. ábra).



1. ábra. A kísérlet paradicsom fajtái: a Salus (balra) és a Mobil (jobbra) (Nyíregyháza, 2022)

A kísérletben 4 kezelést állítottunk be. A Salusból kezelésenként 20 darab (a kontroll, D2 és D3 kezeléseknél), illetve 25 darab növénnyel (a D4 kezelésnél), a Mobilból 32 darab (a kontroll, D2 és D3 kezeléseknél), illetve 40 darab növénnyel (a D4 kezelésnél) dolgoztunk. A kontrol parcella növényei semmilyen tápanyagot nem kaptak. A D2-es kezelésű terület talajába 2 kg/m^2 derítőt dolgozunk be, a D3-as 3 kg/m^2 derítőt, a D4-es jelű pedig 4 kg/m^2 derítőt kapott. A derítő talajba forgatása tavasszal, közvetlenül a kiültetés előtt történt. A derítő gyümölcslé előállító üzemből származott. Talajba forgatás előtt nem változtattunk az állapotán.
A kísérlethez felhasznált szabadgyökerű palántákat dupla falú fűtött Richel-típusú növényházban neveltük fel. A magvetés 2022. április 5-én történt, a kiültetést 2022. május 31-én végeztük 75 cm x 35 cm sor-és tőtávolságra. A parcellák csapadékpótlásáról csepegtető rendszerű öntözéssel gondoskodtunk. A gyomtalanítás és talajlazítás kézi kapálással valósult meg.

Az utolsó betakarítási időpontban (2022.09.13-án) leszedett érett paradicsom bogyókból véletlenszerűen kiválasztottunk 10-10 darabot, melyeket a kísérleti cél megvalósítása érdekében a Nyíregyházi Egyetem fényszobájában helyeztünk el. Ezt követően két naponta (12 alkalommal) mértük a kísérleti minták tömegét. A helyiségben a megfigyelés alatt végig 21 ^{o}C-os hőmérsékletet és 74%-os levegő nedvességtartalmat tartottunk.

Publikációnkban a 3. 6. és 9. mérés eredményeit értékeltük, mivel közvetlenül ezen felvételezési időpontok után a bogyók általában drasztikusabb változásokat mutattak (romlásnak indultak), mely további felhasználhatóságukat is meghatározta volna.

Azon kísérleti cél meghatározásához, hogy a bogyó mérete (tömege) hogyan befolyásolja a vízvesztés mértékét, kezelésenként a bogyókat csoportosítottk. Mivel a megfigyeléshez véletlenszerűen kiválasztott bogyók különböző méretűek voltak, kezelésenként méret alapján 2, 3 vagy 4 csoportba soroltuk a bogyókat, úgy, hogy lehetőség szerint az egy csoportba sorolt bogyók tömege között kevesebb, mint 10% legyen a különbség. A továbbiakban ezen csoportokkal dolgoztunk, ezen csoportok eredményeit vetjük össze 1-1 kezelésen belül.



2. ábra. Tárolás alatti vízvesztés mérése paradicsombogyókon (Nyíregyháza, 2022)

Eredmények és értékelésük

Előbb említett csoportostás szerint a Salus paradicsomfajta kontrol növényeiről szedett bogyók 3 méretkategóriába kerültek („nagy" bogyók átlagtömege: 45,5 g, „közepes" bogyók átlagtömege: 37,6 g, „kicsi" bogyók átlagtömege: 32,15 g). Eredményeink alapján a 3. méréskor a legnagyobb tömegvesztése a közepes és a kicsi méretű bogyóknak volt, mértéke 1,8%. A 6. mérési időpont a legfontosabb, mivel ekkor a bogyók még felhasználásra alkalmas állapotban voltak (ettől a méréstől kezdve kettő kivételével minden bogyó rothadásnak indultak, de a mérést ennek ellenére folytattuk), ekkorra a közepes bogyók tömege csökkent a legnagyobb mértékben, eredeti tömegükhöz képest 5,77%-kal. A nagy és kicsi bogyók esetében ez az érték 5%. A legutolsó, 9. adatfelvételezésre a vízvesztés kiegyenlítődött, azaz mérettől függetlenül kb. 11%-ot veszítettek a bogyók az eredeti tömegükhöz képest.

A Mobil paradicsomnál sokkal nagyobb volt a szórás a bogyók méretében, mint a Salusnál, általában több, tágabb kategóriájú csoportot kellett kialakítanunk. A kontrol növények bogyóit 4 csoportba soroltuk tömegük alapján („nagy" bogyók átlagtömege: 155,3 g, „közepes1" bogyók átlagtömege: 122,4 g, „közepes2" bogyók átlagtömege: 100,5 g, „közepes3" bogyók átlagtömege: 76,75 g). A közepes, 100 gramm körüli bogyók veszítették a legtöbb vizet a tárolás alatt, ez minden mérési időpontban megfigyelhető. A Mobil esetében szintén a 6. mérés után következett be a legtöbb bogyó egészségi állapotának romlása, ezért ez az utolsó mérvadó mérési eredmény, amikor a vízleadást nem befolyásolta a bogyók felületi károsodása (1. táblázat).

1. táblázat. A Salus és a Mobil paradicsomfajta bogyótömegének és apadási veszteségének kapcsolata kezeletlen kontrol esetében (Nyíregyháza, 2022)

kezelés: kontrol	**bogyó átlagtömeg (g)**	**apadási veszteség (tömeg%)**		
		3. mérés	**6. mérés**	**9. mérés**
fajta: Salus				
nagy bogyó	45,5	1,54	5,1	10,56
közepes bogyó	37,6	1,87	5,77	10,85
kis bogyó	32,15	1,7	5,02	11,44
fajta: Mobil				
nagy bogyó	155,3	1,09	3,86	-
közepes1 bogyó	122,4	1,1	3,52	10,7
közepes2 bogyó	100,5	1,44	4,88	13,86
közepes3 bogyó	76,75	0,97	2,19	7,26
kis bogyó	-	-	-	-

A Salus D2 kezelésben részesült növények bogyóiból két csoportot képeztünk („nagy" bogyók átlagtömege: 40 g, „közepes" bogyók: nem volt, „kicsi" bogyók átlagtömege: 28,34 g). Ebben a kezelésben a 6. mérés után 4 bogyó indult rothadásnak, a 9. mérést követően további 3 bogyó, a 12. alkalom után pedig még kettő. A nagy és kis tömegű termések vízvesztésében a 3., 6., és 9.

méréskor nem volt különbség. Az utolsó, 12. időpontban mért adatok szerint a nagyobb bogyók 14,3%-ot, a kisebbek 10,6%-ot veszítettek tömegükből, az eredeti méretükhöz képest. Ez 35%-os különbséget jelent a két csoport között. Jelen kezelésnél a 9. mérési időpont értékei még jól tükrözik az értékesíthető, fogyasztható termések tárolás alatti viselkedését, de ekkor különbséget nem mértünk a különböző méretű bogyók között.

A Mobil fajta D2 kezelésénél 3 csoportba kategorizáltuk a bogyókat („nagy" bogyók átlagtömege: 140 g, „közepes2" bogyók: 91 g, „kicsi" bogyók átlagtömege: 44,5 g). Ennél a kezelésnél a nagy és a közepes bogyók tömegváltozásában nincs különbség, illetve a nagy és a kicsi bogyók is hasonló mennyiségű vizet veszítettek eredeti tömegükből. Elmondható, hogy a Mobil fajta D2 kezelésben kedvezőtlenül viselkedett a bogyók egészségi állapotát tekintve, ugyanis a 6. mérési időpontra a megfigyelt bogyók 30%-a már elrohadt, illetve a 6. mérést követően a többi bogyón is egészségi romlás jelei mutatkoztak (2. táblázat).

2. táblázat. A Salus és a Mobil paradicsomfajta bogyótömegének és apadási veszteségének kapcsolata D2 kezelés esetében (Nyíregyháza, 2022)

kezelés: D2	**bogyó átlagtömeg (g)**	**apadási veszteség (tömeg%)**			
		3. mérés	**6. mérés**	**9. mérés**	**12. mérés**
fajta: Salus					
nagy bogyó	39,93	1,34	3,77	6,61	14,29
közepes bogyó	-	-	-	-	-
kis bogyó	28,34	1,32	4,16	7,00	10,62
fajta: Mobil					
nagy bogyó	140,0	1,285	3,56	8,09	-
közepes1 bogyó	-	-	-	-	-
közepes2 bogyó	91	1,27	3,74	7,65	-
közepes3 bogyó	-	-	-	-	-
kis bogyó	44,5	1,18	3,3	8,82	-

A Salus paradicsomfajta D3-as kezeléséből származó bogyókat szintén két csoportba soroltuk („nagy" bogyók átlagtömege: 39,56 g, „közepes" bogyók: nem volt, „kicsi" bogyók átlagtömege: 29,76 g). A kontrolhoz hasonlóan itt is a 6. mérés eredményei a relevánsak, mivel ezen időpont után a bogyók 70%-a már a rothadás tüneteit mutatta. A rothadt bogyók tömegvesztése pedig jelentősebb, mint az ép héjú terméseké. A kontrolhoz hasonlóan szintén elmondható, hogy a kis bogyók tömegvesztése jelentősebb, mint a nagyobb bogyóké a 3. és a 6. mérés idején is. A nagyobb bogyók tömege 1,6%-kal (3. mérés) és 5%-kal (6. mérés) csökkent, a kisebb bogyóké 2,06%-kal és 6%-kal. Ez a 3. méréskor 25%-os, a 6. méréskor 18%-os különbséget jelent a két csoport között. A 9. és 12. felvételezés alkalmával ugyancsak a kisebb bogyók tömege csökkent nagyobb mértékben.

A Mobil fajta 3 kg-os derítő dózissal kezelt parcellájáról származó bogyóiból 3 csoportot alakítottunk ki („közepes2" bogyók: 92,9g, „közepes3" bogyók: 72,9 g, „kicsi" bogyók átlagtömege: 36,5 g). A kisebb, de még közepesnek mondható bogyók minden mérés alkalmával több vizet párologtattak el, mint a kis kategóriába sorolt termések. A 3. mérésnél 35%-os a különbség a két bogyóméret vízvesztésében, a 6. mérési időpontban 41%, a 9. méréskor pedig 38%. A 6. mérésre a bogyók 20%-a már nem volt mérhető állapotban, a 6. mérést követően a többi termés is romlásnak indult (3. táblázat).

3. táblázat. A Salus és a Mobil paradicsomfajta bogyótömegének és apadási veszteségének kapcsolata D3 kezelés esetében (Nyíregyháza, 2022)

kezelés: D3	bogyó átlagtömeg (g)	apadási veszteség (tömeg%)			
		3. mérés	6. mérés	9. mérés	12. mérés
fajta: Salus					
nagy bogyó	39,56	1,60	4,98	9,39	14,35
közepes bogyó	-	-	-	-	
kis bogyó	29,76	2,06	5,96	10,22	21,13
fajta: Mobil					
nagy bogyó	-	-	-	-	-
közepes1 bogyó	-	-	-	-	-
közepes2 bogyó	92,9	-	-	-	-
közepes3 bogyó	72,9	2,013	6,12	12,0	-
kis bogyó	36,5	1,42	4,04	8,21	-

A eredmények feldolgozásánál arra kerestük a választ, hogy a kezelések hogyan befolyásolták a bogyók tárolás alatti vízvesztését a kezeletlen kontrolhoz képest. A Salus paradicsomfajtánál a 3. mérés során a D2 kezelésből származó termések tömegvesztése 22%-kal kisebb, a D3 parcella termései viszont 22%-kal nagyobb mértékű tömegvesztést szenvedtek el, mint a kontrol bogyók. A 6. mérési időpontban hasonló tendencia figyelhető meg, azaz a kontroltól kevesebb az apadás a D2 és több a D3 esetében. Ebben az időpontban a derítő 2 kg-os dózisa mindössze 4%-os vízveszteséget eredményezett a tárolás alatt, és ezt követően a bogyók 60%-a még ép volt. A kontrolnál 20%, a D3 bogyóknál 30% az ép arány a 6. mérés után. A 9. adatrögzítéskor a kontrol és a D3 tömegvesztése hasonló, 11%. A D2 kezelés esetében 7% a bogyók eredeti tömegéhez viszonyítva.

A Mobil paradicsomfajta esetében hasonló értékeket és tendenciát figyelhetünk meg, mint a Salus fajtánál. A D2 kezelés bogyóinak vízvesztése azonos, vagy kisebb mértékű volt, mint a kontrolé, (illetve minden esetben kisebb, mint a D3 kezelésé). A legnagyobb mértékű tömegvesztés a D3 kezelés hatására következett be a 3. és 6. mérési időpontban, a 9. mérésre kiegyenlítődött a kontrol értékkel. A legtöbb ép bogyó a kontrolnál volt megfigyelhető, legkevesebb a D2 kezelésnél (4. táblázat).

4. táblázat. A Salus és Mobil paradicsomfajták különböző időpontokban mért apadási vesztesége a kezelések hatására (Nyíregyháza, 2022)

	apadási veszteség (tömeg%)		
mérési időpont	**3. mérés**	**6. mérés**	**9. mérés**
kezelések	**fajta: Salus**		
kontrol	1,70a	5,28a	11,00a
D2	1,3b	4,05b	6,93b
D3	2,06b	6,11a	10,84a
kezelések	**fajta: Mobil**		
kontrol	1,24a	4,09a	10,97a
D2	1,5b	4,08a	8,18b
D3	2,35b	5,16b	10,44a

Következtetések

Eredményeink alapján elmondható, hogy kontrol kezelésnél mind a Salus, mind a Mobil nem nagy mértékben, de a bogyó mérete befolyásolta az apadás mértékét. A D2 kezelésnél nem tapasztaltuk a bogyóméret és a tömegváltozás közötti összefüggést. Ennél a kezelésnél a bogyók tároláskori egészségi állapotában eltérő eredményeket kaptunk. A Salus termések hosszabb ideig őrizték meg fogyasztható állapotukat, míg a Mobil bogyók hamarabb romlásnak indultak. A D3-as kezelésnél a Salus fajtánál a kisebb tömegű bogyók nagyobb mértékű vízveszteségét

tapasztaltuk, tehát itt is elmondható, hogy van összefüggés a bogyóméret és az apadási veszteség között. A Mobil fajta esetében a közepes méretű bogyók több vizet veszítettek, mint a kicsi bogyók. Eredményeink alapján megállapítható, hogy a Salus fajtánál a 2 kg/ha mennyiségben kijuttatott derítőszer pozitív hatást gyakorolt a paradicsombogyók tárolás alatti vízvesztésére, mivel a kontrolhoz képest a tömegveszteség jelentősen alacsonyabb, illetve a bogyók rothadása is később következett be. A 3 kg/ha dózisban alkalmazott derítőszer növelte a tesztelt bogyók apadási veszteségét és a bogyók tárolás alatti korai rothadását eredményezte. A Mobil fajtánál megerősíthető, hogy a D3 kezelés növelte a bogyók vízvesztését. Ezen fajtánál a D2 pozitív hatása, miszerint a bogyók keveset párologtattak, illetve kevésbé rohadtak, nem igazolható.

Összefoglalás

Korunk mezőgazdaságának megoldandó feladata a növények oly módon történő tápanyag ellátása, mely talajaink állapotát is kedvezően befolyásolja. A fenntartható mezőgazdasági gyakorlat előnyben részesíti a természetes eredetű anyagok használatát - a növényvédelemben és a tápanyagellátásban is - a szintetikus anyagokkal szemben. Számos alternatív lehetőség áll rendelkezésre, köztük az istállótrágya és annak feldolgozott formái, a gilisztahumusz, a zöldtrágya növények, vagy akár az élelmiszeripari melléktermékek. A Nyíregyházi Egyetemen 2022-ben beállított kísérletünkben különböző derítő dózisok (K: kezeletlen kontrol, D2: 2kg/ha, D3: 3 kg/ha) hatását vizsgáltuk paradicsom tesztnövényen szabadföldi kisparcellás körülmények között. Vizsgált fajták: Salus, Mobil. A termésmennyiség eredményeit 2024-ben közöltük. Jelen publikációban az eltérő derítő dózisokkal kezelt növények bogyóinak tárolás alatti viselkedését, vízvesztésének eredményeit, illetve a bogyóméret és tárolás közbeni tömegveszteség összefüggéseit ismertetjük. Eredményeink alapján megállapítható, a derítő kisebb dózisával (D2) kezelt növények bogyóinak tárolás alatti vízvesztése kisebb volt, mint a kontrol (K) esetében. A nagyobb dózisú (D3) kezelés kedvezőtlenül hatott a termések párologtatására, a tömegvesztés minden esetben meghaladta a kontrol értéket. Megállapítást nyert, hogy Salus 40 gramm alatti bogyói kezeléstől függetlenül a tárolás alatt többet veszítettek tömegükből, mint a nagyobb méretű termések. Ennek az az oka, hogy a kisebb bogyók nagyobb fajlagos felülettel rendelkeznek, így tömegükhöz képest a nagyobb bőrfelületen több vizet párologtatnak el.

Kulcsszavak: *paradicsom (Lycopersicum esculentum* L.*),* derítő, tárolás, vízvesztés

Irodalom

Alzamili, K. (2025). Activated carbon: production technologies, surface chemistry, and chemical engineering applications. *International Journal of Applied Sciences and Technology 4*(7). 206-227.

Anim, A. O., Lutterodt, H. E., Ofori, C. W., Boateng, I. O., Bonsu, J. A., Ankar-Brewoo, G. M., ... & Annan, R. A. (2025). The impact of agricultural practices on food composition–A systematic review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 108388.
https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.108388

Arias-Estévez, M., López-Periago, E., Nóvoa-Muñoz, J. C., Torrado-Agrasar, A., & Simal-Gándara, J. (2007). Treatment of an acid soil with bentonite used for wine fining: effects on soil properties and the growth of Lolium multiflorum. *Journal of agricultural and food chemistry*, *55*(18), 7541-7546. https://doi.org/10.1021/jf070837e

Bramlage, W. J., & Weis, S. A. (2004). Postharvest fruit quality and storage life in relation to mineral nutrients. *New York Fruit Quarterly*, *12*(2), 11-12.

Bulátkó, A. (2019). Aktív szenek a víztisztításban. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar

Csabai, J. – Braun, B. – Hörcsik, Zs. T. – Kolesznyk, A. - Irinyiné Oláh, K.: 2022. Alternatív trágyaszerek és szerkezetjavító anyagok hatása, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira.[In: Bujdosó, Z. (szerk.) XVIII. Nemzetközi Tudományos Napok [18th International Scientific Days: A „Zöld Megállapodás" – Kihívások és lehetőségek] Gyöngyös, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus. pp. 122-128. , 7 p.

Guerrero, M. J., Herrera, J. G. Á., & Fischer, G. (2024). Effect of calcium on fruit quality: a review. *Agronomía Colombiana*, *42*(1), 7.
https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v42n1.112026

Halasz, J. L., Balázsy, S., Kolesnyk, A., & Krausz, E. (2012). The metal uptake of plants on the landfill sites in Bereg County. Studia Universitatis Vasile Goldis Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series), 22(2), 217.

Imas, P. (2024). Improving the Organoleptic Properties of Crops with Potassium. https://icl-growingsolutions.com/agriculture/knowledge-hub/fresh-flavorful-potassiums-impact-on-crop-quality-shelf-life/

Kandemir, K., Piskin, E., Xiao, J., Tomas, M., & Capanoglu, E. (2022). Fruit juice industry wastes as a source of bioactives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *70*(23), 6805-6832. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c00756

Kátai, J., Jakab, A., Sándor, Z., Zsuposné Oláh, Á., & Tállai, M. (2011). Effect of bentonite and zeolite on an acidic sandy soil. *Agrokémia és Talajtan*, *60*(1), 203-218. https://doi.org/10.1556/agrokem.60.2011.1.15

Krajnyák, E. K., Szabó, B., Csabai, J., Hörcsik, Z. T., Makszim Györgyné Nagy, T., Györgyi, G., ... & Pepó, P. (2023). Investigation of the effect of sowing time on one of the key crops of sustainable land use, the hairy vetch (Vicia villosa roth.): growth indicators and yield elements in Nyírség region of east Hungary. *South-Western Journal of Horticulture Biology & Environment*, *14*(1), 14.

Mi, J., Gregorich, E. G., Xu, S., McLaughlin, N. B., Ma, B., & Liu, J. (2021). Changes in soil biochemical properties following application of bentonite as a soil amendment. *European journal of soil biology*, *102*, 103251. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2020.103251

Saviozzi, A., Levi-Minzi, R., Riffaldi, R., & Cardelli, R. (1994). Suitability of a winery-sludge as soil amendment. *Bioresource technology*, *49*(2), 173-178. https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90081-7

Shirvani, A., Mirzaaghaei, M., & Goli, S. A. H. (2023). Application of natural fining agents to clarify fruit juices. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *22*(6), 4190–4216. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13207

Tadda, M. A., Ahsan, A., Shitu, A., ElSergany, M., Arunkumar, T., Jose, B., & Daud, N. N. (2016). A review on activated carbon: process, application and prospects. *Journal of Advanced Civil Engineering Practice and Research*, *2*(1), 7-13.

Tóth, C., Pilik, G. G., Oláh, K. I., & Tóth, B. (2025). The Effect of Alternative Nutrient Supplements on Histological Traits and Postharvest Water Loss in Pepper Fruit. *Horticulturae*, *11*(9), 1113. https://doi.org/10.3390/horticulturae11091113

Vágvölgyi S. – Kosztyuné K. E.: 2025. Savanyú homoktalajok fenntartható hasznosításának agronómiai kihívásai a környezeti változások tükrében. In: Csajbók, József (szerk.) Kihívások és megoldások a szántóföldi növénytermesztésben: Prof. Dr. Pepó Péter 70 éves Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar (2025) 330 p. pp. 222-227., 6 p

[1] https://zkivetomag.hu/paradicsom/49-mobil-1g.html
[2] https://www.kertabc.hu/zoldsegmagok/paradicsom/paradicsom-hossz%C3%BA/paradicsom-salus-detail

EFFECT OF CLARIFIER TREATMENT ON WATER LOSS OF TOMATO BERRIES DURING STORAGE

[1]Katalin Irinyiné Oláh, [2]Tamás Sipos, [3]Judit Tarekné Tilistyák

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
olah.katalin@nye.hu

[2]University of Debrecen, CAES Research Institute of Nyíregyháza,
H-4400 Nyíregyháza, Westsik V. Str. 4-6
sipost@agr.unideb.hu

[3]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, Agricultural and Molecular Research and Service Group,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
tilistyak.judit@nye.hu

Summary

The task of modern agriculture is to provide plants with nutrients in a way that also has a positive effect on the condition of our soils. Sustainable agricultural practice favors the use of natural materials in plant protection and nutrient supply over synthetic materials. There are many alternative options available, including manure and its processed forms, vermicompost, green manure plants, or even food industry by-products. In our experiment set up at the University of Nyíregyháza in 2022, we examined the effect of different clarifier doses (K: untreated control, D2: 2kg/ha, D3: 3 kg/ha) on tomato test plants under open-field small-plot conditions. Varieties tested: Salus, Mobil. The yield results were published in 2024. In this publication, we describe the storage behavior of berries of plants treated with different clarifier doses, the results of water loss, and the relationships between berry size and weight loss during storage. Based on our results, it can be established that the water loss during storage of fruites of plants treated with a lower dose of clarifier (D2) was lower than in the case of the control (K). The higher dose (D3) treatment had an unfavorable effect on fruit evaporation, and weight loss exceeded the control value in all cases. It was found that regardless of the treatment, fruites under 40 grams of Salus lost more weight during storage than larger fruits. The reason for this is that smaller fruites have a larger specific surface area, so they evaporate more water on the larger skin surface compared to their mass.

Keywords: tomato (*Lycopersicum esculentum* L.), clarifier, storage, water loss

EFFECTS OF CULTIVATION CONDITIONS ON THE HERB YIELD OF BASIL (*OCIMUM BASILICUM* L.)

Judit Csabai[1]– Péter József Béres[1] – Felicia Veronica Banciu[2] – Anzhela Kolesnyk[3] –

Katalin Irinyiné Oláh[1]

[1] Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: csabai.judit@nye.hu
[2]Politehnica" University of Timişoara, Integrated Engineering Research Centre
[3] Uzhhorod National University, 3 Narodna Square, Uzhhorod 88000, Ukraine
https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.13

Abstract

Basil (*Ocimum basilicum* L.) is a medicinal, culinary, and aromatic plant cultivated worldwide that has gained increasing attention because of its economic and health-related importance. Improving its cultivation technology may contribute to higher yield and better product quality, particularly under regions with different environmental and soil conditions. The aim of the present study was to evaluate the cultivation potential and yield performance of basil under the soil conditions of the Nyírség region (Hungary) and to compare the effects of different cultivation practices on yield.

Introduction

Ocimum basilicum L. (basil) is a member of the Lamiaceae family and is widely cultivated worldwide as a medicinal, culinary, and ornamental plant. It is distributed from Central Africa to Southeast Asia and plays an important role in horticulture, gastronomy, and medicinal plant research (Varban et al., 2014; Beldean et al., 2020; Kissvarga, 2024; Keskinbaş and Sağlıker, 2026). Basil is believed to have originated in northwestern India, although it has been cultivated for thousands of years in tropical regions of South Asia, Africa, and Central America (Allen, 2020; Ivanova et al., 2023).

In Central Europe, basil became widespread during the sixteenth century, while it was introduced into Hungary through Germany in the middle of the twentieth century. The earliest references to basil in Hungarian literature can be found in *Herbarium* by Péter Méliusz Juhász and *Posoni kert* by János Lippai. Today, in addition to Hungary, the major basil-producing countries include Spain, Turkey, Italy, Egypt, Pakistan, and Bulgaria (Bernáth, 1994; Bernáth, 2000; Bernáth, 2013; Bernáth & Németh, 2007).

In Hungary, basil cultivation generally requires irrigation because of the prevailing climatic conditions. Consequently, large-scale field production is limited, and cultivation is mainly carried out in greenhouses and as potted plants (Radácsi, 2014). The success of basil production largely depends on the genetic background of the cultivars and the cultivation practices applied. The main objectives of basil breeding are to increase yield and improve postharvest keeping quality (Nagy, 2021).

Materials and Methods

The experiment was conducted in 2024 near Pócspetri, Szabolcs-Szatmár-Bereg County, Hungary, on loess-derived sandy soil. Two basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars, 'Genovese' and 'Red Rubin', were included in the study. Seedlings were raised in the greenhouse of the Demonstration Garden of the University of Nyíregyháza using Kekkila seedling substrate. Seed germination was determined from a sample of 100 seeds, resulting in a germination rate of 78%.

The seedlings were transplanted into the open field on 22 June 2024 (Figure 1). Two cultivation treatments were applied during the experiment: an intensive treatment, consisting of daily irrigation and two foliar applications of OmeX Super fertilizer during the growing season, and a semi-intensive treatment, consisting of daily irrigation only. The effects of these treatments on plant growth and yield were evaluated.



Figure 1. Transplanting basil seedlings into the experimental field at Pócspetri in 2024. *Source: Photograph by the author.*

Harvesting was carried out on 4 August 2024 (Figure 2). The fresh weight of the plants was determined using a digital balance. After two weeks of natural air drying, the dry weight was also measured. Based on these measurements, fresh and dry biomass yields, as well as their corresponding yields per hectare, were calculated.



Figure 2. Manual harvesting of basil followed by drying**.** *Source: Photograph by the author.*

Results

Both basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars adapted successfully to the open-field growing conditions at Pócspetri in 2024; however, considerable differences in yield were observed between cultivars and cultivation treatments. In all cases, the intensive treatment, which combined daily irrigation with foliar fertilization, resulted in higher fresh and dry herb yields than the semi-intensive treatment based solely on daily irrigation.
At the first harvest, the 'Red Rubin' cultivar produced 6000 kg ha^{-1} fresh herb yield and 408 kg ha^{-1} dry herb yield under the intensive treatment, whereas the 'Genovese' cultivar achieved 5468 kg ha^{-1} fresh herb yield and 818 kg ha^{-1} dry herb yield. At the second harvest, yields increased in both cultivars. The highest yields were again recorded for the 'Genovese' cultivar under the intensive treatment, reaching 6994 kg ha^{-1} fresh herb yield and 1057 kg ha^{-1} dry herb yield (Figure 3).
The second harvest also demonstrated the good regrowth capacity of both cultivars. Dry herb yield increased by approximately 29% in the intensive treatment of the 'Genovese' cultivar and by about 20% in the intensive treatment of the 'Red Rubin' cultivar compared with the first harvest. Under the semi-intensive treatment, the increase in yield was smaller for both cultivars.
Overall, the results indicate that, under the conditions of the present study, the 'Genovese' cultivar had the highest yield potential. Furthermore, the intensive cultivation treatment, combining irrigation and foliar fertilization, clearly increased both fresh and dry herb yields.

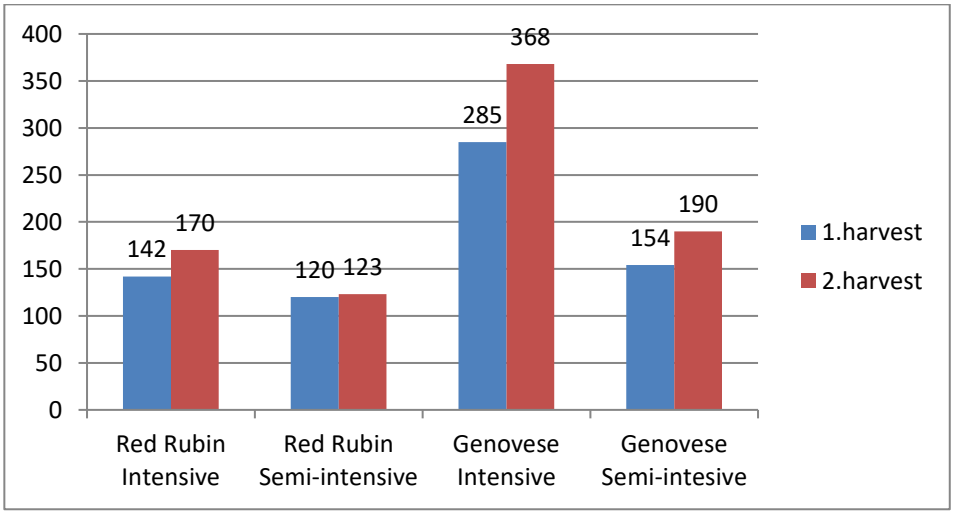


Figure 3. Dry basil yield in 2024, expressed in grams, after the first and second harvests.

Conclusions

The results of the 2024 field experiment demonstrated that, under the studied growing conditions, intensive cultivation, combining daily irrigation with foliar fertilization, had a positive effect on basil yield. Among the two cultivars evaluated, 'Genovese' showed the highest yield potential, particularly in terms of dry herb yield, whereas 'Red Rubin' produced lower yields. The increase in yield observed at the second harvest in both cultivars confirmed the good regrowth capacity of basil when appropriate cultivation practices were applied. These findings indicate that basil can be successfully cultivated on the loess-derived sandy soils of the Nyírség region under irrigated conditions. However, the application of intensive cultivation practices is recommended to achieve higher yields.

Summary

Basil (*Ocimum basilicum* L.) is an important medicinal, culinary, and aromatic plant, the cultivation of which in Hungary generally requires irrigation. The aim of this study was to compare the yield performance of the 'Genovese' and 'Red Rubin' basil cultivars and to evaluate

the effects of intensive and semi-intensive cultivation practices on loess-derived sandy soil in the Nyírség region, Hungary. Fresh and dry herb yields were determined at two harvests during an open-field experiment. The intensive treatment, combining daily irrigation with foliar fertilization, consistently produced higher fresh and dry herb yields than the semi-intensive treatment based solely on daily irrigation. Among the two cultivars, 'Genovese' exhibited the highest yield potential, particularly in terms of dry herb yield. Yields increased at the second harvest in both cultivars, confirming the good regrowth capacity of basil. The results indicate that basil can be successfully cultivated under the environmental conditions of the Nyírség region when appropriate irrigation is provided, while the application of intensive cultivation practices can further enhance productivity.

Keywords: Ocimum basilicum L., basil, Genovese, Red Rubin, cultivation practices, herb yield, irrigation.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the support of the CEEPUS program, which enabled student and staff mobility and thereby made the joint research and publication possible.

References

Allen, L. (2020). A visual history of basil. In *Proceedings of the Oxford Symposium on Food and Cookery* (pp. 55–56).

Bernáth, J. (1994). *Vadon termő és termesztett gyógynövények*. Mezőgazda Kiadó.

Bernáth, J. (2000). *Gyógy- és aromanövények*. Mezőgazda Kiadó.

Bernáth, J. (Ed.). (2013). *Vadon termő és termesztett gyógynövények: Gyűjtésük, termesztésük és felhasználásuk*. Mezőgazda Kiadó.

Bernáth, J., & Németh, É. (2007). *Gyógy- és fűszernövények gyűjtése, termesztése és felhasználása*. Mezőgazda Kiadó.

Beldean, B. V., Chis, M. S., Muste, S., Bordean, M. E., Muresan, I. E., Mateescu, M. A., Szanto, L., & Fostoc, G. (2020). Basil (Ocimum basilicum L.) chemical compositions and applications in food processing. *Hop and Medicinal Plants*, *28*(1-2), 22-31. https://doi.org/10.15835/hpm.v28i1-2.13982

Ivanova, T., Bosseva, Y., Chervenkov, M., & Dimitrova, D. (2023). Sweet basil between the soul and the table—Transformation of traditional knowledge on *Ocimum basilicum* L. in Bulgaria. *Plants, 12*(15), 2771. https://doi.org/10.3390/plants12152771

Keskinbaş, H., & Sağlıker, H. (2026). Ethnobotanical Assessment of Osmaniye. *Eurasian Journal of Medical and Biological Sciences: An International Journal* 6(1): 31-51.

Kissvarga, Sz. (2024). *Bazsalikom: Sokrétű csoda a botanikában, a konyhában és a díszkertészetben*. Növényvédőszer.hu. https://www.novenyvedoszer.hu/szoja/bazsalikom-sokretu-csoda-a-botanikaban-a-konyhaban-es-a-diszkerteszetben

Nagy, Z. R. (2021, október 18.). *Harminc éve kínálnak zöldfűszereket*. *Magyar Mezőgazdaság*. https://magyarmezogazdasag.hu/2021/10/18/harminc-eve-kinalnak-zoldfuszereket/

Radácsi, P. (2014). *Az eltérő vízellátás hatása a kerti bazsalikom (Ocimum basilicum L.) és az egyéves borsfű (Satureja hortensis L.) élettani, produkcióbiológiai és beltartalmi jellemzőire* (Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem).

Varban, D. I., Duda, M. M., Varban, R., Muntean, L., & Muntean, S. (2014). Monitoring of some medicinal and aromatic plant in ecological agricultural system. *Hop and Medicinal Plants*, *21*(1-2), 44-51. https://doi.org/10.15835/hpm.v21i1-2.10070

YIELD PERFORMANCE OF DIFFERENT BASIL (*OCIMUM BASILICUM* L.) VARIETIES

Judit Csabai[1] – Péter József Béres[1] – Felicia Veronica Banciu[2] – Anzhela Kolesnyk[3] – Katalin Irinyiné Oláh[1]

[1] Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: csabai.judit@nye.hu
[2]Politehnica" University of Timişoara, Integrated Engineering Research Centre
[3]Uzhhorod National University, 3 Narodna Square, Uzhhorod 88000, Ukraine

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.14

Abstract

Basil (*Ocimum basilicum* L.) is one of the most widely cultivated medicinal and aromatic plants, valued for both fresh consumption and dried herb production. The objective of this study was to compare the yield performance of four basil cultivars ('Genovese', 'Red Rubin', 'Lemon-scented', and 'Cinnamon') under irrigated field conditions in 2025. The experiment was conducted at the Demonstration Garden of the University of Nyíregyháza, Hungary. Seedlings were transplanted in June and cultivated under drip irrigation without foliar fertilization. Three harvests were carried out during the growing season, and both fresh and dry herb yields were determined.

Significant differences were observed among the cultivars. 'Cinnamon' basil achieved the highest dry herb yield per plant (61.49 g plant^{-1}) and the greatest estimated dry yield (8,198 kg ha^{-1}), despite being grown on a smaller experimental area due to poor germination. 'Genovese' also exhibited high productivity, producing an estimated dry yield of 4,672 kg ha^{-1}. In contrast, 'Red Rubin' consistently produced the lowest fresh and dry herb yields. All cultivars showed substantial increases in biomass production between successive harvests, and favourable climatic conditions allowed a successful third harvest, resulting in markedly higher cumulative yields than typically reported for two-harvest production systems.

The results demonstrate considerable differences in yield potential among basil cultivars and indicate that 'Cinnamon' and 'Lemon-scented' basil are particularly suitable for dried herb production under irrigated field conditions, while 'Genovese' represents a reliable high-yielding cultivar for commercial cultivation.

Introduction

Ocimum basilicum L. (basil) is an annual medicinal and culinary herb belonging to the family Lamiaceae (Keskinbaş and Sağlıker, 2026). Owing to its aromatic leaves and high essential oil content, basil is one of the most widely cultivated herb species worldwide and is valued by the food, pharmaceutical and cosmetic industries (Bernáth, 1994; Csupor, 2012; Kissvarga, 2024). The crop originated in tropical regions of Asia and Africa and later spread throughout Europe, where it became an important spice and medicinal plant (Bernáth, 1994; Varban et al., 2014; Allen, 2020; Ivanova et al., 2023).

Basil exhibits considerable genetic diversity, resulting in substantial variation in plant morphology, aroma, growth habit and productivity among cultivars. Depending on the variety, plants generally reach a height of 10–40 cm and develop an erect, branched stem with opposite ovate leaves and terminal inflorescences. These morphological differences influence both biomass production and commercial value (Bernáth & Németh, 2007; Bernáth, 2013).

The aerial parts of basil accumulate essential oils responsible for its characteristic aroma. European basil chemotypes are dominated by methyl chavicol and linalool, whereas African and Asian types differ considerably in their essential oil composition (Bernáth, 1994; Csupor, 2012;

Beldean et al., 2020). Consequently, cultivar selection is important not only for essential oil quality but also for fresh and dry herb production.

Successful basil cultivation depends on appropriate agronomic practices, including soil preparation, planting method, irrigation and harvest timing. Basil requires a well-prepared seedbed and is generally established by direct sowing or transplanting. Although direct sowing is common in commercial production, transplanting is frequently applied to ensure uniform plant establishment (Bernáth, 2013). Irrigation plays a key role in maintaining vegetative growth and maximizing biomass production, particularly under warm and dry conditions (Radácsi, 2014).

Under Hungarian conditions, basil can usually be harvested twice during the growing season. The first harvest is recommended at the beginning of flowering, while the second harvest is carried out after regrowth and before the onset of autumn frost. Proper harvest timing is essential to achieve high herb yield and maintain product quality (Bernáth, 1994; Domnanics, 2023; Valkovszki et al., 2023).

Among the commercially cultivated cultivars, 'Genovese' is the most widely grown green-leaved basil because of its high yield and excellent culinary quality, whereas purple-leaved cultivars, such as 'Red Rubin', are primarily valued for their ornamental appearance and distinctive aroma. Differences in morphological characteristics and growth performance among cultivars justify comparative studies under different cultivation technologies and environmental conditions (Bernáth, 2013; Kissvarga, 2024).

Materials and Methods

The field experiment was conducted in 2025 at the Demonstration Garden of the University of Nyíregyháza, Hungary. Four basil (Ocimum basilicum L.) cultivars were evaluated: 'Genovese', 'Red Rubin', 'Lemon-scented', and 'Cinnamon' basil.

Seeds were sown on 7 April 2025 in 66-cell propagation trays, with one seed placed in each cell. Two trays were prepared for each cultivar, resulting in a total of 528 seedlings. The seedlings were grown under greenhouse conditions with adequate light and regular irrigation until transplanting.

The seedlings were transplanted to the experimental field on 10 June 2025 following the installation of a drip irrigation system (Figure 1). Plants were spaced 50 cm between rows and 15 cm within rows, providing a growing area of 750 cm² per plant. The total experimental area was 25.35 m². Due to poor germination, the 'Cinnamon' cultivar occupied only 4.80 m², whereas the remaining cultivars ('Genovese', 'Red Rubin', and 'Lemon-scented') were each grown on 6.85 m².



Figure 1. Basil seedlings after transplanting.

Source: Photograph by the author.

According to the soil analysis, the experimental site was characterized by the following soil properties: pH 7.29, Arany plasticity index (KA) 31, humus content 2.1%, salt content 0.02% (w/w), exchangeable sodium 2.3% (w/w), nitrate–nitrite nitrogen 19.1 mg kg^{-1}, potassium 183 mg kg^{-1}, phosphorus 339 mg kg^{-1}, sulfate 207.3 mg kg^{-1}, magnesium 68.4 mg kg^{-1}, sodium 32.3 mg kg^{-1}, zinc 11.67 mg kg^{-1}, copper 2.28 mg kg^{-1}, and manganese 28.4 mg kg^{-1} (Csabai et al., 2022).

During the experiment, all plants were supplied with water through a drip irrigation system. In contrast to the previous year's experiment, no foliar fertilizer was applied, allowing the comparison of cultivar performance under irrigated field conditions without additional nutrient treatments.

The first harvest was carried out on 10 July 2025 (Figure 2 and 3), followed by the second harvest on 6 August 2025 (Figure 3). Owing to favourable weather conditions during the autumn, a third harvest was also performed on 16 October 2025. Plants were harvested manually using pruning shears, leaving the lower leaves intact to promote regrowth.



Figure 2. The basil cultivars included in the experiment one week before the first harvest.

Source: Photograph by the author.





Figure 3. The first and second harvests of the basil cultivars in 2025.

Source: Photograph by the author.

Fresh herb yield was measured immediately after each harvest using a digital balance. The harvested material was then dried under covered, naturally ventilated greenhouse conditions for approximately two weeks, after which the dry herb yield was determined. Fresh and dry herb yields from the three harvests were used to evaluate and compare the productivity of the four basil cultivars.

Results

During the first harvest, clear differences were observed among the four basil cultivars (Table 1). 'Red Rubin' produced 2,888 g of fresh biomass and 178 g of dry herb, indicating relatively low dry matter accumulation and suggesting that this cultivar is more suitable for fresh market production. 'Genovese' yielded 3,722 g of fresh biomass and 332 g of dry herb. The 'Lemon-scented' cultivar produced 2,766 g fresh and 418 g dry biomass, while the 'Cinnamon' cultivar yielded 2,474 g fresh biomass and 324 g dry herb. Considering its smaller cultivation area, 'Cinnamon' exhibited the highest productivity per unit area.

Table 1. Fresh and dry herb yield of four basil cultivars at the first harvest (10 July 2025), Demonstration Garden of the University of Nyíregyháza.

Cultivar	Fresh herb yield (g)	Dry herb yield (g)	Experimental area (m²)	Estimated fresh yield (kg ha⁻¹)	Estimated dry yield (kg ha⁻¹)
Red Rubin	2,888	178	6.85	4,216	259
Genovese	3,722	332	6.85	5,433	485
Lemon-scented	2,766	418	6.85	4,037	610
Cinnamon	2,474	324	4.80	5,154	675

The average dry herb yield per plant also differed considerably among cultivars during the first harvest (Table 2). 'Red Rubin' produced only 1.96 g plant^{-1}, whereas 'Genovese' reached 3.65 g plant^{-1}. Higher values were recorded for the aromatic cultivars, with 4.59 g plant^{-1} for 'Lemon-scented' basil and 5.06 g plant^{-1} for 'Cinnamon' basil.

Table 2. Dry herb yield per plant of the evaluated basil cultivars at the first harvest (10 July 2025).

Cultivar	Total dry herb yield (g)	Number of plants	Dry herb yield (g plant⁻¹)
Red Rubin	178	91	1.96
Genovese	332	91	3.65
Lemon-scented	418	91	4.59
Cinnamon	324	64	5.06

The second harvest resulted in substantially higher dry herb yields for all cultivars (Table 3). Dry biomass increased to 245 g in 'Red Rubin', 786 g in 'Genovese', 778 g in the 'Lemon-scented' cultivar, and 961 g in the 'Cinnamon' cultivar. The corresponding yields per plant were 2.69, 8.64, 8.55, and 15.02 g plant^{-1}, respectively (Table 4). Owing to reduced germination, only 64 plants of the 'Cinnamon' cultivar were available for evaluation; nevertheless, this cultivar achieved the highest individual plant productivity.

Table 3. Fresh and dry herb yield of four basil cultivars at the second harvest (25 August 2025), Demonstration Garden of the University of Nyíregyháza.

Cultivar	Fresh herb yield (g)	Dry herb yield (g)	Experimental area (m²)	Estimated fresh yield (kg ha⁻¹)	Estimated dry yield (kg ha⁻¹)
Red Rubin	1,592	245	6.85	2,324	359
Genovese	6,727	786	6.85	9,820	1,147
Lemon-scented	5,616	778	6.85	8,198	1,135
Cinnamon	6,913	961	4.80	14,402	2,002

Table 4. Dry herb yield per plant of the evaluated basil cultivars at the second harvest (25 August 2025).

Cultivar	Total dry herb yield (g)	Number of plants	Dry herb yield (g plant⁻¹)
Red Rubin	245	91	2.69
Genovese	786	91	8.64
Lemon-scented	778	91	8.55
Cinnamon	961	64	15.02

A further increase in yield was observed during the third harvest (Table 5). Dry herb production reached 579 g for 'Red Rubin', 2,083 g for 'Genovese', 2,165 g for the 'Lemon-scented' cultivar, and 2,650 g for the 'Cinnamon' cultivar. Average yields per plant increased to 6.36, 22.86, 23.80, and 41.41 g plant⁻¹, respectively (Table 6), with 'Cinnamon' showing the highest individual plant performance.

Table 5. Fresh and dry herb yield of four basil cultivars at the third harvest (16 October 2025), Demonstration Garden of the University of Nyíregyháza.

Cultivar	Fresh herb yield (g)	Dry herb yield (g)	Experimental area (m²)	Estimated fresh yield (kg ha⁻¹)	Estimated dry yield (kg ha⁻¹)
Red Rubin	3,685	579	6.85	5,379	845
Genovese	12,726	2,083	6.85	18,578	3,054
Lemon-scented	10,302	2,165	6.85	15,039	3,305
Cinnamon	13,821	2,650	4.80	28,793	5,520

Table 6. Dry herb yield per plant of the evaluated basil cultivars at the third harvest (16 October 2025).

Cultivar	Total dry herb yield (g)	Number of plants	Dry herb yield (g plant⁻¹)
Red Rubin	579	91	6.36
Genovese	2,083	91	22.86
Lemon-scented	2,165	91	23.80
Cinnamon	2,650	64	41.41

Across the three harvests, dry herb yield increased progressively in all cultivars. The cumulative dry yields were 802 g for 'Red Rubin', 3,201 g for 'Genovese', 3,361 g for the 'Lemon-scented' cultivar, and 3,935 g for the 'Cinnamon' cultivar. Although the 'Cinnamon' cultivar was grown on a smaller experimental area because of poor germination, it still produced the highest cumulative dry yield, highlighting its excellent productivity and adaptation to the experimental conditions.

The increase in dry herb yield between the second and third harvests was particularly pronounced. Dry yield increased by 136% in 'Red Rubin', 165% in 'Genovese', 178% in the 'Lemon-scented' cultivar, and 176% in the 'Cinnamon' cultivar. These results indicate that favourable weather conditions and continuous drip irrigation promoted vigorous regrowth after successive harvests, allowing biomass production to increase markedly during the final cutting.

The cumulative dry herb yield per plant reached 10.99 g for 'Red Rubin', 35.15 g for 'Genovese', 36.94 g for the 'Lemon-scented' cultivar, and 61.49 g for the 'Cinnamon' cultivar. While 'Red Rubin' remained the lowest-yielding cultivar, 'Genovese' produced more than twice its yield recorded in the 2024 experiment. The two aromatic cultivars, evaluated for the first time in 2025, showed the highest productivity, with 'Cinnamon' basil achieving the best overall performance.

Extrapolation of the plot yields to a hectare basis (Table 7) indicated estimated fresh herb yields of 7.9–12.5 t ha^{-1} for the cultivars evaluated in 2024 after two harvests. In contrast, the three-harvest system used in 2025 resulted in estimated fresh yields of approximately 11.9 t ha^{-1} for 'Red Rubin' and 27–48 t ha^{-1} for 'Genovese', 'Lemon-scented', and 'Cinnamon' basil. These values considerably exceeded those commonly reported in the literature.

Dry matter production followed a similar trend. In 2024, 'Red Rubin' exhibited a relatively low dry matter ratio (6.7–7.2%), corresponding to 698–897 kg ha^{-1} of dry herb, whereas 'Genovese' reached 12.6–15.0% dry matter and 988–1,876 kg ha^{-1}. In 2025, the estimated dry herb yield increased to 1,462 kg ha^{-1} for 'Red Rubin' and 4,672 kg ha^{-1} for 'Genovese'. The aromatic cultivars showed the highest dry matter content (17–18%) and the greatest estimated dry herb yields (4,906–8,198 kg ha^{-1}), indicating excellent suitability for dried herb production.

Table 7. Summary of fresh and dry herb yield, dry matter content, and fresh-to-dry ratio of the evaluated basil cultivars in 2025.

Cultivar	**Estimated fresh yield (kg ha^{-1})**	**Estimated dry yield (kg ha^{-1})**	**Dry matter (%)**	**Fresh:dry ratio**
Red Rubin	11,919	1,462	12.3	8:1
Genovese	33,831	4,672	13.8	7:1
Lemon-scented	27,274	4,906	18.0	6:1
Cinnamon	48,349	8,198	17.0	6:1

Conclusions

The 2025 field experiment demonstrated significant differences in productivity among the four basil cultivars evaluated under irrigated field conditions. The 'Cinnamon' cultivar achieved the highest dry herb yield per plant and the greatest estimated dry yield per hectare despite being cultivated on a smaller experimental area due to poor germination. 'Genovese' also showed excellent performance, producing high fresh and dry herb yields throughout the growing season. In contrast, 'Red Rubin' consistently exhibited the lowest productivity, indicating that this cultivar is less suitable for high-yield dry herb production under the tested conditions.

The favourable weather conditions in 2025 allowed three successful harvests, resulting in substantially higher cumulative yields than those generally reported for two-harvest production systems. Successive harvests promoted vigorous regrowth in all cultivars, particularly in the aromatic cultivars, which showed the highest dry matter content and the most favourable fresh-to-dry biomass ratio.

Overall, the results indicate that 'Cinnamon' and 'Lemon-scented' basil have considerable potential for commercial dried herb production, while 'Genovese' remains a reliable, high-yielding cultivar suitable for both fresh and dried markets. Further multi-year studies under

different environmental conditions are recommended to confirm the stability of cultivar performance and to optimize basil production technologies.

Keywords: *Ocimum basilicum* L.; Genovese; Red Rubin; aromatic basil; dry herb yield; cultivar evaluation; field experiment

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the support of the CEEPUS program, which enabled student and staff mobility and thereby made the joint research and publication possible.

References

Allen, L. (2020). A visual history of basil. In *Proceedings of the Oxford Symposium on Food and Cookery* (pp. 55–56).

Bernáth, J. (1994). *Vadon termő és termesztett gyógynövények*. Mezőgazda Kiadó.

Bernáth, J. (Ed.). (2013). *Vadon termő és termesztett gyógynövények: Gyűjtésük, termesztésük és felhasználásuk*. Mezőgazda Kiadó.

Bernáth, J., & Németh, É. (2007). *Gyógy- és fűszernövények gyűjtése, termesztése és felhasználása*. Mezőgazda Kiadó.

Beldean, B. V., Chis, M. S., Muste, S., Bordean, M. E., Muresan, I. E., Mateescu, M. A., Szanto, L., & Fostoc, G. (2020). Basil (Ocimum basilicum L.) chemical compositions and applications in food processing. *Hop and Medicinal Plants*, *28*(1-2), 22-31. https://doi.org/10.15835/hpm.v28i1-2.13982

Csabai, J., Braun, B., Hörcsik, Zs. T., Kolesznyk, A., & Irinyiné Oláh, K. (2022). *Alternatív trágyaszerek és szerkezetjavító anyagok hatása a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira*. In Z. Bujdosó (Ed.), *XVIII. Nemzetközi Tudományos Napok: A „Zöld Megállapodás" – Kihívások és lehetőségek* (pp. 122–128). Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus.

Ivanova, T., Bosseva, Y., Chervenkov, M., & Dimitrova, D. (2023). Sweet basil between the soul and the table—Transformation of traditional knowledge on *Ocimum basilicum* L. in Bulgaria. *Plants, 12*(15), 2771. https://doi.org/10.3390/plants12152771

Keskinbaş, H., & Sağlıker, H. (2026). Ethnobotanical Assessment of Osmaniye. *Eurasian Journal of Medical and Biological Sciences: An International Journal* 6(1): 31-51.

Kissvarga, Sz. (2024). *Bazsalikom: Sokrétű csoda a botanikában, a konyhában és a díszkertészetben*. Növényvédőszer.hu. https://www.novenyvedoszer.hu/szoja/bazsalikom-sokretu-csoda-a-botanikaban-a-konyhaban-es-a-diszkerteszetben

Radácsi, P. (2014). *Az eltérő vízellátás hatása a kerti bazsalikom (Ocimum basilicum L.) és az egyéves borsfű (Satureja hortensis L.) élettani, produkcióbiológiai és beltartalmi jellemzőire* (Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem).

Varban, D. I., Duda, M. M., Varban, R., Muntean, L., & Muntean, S. (2014). Monitoring of some medicinal and aromatic plant in ecological agricultural system. *Hop and Medicinal Plants*, *21*(1-2), 44-51. https://doi.org/10.15835/hpm.v21i1-2.10070

WINTER SURVIVAL AND FLOWERING PERFORMANCE OF IN VITRO PROPAGATED *DIANTHUS GIGANTEIFORMIS* SUBSP. *PONTEDERAE* (A. KERN.) SOO UNDER DIFFERENT OVERWINTERING CONDITIONS

Judit Csabai[1] – Sichengcha Tongmoua[1] – Pál Szarvas[2] – Dóra Farkas[2] – Jana Táborská[3] – Tímea Nagy Makszim Györgyné[4] – Judit Dobránszki[2]

[1] Institute of Engineering and Agricultural Sciences, University of Nyíregyhaza, Sóstói str. 31/b, H-4400, Nyíregyhaza, Hungary, csabai.judit@nye.hu, sichengchatongmoua9@gmail.com
[2]Centre for Agricultural Genomics and Biotechnology, Faculty of the Agricultural and Food Science and Environmental Management, University of Debrecen, H-4400 Nyíregyháza, P.O.Box 12., Hungary, e-mail: farkas.dora@agr.unideb.hu, dobranszkijudit@agr.unideb.hu, szarvas.pal@agr.unideb.hu
[3]Institute of Biology, Eszterházy Károly Catholic University, 3300 Eger, Hungary jana.taborska@uni-eszterhazy.hu
[4] University of Nyíregyháza, Institute of Applied Humanities, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b. makszim.gyorgyne@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.15

Abstract

Dianthus giganteiformis subsp. *pontederae* (A. Kern.) Soó is a protected perennial endemic to the Pannonian region whose fragmented populations require effective conservation measures. Although in vitro propagation has been successfully applied to this taxon, little information is available on the post-acclimatization performance of propagated plants under outdoor conditions. The aim of this study was to evaluate the overwintering survival, flowering, and post-winter performance of in vitro-propagated plants under outdoor and greenhouse overwintering conditions.

A total of 160 acclimatized plants representing 20 seed-derived genotypes (Seed IDs) were included in the experiment. Half of the plants were overwintered outdoors under a protective horticultural fleece, while the remainder were maintained in a moderately heated greenhouse (13–15 °C). Plant survival, flowering, flowering stem production, and plant vigor were monitored from November 2025 to June 2026. Treatment effects were evaluated using Pearson's chi-square test, Cramer's V, the paired Wilcoxon signed-rank test, and Spearman's rank correlation.

Outdoor overwintering resulted in higher survival (75.0% vs. 62.5%) and substantially higher flowering (75.0% vs. 30.0%) than greenhouse overwintering. Although the difference in survival was not statistically significant ($p = 0.088$), flowering differed significantly between treatments ($p < 0.001$). Genotype significantly influenced post-winter performance, with considerable variation among Seed IDs. The Final Performance Score was significantly higher following outdoor overwintering ($p < 0.001$), while genotype performance remained positively correlated between the two overwintering treatments (Spearman's $\rho = 0.659$, $p = 0.002$).

These results demonstrate that in vitro-propagated *D. giganteiformis* subsp. *pontederae* can successfully establish, survive winter, and flower under outdoor conditions. The observed genotypic variation highlights the importance of maintaining multiple genetic lines during ex situ propagation. Overall, the study supports the use of micropropagation as an effective tool for the ex situ conservation of this protected taxon and provides practical guidance for its long-term cultivation and conservation management.

Keywords: *Dianthus giganteiformis* subsp. *pontederae;* in vitro propagation; ex situ conservation; overwintering; flowering; genotype performance.

Introduction

Dianthus giganteiformis (Borbás) Heinr. Braun comprises three currently accepted subspecies: subsp. *giganteiformis,* distributed in Bulgaria, Hungary, Romania, Ukraine, and Serbia; subsp.

kladovanus, occurring in Bulgaria, Romania, and Serbia; and subsp. *pontederae*, distributed in Austria, the Czech Republic, Hungary, Romania, Slovakia, and Ukraine. Among these, *D. giganteiformis* subsp. *pontederae* is regarded as an endangered taxon. Dianthus giganteiformis is legally protected in Hungary under the 13/2001 (V. 9.) KöM Decree, while the subspecies is also protected in the Czech Republic and Romania (Hohla et al., 2009; Grulich, 2012; Szatmari, 2014, Royal Botanic Gardens, Kew 2026). Recent floristic surveys have refined the known distribution of the subspecies by reporting new localities, indicating that its occurrence is still incompletely documented (Molnár et al., 2018; Csiky et al., 2018). The taxon is characteristic of species-rich Pannonian saline woodland meadows and forest-steppe grasslands, habitats supporting numerous rare and protected plant species but currently declining in extent (Illyés et al., 2009). Recent studies by Hungarian researchers have further highlighted the ecological importance of the subspecies by demonstrating that it is one of the principal nectar sources of the protected clouded Apollo butterfly (*Parnassius mnemosyne*) in Hungary (Konvička & Kuras, 1999; Välimäki & Itämies, 2003; Baranyai & Korompai, 2007; Cini et al., 2020), emphasizing its role in maintaining species interactions within Pannonian grassland ecosystems (Szigeti et al., 2020; Vajnai et al., 2021; Gór et al., 2023). Consequently, both habitat conservation and ex situ propagation are important components of its long-term conservation.

Many threatened *Dianthus* species face similar conservation challenges. Habitat fragmentation reduces population size and connectivity, promoting genetic isolation and loss of genetic diversity (Putz et al., 2015; Butiuc-Keul et al., 2018). Small, isolated populations may also experience reduced reproductive success, while the abandonment of traditional grassland management promotes shrub encroachment and the degradation of open habitats required by many *Dianthus* species (Németh et al., 2011; Osvalde et al., 2021). These factors highlight the importance of integrating habitat management with complementary ex situ conservation measures.

The conservation of threatened plant species relies on the complementary application of *in situ* and *ex situ* strategies. While *in situ* conservation protects species within their natural habitats, *ex situ* approaches provide an important safeguard against population decline and habitat loss by maintaining living collections and supplying plant material for restoration programmes (Fay, 1992; Pence, 2011). Among *ex situ* techniques, in vitro micropropagation has become an effective tool for the conservation of rare and endangered plant species, enabling the rapid multiplication of plants from limited source material while minimizing collection pressure on natural populations (Fay, 1992; Pence, 2011; Németh et al., 2011; Chandran et al., 2020; Kulak et al., 2022; Farkas et al., 2025).

Numerous protocols have been developed for the in vitro propagation of threatened plant species, and in many cases plants can be successfully regenerated and acclimatized under greenhouse conditions (Fay, 1992; Pence, 2011; Chandran et al., 2020; Kulak et al., 2022). However, relatively few studies have evaluated the long-term performance of micropropagated plants under outdoor conditions, particularly their overwinter survival and flowering, although winter survival, habitat conditions and biotic interactions are major determinants of the long-term persistence of perennial and Dianthus populations (Di Sabato-Aust, 1987; Herrick & Perry, 1995; Kostrakiewicz-Gierałt, 2014). Furthermore, because micropropagation produces clonal propagules, conservation protocols should be designed to preserve the genetic diversity of natural populations by using multiple donor genotypes and maintaining their identity throughout the propagation process.

The aim of this study was to evaluate the overwinter survival and flowering performance of in vitro propagated *Dianthus giganteiformis* subsp. *pontederae* under outdoor conditions and to assess their suitability for conservation purposes.

Materials and Methods

The experiment was conducted using in vitro-propagated plants of *Dianthus giganteiformis* subsp. *pontederae* (A. Kern.) Soó. Micropropagation was performed in early spring 2025 under sterile laboratory conditions at the Tissue Culture Laboratory of the Centre for Agricultural Genomics and Biotechnology, University of Debrecen (Nyíregyháza, Hungary). The rooted

plantlets were acclimatized in a controlled acclimatization room until 12 September 2025 (Figure 1) and subsequently transferred to the greenhouse of the University of Nyíregyháza, where acclimatization was completed under greenhouse conditions (Figure 2).

A total of 160 successfully acclimatized plants, representing 20 Seed IDs, were available for the overwintering experiment. The genotypes were identified by their Seed IDs: 3, 8, 15, 23, 28, 31, 35, 36, 38, 49, 54, 58, 59, 61, 63, 67, 70, 109, 125, and 129. Each Seed ID was represented by eight plants, of which four were assigned to outdoor overwintering and four to greenhouse overwintering, resulting in 80 plants per treatment. Within both treatments, the positions of individual plants were randomized with respect to Seed ID.

Outdoor overwintering treatment. On 1 October 2025, 80 plants were transplanted to the outdoor experimental plot. Plants were arranged in four rows of 20 individuals with approximately 20 cm spacing within rows and 90 cm between rows, ensuring that plants of the same genotype were not grouped together. No irrigation was applied during the overwintering period. To reduce frost damage, plants were protected with a white non-woven horticultural fleece during the coldest part of the winter, which was removed before the onset of spring growth (Figure 3).

Greenhouse overwintering treatment. The remaining 80 plants were maintained in a moderately heated greenhouse at approximately 13–15 °C throughout the winter and watered manually as required under natural daylight conditions.

On 3 April 2026, following the completion of the overwintering evaluation, the greenhouse-overwintered plants were transplanted to the outdoor experimental plot. From this date onwards, all plants were cultivated under identical outdoor conditions and irrigated using a drip irrigation system during the growing season.

The field experiment was conducted in the demonstration garden of the Institute of Engineering and Agricultural Sciences, University of Nyíregyháza, Nyíregyháza, Hungary (47.97398° N, 21.70864° E). The soil was a sandy loam (Arany plasticity index, KA = 31) with a slightly alkaline pH (7.29) and a humus content of 2.1%. The soil had a good nutrient status, containing 339 mg kg^{-1} available phosphorus, 183 mg kg^{-1} available potassium, 19.1 mg kg^{-1} nitrate–nitrogen, 28.4 mg kg^{-1} manganese, and 11.67 mg kg^{-1} zinc (Csabai et al., 2021; Csabai et al., 2022).

During the overwintering period (December 2025–February 2026), outdoor-grown plants were exposed to natural weather conditions. According to the Hungarian Meteorological Service (HungaroMet, 2026), the winter was generally milder and drier than the long-term average; however, January included an approximately three-week cold period with persistent snow cover and minimum air temperatures locally reaching −15 to −20 °C.


A


B

Figure 1. In vitro propagation (A) and acclimatization (B) of *Dianthus giganteiformis subsp. pontederae* (A. KERN.) SOO at the Tissue Culture Laboratory of the University of Debrecen, Agricultural Science Centre, Nyíregyháza Research Institute



Figure 2. Greenhouse acclimatization of *Dianthus giganteiformis subsp. pontederae* (A. KERN.) SOO in the greenhouse of the University of Nyíregyháza



A



B

Figure 3. Transplanted *Dianthus giganteiformis* subsp. *pontederae* (A. KERN.) SOO plants in the outdoor experimental plot (A) and winter protection with white horticultural fleece (B).

Data Collection

Plant performance was assessed at two-week intervals from November 2025 to June 2026. At each assessment, plant survival, flowering, the number of flowering stems, and overall plant vigor were recorded. Plants were considered alive when viable shoots or buds were present. Flowering was recorded when at least one open flower was observed. The number of flowering stems was counted for each flowering plant.

Data Analysis

Survival rate was calculated as the percentage of surviving plants, whereas flowering rate was expressed as the percentage of flowering plants within each treatment. Mean flowering stem number was calculated using all surviving plants only.



Figure 4. Flowering *Dianthus giganteiformis* subsp. *pontederae* (A. KERN.) SOO plants in the outdoor experimental plot

Seed ID evaluation

The performance of the individual Seed IDs was evaluated separately. For each Seed ID, survival, flowering, flowering stem production, and overall plant vigor were evaluated across the replicates. These observations were used to identify genotypes with superior winter hardiness, flowering performance, and post-winter recovery.

Data Analysis

Treatment comparison

The number of stems was recorded for each living plant at every observation date. Blank cells in the stem data represented plants that had died before the observation date and were therefore excluded from the calculation. Living plants that did not produce flowering stems were assigned a value of zero. Mean stem number was calculated using all surviving plants within each treatment (outdoor and greenhouse) at each observation date. Dead plants were not included in the stem analysis because flowering stem production could not be assessed after plant mortality. Survival rate and flowering rate were calculated as the percentage of surviving and flowering plants, respectively, out of the total number of plants in each treatment. The two overwintering treatments were compared based on survival, flowering, and mean stem number.

Seed ID evaluation

The performance of each Seed ID was evaluated separately using the four replicate plants in each overwintering treatment. Survival, flowering, stem development, and overall plant vigor were compared among Seed IDs to identify genotypes with superior winter hardiness, vegetative growth, and flowering performance.

For each Seed ID, a performance score was calculated using three parameters: survival, flowering, and plant vigor. Survival score was based on the percentage of surviving plants. Flowering score was assigned according to flowering performance (100 = all surviving plants flowered, 50–75 = partial flowering, and 0 = no flowering). Plant vigor was evaluated visually based on stem development and overall plant condition using the following scale: very strong = 100, strong = 75, moderate = 50, weak = 25, and dead = 0. The final performance score for each treatment was calculated as the arithmetic mean of the three scores:

$$FPS = \frac{S + F + V}{3}$$

FPS = Final performance score,

S = Survival score,

F = Flowering score,

V = Plant vigor score.

The final performance score (FPS) was calculated as the arithmetic mean of the survival, flowering, and plant vigor scores, with each component contributing equally to the overall evaluation.

Statistical methods

Survival and flowering rates were compared between the outdoor and greenhouse overwintering treatments using Pearson's chi-square test. The strength of the association between overwintering treatment and categorical variables was evaluated using Cramer's V. Differences in the Final Performance Score (FPS) of individual Seed IDs between the two overwintering treatments were analysed using the paired Wilcoxon signed-rank test. The relationship between genotype performance in the two overwintering environments was assessed using Spearman's rank correlation coefficient (Jánosa, 2015). Statistical significance was accepted at $p < 0.05$.

Results

Effects of overwintering treatment

Outdoor overwintering resulted in higher survival and flowering rates than greenhouse overwintering. At the end of the study, 60 of the 80 outdoor-overwintered plants survived (75.0%), compared with 50 of the 80 greenhouse-overwintered plants (62.5%). Flowering was also more frequent in the outdoor treatment, where 60 plants (75.0%) flowered, whereas only 24 plants (30.0%) flowered after greenhouse overwintering (Figure 5). These results indicate that overwintering conditions influenced both plant survival and flowering during the first growing season.

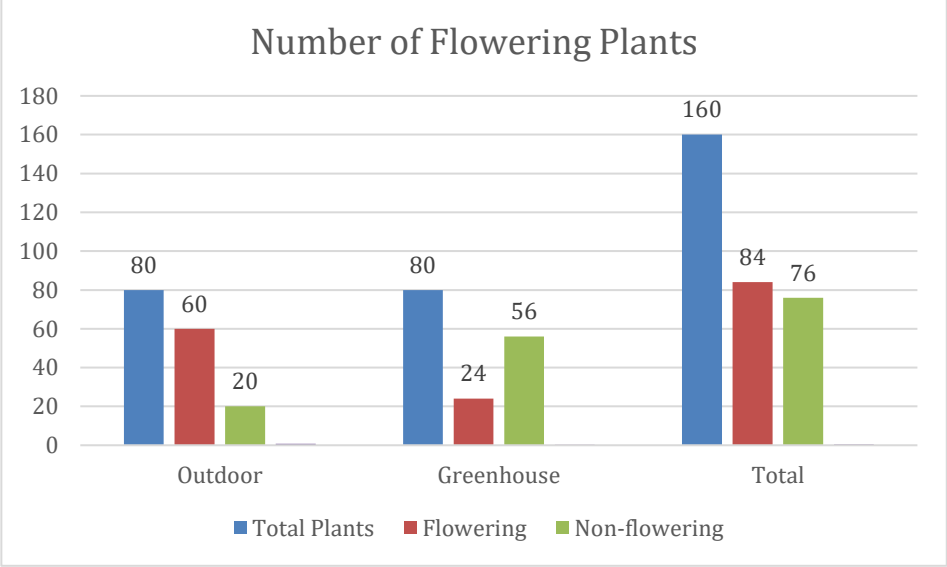


Figure 5. Flowering performance of *Dianthus giganteiformis subsp. pontederae (A. KERN.) SOÓ* under outdoor and greenhouse overwintering conditions (number of plants).

The mean number of flowering stems per surviving plant was consistently higher in plants that had overwintered outdoors than in those that had overwintered in the greenhouse, although all plants were cultivated under identical outdoor conditions during the evaluation

period (Figure 6). On 13 April 2026, the mean number of flowering stems was 9.54 in the outdoor treatment and 6.91 in the greenhouse treatment. By 13 June 2026, these values had increased to 19.38 and 16.28, respectively, indicating greater flowering stem production following outdoor overwintering. The corresponding standard deviations are presented in Table 1.

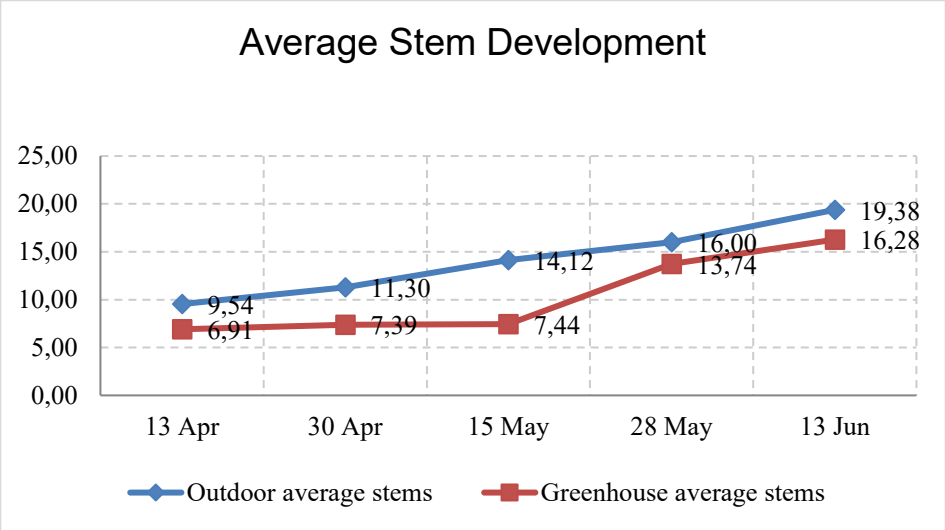


Figure 6. Mean number of flowering stems per surviving plant of *Dianthus giganteiformis* subsp. *pontederae* following outdoor and greenhouse overwintering during the 2026 growing season.

Table 1. Mean (± SD) number of flowering stems per surviving plant under outdoor and greenhouse overwintering conditions.

Date	**Outdoor (mean ± SD)**	**Greenhouse (mean ± SD)**
13 Apr	9.54 ± 6.58	6.91 ± 5.17
30 Apr	11.30 ± 7.00	7.39 ± 5.05
15 May	14.12 ± 7.77	7.44 ± 5.36
28 May	16.00 ± 7.95	13.74 ± 7.02
13 Jun	19.38 ± 10.58	16.28 ± 7.43

Seed ID evaluation

Genotype-level analysis revealed considerable variation among the evaluated Seed IDs (Figure 7). Seed ID 36 achieved the highest average Final Performance Score (91.50), followed by Seed IDs 61 (87.34) and 49 (84.17). In contrast, Seed ID 15 had the lowest score (5.84). Based on the Final Performance Score, 45% of the evaluated Seed IDs were classified as excellent, 25% as good, 15% as moderate, and 15% as weak performers. These results demonstrate substantial differences among seed-derived genotypes in winter survival, flowering, flowering stem production, and overall post-winter vigor, indicating that genotype strongly influenced plant performance under the evaluated overwintering conditions.

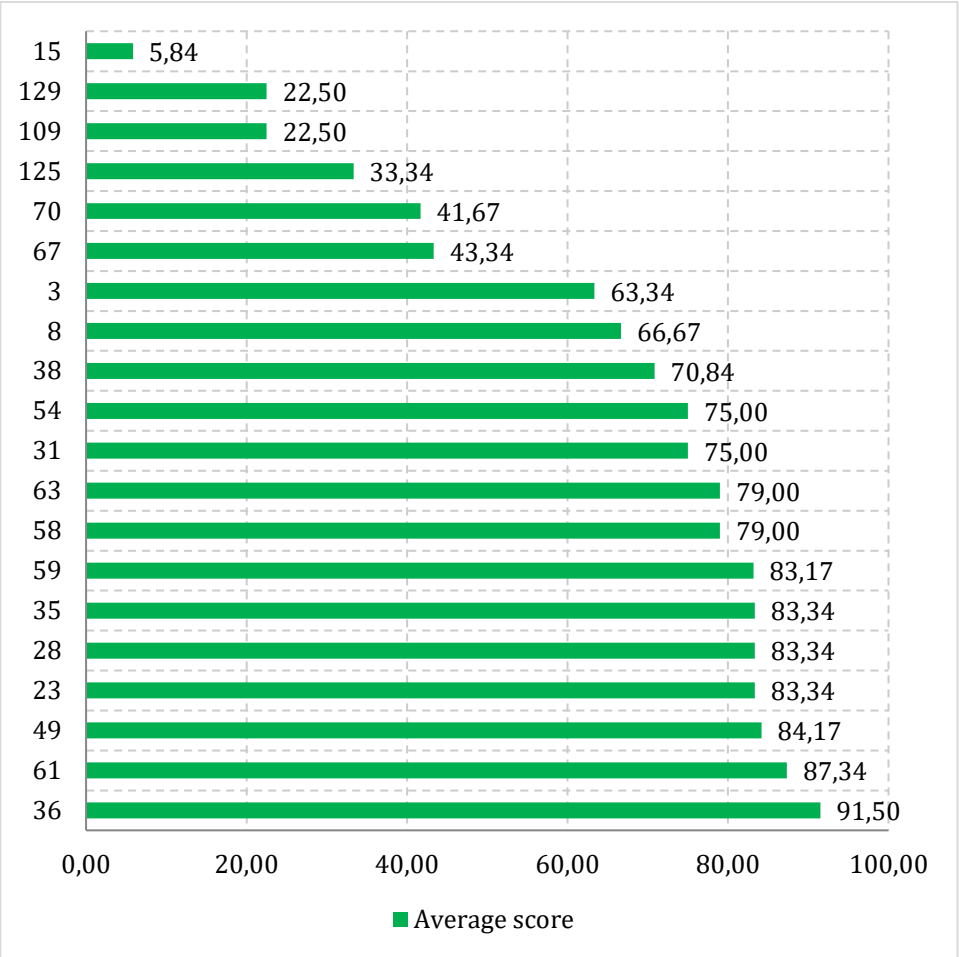


Figure 7. Average Final Performance Scores (FPS) of the evaluated Seed IDs based on survival, flowering, and plant vigor.

Statistical analysis

Pearson's chi-square test showed that the difference in survival rate between the outdoor (75.0%) and greenhouse (62.5%) overwintering treatments was not statistically significant ($\chi^2 = 2.91$, df = 1, $p = 0.088$). The association between overwintering treatment and survival was weak (Cramer's V = 0.135).

In contrast, flowering rate differed significantly between the two overwintering treatments. While 75.0% of outdoor-overwintered plants flowered, only 30.0% of greenhouse-overwintered plants produced flowers ($\chi^2 = 32.48$, df = 1, $p < 0.001$). The effect size was moderate to strong (Cramer's V = 0.451), indicating a pronounced influence of overwintering treatment on flowering.

A paired Wilcoxon signed-rank test revealed a significant difference in the Final Performance Scores (FPS) of the Seed IDs between the two overwintering treatments (Wilcoxon signed-rank test: $W = 0.0$, $p < 0.001$). Overall, genotypes performed significantly better after outdoor overwintering than after greenhouse overwintering.

Spearman's rank correlation analysis revealed a moderately strong positive relationship between the FPS values obtained under the two overwintering treatments ($\rho = 0.659$, $p = 0.002$). Thus, Seed IDs that performed well under outdoor overwintering generally also performed well after greenhouse overwintering, although their overall performance was consistently lower under greenhouse conditions.

Conclusion

This study demonstrated that in vitro-propagated *Dianthus giganteiformis* subsp. *pontederae* can successfully survive winter under outdoor conditions and flower during the subsequent growing season. Outdoor overwintering resulted in higher survival, substantially greater flowering, and higher overall performance than greenhouse overwintering. Although survival did not differ significantly between treatments, outdoor overwintering had a pronounced positive effect on flowering and the Final Performance Score.

Considerable differences were observed among Seed IDs, indicating that genotype influences post-winter performance. This finding highlights the importance of maintaining multiple genetic lines in ex situ conservation programmes rather than relying on a limited number of clones.

These results support the use of micropropagation as an effective tool for the conservation of this protected taxon, provided that adequate genetic diversity is maintained throughout the propagation process. The successful establishment, overwintering, and flowering of in vitro-derived plants demonstrate the potential of this approach for reinforcement of ex situ collections and future conservation actions.

As the present study evaluated plant performance during the first year after acclimatization, further long-term monitoring is required to assess longevity, reproductive success over multiple growing seasons, and the suitability of propagated plants for future population reinforcement or reintroduction programmes.

References

13/2001. (V. 9.) KöM rendelet. (2001). A védett és a fokozottan védett növény- és állatfajokról, a fokozottan védett barlangok köréről, valamint az Európai Közösségben természetvédelmi szempontból jelentős növény- és állatfajok közzétételéről. Magyar Közlöny.

Baranyai T. & Korompai T. (2007): A Tiszántúl repülő ékkövei, Az Észak-Alföld nagylepkéi – Zöldike Ismeretterjesztő Sorozat 19., Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Túrkeve. 51 pp.

Butiuc-Keul, A., Crăciunaș, C., Goia, I., Farkas, A., Jarda, L., & Cristea, V. (2018). Genetic structure of populations of several endangered and endemic Dianthus species revealed by microsatellite markers. Acta Botanica Croatica, 77(2), 181–188. https://doi.org/10.2478/botcro-2018-0022

Cini, A., Barbero, F., Bonelli, S., Bruschini, C., Casacci, L. P., Piazzini, S., & Scalercio, S. (2020). The decline of the charismatic Parnassius mnemosyne (L.) (Lepidoptera: Papilionidae) in a Central Italy national park: A call for urgent actions. Journal of Insect Biodiversity, 16(2), 47–54. https://doi.org/10.12976/jib/2020.16.2.2

Csabai J., Braun B., Tarek M., Oláh K. I. (2021). Effect of alternative nutrient replenishes on soil quality parameters. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія, (50-51), 41-47.

Csabai J., Braun B., Hörcsik Zs. T., Kolesznyk A., Irinyiné Oláh K. (2022). Alternatív trágyaszerek és szerkezetjavító anyagok hatása, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira. In: Bujdosó, Zoltán (szerk.) XVIII. Nemzetközi Tudományos Napok [18th International Scientific Days]: A „Zöld Megállapodás" – Kihívások és lehetőségek. Gyöngyös, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus. pp. 122-128. , 7 p.

Csiky, J., Baráth, K., Csikyné Radnai, É., Deme, J., Wirth, T., Zurdo, J. A., & Kovács, D. (2018). *Pótlások Magyarország edényes növényfajainak elterjedési atlaszához VIII.* Kitaibelia, 23(2), 238–261. https://doi.org/10.17542/kit.23.238

DiSabato-Aust, T., Still, S. M., & Brenneman, G. (1988). Cold hardiness of herbaceous perennials. Proceedings of the International Plant Propagators' Society, 37, 386–392.

Farkas, D., Csabai, J., Kolesnyk, A., Szarvas, P., & Dobránszki, J. (2025). In vitro micropropagation protocols for two endangered Dianthus species: Via in vitro culture for conservation and recultivation purposes. Plant Methods, 21(1), 13. https://doi.org/10.1186/s13007-025-01335-2

Fay, M. F. (1992). Conservation of rare and endangered plants using *in vitro* methods. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant, 28*(1), 1–4. https://doi.org/10.1007/BF02632183

Gór, Á., Lang, Z., Pásztor, K., Szigeti, V., Vajna, F., & Kis, J. (2023). Mate-guarding success depends on male investment in a butterfly. Ecology and Evolution, 13(9), e10533. https://doi.org/10.1002/ece3.10533Digital

Grulich, V. (2012). Red List of vascular plants of the Czech Republic.
Herrick, T. A., & Perry, L. P. (1995). Controlled freezing of twenty-three container-grown herbaceous perennials. Journal of Environmental Horticulture, 13(4), 190–193. https://doi.org/10.24266/0738-2898-13.4.190

Hohla, M., Brandstätter, G., Danner, J., Diewald, W., Essl, F., Fiereder, H., ... & Wittmann, H. (2009). Katalog und Rote Liste der Gefäßpflanzen Oberösterreichs. Stapfia 91. Oberösterreichische Landesmuseen, Linz.

HungaroMet. (2026, March 24). *The weather of the winter of 2025/2026 from an agrometeorological perspective*. https://www.met.hu/

Illyés, E., Bauer, N., & Botta-Dukát, Z. (2009). Classification of semi-dry grassland vegetation in Hungary. *Preslia, 81*, 239–260.

Jánosa, A. (2015). Adatelemzés IBM SPSS Statistics megoldások alkalmazásával. Budapest, Magyar Könyvvizsgálói Kamara Oktatási Központ Kft. ISBN 978-963-9878-41-9

Konvička, M., & Kuras, T. (1999). Population structure, behaviour and selection of oviposition sites of an endangered butterfly, Parnassius mnemosyne, in Litovelské Pomoravíl. Czech Republic. Journal of Insect Conservation, 3, 211-223. https://doi.org/10.1023/A:1009641618795

Kostrakiewicz-Gierałt, K. (2014). *The life-history traits and seedling recruitment of Dianthus superbus L. in different stages of meadow overgrowing*. Acta Agrobotanica, 67(2), 23–30. https://doi.org/10.5586/aa.2014.022

Molnár, C., Haszonits, G., Malatinszky, Á., et al. (2018). Pótlások Magyarország edényes növényfajainak elterjedési atlaszához VI. Kitaibelia, 23(1), 87–102. https://doi.org/10.17542/kit.23.87

Németh A, Mihalik E, Makra O, Balogh L, Szatmári M (2011) Conservation of the Pannon endemic *Dianthus diutinus* Kit. with ex situ and in situ methods. Proc Ex situ propagation and reestablishment of the Pannonian endemic *Dianthus diutinus*. Contribution of the Botanic Garden of the University of Szeged to the implementation of the LIFE06 NAT/H/000104 project. Steppe Oak Woods and Pannonic Sand Steppes. Available online at: http://wwf.hu/media/file/1318412920_Conference_abstract_book.pdf).

Osvalde, A., Jakobsone, G., Akmane, I., Svilāns, A., & Dubova, I. (2021). Dianthus superbus as a critically endangered species in Latvia: Evaluation of its growth conditions and conservation possibilities. AoB PLANTS, 13(5), plab051. https://doi.org/10.1093/aobpla/plab051

Putz, C. M., Schmid, C., & Reisch, C. (2015). Living in isolation – Population structure, reproduction, and genetic variation of the endangered plant species Dianthus gratianopolitanus (Cheddar pink). Ecology and Evolution, 5(17), 3610–3621. https://doi.org/10.1002/ece3.1611

Royal Botanic Gardens, Kew. (n.d.). *Dianthus giganteiformis subsp. pontederae (A.Kern.) Soó.* Plants of the World Online. Retrieved June 27, 2026, from kew.org

Szatmari, P.-M. (2015). Additional glacial relicts in Carei Plain Natural Protected Area, north-western Romania. Acta Horti Botanici Bucuresti, 42, 23–40. https://doi.org/10.1515/ahbb-2015-0003

Szigeti, V., Vajna, F., Kőrösi, Á., & Kis, J. (2020). Are all butterflies equal? Population-wise proboscis length variation predicts flower choice in a butterfly. Animal Behaviour, 163, 135-143. https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2020.03.008

Vajna, F., Szigeti, V., Harnos, A., & Kis, J. (2021). Flower choice in clouded Apollo butterflies (Parnassius mnemosyne (Linnaeus, 1758)). Állattani Közlemények, 106(1–2), 5–31. https://doi.org/10.20331/AllKoz.2021.106.1-2.1

Välimäki, P., & Itämies, J. (2003). Migration of the clouded Apollo butterfly Parnassius mnemosyne in a network of suitable habitats–effects of patch characteristics. Ecography, 26(5), 679-691.First published: 16 October 2003 https://doi.org/10.1034/j.1600-0587.2003.03551.x

KUKORICAHIBRIDEK POLLENSZÓRÁSÁNAK ÉS TERMÉSKÖTŐDÉSÉNEK VIZSGÁLATA

Kosztyuné Krajnyák Edit[1] *– Varga Richárd*[1]

[1]Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b.,
E-mail: krajnyak.edit@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.16

Bevezetés

Hazánk a hibridkukorica vetőmag-termesztésében több évtizedes, sikeres múltra tekint vissza. A megfelelő kukoricahibrid kiválasztása a sikeres kukoricatermesztés kulcsa. Magyarország ökológiai adottságai – öntözés mellett - kedvezőek a vetőmagkukorica termesztéséhez, bár a beltenyésztett szülővonalak jóval érzékenyebbek a környezeti stresszre, mint a kereskedelmi árukukorica. Ezért a klíma változása komoly kihívások elé állítja az ágazatot, mert ma már csak öntözött területeken és precíziós technológiával tartható fenn. Vizsgálatunk célja a P9967, P9042 és P9975 kukorica hibrideknél a pollenszórás folyamatának megfigyelése és elemzése a hibrid előállító táblák apa soraiban, valamint a terméskötődés arányának meghatározása a hibrid előállító táblák női soraiban.

Irodalmi áttekintés

A kukoricahibridek előállítása során elvetett apasorok pollenszórása az egyik legfontosabb tényezője az eredményes vetőmag előállításnak. A pollenszórás intenzitása a genetikai alapok mellett a termőhely minden elemétől függ. Ezek közül kiemelkedik a talaj, melynek fizikai és kémiai jellemzőit a trágyázó- és talajjavító anyagok jelentősen befolyásolják (Csabai és mtsai., 2022; Irinyiné és mtsai., 2019). Emellett a klimatikus tényezők hatása sem elhanyagolható (Csabai et al., 2021). Vetőmagtermesztésre csak azokat a táblákat lehet kijelölni, ahol az izolációs távolság az MSZ 9610-87 számú szabvány előírásainak megfelel (Széll–Pasek, 1995). Az izolációs távolság a vetőmag genetikai tisztaságának megóvását szolgálja. A vetőmagtermesztő táblákat meg kell óvni a nemkívánatos idegen megtermékenyülést előidézhető más kukorica pollenjétől, a beltenyésztett törzsek alapanyag-előállításának esetében és a beltenyésztéses hibridek előállításánál ez a szigetelési távolság 500 m, alapanyag előállításakor 500 m, árukukorica előállításakor 300 m (Bocz, 1996).
A talajelőkészítés az árukukoricáéhoz hasonlóan történhet, de a szülők igényessége itt is jelentkezik. A vetőmag előállításhoz használt vonalak vetőmagja gyengébben kel, kisebb vitalitású, ezért kiváló minőségű, kellően morzsalékos és gyommentes magágyat igényel. (Pepó–Sárvári, 2009). A talaj-előkészítő munkák az elővetemény lekerülése után a tarlóhántással kezdődnek, amelynek célja a nyári és a nyárvégi csapadék befogadása. A termesztés során javasolt az őszi 25–30 cm-es mélyszántás. Tavasszal, amint lehetséges porhanyítsuk a talajfelszínt, ami szintén csökkenti a vízveszteséget, és emellett gyomirtó hatású is. Csak a vetést megelőzően – ha lehetséges kombinátorral végezzük el a magágykészítést (Birkás, 2017).
Az árukukorica és vetőmagkukorica vetése közötti alapvető különbség, hogy utóbbinál anya- és apasorok váltják egymást. A vetés a termesztés egyik legkritikusabb művelete. Az anya- és apasorok arányát úgy kell megválasztani, hogy egyrészt az apasorok virágportermelése az anyasorok jó termékenyülését lehetővé tegye, másrészt, mivel csak az anyasorok teremnek magot, ezek aránya minél nagyobb legyen. Egy-egy apasor több anyasort is megtermékenyít. Az anya és apasorok aránya 2–1, amit 4–2, 6–3 sorelrendezéssel biztosítható (Széll–Pasek, 1995). A vetés elkezdéséhez az optimális talajhőmérséklet 12–14 ºC, mélysége 4–6 cm. A szülőpartnerek tenyészideje, így virágzási ideje különböző lehet, ezért az együtt-virágzás elérése érdekében szükség van frakcionált vagy osztott idejű vetésre. Frakcionált vetésnél az anyasorokkal együtt csak az apasorok egy része vethető el, például 6:3 arány esetében 6 anyasor és 1 apasor vethető egy időben. 4–5 nappal később vethető a második apasor, majd újabb 4–5 nap múlva a harmadik. Ezzel a vetéstechnikával lényegesen javítható az együtt-virágzás valószínűsége, a hosszabb

együtt–virágzás következtében jobb lesz a termékenyülés és nagyobb a termés. Osztott idejű vetés esetében a szülőpartnerek tenyészideje annyira eltér egymástól, hogy a virágzás szinkronizációja csak úgy valósítható meg, ha nem egyszerre kerülnek elvetésre (Pál, 1975). Modi és Asanzi (2008) kutatásai alapján azt állapították meg, hogy a 22 °C nappali hőmérséklet mellett a 16 °C éjszakai, míg 27 °C nappali hőmérséklet mellett a 21 °C éjjeli hőmérséklet a legkedvezőbb, ugyanakkor a 27–33 °C már kedvezőtlen a csírázásra nézve.
A kukorica vetőmagtermesztésénél a vetés, illetve kelés után szántóföldi ápolási munkák is vannak. Ezek célja a vetőmag fajtatisztaságának biztosítása és az irányított keresztezés megvalósítása. A termesztés sikerét alapvetően meghatározzák, ezért nagy odafigyelést igényelnek. Nehezen gépesíthetők, ezért elvégzésükhöz sok kézimunkára van szükség. Az előszelekciót a fajtatisztaság céljából 4–5 leveles állapotban kell elvégezni. A külsőre elütő egyedeket ki kell vágni az állományból, színre, magasságra, levélállásra szelektálva. Az idegenelés minősége az apasorokban sokkal fontosabb, mivel egy idegen apa számtalan anyát termékenyíthet. Azért kell gyökerestől eltávolítani az idegen növényeket, mert a kukorica töve képes újrahajtani és címert hozni. Fattyazáskor a fattyúhajtásokat távolítják el az anyasorokból. A fattyúhajtások is hoznak címert, de általában később, mint a főhajtás, ezért címerezéskor észrevétlen maradhat. A virágzó anyai fattyúhajtás címerezési hibának számít. A fattyazás általában a címerezés előtt egy héttel végezhető. Az öntermékenyülés elkerülése érdekében az anyasorok címereit maradéktalanul el kell távolítani. A címerek nem egyszerre bújnak elő, tehát többször kell végigmenni a táblán az anyasorok pollenhullásának elkerülése érdekében. Általában három szakaszban szükséges címerezni, így van elő-, fő- és utócímerezés. Címerezéskor a címer még a felső 1–2 levélben van, ezzel együtt tépik ki. A munkát úgy kell végrehajtani, hogy a címerezés ne okozzon 1–2 levélnél nagyobb veszteséget. Az utócímerezést több menetben, 2–3 naponként kell elvégezni. Ilyenkor a későn kibújó és az esetleg beszakadt címereket kell eltávolítani. Ha a főcímerezés jó időpontban és gondosan elvégzett, az utócímerezés kevés munkát jelent (Marton–Szundy, 2009). Az apasorokat a virágzás után el kell távolítani, hiszen ezek is hoznak termést, ami a vetőmag közé keveredve rontja annak biológiai értékét, fajtatisztaságát. A vetésmódtól függően az apasorokat be lehet takarítani járva szecskázó géppel és silózásra felhasználni. A betakarítás, rakodás, szállítás, feldolgozás során a legfontosabb szempont az értékes vetőmag sérülésének elkerülése (Assenbrenner–Scheider, 2022).

Anyag és módszer

A megfigyelést az Agro-Halász Kft. -nél végeztük el 2024- ben. A cég Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyei Nagyhalászon található. A termőterület jelentős részén centerek és lineárok segítségével öntözés biztosított. A talaj pH –ja enyhén savas 6,2–6,5 jó víz és tápanyag gazdálkodással rendelkezik. A tápanyag ellátottság közepes szintű, különösen a foszfor és kálium tekintetében. A cég vetőmag előállítással már 8-10 éve foglalkozik, több multi számára történt már termeltetés, mint a syngenta, corteva és saatbau. A vetőmagtermesztésben a pontosság és precíz agrotechnikai műveletek mellett, az egyenletes és stabil öntözésnek nagy jelentősége van. Az éves csapadék mennyiség 500-600 mm amely jelentős része nem a vegetációs időszakban hullik. Az egyre szélsőségesebb időjárási viszonyok miatt nagyobb jelentősége van az öntözésnek is (Makszim, 2021; Soós–Makszim, 2024). Az éves középhőmérséklet 10-11 ^{0}C tenyészidőszakban 15-22 ^{0}C között alakul. A 2024-es évben a tavaszi hónapokban az átlagosnál melegebb időjárás volt jellemző, még a nyári hónapokban időszakos aszályos periódusok fordultak elő. A cég nagy előnye még a vetőmagtermesztésben a nagy tábla méret, ugyanis a hibridkukorica előállításának egyik kulcstényezője az izolációs távolság. Az idegen beporzás elkerülése érdekében, valamint hogy megfelelő minőségű vetőmagot tudjunk termeszteni körülbelül 200 m izolációs távolságra van szükség. A cég több olyan tábla mérettel is rendelkezik ahol a terület nagysága 100 hektár, vagy a feletti így saját izolációt tudunk biztosítani a vetőmagtermesztéshez.

A megfigyelések helyszínéül szolgáló terület talaja középkötött vályog mechanikai összetételű, csernozjom jellegű, amely kedvező víz- és levegőgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkezik. A talaj pH-értéke enyhén savas, 6,2 – 6,5 közötti tartományban mozog, amely optimális feltételeket biztosít a makro- és mikro tápanyagok felvehetőségéhez. A foszfor- és

káliumtartalom közepes szinten volt jelen, amelyet a gazdaság szükség szerint kiegészítő műtrágyázással optimalizált.

A megfigyelések több, öntözéssel ellátott táblán történtek, ahol lineár öntözőrendszer működik. Ez a technológia lehetővé tette a vízellátás rendszeres és szabályozott biztosítását, amely különösen nagy jelentőséggel bírt a 2024-es év termesztési szezonjában. Az év során az átlagosnál melegebb tavasz és több rövidebb, ám intenzív nyári aszályos időszak jelentett kihívást a növényállomány számára. A térség éves csapadékösszege jellemzően 500–600 mm között alakul, ugyanakkor annak időbeli eloszlása gyakran egyenetlen, ezért a megfelelő hozambiztonság és termésminőség eléréséhez az öntözés elengedhetetlen tényezőnek bizonyult.

A 2024-es év időjárási viszonyai Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyében, különösen Nagyhalász térségében, a csapadékeloszlás és a hőmérsékleti értékek tekintetében is jelentős ingadozásokat mutattak. A májustól szeptemberig tartó vegetációs időszak havi átlaghőmérséklet- és csapadékadatait az 1. táblázat részletesen ismerteti.

1.táblázat: Nagyhalász átlag hőmérséklete és csapadék mennyisége

Hónap	**Átlaghőmérséklet (°C)**	**Csapadék (mm)**
Május	18,6	91,8
Június	22,5	74,1
Július	25,8	4,5
Augusztus	26,4	36,3
Szeptember	19,0	127,8

Forrás: saját szerkesztés

A szülővonalak jellemzése mindig kicsit kényes, mert ezek a Pioneer vagy bármely nagy vetőmagcég esetében titkosított, nem nyilvános fajtaleírásokkal rendelkeznek. Ettől függetlenül általánosíthatunk arról, hogy milyen tulajdonságokat várunk el egy szülővonaltól, illetve mit lehet tudni általános szakmai tapasztalatok alapján (2. táblázat).

2. táblázat: A kísérletben vizsgált hibridek bemutatása

Tulajdonság	P9967	P9975	P9042
Anya vonal	Alacsony, finom szárú, gyenge stressztűrés, kisebb vegetatív tömeg	Mérsékelten alacsony, kisebb szár szilárdság, finom növényfelépítés	Közepes magasság, mérsékelten erős szár, kisebb biomassza
Apa vonal	Erős pollenprodukció, jó virágzási kitartás, kiváló állóképesség	Magas növény, kiváló pollenprodukció, jó stressztűrés, stabil genetika	Erős pollenprodukció, jó stressztűrés, magas genetikai tisztaság
Pollen szerepe	Genetikai stabilitás, életképesség, szinkronizált virágzás	Genetikai stabilitás biztosítása	Genetikai tisztaság és termékenyülés biztosítása

Az őszi mélyszántást 25–30 cm mélységben végeztük el, amely biztosította a kukorica gyökérzetének megfelelő fejlődéséhez szükséges talaj lazultságot és mélységet. Ezt a műveletet 2023. október–november hónapokban hajtottuk végre. Tavasszal a magágykészítést illetően, aprómorzsás és jól tömörödött talajfelszín kialakítására törekedtünk a precíziós vetés érdekében. Első lépésként, márciusban, fogas boronával zártuk le a téli szántást, majd ezt követően kompaktorral vagy kombinátorral készítettük elő a magágyat. A tápanyag-utánpótlást talajvizsgálati eredmények alapján határoztuk meg, különös figyelmet fordítva a foszfor- és káliumtartalomra, valamint a nitrogénellátottságra. A kísérlet során a vetéssel egy menetben végeztük a tápanyag-kijuttatást is: MAP műtrágyát és nitrogénalapú tápanyagot juttattunk ki, hogy biztosítsuk a kezdeti fejlődéshez szükséges optimális feltételeket. A hibridkukorica vetőmagtermesztésének egyik legkritikusabb fázisa a vetés, mivel az anyai és apai vonalak

megfelelő arányú, pontos térbeli elrendezése, valamint az optimális vetésidő alapvetően meghatározza a beporzás sikerességét és a termés genetikai tisztaságát. A vetés 2024. április 18-án, a talaj 10 cm-es mélységben mért hőmérsékletének tartós 10–12 °C-os értéke mellett történt. Az anyai és apai vonalakat időzítve vetettük, hogy a virágzási szinkronizáció a beporzás idejére megfelelő legyen. Az apai vonal vetése általában 3–5 nappal később történik, vagy a későbbi virágzású genotípus kerül korábban vetésre, a virágzási szinkron biztosítása érdekében. A vetés során 4:2 vagy 6:2 soraránytalkalmaztunk, vagyis négy sor anyai és két sor apai szülővonalat vetettünk. Ez az arány biztosította az egyenletes és bőséges pollenellátottságot, miközben maximalizálta az anyai sorokból betakarítható hibrid vetőmag mennyiségét. A vetést precíziós vetőgéppel hajtottuk végre 70 cm sortávolság mellett. Bizonyos esetekben szűkített vetéstechnológiát is alkalmaztunk, amely során az apai sorok sortávolsága 50 cm volt, hogy még intenzívebb pollenellátást érjünk el. Az anyai sorokban 12–18 cm-es tőtávolságot, míg az apai sorokban 19–30 cm-es tőtávolságot állítottunk be a növények optimális fejlődése érdekében. A vetéshez felhasznált szülői vonalak magjai előzetes minőségellenőrzésen estek át, a vetés megkönnyítésére külön színben csomagolt és jelölt zsákban érkezik a vetőmag. Általában apa és anya vonal más színre is van csávázva. A vetőmagot 5 cm mélységbe vetettük, egyenletes tőeloszlással 72000 csíra/ha, figyelembe véve a talaj aktuális nedvességi állapotát, valamint a csírázáshoz szükséges napok számát,

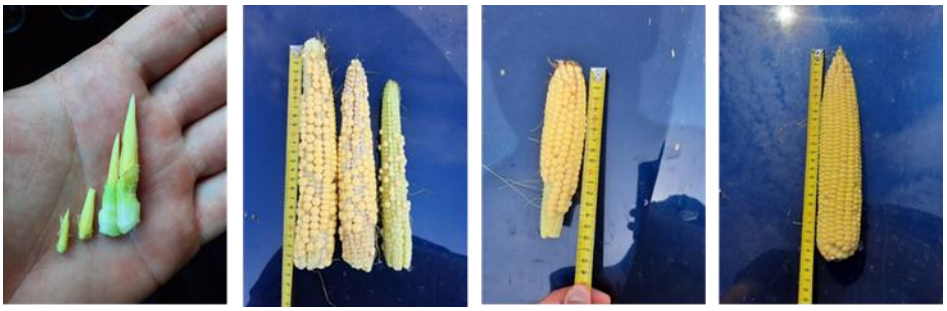
A vizsgálatunk célja három különböző kukorica hibrid a Pioneer P9967, P9042 és P9975 pollenszórásának kezdete, időtartama és időbeli eltéréseinek összehasonlítása volt. A kísérlettechnikai háttér összefoglalását a 3. táblázatban jelenítettük meg.
A kísérlet során mindhárom hibridből 20 tő egyedeit figyeltük meg naponta, hogy mikor jelentek meg az első portokok, a pollenszórás kezdete, és mikor zárult le a pollenszórás (amikor már nem volt aktív porzás). A pollen vizsgálat a virágzás várható időpontjában történt a legegyszerűbb módszerrel a szemrevételezéssel. A vizsgálat során az alábbiakat figyeltük.

3. táblázat: Pollenszórás vizsgálatának összefoglalása

Vizsgált év	2024
Vizsgálatba vont kukorica hibridek	P9967 apa sorok növényei P9042 apa sorok növényei P9975 apa sorok növényei
Vizsgált növények száma	20 db/nap
Vizsgált paraméterek:	- pollenszórás kezdete - pollenszórás vége
A vizsgálat időpontja	2024. július
A vizsgálat módszere	szemrevételezés
A vizsgálat eszköze	megfigyelés

Forrás: saját szerkesztés

További vizsgálatunk arra irányult, hogy a női sorokban milyen arányban történt sikeres megtermékenyülés, és milyen mértékben fordultak elő hiányos vagy torz csőkitelítődések (1 ábra).



1. ábra: Hiányos terméskötődés a csövek méretének alakulása

A terméskötődés vizsgálatának időpontja a teljes érés fenológiai állapotában volt, amikor a csőhossz és szemkitelítődés már jól értékelhető. Mintavétel hibridenként 25 cső véletlenszerű mintázásával, parcellánként 4 ismétlésben. Vizsgált paraméterek a bibehossz (mm), a megtermékenyült csövek száma (db), hiányos csövek (db), átlagos sorhiány (sor/db), csúcshiányos csövek aránya (4. táblázat).

4. táblázat: Terméskötődés kísérlettechnikai hátterének összefoglalása

Vizsgált év	2024
Vizsgálatba vont kukorica hibridek	P9967 anya sorok növényei P9042 anya sorok növényei P9975 anya sorok növényei
Vizsgált növények száma	25 db
Ismétlések száma	4
Vizsgált paraméterek	- bibehosszúság (cm) - megtermékenyült csövek (db) - hiányos csövek (db) - átlagos sorhiány (sor/db) - csúcshiányos csövek (%)

Forrás: saját szerkesztés

Eredmények és azok értékelése

A vizsgálatok alapján – az 5. táblázat szerint – a P9042 hibrid pollenszórása tartott a leghosszabb ideig 7 nap, míg a P9967 és P9975 hibrideknél ez 6 nap volt. A kezdési időpontban is volt eltérés: a P9975 kezdett legkorábban 62. nap, míg a P9042 csak a 65. napon. Ezek az eltérések fontos szerepet játszanak a hibrid előállítás során, mivel a nőivarú és hímivarú szülővonalak virágzási szinkronja kritikus a sikeres termékenyüléshez.

5. táblázat: Pollenszórás időtartamának vizsgálata

Hibrid	Pollenszórás kezdete (nap)	Pollenszórás vége (nap)	Időtartam (nap)
P9042	65	72	7
P9967	63	69	6
P9975	62	68	6

Forrás: saját szerkesztés

A bibék növekedése (6. táblázat) minden női szülővonal esetében a 3–4. napon érte el a maximumot. A P9042 női vonal mutatta a legnagyobb bibehosszt 25,9 mm, míg a P9975 kissé elmaradt a többiektől. A bibehossz csökkenése a virágzás 5–6. napjától kezdődött, ami arra utal, hogy a sikeres megtermékenyítéshez a hím sor pollenleadásának ebben az időszakban kell történnie.

6. táblázat: A bibék növekedésének kimutatása a vizsgált hibrideknél

A bibekilógás utáni napok	P9967 női vonal (mm)	P9975 női vonal (mm)	P9042 női vonal (mm)
1. nap	18,4	17,2	19,1
2. nap	22,5	20,9	23,3
3. nap	24,8	23,1	25,2
4. nap	25,6	24,2	25,9
5. nap	25,3	24,1	25,6
6. nap	24,2	25,6	24,7

Forrás: saját szerkesztés

A vizsgálat eredményei szerint (7. táblázat) a P9967 hibrid teljesített a legjobban a terméskötődés szempontjából, a vizsgált 100 cső közül 92 teljesen megtermékenyült, ami mindössze 8%-os

hiányossági arányt jelentett. Ez a hibrid mutatta a legalacsonyabb átlagos sorhiányt is (1,6 sor/db), valamint a csúcshiányos csövek aránya is kedvezően alakult (5%). Az adatok alapján a P9967 hibrid női soraiban tehát erős termékenyülési képesség és kiegyensúlyozott sorfejlődés volt megfigyelhető.
A P9975 hibrid esetében már magasabb hiányossági arányt tapasztaltunk: a csövek 85%-a volt teljesen megtermékenyült, 15%-uk hiányosnak bizonyult. Az átlagos sorhiány itt 2,3 sor/db volt, míg a csúcshiányos csövek aránya 9% körül alakult. Ez a hibrid tehát közepesen teljesített, és valamelyest érzékenyebb lehetett a termékenyülést befolyásoló környezeti tényezőkre.
A leggyengébb eredményeket a P9042 hibrid mutatta: a csövek 19%-a hiányos volt, az átlagos sorhiány 2,9 sor/db-re emelkedett, és a csúcshiányos csövek aránya is elérte a 13%-ot. Ebből látható, hogy ennél a hibridnél gyakrabban jelentkezett csúcs hiány és egyenlőtlen sorfejlődés, ami a termékenyülési folyamat zavarára utal.

7. táblázat: Terméskötődés vizsgálata a kísérletbe vont hibrideknél

Hibrid	Vizsgált csövek száma (db)	Megtermékenyült csövek száma (db)	Hiányos csövek (%)	Átlagos sorhiány (sor/db)	Csúcshiányos csövek (%)
P9967	100	92	8	1,6	5
P9975	100	85	15	2,3	9
P9042	100	81	19	2,9	13

Következtetések

A vizsgálatok azt mutatták, hogy a hímszülők között jelentős különbségek vannak a virágzás kezdete és hossza tekintetében, ami befolyásolhatja a női sorok termékenyülését. A P9967 esetében egyenletes, 7 napos pollenszórás volt megfigyelhető, míg a P9975 gyors és rövid, a P9042 pedig hosszabb, de elnyújtott virágzást mutatott. A virágzási szinkronhiányból adódó termékenyülési problémák elkerülése érdekében elengedhetetlen a szülővonalak virágzási dinamikájának pontos ismerete. Ennek alapján javasolt, hogy a női és hím sorok vetési idejét előzetes fenológiai ismeretek alapján tervezzék meg, és szükség esetén alkalmazzanak vetésidő-eltolást vagy differenciált vetéstechnikát. A terméskötődés és a csőkitelítődés elemzésénél a P9967 hibrid mutatta a legjobb eredményeket, ahol a csövek több mint 90%-a teljesen megtermékenyült. Ezzel szemben a P9975 és a P9042 esetében jóval magasabb arányban fordultak elő hiányos, csúcshiányos vagy torz csövek, amelyeket a nem megfelelő pollenellátottság, környezeti stresszhatások, illetve elcsúszott virágzási idő okozhatott.

Összefoglalás

Kísérleteinket 2024-ben Nagyhalászban, az Agro-Halász Kft. területén végeztük el, vályogtalajon, centeres öntözéses körülmények között. Vizsgálatunk célja a P9967, P9042 és P9975 kukorica hibrideknél a pollenszórás folyamatának megfigyelése és elemzése a hibrid előállító táblák apa soraiban, valamint a terméskötődés arányának meghatározása a hibrid előállító táblák női soraiban.
A pollenszórás időtartamára, intenzitására irányuló vizsgálatok megmutatták, hogy a hímszülők között jelentős különbségek vannak a virágzás kezdete és hossza tekintetében, ami befolyásolhatja a női sorok termékenyülését. A P9967 esetében egyenletes, 7 napos pollenszórás volt megfigyelhető, míg a P9975 gyors és rövid, a P9042 pedig hosszabb, de elnyújtott virágzást mutatott.
A terméskötődés arányát és a hiányos csőkitelítődés gyakoriságát elemezve a P9967 hibrid mutatta a legjobb eredményeket, ahol a csövek több mint 90%-a teljesen megtermékenyült. Ezzel szemben a P9975 és a P9042 esetében jóval magasabb arányban fordultak elő hiányos, csúcshiányos vagy torz csövek, amelyeket a nem megfelelő pollenellátottság, környezeti stresszhatások, illetve elcsúszott virágzási idő okozhatott. Összefoglalva elmondható, hogy a hibridkukorica előállítás sikerességét jelentősen befolyásolja a vetéstechnológia precizitása, a szülővonalak fenológiai összehangolása és a termékenyülést biztosító kedvező környezeti feltételek megteremtése.

Kulcsszavak: hibridkukorica, pollenszórás, terméskötődés

Irodalom

Assenbrenner E. – Scheidler J. (2022): A növénytermesztés gyakorlata. Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.

Birkás M. (2017): Talajművelési ABC. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó Kft., Budapest.

Bocz E. (1996): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Csabai J., Cziáky Z., Tarek M., Vígh Sz., Aka Sagliker H., Klimiene A., Hörcsik Zs., Irinyiné Oláh K., (2021): Investigation of the quality properties of chili peppers under different climatic conditions and cultivation technology In: Bülent, yaniktepe the international conference on engineering, natural and applied science : proceedings book : icenas'21 Osmaniye, Törökország : Osmaniye Korkut Ata University (2021) 344 p. pp. 337-344. , 8 p.

Csabai J., Braun B., Hörcsik Zs. T., Kolesznyk A., Irinyiné Oláh K. (2022): Alternatív trágyaszerek és szerkezetjavító anyagok hatása, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira. In: Bujdosó, Zoltán (szerk.) XVIII. Nemzetközi Tudományos Napok [18th International Scientific Days]: A „Zöld Megállapodás" – Kihívások és lehetőségek. Gyöngyös, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus. pp. 122-128. , 7 p.

K. Irinyiné Oláh, D. Lipcsei, B. Ragány, H. Aka Sağliker, Z. Cziáky, Sz. Vigh, M. Tarek, J. Csabai: (2019): Szerves trágyaszerek és talajjavító anyagokhatása a chili paprika növekedés-dinamikájára. „Komplex vidékgazdasági és fenntarthatósági fejlesztések kutatása. szolgáltatási hálózatának kidolgozásaa Kárpát-medencében"EFOP-3.6.2.-16-2017-00001 azonosító számú projekt Tápanyagutánpótlás a fenntartható homoki gazdálkodásban szakmai konferencia. 2019. március 27. pp 1-6.

Makszim Györgyné Nagy, T. (2021). A területfejlesztés aktuális kérdései Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében. In C. Tóth (Ed.), Őshonos- és tájfajták – ökotermékek – egészséges táplálkozás – vidékfejlesztés: Minőségi élelmiszerek – egészséges környezet – fenntartható vidéki gazdálkodás. Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században (pp. 327–334). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet.

Marton L. Cs. – Szundy T. (2009): Vetőmag előállítás a kukoricában. Agrofórum Extra, 15-22.

Modi A.T. - Asanzi N.M. (2008): "Seed performance of maize in response to phosphorus application and growth temperature is related to phytate-phosphorus occurrence." Crop Science, 286-294.

https://doi.org/10.2135/cropsci2007.06.0367

Pál I. (1975): A hőmérséklet-változás hatása a kukorica táplálóion- és vízfelvételének napi ritmusára. Agrártudományi Egyetem, Gödöllő.

Pepó P. – Sárvári M. (2009): Gabonanövények termesztése. Tankönyv. Budapest

Soós, A., & Nagy T. M. (2024). Károsodott környezeti elemek, kihívás előtt álló mezőgazdaság – mielőbbi megoldás a paradigmaváltás. Mezőgazdasági Technika, 65(1), 2–7.

Széll B. – Pasek, B. (1995). A kukorica vetőmagtermesztésének technológiája. In: Kukoricatermesztés. Szerk.: Bocz, E. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest

INVESTIGATION OF POLLEN SHEDDING AND FRUIT SET IN MAIZE HYBRID

Edit Kosztyuné Krajnyák[1] – Varga Richárd[1]

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, Department of Agricultural Sciences and Environmental Management, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b
krajnyak.edit@nye.hu

Summary

We conducted our experiments in 2024 at Nagyhalász, on the premises of Agro-Halász Kft., on loam soil under center-pivot irrigation. The aim of our study was to observe and analyze the pollen shedding process in the male rows of hybrid seed production fields for the P9967, P9042, and P9975 maize hybrids, as well as to determine the kernel set rate in the female rows of these fields.
Studies on the duration and intensity of pollen shedding revealed significant differences among the male parents regarding the onset and length of flowering, which can influence the fertilization of the female rows. For P9967, a steady, 7-day pollen shed was observed, whereas P9975 exhibited rapid, short flowering, and P9042 showed a longer but more protracted flowering period.
An analysis of the kernel set rate and the frequency of incomplete ear fill revealed that the P9967 hybrid performed best, with over 90% of the ears fully fertilized. In contrast, the P9975 and P9042 hybrids showed a significantly higher incidence of incompletely filled, poorly tip-filled, or malformed ears—issues likely caused by inadequate pollen supply, environmental stress, or poor flowering synchronization.

Keywords: hybrid maize, pollen shedding, kernel set

VETÉSMÉLYSÉG HATÁSA A P9967 KUKORICAHIBRID CSÍRÁZÁSÁRA ÉS KELÉSDINAMIKÁJÁRA

Kosztyuné Krajnyák Edit[1] *– Varga Richárd*[1]

[1]Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b.,
E-mail: krajnyak.edit@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.17

Bevezetés

A kukorica az egyik legfontosabb szántóföldi növény a világon, mely alapvető szerepet játszik az emberi táplálkozásban, az állati takarmányozásban és az ipari alapanyagok előállításában. Az elmúlt évtizedekben a hibridkukorica termesztése forradalmasította a kukoricatermelést, jelentősen növelve a hozamokat és javítva a termény minőségét. A vetés a hibridkukorica-termesztés legkritikusabb agrotechnikai eleme, mivel a technológiai hibák a későbbiekben már nem korrigálhatók. A vetés minősége közvetlenül meghatározza a kelés homogenitását és a tőszámot, amelyek a maximális terméshozam alapjai. Vizsgálatunk célja annak meghatározása volt, hogy a P9967 kukoricahibrid esetében a különböző vetésmélységek (3 cm, 5 cm és 7 cm) hogyan befolyásolják a magvak csírázásbiológiai folyamatait, a kelés gyorsaságát.

Irodalmi áttekintés

A csírázást és kelésdinamikát befolyásoló tényezők egy része – mint például a vetésmélység – közvetlenül kapcsolódik az agrotechnikai elemekhez. Más részük viszont a talaj fizikai- és kémiai tulajdonságainak megváltoztatásával fejti ki hatását. Ez utóbbi tényezők közé tartoznak az alternatív trágyafélék és talajjavító anyagok is, melyek közvetett hatását leggyakrabban kertészeti kultúráknál modellezik (Csabai és mtsai., 2022; Irinyiné és mtsai., 2019). Ugyanilyen befolyásoló tényezőnek tekinthetők az alternatív klimatikus viszonyok is (Csabai et al., 2021; Makszim, 2021). A csírázás folyamata a vetőmag vízfelvételével indul meg. Toole (1924) szerint a csírázás három szakaszra bontható, első a szemek duzzadása, bőséges vízfelvétel, második a meglévő sejtek megnyúlása, harmadik a merisztematikus sejtek osztódása. A szemek által felvett víz függ a rendszertani csoportoktól is. A kukorica a csírázáshoz magasabb hőmérsékletet kíván, mint a többi gabonaféle. Andrejenko és Kuperman (1961) szerint a csírázás már 6 °C -on is megindulhat, de a folyamat nagyon lassú, ezáltal a csíranövény ki van téve a kártevők és kórokozók hatásának. Modi és Asanzi (2008) kutatásai alapján azt állapították meg, hogy a 22 °C nappali hőmérséklet mellett a 16 °C éjszakai, míg 27 °C nappali hőmérséklet mellett a 21 °C éjjeli hőmérséklet a legkedvezőbb, ugyanakkor a 27–33 °C már kedvezőtlen a csírázásra nézve. A kicsírázott szemek 10 °C alatt 14 napig is életképesek maradnak. Ezzel szemben, ha a hőmérséklet -2 °C, akkor csak 5 óráig, -4 °C -on mindössze 4 óráig maradnak életben. A szemek csírázóképessége függ attól is, hogy a vetőmagot milyen állapotban takarították be. Borowsky et al. (1991) megállapítása szerint a teljes érés előtt betakarított vetőmag kíméletes szárítás esetén is gyengébben csírázik, ugyanakkor szerinte az ezermagtömeg nincs minden évben-korrelációban a kelési eréllyel.
Élettani kutatások igazolták, hogy a gyökérzet nem csupán a tápanyagok felvételéért felelős, hanem aktív átalakító szerepet is betölt: a felvett ásványi sók jelentős részét szerves vegyületekké alakítja, és ezek formájában továbbítja a növény többi részébe (Végh, 1996). Gyakori volt az a feltételezés, hogyha mélyebbre vetünk, ezáltal a gyökérzet is mélyebbre kerül, így a növény jobban ellenáll a szárazságnak, Krakkai és Mészáros (1958) kísérletei viszont azt támasztották alá, hogy a vetés mélységével a koronagyökerek eredési mélységét csak kismértékben befolyásoljuk. A tápanyagellátás elsősorban a gyökérzet fejlődésére hat, és csak ezt követően indul meg a hajtások fokozatos növekedése. A nitrogénműtrágyák alkalmazása elősegíti a gyökerek elágazását, növeli azok tömegét (Eghball et al., 1993). A foszforműtrágyázás elősegíti a gyökerek hosszanti növekedését, ami egyúttal ösztönzi a gyökérszőrök kialakulását is (Watanabe et al., 2005).

Surányi (1957) kísérletei az mutatták, hogy a fejlődés kezdetén a hajtás fejlődése akkor is lassabb, mint a gyökérzeté, ha a hőmérséklet optimális, és a növekedési arány mindinkább a gyökér felé tolódik el, ha hűvösebb az időjárás. Eltérő időjárási viszonyok között különböző a növények magassága (Bocz–Nagy, 1981).

Anyag és módszer

A megfigyelést az Agro-Halász Kft. -nél végeztük el 2024- ben. A cég Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyei Nagyhalászon található. A termőterület jelentős részén centerek és lineárok segítségével öntözés biztosított. A talaj pH –ja enyhén savas 6,2–6,5 jó víz és tápanyag gazdálkodással rendelkezik. A tápanyag ellátottság közepes színtű, különösen a foszfor és kálium tekintetében. A cég vetőmag előállítással már 8-10 éve foglalkozik, több multi számára történt már termeltetés, mint a syngenta, corteva és saatbau. A vetőmagtermesztésben a pontosság és precíz agrotechnikai műveletek mellett, az egyenletes és stabil öntözésnek nagy jelentősége van. Az éves csapadék mennyiség 500-600 mm amely jelentős része nem a vegetációs időszakban hullik. Az egyre szélsőségesebb időjárási viszonyok miatt nagyobb jelentősége van az öntözésnek is (Soós–Makszim, 2024). Az éves középhőmérséklet 10-11 ^{0}C tenyészidőszakban 15-22 ^{0}C között alakul. A 2024-es évben a tavaszi hónapokban az átlagosnál melegebb időjárás volt jellemző, még a nyári hónapokban időszakos aszályos periódusok fordultak elő. A cég nagy előnye még a vetőmagtermesztésben a nagy tábla méret, ugyanis a hibridkukorica előállításának egyik kulcstényezője az izolációs távolság. Az idegen beporzás elkerülése érdekében, valamint hogy megfelelő minőségű vetőmagot tudjunk termeszteni körülbelül 200 m izolációs távolságra van szükség. A cég több olyan tábla mérettel is rendelkezik ahol a terület nagysága 100 hektár, vagy a feletti így saját izolációt tudunk biztosítani a vetőmagtermesztéshez.

A megfigyelések helyszínéül szolgáló terület talaja középkötött vályog mechanikai összetételű, csernozjom jellegű, amely kedvező víz- és levegőgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkezik. A talaj pH-értéke enyhén savas, 6,2 – 6,5 közötti tartományban mozog, amely optimális feltételeket biztosít a makro- és mikro tápanyagok felvehetőségéhez. A foszfor- és káliumtartalom közepes szinten volt jelen, amelyet a gazdaság szükség szerint kiegészítő műtrágyázással optimalizált.

A megfigyelések több, öntözéssel ellátott táblán történtek, ahol lineár öntözőrendszer működik. Ez a technológia lehetővé tette a vízellátás rendszeres és szabályozott biztosítását, amely különösen nagy jelentőséggel bírt a 2024-es év termesztési szezonjában. Az év során az átlagosnál melegebb tavasz és több rövidebb, ám intenzív nyári aszályos időszak jelentett kihívást a növényállomány számára. A térség éves csapadékösszege jellemzően 500–600 mm között alakul, ugyanakkor annak időbeli eloszlása gyakran egyenetlen, ezért a megfelelő hozambiztonság és termésminőség eléréséhez az öntözés elengedhetetlen tényezőnek bizonyult.

A 2024-es év időjárási viszonyai Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyében, különösen Nagyhalász térségében, a csapadékeloszlás és a hőmérsékleti értékek tekintetében is jelentős ingadozásokat mutattak. A májustól szeptemberig tartó vegetációs időszak havi átlaghőmérséklet- és csapadékadatait az 1. táblázat részletesen ismerteti.

1.táblázat: Nagyhalász átlag hőmérséklete és csapadék mennyisége

Hónap	Átlaghőmérséklet (°C)	Csapadék (mm)
Május	18,6	91,8
Június	22,5	74,1
Július	25,8	4,5
Augusztus	26,4	36,3
Szeptember	19,0	127,8

Forrás: saját szerkesztés

A szülővonalak jellemzése mindig kicsit kényes, mert ezek a Pioneer vagy bármely nagy vetőmagcég esetében titkosított, nem nyilvános fajtaleírásokkal rendelkeznek. Ettől függetlenül általánosíthatunk arról, hogy milyen tulajdonságokat várunk el egy szülővonaltól, illetve mit lehet

tudni általános szakmai tapasztalatok alapján. A P9967 hibrid szülővonalainál az anya általában finomabb szárú, alacsonyabb növésű, mint a végleges hibrid. Gyengébb stressztűrés és kisebb vegetatív tömeg jellemzi. Virágzási ideje szinkronban van a hím szülővonallal, hogy a beporzás időben és hatékonyan megtörténjen. Szemtelítettsége és csőfejlődése alacsonyabb szintű, mert fő célja a vetőmag előállítása. Az apára jellemző, erős pollenprodukció és jó virágzási kitartás. Általában alacsonyabb növekedésű, és kiváló állóképességgel bír. A pollennek életképességet és genetikai stabilitást kell biztosítania. Fontos, hogy jól teljesítsen szinkronizált virágzásban, és ne legyen túl korai vagy túl késői a női vonalhoz képest.

Az őszi mélyszántást 25–30 cm mélységben végeztük el, amely biztosította a kukorica gyökérzetének megfelelő fejlődéséhez szükséges talaj lazultságot és mélységet. Ezt a műveletet 2023. október–november hónapokban hajtottuk végre. Tavasszal a magágykészítést illetően, aprómorzsás és jól tömörödött talajfelszín kialakítására törekedtünk a precíziós vetés érdekében. Első lépésként, márciusban, fogas boronával zártuk le a téli szántást, majd ezt követően kompaktorral vagy kombinátorral készítettük elő a magágyat. A tápanyag-utánpótlást talajvizsgálati eredmények alapján határoztuk meg, különös figyelmet fordítva a foszfor- és káliumtartalomra, valamint a nitrogénellátottságra.

A kísérlet során a vetéssel egy menetben végeztük a tápanyag-kijuttatást is: MAP műtrágyát és nitrogénalapú tápanyagot juttattunk ki, hogy biztosítsuk a kezdeti fejlődéshez szükséges optimális feltételeket. A hibridkukorica vetőmagtermesztésének egyik legkritikusabb fázisa a vetés, mivel az anyai és apai vonalak megfelelő arányú, pontos térbeli elrendezése, valamint az optimális vetésidő alapvetően meghatározza a beporzás sikerességét és a termés genetikai tisztaságát. A vetés 2024. április 18-án, a talaj 10 cm-es mélységben mért hőmérsékletének tartós 10–12 °C-os értéke mellett történt. Az anyai és apai vonalakat időzítve vetettük, hogy a virágzási szinkronizáció a beporzás idejére megfelelő legyen. Az apai vonal vetése általában 3–5 nappal később történik, vagy a későbbi virágzású genotípus kerül korábban vetésre, a virágzási szinkron biztosítása érdekében. A vetés során 4:2 vagy 6:2 soraránytalkalmaztunk, vagyis négy sor anyai és két sor apai szülővonalat vetettünk. Ez az arány biztosította az egyenletes és bőséges pollenellátottságot, miközben maximalizálta az anyai sorokból betakarítható hibrid vetőmag mennyiségét. A vetést precíziós vetőgéppel hajtottuk végre 70 cm sortávolság mellett. Bizonyos esetekben szűkített vetéstechnológiát is alkalmaztunk, amely során az apai sorok sortávolsága 50 cm volt, hogy még intenzívebb pollenellátást érjünk el. Az anyai sorokban 12–18 cm-es tőtávolságot, míg az apai sorokban 19–30 cm-es tőtávolságot állítottunk be a növények optimális fejlődése érdekében.
A vetéshez felhasznált szülői vonalak magjai előzetes minőségellenőrzésen estek át, a vetés megkönnyítésére külön színben csomagolt és jelölt zsákban érkezik a vetőmag. Általában apa és anya vonal más színre is van csávázva. A vetőmagot 3–7 cm mélységbe vetettük, figyelembe véve a talaj aktuális nedvességi állapotát, valamint a csírázáshoz szükséges napok számát.
A vetésmélység hatása a csírázásra és a kelés egyenletességére P9967 fajtájú hibridkukorica esetén annak vizsgálatára irányult, hogy a különböző vetésmélységek hogyan befolyásolják a csírázási képességet, a kelési arányt és átlagos növénymagasságot. A vizsgálat három különböző vetésmélység alkalmazásával zajlott: 3 cm, 5 cm és 7 cm. Mindhárom kezelésnél ismétlésenként 100 db vetőmagot vetettünk ki, és minden esetben három ismétlést alkalmaztunk
A növénymagasságot a vetéstől számított 14. napon mértük meg, a talajfelszíntől a legmagasabb levélig. A kelési időt a vetéstől számított első zárt szikleveles stádiumig tartó napok számaként határoztuk meg. A napi megfigyeléseket minden kezelésnél ugyanabban az időpontban végeztük. Vizsgálatunk célja a Pioneer P9967 kukorica hibrid magjainak csírázás utáni korai fejlődésének megfigyelése volt, különös figyelmet fordítva a csíra és a gyökocske növekedési ütemére. A vetést április 18-án, 12 °C-os talajhőmérséklet mellett, 3-5-7 cm-es vetésmélységgel végeztük el. A vetőmag vetését mechanikusan, vetőgéppel végeztük 72000 csíra/ha. A növények kelése előtt, a kelést követő 10. napig napi rendszerességgel 10 véletlenszerűen kiválasztott növény gyökocskéjének és csírahajtásának hosszát mértük meg mérőszalag segítségével (1. ábra) 7 napon keresztül. A méréseket reggel, a talaj nedvességtartalmának viszonylagos állandósága mellett végeztük. Az adatokat napi átlagértékek formájában rögzítettük.



1. ábra: Csírahossz mérés és a kukorica növény kezdeti fejlődésének bemutatása

Forrás: Saját fénykép

Eredmények és azok értékelése

A kelési arány és a növények fejlődésére vonatkozó adatok (2. táblázat) azt mutatják, hogy a vetésmélység jelentős hatással volt a kukorica fejlődésére. Az 5 cm-es vetésmélységnél a legjobb kelési arányt (94%) figyeltük meg, míg a 3 cm-es vetésmélységnél az arány 89%-ra csökkent. A 7 cm-es mélységnél a kelési arány a legkisebb (85%) volt. Ez arra utal, hogy a megfelelő vetésmélység a kelés egyenletességét és a növények fejlődését is optimálisan befolyásolja. A növénymagasság tekintetében az 5 cm-es vetésmélységnél mértük a legnagyobb értéket (14,2 cm), ami összhangban van a legjobb kelési eredményekkel. A 3 cm-es mélységnél mért átlagos növénymagasság 11,5 cm, míg a 7 cm-es mélységnél 9,8 cm volt, jelezve, hogy a sekélyebb és mélyebb vetések hátrányos hatással lehetnek a növények kezdeti fejlődésére.

2. táblázat: Vetésmélység hatása a kelésre, az átlagos növénymagasságra

Vetésmélység (cm)	Elvetett mag (db)	Kikelt növény (db)	Kelési arány (%)	Kelési idő (nap)	Átlagos növénymagasság (cm)
3	300	267	89	5	11,5
5	300	282	94	6	14,2
7	300	255	85	7	9,8

Forrás: Saját szerkesztés

Az 5 cm-es vetésmélységnél értük el a legjobb eredményeket, így a másik két vetésmélység (3 cm, 7 cm) részletesebb elemzését és bemutatását a dolgozatban nem jelenítettük meg. Az 5 cm-es vetésmélységnél a vizsgálat során – a 3. táblázat adatai szerint – a gyököcske növekedése gyorsabb ütemben indult meg, különösen a 2–5. nap között. A csírahossz növekedése valamivel lassabb volt, de a 4. naptól kezdve egyértelmű gyorsulást figyelhettünk meg. A különböző növekedési ütemek a kukorica gyökérzetére épülő korai fejlődésének természetéből adódnak, mivel a növény elsődleges célja, hogy megerősítse a gyökérzetét, hogy biztosítani tudja a víz- és tápanyagfelvételt a későbbi fejlődéshez. A lenti táblázatban szereplő napi növekedési adatok alapján jól látható, hogy a gyököcske hossza az első hét napban folyamatosan növekedett, miközben a csírahossz is emelkedett, de lassúbb ütemben. Az 1. nap és 7. nap közötti különbség a gyököcske esetében 45,8 mm, míg a csírahossz növekedése 27,7 mm-t tett ki. Ez arra utal, hogy a gyökérfejlődés elsőbbséget élvezett a kezdeti időszakban, ami elengedhetetlen a növény megfelelő stabilitásának és tápanyagellátottságának biztosításához.

3. táblázat: A gyököcske és csírahossz napi növekedése 5 cm vetésmélységnél

Mérési idő	Átlagos gyököcskehossz (mm)	Átlagos csírahossz (mm)
1. nap	3,2	1,1
2. nap	9,4	3,6
3. nap	17,8	7,9
4. nap	26,5	13,2
5. nap	35,7	19,4
6. nap	43,1	24,5
7. nap	49,0	28,8

Forrás: Saját szerkesztés

Következtetések

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a P9967 hibrid esetében az 5 cm-es vetésmélység biztosította a legkedvezőbb csírázási arányt és a legkiegyenlítettebb kelést. A sekélyebb, 3 cm-es vetés ugyan gyorsabb kelést eredményezett, de a csírázási egyenetlenség és a kezdeti fejlődés visszamaradása miatt hosszabb távon nem bizonyult előnyösnek. A mélyebb, 7 cm-es vetésnél pedig a csírázási arány és a kelés egyöntetűsége is jelentősen romlott, ami a mélyre helyezett magok megnövekedett energiaigényével magyarázható. E tapasztalatok alapján javasolt, hogy a hibrid előállítás során a vetésmélységet 4–5 cm között tartsuk.

Összefoglalás

Kísérleteinket 2024-ben Nagyhalászban, az Agro-Halász Kft. területén végeztük el, vályogtalajon, centeres öntözéses körülmények között. Vizsgálatunk célja annak meghatározása volt, hogy a P9967 kukoricahibrid esetében a különböző vetésmélységek (3 cm, 5 cm és 7 cm) hogyan befolyásolják a magvak csírázásbiológiai folyamatait, a kelés gyorsaságát. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a P9967 hibrid esetében az 5 cm-es vetésmélység biztosította a legkedvezőbb csírázási arányt és a legkiegyenlítettebb kelést, növekedést. Az eredmények alapján javasolt, hogy a hibrid előállítás során a vetésmélységet 4–5 cm között tartsuk, figyelembe véve a talaj állapotát és a vetéskori környezeti tényezőket is.

Kulcsszavak: hibridkukorica, csírázóképesség, növekedésdinamika

Irodalom

Andrejenko A. I. – Kuperman, F. M. (1961): A kukorica gyökérrendszerének anatómiai sajátosságai. Növénytermelés, 345–352.

Bocz E. – Nagy J. (1981): A kukorica víz- és tápanyagellátásának optimalizálása és hatása a termés tömegére. Növénytermelés, 539–549.

Borowsky A. – Smith J. – Lee K. (1991): Effects of Pre-Harvest Drying on Seed Germination and Thousand-Kernel Weight. Journal of Seed Science, 145–152.

Csabai J., Cziáky Z., Tarek M., Vígh Sz., Aka Sagliker H., Klimiene A., Hörcsik Zs., Irinyiné Oláh K., (2021): Investigation of the quality properties of chili peppers under different climatic conditions and cultivation technology In: Bülent, yaniktepe the international conference on engineering, natural and applied science : proceedings book : icenas'21 Osmaniye, Törökország : Osmaniye Korkut Ata University (2021) 344 p. pp. 337-344. , 8 p.

Csabai J., Braun B., Hörcsik Zs. T., Kolesznyk A., Irinyiné Oláh K. (2022): Alternatív trágyaszerek és szerkezetjavító anyagok hatása, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira. In: Bujdosó, Zoltán (szerk.) XVIII. Nemzetközi Tudományos Napok [18th International Scientific Days]: A „Zöld Megállapodás" – Kihívások és lehetőségek. Gyöngyös, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus. pp. 122-128. , 7 p.

Eghball B. – Settimi, J. R. – Maranville, J. W. – Parkhurst, A. M. (1993): Fractal analysis for morphological description of corn roots under nitrogen stress. Agronomy Journal, 287-289.

https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500020023x

K. Irinyiné Oláh, D. Lipcsei, B. Ragány, H. Aka Sağliker, Z. Cziáky, Sz. Vigh, M. Tarek, J. Csabai: (2019): Szerves trágyaszerek és talajjavító anyagokhatása a chili paprika növekedés-dinamikájára. „Komplex vidékgazdasági és fenntarthatósági fejlesztések kutatása. szolgáltatási hálózatának kidolgozásaa Kárpát-medencében"EFOP-3.6.2.-16-2017-00001 azonosító számú projekt Tápanyagutánpótlás a fenntartható homoki gazdálkodásban szakmai konferencia. 2019. március 27. pp 1-6.

Krakkai L. – Mészáros F. (1958): „Kukorica gyökérfejlődési megfigyelések és vizsgálatok." , Kukoricatermesztési kísérletek 1953–1957. Akadémiai Kiadó, Budapest, 79–90.

Makszim Györgyné Nagy, T. (2021). A területfejlesztés aktuális kérdései Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében. In C. Tóth (Ed.), Őshonos- és tájfajták – ökotermékek – egészséges táplálkozás – vidékfejlesztés: Minőségi élelmiszerek – egészséges környezet – fenntartható vidéki gazdálkodás. Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században (pp. 327–334). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet.

Modi A.T. – Asanzi N.M. (2008): „Seed performance of maize in response to phosphorus application and growth temperature is related to phytate-phosphorus occurrence." Crop Science, 286–294.

https://doi.org/10.2135/cropsci2007.06.0367

Surányi J. (1957): A kukorica és termesztése. Budapest, Akadémiai Kiadó.

Toole R. H. (1924): The transformations and course of development of germinating

https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1924.tb05780.x

Watanabe – K., Murayama– T. – Niino, T. – Nitta, T. – Nanzyo, M. (2005): Reduction of Phosphatic and Potash Fertilizer in Sweet Corn Production by Pre-transplanting Application of Potassium Phosphate to Plug Seedlings. Crop Production Science, Vol. 8, No. 5, pp. 608–616, 9 p.

https://doi.org/10.1626/pps.8.608

Soós, A., & Nagy T. M. (2024). Károsodott környezeti elemek, kihívás előtt álló mezőgazdaság – mielőbbi megoldás a paradigmaváltás. Mezőgazdasági Technika, 65(1), 2–7.

Végh K. R. – Rajkai K. – Németh T. (1996): Water redistribution and nitrate movement in the root zone. In: Transactions of the 9th Nitrogen Workshop, 361-364.

EFFECT OF SOWING DEPTH ON THE GERMINATION AND EMERGENCE DYNAMICS OF THE P9967 MAIZE

Edit Kosztyuné Krajnyák[1] – Varga Richárd[1]

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, Department of Agricultural Sciences and Environmental Management, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b
krajnyak.edit@nye.hu

Summary

We conducted our experiments in 2024 at Nagyhalász, on the premises of Agro-Halász Kft., on loam soil under center-pivot irrigation. The aim of our study was to determine how different sowing depths (3 cm, 5 cm, and 7 cm) affect germination and seedling emergence of the P9967 maize hybrid. The results indicate that, for the P9967 hybrid, a sowing depth of 5 cm resulted in the highest germination rate and the most uniform emergence. Based on these findings, a sowing depth of 4–5 cm is recommended for the cultivation of the P9967 hybrid, while also taking into account soil conditions and environmental factors at the time of sowing.

Keywords: hybrid maize, germination capacity, growth dynamics

ZÖLD KINCSÜNK: GYÓGYNÖVÉNYEK GYŰJTÉSE ÉS HASZNOSÍTÁSA NAPJAINKBAN

MINI REVIEW A GYÓGYNÖVÉNYGYŰJTÉS, A FENNTARTHATÓ HASZNOSÍTÁS ÉS A MODERN ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK TÉMAKÖRÉBEN

Kövér Bella

Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b.,

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.18

Bevezetés

A gyógynövények az emberiség egyik legrégebbi természetes erőforrásai közé tartoznak. Gyógyászati, élelmiszeripari és kozmetikai célú felhasználásuk évezredekre nyúlik vissza, jelentőségük pedig napjainkban ismét növekszik. Az egészségtudatos életmód terjedése, valamint a természetes eredetű termékek iránti kereslet fokozódása hozzájárult a gyógynövények iránti érdeklődés újjáéledéséhez. Magyarország kedvező éghajlati és ökológiai adottságai révén Európa egyik jelentős gyógynövénytermő területének tekinthető. A tanulmány bemutatja a gyógynövénygyűjtés történeti hátterét, jelenlegi gyakorlatát, a fenntartható hasznosítás lehetőségeit, valamint a gyógynövényágazat előtt álló kihívásokat.

Áttekintés

Az ember és a gyógynövények kapcsolata az emberi civilizáció kialakulásáig vezethető vissza. A növények gyógyító hatásainak felismerése és alkalmazása hosszú ideig az egészségmegőrzés egyik legfontosabb eszköze volt. Bár a modern orvostudomány és a gyógyszeripar fejlődése háttérbe szorította a hagyományos növényi gyógymódokat, a XXI. században ismét növekvő figyelem irányul a gyógynövényekre. Az utóbbi években számos termesztéstechnológiai, analitikai vizsgálat látott napvilágot honos vagy idegenhonos gyógynövényfajokkal kapcsolatosan (Irinyiné Oláh et al., 2019; Keskinbaş & Aka Sağlıker 2024; Karagöz & Aka Sağlıker, 2025; Kolesnyk et al., 2025a,2025b, 2025c; Csabai et al., 2021, 2024, 2025, 2026; Csabai & Tóth, 2025; Szarvas et al., 2026). Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) szerint a világ népességének jelentős része ma is rendszeresen alkalmaz növényi eredetű készítményeket (WHO, 1999). A fejlett országokban a gyógynövények használata elsősorban az egészségmegőrzés, a prevenció és az életminőség javítása céljából terjed (WHO, 2019). A természetes alapanyagok iránti kereslet növekedése ugyanakkor gazdasági lehetőségeket és természetvédelmi kihívásokat egyaránt jelent (Chen, 2016). Az elmúlt évek során újabb és újabb gyógynövények kerültek gyógyászati célokra. A mai modern elemzési technológia lehetővé teszi ezen növények alapos vizsgálatát, mielőtt alkalmazásra kerülnének (Shalabi & Otaif, 2022; Horga et al., 2024; Sabaghnia et al., 2024; Borcă et al., 2025; Ciontea et al., 2025; Mohebodini et al., 2025; Muntean et al., 2025; Pop et al., 2025; Secretaria et al., 2025; Taipe-Pardo et al., 2026). Magyarország gazdag gyógynövényflórával rendelkezik, mintegy 400–500 olyan növényfaj található a területén, amelyeket gyógyászati célokra hasznosítanak vagy hasznosíthatnak (Bernáth, 2013). A gyógynövények gyűjtése és termesztése jelentős hagyományokkal rendelkezik, különösen az Alföldön és a hegyvidéki területeken (Hornok, 1990).

A magyar népi gyógyászat számos gyógynövény alkalmazását ismerte. A falusi közösségekben a gyógyító tudás gyakran a javasasszonyok, füvesemberek és bábák közvetítésével öröklődött generációról generációra (Grynaeus és Hoppál, 1988). A leggyakrabban használt gyógynövények közé tartoztak: a kamilla (*Matricaria chamomilla*), a cickafark (*Achillea millefolium*), a fekete bodza (*Sambucus nigra*), a hárs (*Tilia* spp.), a csalán (*Urtica dioica*), az orbáncfű (*Hypericum perforatum*). E növényeket különféle betegségek kezelésére alkalmazták, például megfázás, emésztési problémák, gyulladásos megbetegedések vagy idegrendszeri panaszok esetén. A népi

gyógyászat tapasztalati tudása napjainkban számos tudományos kutatás alapjául szolgál, amelyek igazolják több hagyományosan használt növény kedvező élettani hatását (Csupor és Szendrei, 2012).

A gyógynövények gyűjtésének jelentősége napjainkban

A gyógynövények egy része ma is vadon termő állományokból származik. Magyarországon évente több ezer tonna gyógynövényt gyűjtenek be természetes élőhelyekről (Radóczné, 2008; GYSZT, 2023). A gyógynövénygyűjtés sok vidéki térségben kiegészítő jövedelemforrást jelent, különösen olyan területeken, ahol korlátozottak a foglalkoztatási lehetőségek (Csite, 2014).

A vadon gyűjtött növények előnye, hogy természetes körülmények között fejlődnek, így gyakran magas hatóanyag-tartalommal rendelkeznek (Csupor és Szendrei, 2012). Ugyanakkor a gyűjtés során fokozott figyelmet kell fordítani a természetvédelmi és fenntarthatósági szempontokra, amelyeket Magyarországon az erdőtörvény napi 2 kg-os korlátozása és a védett területekre vonatkozó engedélyezési kötelezettség is szabályoz (2009. évi XXXVII. törvény; 1996. évi LIII. törvény).

A fenntartható gyűjtés alapelvei:

- A növény pontos azonosítása: A gyógynövények felismerése alapvető fontosságú, mivel egyes fajok könnyen összetéveszthetők mérgező növényekkel. A téves azonosítás egészségügyi kockázatot jelenthet. (Bernáth J. (2013).

- A megfelelő gyűjtési időpont kiválasztása: A hatóanyag-tartalom a növény fejlődési állapotától függően változik. A virágokat általában teljes virágzáskor, a leveleket a virágzás előtt vagy alatt, a gyökereket pedig nyugalmi időszakban célszerű gyűjteni. (Bernáth J. (2013).

- Az élőhelyek védelme: A gyűjtés során kerülni kell a növényállományok károsítását. A teljes állomány leszedése helyett csak annak egy részét szabad begyűjteni, biztosítva a természetes regeneráció lehetőségét. (Csite, 2014).

- A védett fajok megóvása: Magyarországon számos gyógynövény természetvédelmi oltalom alatt áll. Ezek gyűjtése engedély nélkül tilos, és természetkárosításnak minősülhet (WHO, 2003; Kukcsár és Pluhár, 2023; ISSC-MAP, 2007).

A gyógynövények modern felhasználási területei

Fitoterápia: A fitoterápia a gyógynövények gyógyászati célú alkalmazásával foglalkozó tudományterület. Napjainkban egyre több klinikai kutatás vizsgálja a gyógynövények hatékonyságát és biztonságosságát. Számos növényi készítmény rendelkezik tudományosan igazolt hatásokkal: a kamilla gyulladáscsökkentő, a borsmenta görcsoldó, a citromfű nyugtató, a kasvirág pedig immunrendszert támogató hatású lehet (Csupor, 2021).

Gyógyszeripar: A gyógyszerkutatás számos esetben a gyógynövényekből izolált vegyületekre épül. Több modern gyógyszer hatóanyaga növényi eredetű vagy növényi vegyületek módosított változata. A természetes eredetű hatóanyagok kutatása különösen fontos a daganatellenes, gyulladáscsökkentő és antimikrobiális szerek fejlesztésében (Csupor, 2021).

Élelmiszeripar: A gyógynövények felhasználása az élelmiszeriparban folyamatosan bővül. A funkcionális élelmiszerek és gyógynövényes italok piaca dinamikusan növekszik. Különösen népszerűek: a gyógynövényteák, a gyógynövénykivonatokat tartalmazó italok, a természetes antioxidánsokat tartalmazó termékek (Negi et al., 2025).

Kozmetikai ipar: A természetes kozmetikumok iránti kereslet az elmúlt években jelentősen emelkedett. A gyógynövénykivonatok gyulladáscsökkentő, bőrnyugtató és antioxidáns hatásuk miatt gyakori összetevői a kozmetikai készítményeknek (Choi et al., 2024).

A gyógynövények gazdasági jelentősége az agráriumban

A gyógynövények termesztése és gyűjtése a magyar agrárium egyik speciális, ugyanakkor jelentős hozzáadott értéket képviselő ágazata. Az ország éghajlati viszonyai, talajtani adottságai

és biológiai sokfélesége lehetővé teszik a kiváló minőségű gyógynövény-alapanyag előállítását. Az ágazatban termesztett és gyűjtött növények egy része jelentős exportcikknek számít, különösen a nyugat-európai piacokon. Magyarországon a gyógynövényekkel hasznosított terület nagysága több tízezer hektár, az éves termelés pedig több tízezer tonna nagyságrendű. (GYSZT & NAK., (2023).

A gyógynövénytermesztés előnye, hogy több faj termesztése olyan gyengébb termőképességű vagy speciális adottságú területeken is gazdaságos lehet, ahol a hagyományos szántóföldi növénykultúrák jövedelmezősége alacsonyabb. Ez különösen fontos lehet az Alföld egyes térségeiben, ahol az aszályos időszakok gyakoribbá válása új termesztési alternatívák keresését teszi szükségessé. (Csite, 2014)

A gyógynövényágazat emellett jelentős munkaerőigénnyel rendelkezik. Számos termesztési és feldolgozási művelet – különösen a kisebb gazdaságokban – ma is jelentős kézimunka-ráfordítást igényel. Ez hozzájárulhat a vidéki foglalkoztatás fenntartásához és a helyi gazdaságok diverzifikálásához. (GYSZT & NAK., 2023; Apáti & Makszim, 2025).

A klímaváltozás hatása a gyógynövénytermesztésre

A XXI. század egyik legjelentősebb kihívása a mezőgazdaság számára a klímaváltozás. Az emelkedő átlaghőmérséklet, a csökkenő csapadékmennyiség és a szélsőséges időjárási események gyakoribbá válása a gyógynövények termesztését és természetes állományait is érinti. (Radóczné Kocsis 2008).

Egyes fajok esetében a szárazabb körülmények kedvezően befolyásolhatják bizonyos hatóanyagok képződését, míg más növényeknél a termésmennyiség vagy a minőség csökken. A termesztőknek ezért egyre nagyobb figyelmet kell fordítaniuk az öntözési technológiák fejlesztésére, a megfelelő faj- és fajtakiválasztásra, valamint a talajnedvesség megőrzésére. (Kulcsár & Pluhár 2023)

A kutatások egyre inkább olyan termesztési rendszerek kialakítására irányulnak, amelyek egyszerre biztosítják a gazdaságosságot, a környezeti fenntarthatóságot és a megfelelő hatóanyag-tartalmat. (Kulcsár & Pluhár 2023)

A gyógynövényágazat kihívásai

A gyógynövények iránti kereslet növekedése számos problémát vet fel. Az egyik legjelentősebb kihívás a klímaváltozás, amely befolyásolja a növények elterjedését, fejlődését és hatóanyag-tartalmát. Az aszályos időszakok gyakoribbá válása különösen érzékenyen érinti a vadon élő populációkat (Makszim et al., 2025). További problémát jelent: az élőhelyek csökkenése, a túlzott gyűjtés, a hagyományos növényismeret visszaszorulása, valamint a szakképzett munkaerő hiánya. A jövő egyik fontos feladata a gyógynövénytermesztés fejlesztése, amely csökkentheti a természetes állományokra nehezedő nyomást. (Radóczné Kocsis 2008).

Innováció és digitalizáció a gyógynövényágazatban

A precíziós mezőgazdaság fejlődése a gyógynövénytermesztésben is új lehetőségeket teremt. A dróntechnológia, a távérzékelés, a talajszkennelés és az automatizált öntözőrendszerek alkalmazása hozzájárulhat a termesztési folyamatok optimalizálásához. (GYSZT & NAK 2023; Soós & Makszim, 2024).

A digitális technológiák segítségével pontosabban meghatározható a betakarítás optimális időpontja, nyomon követhető a növények fejlődése, valamint csökkenthető a termesztés környezeti terhelése. A modern agrárinnováció különösen fontos lehet a gyógynövények esetében, mivel a piaci értéket nagymértékben meghatározza a hatóanyag-tartalom és az alapanyag minősége. (GYSZT & NAK 2023).

Következtetések

A gyógynövények nemcsak természetes gyógyhatásuk miatt értékesek, hanem jelentős agrárgazdasági potenciált is képviselnek. A fenntartható gyűjtés és termesztés, a

természetvédelmi szempontok figyelembevétele, valamint a korszerű agrártechnológiák alkalmazása együttesen biztosíthatják az ágazat hosszú távú fejlődését

Magyarország kedvező adottságokkal rendelkezik ahhoz, hogy a gyógynövénytermesztés és -feldolgozás területén továbbra is meghatározó szerepet töltsön be Európában. A jövő feladata olyan termesztési és hasznosítási modellek kialakítása, amelyek egyszerre szolgálják a gazdasági versenyképességet, a vidéki térségek fejlődését és a természeti erőforrások megőrzését. A gyógynövények így valóban a fenntartható agrárgazdálkodás egyik fontos „zöld kincsévé" válhatnak.

Kulcsszavak: gyógynövények, gyógynövénygyűjtés, fenntarthatóság, fitoterápia, természetvédelem, Magyarország

Szakirodalom

1996. évi LIII. törvény a természet védelméről, 43. § (A vadon élő szervezetek gyűjtésének szabályai).

61/2017. (XII. 21.) FM rendelet az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról szóló 2009. évi XXXVII. törvény végrehajtásáról, 6. számú melléklet.

Apáti, Z., & Makszim Györgyné Nagy, T. (2025). Agrármunkaerő-piaci problémák és jövőbeni lehetőségek Észak- és Kelet-Magyarország térségében. Mezőgazdasági Technika, 2025(1), 2–6.

Bernáth, J. (Szerk.). (2013). Vadon termő és termesztett gyógynövények: Gyűjtésük, termesztésük és felhasználásuk. Budapest: Mezőgazda Kiadó. ISBN 978-963-286-674-1.

Bodnár, B., & Csabai, J. (2019). "Fűben-fában orvosság" - Gyógynövények gyűjtésének lehetősége Putnok környékén. *Magyar Mezsgye*, *6*(2), 12–13. https://online.fliphtml5.com/kkkr/sigp/#p=1

Borcă, M. A., Ona, A. D., Berindean, I. V., & Muntean, L. (2025). The therapeutic potential of the genus Dahlia: A scientific perspective for future research. Hop and Medicinal Plants, 33(1–2), 14–19. https://doi.org/10.15835/hpm.v33i1-2.15270

Chen, S. L., Yu, H., Luo, H. M., Wu, Q., Li, C. F., & Steinmetz, A. (2016). Conservation and sustainable use of medicinal plants. *Chinese Medicine, 11*, 37. https://doi.org/10.1186/s13020-016-0108-7

Choi, H. Y., Lee, Y. J., Kim, C. M., & Lee, Y. M. (2024). Revolutionizing cosmetic ingredients: Harnessing the power of antioxidants, probiotics, plant extracts, and peptides in personal and skin care products. *Cosmetics, 11*(5), 157. https://doi.org/10.3390/cosmetics11050157

Ciontea, S. Ș., Duda, M.-M., Moldovan, C., Muntean, S., Vârban, D., Horga, V.-A., & Suciu, D.-L. (2025). Catnip (Nepeta cataria L.) – A valuable plant in phytotherapy. Hop and Medicinal Plants, 33(1–2), 109–119. https://doi.org/10.15835/hpm.v33i1-2.15271

Csabai J., Cziáky Z., Tarek M., Vígh Sz., Aka Sagliker H., Klimiene A., Hörcsik Zs., Irinyiné Oláh K., (2021). Investigation of the quality properties of chili peppers under different climatic conditions and cultivation technology In: Bülent, yaniktepe the international conference on engineering, natural and applied science : proceedings book : icenas'21 Osmaniye, Törökország : Osmaniye Korkut Ata University (2021) 344 p. pp. 337-344. , 8 p.

Csabai, J., Kolesnyk, A., Hörcsik, Z. T., Kolesnyk, O., Dobránszki, J., & Cziáky, Z. (2024). *A comprehensive study to identify novel active components, amino acids, and antibiotic activity of Acmella oleracea (L.) R.K. Jansen*. *South-Western Journal of Horticulture, Biology and Environment, 15*(2), 75–96. https://www.biozoojournals.ro/swjhbe/v15n2/swjhbe_e24105_Csabai.pdf

Csabai, J., & Tóth, M. F. (2025). Practices and results of the cosmetic processing of marigold (Calendula officinalis l.). In K. Irinyiné Oláh, E. Kosztyuné Krajnyák, B. Szabó, & E. Bara (Szerk.), *Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely konferenciája 2025: Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában* (o. 98–103). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet. https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.14

Csabai, J., Kolesnyk, A., Kish, B., Grisechkina, A., Mendel, A., Irinyiné Oláh, K., Tóth, M. F., Szabó, B., Tarek, M., Balogh, A., Györgyiné Kovács, A., & Kosztyuné Krajnyák, E. (2025). Effect of alternative nutrient supplements on the growth and flowering of marigold (Calendula officinalis L.). In K. Irinyiné Oláh, E. Kosztyuné Krajnyák, B. Szabó, & E. Bara (Szerk.), *Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely konferenciája 2025: Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában* (o. 92–97). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet. https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.13

Csabai, J., Kolesnyk, O., Kryvtsova, M., Kolesnyk, O., Dobránszki, J., Hörcsik, Z. T., Szabó, B., Kosztyuné Krajnyák, E., & Cziáky, Z. (2026). Comparative Secondary Metabolite Analysis and Antimicrobial Assessment of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze Leaf and Flower Extracts. *AppliedChem*, *6*(3), 42. https://doi.org/10.3390/appliedchem6030042

Csite, A. (2014). Helyi gazdaságfejlesztés és megélhetési stratégiák a periférikus vidéki térségekben. MTA Társadalomtudományi Kutatóközpont. mtak.hu

Csupor, D. (Szerk.). (2021). Fitoterápia: A gyógynövények célszerű alkalmazása. Szeged: JATEPress. ISBN 978-963-306-760-4.

Csupor, D., & Szendrei, K. (Szerk.). (2012). Gyógynövénytár: Útmutató a korszerű gyógynövény-alkalmazáshoz (2. bőv., jav. kiad.). Budapest: Medicina Könyvkiadó. ISBN 978-963-226-378-6

Grynaeus, T., & Hoppál, M. (1990). Népi gyógyászat. In A. Paládi-Kovács (Főszerk.), Magyar Néprajz VII. Népszokás, néphit, népi vallásosság (pp. 693–724). Budapest: Akadémiai Kiadó.

Gyógynövény Szövetség és Terméktanács, & Nemzeti Agrárgazdasági Kamara. (2023). Piaci helyzetkép és ágazati elemzés: A magyar gyógynövényágazat lehetőségei. Greendex/Híradó.hu.

Horga, V.-A., Suciu, D.-L., Hulujan, I.-B., Costin, A. D., Ciontea, S. Ștefan, Vârban, D., Moldovan, C., Muntean, S., & Duda, M. (2024). Therapeutic Properties and Use for Medicinal Purposes of Agastache Species. Hop and Medicinal Plants, 32(1-2), 22-34. https://doi.org/10.15835/hpm.v32i1-2.15017

Hornok, L. (1990). Gyógynövények termesztése és feldolgozása. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. ISBN 963-234-296-8.

Irinyiné Oláh, K., Lipcsei, D., Ragány, B., Aka Sağlıker, H., Cziáky, Z., Vigh, Sz., Tarek, M., & Csabai, J. (2019). Szerves trágyaszerek és talajjavító anyagok hatása a chili paprika növekedés-dinamikájára. In I. Lajtos, E. Kosztyuné Krajnyák, & B. Szabó (Szerk.), *Tápanyag-utánpótlás a fenntartható homoki gazdálkodásban: "Komplex vidékgazdasági és fenntarthatósági fejlesztések kutatása, szolgáltatási hálózatának kidolgozása a Kárpát-medencében"* (o. 131–136). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet.

IUCN–SSC Medicinal Plant Specialist Group. (2007). International Standard for Sustainable Wild Collection of Medicinal and Aromatic Plants (ISSC-MAP) (Version 1.0; BfN-Skripten 195). Bundesamt für Naturschutz (BfN). https://www.bfn.de/en/publications/bfn-schriften/bfn-schriften-195-international-standard-sustainable-wild-collection

Karagöz, A., & Aka Sağlıker, H. (2025). Some medicinal plants sold in Osmaniye herbals and their usage areas. In K. Irinyiné Oláh, E. Kosztyuné Krajnyák, B. Szabó, & E. Bara (Eds.), Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely Konferenciája 2025: Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában (pp. 26–34). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet. https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.04

Keskinbaş H. – Aka Sağlıker, H.: (2024). Ethnobotanic research in some villages of the districts of Osmaniye. Fenntartható tápanyag-gazdálkodási tudományos műhely konferenciája 2024 innovatív megoldások a xxi. század mezőgazdaságában. Nyíregyháza, 34-39.

Kolesnyk, A., Kolesnyk, O., Leno, Y., Kosztyuné Krajnyák, E., Szabó, B., Hörcsik, Z. T., Cziáky, Z., Dobránszki, J., Németh, A., & Csabai, J. (2025a). Chemotypic Plasticity of *Potentilla erecta* (L.) Raeusch. Across Elevational Gradients in the Ukrainian Carpathians. *Ecologies*, *6*(4), 73. https://doi.org/10.3390/ecologies6040073

Kolesnyk, A., Kryvtsova, M., Salamon, I., Kolesnyk, A., & Csabai, J. (2025b). A rozmaring (Salvia rosmarinus L. syn: Rosmarinus officinalis L.) kemotípusai, in vitro szaporítása, valamint az illóolaj biokémiai és antimikrobiális tulajdonságai. *Kertgazdaság (1998-)*, *57*(1), 68–84.

Kolesnyk, A., Kolesnyk, O., Hryshechkina, O., Kish, B., Mendel, A., Kryvanych, O., & Csabai, J. (2025c). Optimization of seed sterilization and in vitro cultivation methods for effective micropropagation of Arnica montana L. In K. Irinyiné Oláh, E. Kosztyuné Krajnyák, B. Szabó, & E. Bara (Szerk.), *Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely konferenciája 2025: Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában* (o. 6–12). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet. https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.01

Kulcsár, N., & Pluhár, Zs. (2023). Sustainable approach for the collection and processing of medicinal and aromatic plants in Hungary. Progress in Agricultural Engineering Sciences, 19(1), 83–112. https://doi.org/10.1556/446.2023.00097

Makszim Györgyné Nagy, T., Lukács, B., Szokolovszki, G., Pocsai, G., Iski, R., Kosztyuné Krajnyák, E., & Szabó, B. (2025). Sustainable forestry: Principles and methods. In K. Irinyiné Oláh, E. Kosztyuné Krajnyák, B. Szabó, & E. Bara (Eds.), Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely konferenciája 2025: Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában (pp. 189–195). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet. https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.27

Mohebodini, M., Khalili-Baseri, I., Farmanpour-Kalalagh, K., & Sabaghnia, N. (2025). Genetic variation of some collected purslane (Portulaca oleracea L.) genotypes regarding morphologic traits. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment, 16(1), 53–69.

Muntean, L., Ona, A. D., Berindean, I. V., Racz, I., Costin, A. D., Popa, M. C., & Borcă, M. A. (2025). Multifunctional roles and emerging applications of medicinal Lamiaceae plants: A scoping review. Hop and Medicinal Plants, 33(1–2), 131–168. https://doi.org/10.15835/hpm.v33i1-2.15273

Pop, C. R., Zăhan, M., Crișan, I., Ștefan, R., Vârban, D., Gál, E., Vârban, R., Rotar, A. M., Coldea, Ștefania, & OLAR, L. (2025). Recent insight in the phytochemistry and bioactivity of organic Melissa officinalis L. essential oil from Transylvania. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 53(1), 14326. https://doi.org/10.15835/nbha53114326

Radóczné Kocsis, T. (2008). A gyógynövényágazat helyzete és kilátásai Magyarországon. Agrárközgazdasági Intézet. http://repo.aki.gov.hu/1438/

Sabaghnia, N., Mohebodini, M., Nikrouz-Gharamaleki, A., & Farmanpour-Kalalagh, K. (2024). Genetic diversity and morphological trait analysis of summer savory (Satureja hortensis L.) genotypes using GT biplot modeling. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment, 15(2), 97–112.

Secretaria, L. B., Bayogan, E. R. V., Urquiola, M. A. J., Mesa-Satina, A. R., Bello, D. D., Calag, V. B., Kobayashi, V. B., Villarino, J. F. M., & Maddara, M. V. (2025). Some physicochemical characteristics of 'Puyat' durian fruit of different quality classes and ripeness stages. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment, 16(2), 113–133.

Shalabi, L. F., & Otaif, F. S. (2022). Commiphora Jacq (Burseraceae) in Saudi Arabia, Botanical, Phytochemical and Ethnobotanical Notes. Ecologies, 3(2), 38-57. https://doi.org/10.3390/ecologies3020005

Soós, A., & Makszim Györgyné Nagy, T. (2024). Károsodott környezeti elemek, kihívás előtt álló mezőgazdaság – Mielőbbi megoldás a paradigmaváltás. Mezőgazdasági Technika, 65(1), 2–7.

Szarvas, P., Csabai, J., Kolesnyk, A., & Dobránszki, J. (2026). Development of an Efficient In Vitro Propagation Method for *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen. *Methods and Protocols*, *9*(2), 44. https://doi.org/10.3390/mps9020044

Taipe-Pardo, F., Flores Alvarez, J., Diaz Barrera, Y., Arone Palomino, D., Quispe Fuentes, Y., & Obregón-Yupanqui, M. E. (2026). Chemical Composition, Thermal Behavior, and Structural Characteristics of Lupinus mutabilis Sweet Flours from the Southern Peruvian Andes. AppliedChem, 6(3), 44. https://doi.org/10.3390/appliedchem6030044

World Health Organization. (1999). WHO monographs on selected medicinal plants (Vol. 1). Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2019). WHO global report on traditional and complementary medicine 2019. who.int

EVALUATION OF PRODUCTION PERFORMANCE AND QUALITY PARAMETERS OF BARLEY VARIETIES AND LINES UNDER THE PEDO-CLIMATIC CONDITIONS OF NORTHWESTERN ROMANIA

Mara-Oana Jurje[1] – Beniamin -Emanuel Andraş[1]

[1] Agricultural Research and Development Station Livada (ARDS Livada), Self-Pollinated Plants Breeding Laboratory, 447180 Livada, Satu Mare, Baia Mare Road no. 7, e-mail: mara.jurje@email.com emy_andras07@yahoo.com

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.19

Abstract

Winter barley (*Hordeum vulgare* L.) is one of the most important cereal crops cultivated in Romania for its high productive potential, adaptability, and multiple end-uses. This study evaluated the agronomic performance, yield components, and grain quality of winter barley cultivars and breeding lines at ARDSLivada, northwestern Romania, over two contrasting growing seasons (2023/2024 and 2024/2025): 25 genotypes in 2023/2024 and 27 in 2024/2025. The seasons differed substantially in temperature and precipitation, with higher temperatures and abundant rainfall in 2023/2024 versus a significant precipitation deficit in 2024/2025providing an opportunity to assess genotype adaptability under contrasting conditions.

Significant genotype differences were found for grain yield, yield components, and grain quality. Grain yield ranged from 4153 to 7252 kg ha^{-1} in 2023/2024 (highest: Iulian, then F8-1-2020) and from 4250 to 9182 kg ha^{-1} in 2024/2025, with the new breeding lines FB-38-24 and FB-14-24 significantly outperforming the control and all other genotypes. F8-1-2020, Gabriela, Artemis, and Expert FD showed relatively stable performance across both years.

Substantial variability was also found for yield components and quality: Ileana had the highest protein content (17.0%), while FB-38-24 combined exceptional yield with the highest TKW (56.4 g) and a high hectoliter weight (64.2 kg/hl), reflecting considerable genetic diversity and the importance of jointly assessing productivity and quality in barley breeding.

The breeding lines FB-14-24 and especially FB-38-24 demonstrated superior agronomic performance and represent promising genetic resources for future cultivar development and variety registration. Further multi-year experiments will provide a more comprehensive assessment of genotype performance, stability, and adaptability, and will strengthen the identification of superior barley genotypes for breeding and registration.

Keywords: winter barley; breeding lines; grain yield; grain quality; genotype adaptability; climatic variability; northwestern Romania.

Introduction

Winter barley (*Hordeum vulgare* L.) is an economically important cereal crop in Romania and worldwide, valued for its adaptability to diverse pedo-climatic conditions and its multiple end-uses in animal feed, brewing, and human nutrition. Northwestern Romania has distinct soil and climatic features that can significantly influence the agronomic behavior and technological traits of the crop, making local multi-environmental testing essential for identifying genotypes that combine high yield with optimal industrial parameters (Boanta et al., 2020). The main objective of this study was therefore to evaluate the production performance and quality parameters of several winter barley varieties and lines under the pedo-climatic conditions of Northwestern Romania.

Literature review

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is one of the most historically significant and ecologically resilient cereal crops globally, having sustained human civilizations for millennia by adapting to environments where other major grains fail (Zohary, Hopf, & Weiss, 2012). It ranks fourth among global cereal crops in production volume and area, after maize, rice, and wheat (Grando & Gómez-Macpherson, 2005; Ullrich, 2011), with a global cultivated area of approximately 46.84 million hectares and an annual production of 141.52 million metric tons (FAOSTAT, 2024). Romania allocates 531,050 hectares to barley cultivation, with an official annual production of 2,203,260 metric tons (FAOSTAT, 2024), reflecting its multi-purpose use as feed, in malting/brewing (Briggs, 2012), and increasingly in human nutrition due to its functional dietary compounds (Badea & Wijekoon, 2021).

Taxonomically, cultivated barley belongs to the family *Poaceae*, genus *Hordeum*, having evolved from its wild progenitor *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum* in the Fertile Crescent (von Bothmer & Komatsuda, 2011). Agronomically, two-rowed types produce larger, more uniform kernels preferred for malting, while six-rowed types yield more kernels per spike and are typically used for feed (von Bothmer & Komatsuda, 2011; Badr et al., 2000). Grain composition, approximately 65–75% starch and 9–14% protein (Ullrich, 2011), determines its industrial and nutritional value: the malting industry requires a strictly regulated protein window (Magliano et al., 2014), while beta-glucan contributes to cholesterol-regulating dietary fiber (AbuMweis et al., 2010; EFSA NDA Panel, 2011) and to wort viscosity challenges in brewing.

Barley's evolutionary success rests on wide genetic diversity, enabling it to thrive from sub-arctic to arid Mediterranean climates (Ullrich, 2011; Dawson et al., 2015). Modern breeding distinguishes winter/spring growth habits and hulled/hull-less types, with local programs continuously evaluating commercial varieties and advanced breeding lines for phenotypic stability, disease resistance, and technological quality under regional conditions (Zengin et al., 2008; Ullrich, 2011; Boanta et al., 2020; Vasilescu et al., 2019; Muntean et al., 2021; Kosztyuné Krajnyák et al., 2024; Györgyiné Kovács et al., 2025).

Materials and methods

The experiments were conducted over two consecutive growing seasons (2023/2024 and 2024/2025) at the Agricultural Research and Development Station (ARDS) Livada, Satu Mare County (lat. 47°51′ N, long. 23°08′ E, altitude 120–130 m), located in northwestern Romania.

The soil at the experimental site is a typical Luvisol (preluvosol tipic, brown luvic soil), with low humus content in the arable layer and an acidic pH. The profile comprises five horizons: Ap (0–18 cm, plowed surface layer), Ao (18–40 cm, light-colored and acidic), AB (40–55 cm, transitional), Bt1w (55–70 cm, clay accumulation with a yellowish-reddish color from Fe oxides under water stagnation), and Bt2w (70–110 cm, low pH and the highest clay content) (Table 1).

Table 1. Soil characteristics of the experimental field at ARDS Livada

Component	U.M.	Ap 0-18	Ao 18-40	AB 40-55	Bt1w 55-70	Bt2w 70-110
Humus (C x 1.72)	%	1.7				
N total	%	0.168	0.102	0.072	0.068	-
pH in water	-	5.19	6.24	6.65	6.53	5.28
Clay (<0.002 mm)	% g/g	20.9	21.1	27.0	32.4	33.1
Apparent density	g/cm3	1.35	1.54	1.48	-	1.48

U.M. = unit of measure; Ap, Ao, AB, Bt1w, Bt2w = soil horizons.

The climatic conditions recorded during the two experimental seasons differed considerably and strongly influenced the agronomic performance, yield components, and grain quality of the evaluated genotypes.

The 2023/2024 season was substantially warmer (+3.1 °C) and wetter (+165.5 mm) than the multiannual average, with pronounced excess rainfall in November–December that favored foliar pathogen development.

The 2024/2025 season was closer to the historical average in temperature (+1.1 °C) but recorded an overall precipitation deficit (−126.2 mm), with uneven monthly distribution and pronounced day-to-night temperature fluctuations in spring (Table 2).

Therefore, the interpretation of yield and grain quality results must be considered in the context of the substantial environmental differences observed between the two experimental seasons.

Table 2. Monthly and mean temperatures and rainfall during the two growing seasons (2023/2024 and 2024/2025), compared to the multi-year average, at ARDS Livada

Year	Climatic factor	Month									Mean temp. (°C)	The amount (mm/m^2)
		Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.		
2023/2024	Temp. (°C)	13,3	5,9	3,0	1,4	7,5	9,3	13,1	17,4	21,3	10,2	
	Multi-year average	9,8	4,8	0,1	-2,0	0,1	4,7	10,5	15,8	20,5	7,1	
	Difference ±	+3,5	+1,1	+2,9	+3,4	+7,4	+4,6	+2,6	+1,6	+0,8	+3,1	
	Rainfall ($mm/m^{2)}$	65,3	128,7	126,1	75,9	41,5	40,0	41,6	30,2	147,2		696,5
	Multi-year sum	54,4	57,4	62,8	49,3	44,2	45,7	50,9	75,5	90,8		531,0
	Difference ±	+10,9	+71,3	+63,3	+26,6	-2,7	-5,7	-9,3	-45,3	+56,4		+165,5
2024/2025	Temp. (°C)	10,8	3,0	1,9	2,5	0	7,8	12,1	13,3	21,6	8,1	
	Multi-year average	9,8	4,8	0,1	-1,9	0,2	4,8	10,5	15,8	19,0	7,0	
	Difference ±	+1,0	-1,8	+1,8	+4,4	-0,2	+3,0	+1,6	-2,5	+2,6	+1,1	
	Rainfall ($mm/m^{2)}$	56,1	49,5	34,8	40,2	17,8	94,0	23,2	68,5	20,4		404,5
	Multi-year sum	54,5	57,3	62,3	49,7	44,2	45,6	50,7	74,8	91,7		530,7
	Difference ±	+	-7,8	-27,5	-9,5	-26,4	+48,4	-27,5	-6,3	-71,3		126,2

Diff ± = deviation from the multi-year average. Source: weather station, ARDS Livada.

The biological material consisted of 25 winter barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes common to both growing seasons: 14 registered commercial varieties (Cardinal FD, Ametist, Smarald, Lucian, Iulian, AGIL, Cadril, Expert FD, Azur FD, Artemis, Gabriela, Diana, and Ileana, together with the check cultivar Control) and 11 advanced breeding lines (F8-22-2018, F8-16-2018, DH 420-3, F8-1-2020, DH 461-1, F8-3-21, DH 425-4, DH 425-3; DH 417-12, F8-114-10, and DH 403-12) (Table 3). In 2024/2025, two additional breeding lines, FB-14-24 and FB-38-24, were introduced into the trial.

The experiment was laid out in a randomized complete block design (RCBD) with three replications, with the spatial allocation of genotypes within each replication established by randomization (Table 3). Each experimental plot had a total area of 10 m² (1 m width x 10 m length), with a row spacing of 12.5 cm.

Table 3. Randomization scheme showing the plot allocation of genotype codes across the three replications (R1, R2, R3) at ARDS Livada

Plot position	R1	R2	R3
1	1	15	10
2	2	19	13
3	3	14	7
4	4	3	9
5	5	10	24
6	6	18	21
7	7	11	25
8	8	5	6
9	9	25	2
10	10	20	5
11	11	13	15
12	12	24	12
13	13	8	18
14	14	23	4
15	15	7	23
16	16	16	11
17	17	21	17
18	18	4	19
19	19	6	20
20	20	1	8
21	21	17	14
22	22	22	1
23	23	12	3
24	24	2	16
25	25	9	22

**Numbers indicate the genotype code (Nr. crt., Table 3) allocated to each plot position within each replication. Plots corresponding to FB-14-24 and FB-38-24 (2024/2025 only) are not included*



Figure 1. Comparative field trials of barley cultivars at ARDS Livada.

The preceding crop in both growing seasons was forage pea (*Pisum sativum*, cv. Magistra Liv) (Cernay et al., 2018). Following harvest in July, crop residues were incorporated by disc

harrowing, and plowing was carried out in September at a depth of 22–25 cm, followed by two passes of a disc harrow. Basic fertilization was applied using a complex N18P46K0 fertilizer at a rate of 150 kg/ha, incorporated into the soil during seedbed preparation with a field cultivator prior to sowing.

Sowing was performed during the second half of October (2023 and 2024) using a Wintersteiger experimental plot seeder, at a density of 350 germinable seeds/m² and a depth of 4–5 cm. Seedling emergence occurred approximately two weeks after sowing in both years.

In spring, supplementary fertilization was carried out with 300 kg/ha of calcium ammonium nitrate (CAN 27.5% N). Weed control was achieved by applying Sekator Progress OD herbicide at a rate of 0.15 L/ha in early spring. The same cultivation technology was applied in both growing seasons.

Throughout the growing season, the following biometric and phenological observations were recorded for each genotype: seedling emergence density (plants/m²), winter survival, heading date, plant height (cm), and lodging resistance, each scored on a numerical scale. Resistance to foliar diseases was assessed under natural infection on a 1 (highly resistant) to 6 (highly susceptible) scale. Four pathogens were monitored consistently across both growing seasons: Powdery mildew (*Erysiphe hordei*), Net blotch (*Pyrenophora teres f. teres*), Leaf scald (*Rhynchosporium secalis*), and Ramularia leaf spot (*Ramularia collo-cygni*). A fifth disease, depending on natural infection pressure, differed between seasons: Leaf rust (*Puccinia hordei*) in 2023/2024, common root rot and spot blotch (*Helminthosporium sativum*) in 2024/2025. At harvest, the number of spikes per m², spike weight (g), and the number of kernels per spike were additionally determined.

Grain quality parameters, thousand-kernel weight (g), test weight (kg/hl), and protein content (%) were determined immediately after harvest using a Pfeuffer Granolyzer NIR grain analyzer (Pfeuffer GmbH, Kitzingen, Germany) (Ping, Wang, & Ren, 2013).

At physiological maturity, each experimental plot was harvested individually, and grain yield was recorded as the harvested mass per plot (kg/plot) for each of the three replications. Grain moisture content at harvest was determined separately for each replicate, and a correction coefficient was applied to standardize all yields to a moisture content of 14%. The corrected plot yields were subsequently converted to grain yield per hectare (kg/ha) for statistical analysis.

The harvested grain samples were analyzed for the key quality parameters described above using the NIR grain analyzer. Experimental data were processed by analysis of variance (ANOVA) using the PolyStat statistical software package to assess the significance of genotype effects on the studied traits (Gomez & Gomez, 1984). Means were compared using the least significant difference (LSD) test at significance thresholds of $p < 0.05$, $p < 0.01$, and $p < 0.001$ (Steel, Torrie, & Dickey, 1997).

Results and Discussion

Grain Yield Performance

Grain yield varied considerably among genotypes and between the two growing seasons. The experimental mean increased from 5421 kg/ha in 2023/2024 to 6048 kg/ha in 2024/2025, indicating a higher overall productivity in the second season despite the lower precipitation recorded during the growing period. The differences in grain yield among genotypes and their contrasting responses between seasons are illustrated in Figure 2.

As shown in Figure 2, in 2023/2024 grain yield ranged from 4153 kg/ha in DH 417-17 to 7252 kg/ha in Iulian, while the control (Martor) yielded 4828 kg/ha. Iulian recorded the highest yield, exceeding the control by 2424 kg/ha (150% of the control yield), with a statistically significant difference. F8-1-2020 also significantly exceeded the control, reaching 6530 kg/ha (135% of the control). Several other genotypes, including Expert FD, Gabriela, Ametist, Cardinal FD, and Artemis, produced higher yields than the control, although their differences were not statistically significant. In contrast, F8-22-2018, F8-16-2018, F8-114-10, and DH 417-17 were among the lowest-yielding genotypes.

In 2024/2025, as illustrated in Figure 2, grain yield ranged from 4250 kg/ha in Ametist to 9182 kg/ha in FB-38-24, compared with 5853 kg/ha for the control. The newly developed breeding

lines showed particularly high productive potential, with FB-38-24 reaching 9182 kg/ha and FB-14-24 8149 kg/ha. These values exceeded the control by 3329 and 2296 kg/ha, respectively, and the differences were highly significant. Other genotypes, including F8-22-2018, Artemis, Gabriela, Cadril, F8-1-2020, Diana, and Expert FD, also exceeded the control, although without statistically significant differences.

The comparison between the two seasons highlights a pronounced genotype × environment interaction. Iulian, which was the highest-yielding genotype in 2023/2024, decreased from 7252 to 4421 kg/ha in 2024/2025. In contrast, Artemis, Gabriela, and Expert FD maintained relatively high yields in both seasons, while F8-1-2020 consistently exceeded 6500 kg/ha. These results suggest comparatively greater yield stability for these genotypes under contrasting environmental conditions. This pattern of contrasting genotype responses across seasons illustrates the practical importance of genotype-by-environment interaction (GEI) analysis in barley breeding, as emphasized by Pour-Aboughadareh et al. (2022), and is consistent with previous multi-environment evaluations of Romanian winter barley germplasm, which similarly reported substantial genotype-dependent variability in yield traits (Boanta et al., 2020).

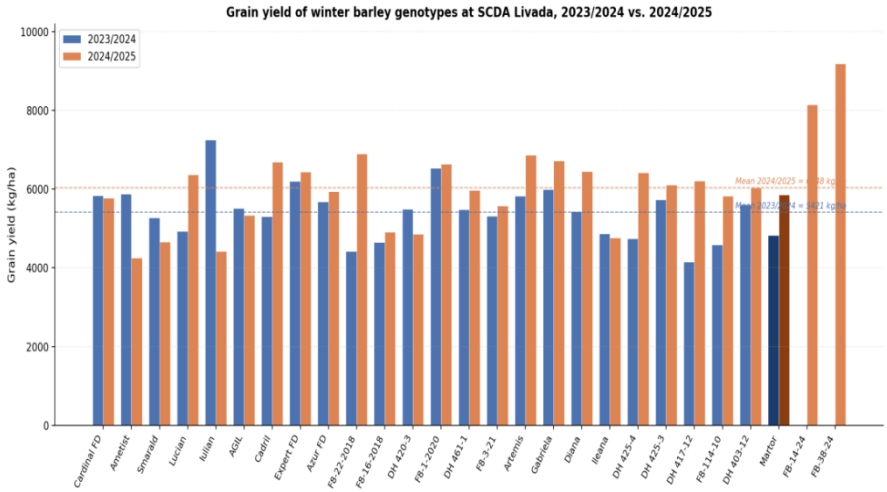


Figure 2. Grain yield (kg/ha) of winter barley genotypes at ARDS Livada, 2023/2024 vs. 2024/2025. Dashed lines indicate the experimental mean for each season.

Overall, grain yield was strongly influenced by both genotype and growing season. The newly developed breeding lines FB-14-24 and FB-38-24 showed the highest productive potential, particularly in 2024/2025, while several previously tested genotypes demonstrated comparatively stable performance across seasons. These results highlight the importance of multi-year testing for identifying winter barley genotypes combining high yield potential with good environmental adaptability.

Grain Quality Characteristics

Grain physical quality was evaluated using thousand-kernel weight (TKW) and hectoliter weight (HW). These parameters provide relevant information on kernel size, grain filling, density, and overall physical grain quality. Considerable variation was observed among genotypes and between the two growing seasons, indicating differences in their capacity to form and fill grains under contrasting environmental conditions.

In 2023/2024, TKW ranged from 38.4 g in AGIL to 50.0 g in Iulian. High values were also recorded in DH 425-4 (48.0 g), F8-114-10 (48.0 g), F8-3-21 (47.2 g), and the control (47.2 g). These results indicate favorable grain filling for several genotypes under the environmental conditions of the first season.

In 2024/2025, TKW ranged from 36.8 g in AGIL to 56.4 g in FB-38-24. The highest values were recorded in FB-38-24 (56.4 g), DH 425-4 (53.2 g), the control (52.8 g), DH 417-12 (52.4 g), DH 425-3 (52.4 g), and Gabriela (52.0 g). The high TKW values recorded by several genotypes

despite the lower precipitation indicate good grain-filling capacity under the conditions of the second season. Particularly noteworthy was FB-38-24, which combined the highest grain yield with the highest TKW among the evaluated genotypes.

HW also varied considerably among genotypes. In 2023/2024, values ranged from 50.3 kg/hl in Expert FD to 62.0 kg/hl in F8-114-10. Other genotypes with relatively high HW included Gabriela (60.5 kg/hl), Lucian (60.4 kg/hl), DH 425-4 (59.6 kg/hl), and Ileana (59.5 kg/hl). These values indicate good grain density and favorable physical quality.

In 2024/2025, HW ranged from 53.2 kg/hl in Ametist to 70.6 kg/hl in Ileana. High values were also recorded for FB-38-24 (64.2 kg/hl), DH 417-12 (63.6 kg/hl), Gabriela (62.8 kg/hl), the control (62.8 kg/hl), DH 425-3 (62.5 kg/hl), and DH 425-4 (62.4 kg/hl). Thus, several genotypes combined favorable grain density with good productive performance, although the relationship between yield and individual quality parameters varied among genotypes.

When the two quality parameters are considered together, FB-38-24 was particularly noteworthy, combining a very high grain yield (9182 kg/ha) with high TKW (56.4 g) and HW (64.2 kg/hl). This combination indicates favorable grain filling and high physical grain quality under the environmental conditions of 2024/2025. Other genotypes showed specific advantages, such as Iulian, which recorded the highest TKW in 2023/2024, F8-114-10, which recorded the highest HW in the first season, and Ileana, which recorded the highest HW in the second season.

Overall, the results demonstrate substantial genotype-dependent variation in grain physical quality. While some genotypes were characterized by high TKW, others showed superior HW, and only a limited number combined favorable values for both parameters with high productivity. Among the evaluated material, FB-38-24 showed the most favorable combination of productivity and grain physical quality, supporting its potential for further evaluation in breeding and cultivation programs. Notably, the grain protein content recorded across genotypes in 2024/2025 (12.6-17.0%, Table 6) extended beyond the typical range reported for barley grain (approximately 9-14%; Ullrich, 2011) and confirmed a strong genotype effect on this trait, consistent with earlier findings on Romanian barley germplasm (Vasilescu et al., 2019). Furthermore, the combination of high TKW and comparatively low protein content observed in FB-38-24 agrees with the inverse relationship generally reported between kernel size and grain protein concentration in barley (Magliano et al., 2014).

Table 5. Grain yield, thousand-kernel weight (TKW), and hectoliter weight (HW) of winter barley genotypes, ARDS Livada, 2023/2024

Nr.crt.	Genotype	Grain yield (kg/ha)	Diff. vs control (kg/ha)	Relative yield (%)	Signif.	TKW (g)	HW (kg/hl)
1	Cardinal FD	5837	1009	121	-	45,2	55.3
2	Ametist	5877	1049	122	-	44,4	56.0
3	Smarald	5277	449	109	-	39,2	55.1
4	Lucian	4931	103	102	-	41,0	60.4
5	Iulian	7252	2424	150	XX	50,0	52.3
6	AGIL	5514	686	114	-	38,4	52.4
7	Cadril	5301	473	110	-	41,6	52.8
8	Expert FD	6198	1370	128	-	40,0	50.3
9	Azur FD	5682	854	118	-	40,0	51.3
10	F8-22-2018	4416	-412	91	-	41,6	56.3
11	F8-16-2018	4652	-176	96	-	43,6	56.7
12	DH 420-3	5496	668	114	-	43,2	54.2
13	F8-1-2020	6530	1702	135	X	46,4	55.3
14	DH 461-1	5479	651	113	-	43,6	58.1
15	F8-3-21	5316	488	110	-	47,2	55.0
16	Artemis	5828	1000	121	-	46,0	55.7
17	Gabriela	5991	1163	124	-	46,4	60.5
18	Diana	5434	606	113	-	41,6	55.8

19	Ileana	4869	41	101	-	44,4	59.5
20	DH 425-4	4743	-85	98	-	48,0	59.6
21	DH 425-3	5730	902	119	-	46,0	56.7
22	DH 417-17	4153	-675	86	-	44,0	57.0
23	F8-114-10	4583	-245	95	-	48,0	62.0
24	DH 403-12	5602	774	116	-	43,2	53.5
25	Control	4828	Ct	100	-	47,2	54.6
	Experimental mean	**5421**					
	LSD 5%	**1664**					
	LSD 1%	**2219**					
	LSD 0.1%	**2890**					

Signif. = statistical significance of the difference vs. control (Martor): X = significant positive difference at p<0.05; XX = significant positive difference at p<0.01; - = not significant. LSD = least significant difference.

Table 6. Grain yield, thousand-kernel weight (TKW), hectoliter weight (HW), and protein content of winter barley genotypes, ARDS Livada, 2024/2025

Nr.crt.	Genotype	Grain yield (kg/ha)	Diff. vs control (kg/ha)	Relative yield (%)	Signif.	TKW (g)	HW (kg/hl)	Protein (%)
1	Cardinal FD	5777	-76	99	-	50,8	57,3	13,3
2	Ametist	4250	-1603	73	00	46,8	53,2	15,9
3	Smarald	4656	-1197	80	00	50,4	55,8	14,7
4	Lucian	6363	510	109	-	40,0	58,6	14,9
5	Iulian	4421	-1432	76	0	41,2	55,8	15,6
6	AGIL	5336	-517	91	-	36,8	57,8	16,0
7	Cadril	6689	836	114	-	37,6	54,2	14,4
8	Expert FD	6443	590	110	-	42,0	60,3	14,7
9	Azur FD	5935	82	101	-	42,8	53,6	14,8
10	F8-22-2018	6899	1046	118	-	44,4	55,8	14,7
11	F8-16-2018	4905	-948	84	-	44,4	56,0	15,3
12	DH 420-3	4862	-991	83	-	43,2	58,6	14,9
13	F8-1-2020	6642	789	113	-	47,2	56,8	13,5
14	DH 461-1	5967	114	102	-	46,0	59,8	14,2
15	F8-3-21	5577	-276	95	-	45,2	55,0	15,6
16	Artemis	6865	1012	117	-	50,4	61,3	15,0
17	Gabriela	6719	866	115	-	52,0	62,8	13,9
18	Diana	6449	596	110	-	41,6	59,5	15,7
19	Ileana	4766	-1087	81	-	46,0	70,6	17,0
20	DH 425-4	6420	567	110	-	53,2	62,4	15,5
21	DH 425-3	6105	252	104	-	52,4	62,5	14,9
22	DH 417-12	6213	360	106	-	52,4	63,6	15,7
23	F8-114-10	5820	-33	99	-	45,2	62,2	15,3
24	DH 403-12	6033	180	103	-	52,0	57,6	13,9
25	Control	5853	Mt	100	Ct	52,8	62,8	14,4
26	FB-14-24	8149	2296	139	***	51,2	60,7	13,5
27	FB-38-24	9182	3329	157	***	56,4	64,2	12,6
	Experimental mean	**6048**						
	LSD 5%	**1174**						
	LSD 1%	**1565**						
	LSD 0.1%	**2038**						

*Signif. = statistical significance of the difference vs. control (Martor): *** = significant positive difference at p<0.001; X = significant positive difference at p<0.05; 0 = significant negative difference at p<0.05; 00 = significant negative difference at p<0.01; - = not significant; Mt = control (Martor). LSD = least significant difference.*

Conclusions

The objective of this study was to evaluate the agronomic performance, yield components, and grain quality traits of winter barley cultivars and breeding lines under the environmental conditions of northwestern Romania and to identify genotypes with superior productivity, stability, and adaptability across contrasting growing seasons.

The newly developed breeding lines FB-14-24 and especially FB-38-24 demonstrated superior agronomic performance and represent valuable genetic resources for future breeding and variety registration programmes.

Regarding grain yield, the cultivar Iulian was the top performer in the 2023/2024 season (7252 kg ha^{-1}), while in 2024/2025 the newly introduced breeding lines FB-38-24 (9182 kg ha^{-1}) and FB-14-24 (8149 kg ha^{-1}) clearly outyielded all other genotypes, confirming their superior productive potential under the pedo-climatic conditions of northwestern Romania.

Among the genotypes common to both growing seasons, F8-1-2020, Gabriela, Artemis, and Expert FD combined above-average yields with consistent performance across the contrasting climatic conditions of 2023/2024 and 2024/2025, recommending them as stable and reliable genetic sources for further breeding work.

In contrast, the weakest yielding genotypes were DH 417-17, F8-22-2018, F8-114-10, and F8-16-2018 in 2023/2024, and Ametist, Iulian, Smarald, and Ileana in 2024/2025, indicating a lower adaptability of these entries to the specific environmental conditions of each season, particularly to water deficit and temperature fluctuations.

In terms of grain quality, the cultivar Ileana stood out with the highest protein content (17.0%) and the highest hectoliter weight (70.6 kg/hl), while FB-38-24 combined the highest thousand-kernel weight (56.4 g) with a high hectoliter weight (64.2 kg/hl), confirming the inverse relationship generally observed between grain yield and protein content in cereals.

These results should be further supported by additional experiments in future growing seasons to monitor the studied parameters over a longer period and obtain a more comprehensive assessment of genotype performance, stability, and adaptability.

References

AbuMweis, S. S., Jew, S., & Ames, N. P. (2010). Beta-glucan from barley and its lipid-lowering capacity: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *European Journal of Clinical Nutrition*, *64*, 1472–1480. https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.178

Badea, A., & Wijekoon, C. (2021). Benefits of barley grain in animal and human diets. In A. K. Goyal (Ed.), *Cereal Grains*, Vol. 1. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.97053

Badr, A., Müller, K., Schäfer-Pregl, R., El Rabey, H., Effgen, S., Ibrahim, H. H., Pozzi, C., Rohde, W., & Salamini, F. (2000). On the origin and domestication history of barley (Hordeum vulgare). *Molecular Biology and Evolution*, *17*(4), 499–510. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a026330

Boanta, E. A., Muntean, L., Russu, F., Porumb, I., Parlici, R. M., & Ona, A. D. (2020). Variability of yield traits in a germplasm of barley cultivars, studied at Turda Agricultural Research and Development Station, Cluj County, Romania. *Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*, *20*(1), 95–100.

Briggs, D. E. (2012). *Barley*. Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-94-009-5715-2

Cernay, C., Makowski, D., & Pelzer, E. (2018). Preceding cultivation of grain legumes increases cereal yields under low nitrogen input conditions. *Environmental Chemistry Letters*, *16*, 631–636. https://doi.org/10.1007/s10311-017-0698-z

Dawson, I. K., Russell, J., Powell, W., Steffenson, B., Thomas, W. T. B., & Waugh, R. (2015). Barley: a translational model for adaptation to climate change. *New Phytologist*, *206*(3), 913–931. https://doi.org/10.1111/nph.13266

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2011). Scientific opinion on the substantiation of health claims related to beta-glucans from oats and barley and maintenance of normal blood LDL-cholesterol concentrations. *EFSA Journal*, *9*(6), 2207. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2207

FAOSTAT. (2024). *Crops and livestock products*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL (Accessed: June 2026).

Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Grando, S., & Gómez-Macpherson, H. (Eds.). (2005). *Food Barley: Importance, Uses and Local Knowledge*. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.

Györgyiné Kovács, A., Tóth, G., Sipos, T., Csabai, J., Irinyiné Oláh, K., Kosztyuné Krajnyák, E., Szabó, B., & Henzsel, I. (2025). Effect of different sowing times, plant densities, and fertiliser doses on yield and crop elements of dry bean varieties (Phaseolus vulgaris L.). Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 24(3), 27–37. https://doi.org/10.24326/asphc.2025.5427

Kosztyuné Krajnyák, E., Szabó, B., Kovács, Z., Makszim Györgyné Nagy, T., Györgyiné Kovács, A., Csabai, J., Abdurahmanov, I., & Abdurakhmonov, Z. (2024). The effect of fermented poultry manure on the yield and quality parameters of triticale (× Triticosecale Wittmack) cultivated organically on acidic sandy soil. E3S Web of Conferences, 590, Article 01009. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459001009

Magliano, P. N., Prystupa, P., & Gutiérrez-Boem, F. H. (2014). Protein content of grains of different size fractions in malting barley. *Journal of the Institute of Brewing*, *120*(4), 347–352. https://doi.org/10.1002/jib.161

Muntean, L. S., Duda, M. M., Cernea, S., Morar, G., & Vârban, D. I. (2021). *Fitotehnie* [Phytotechnics]. Risoprint Publishing House, Cluj-Napoca.

Ping, H., Wang, J., & Ren, G. (2013). Prediction of the total starch and amylose content in barley using near-infrared reflectance spectroscopy. *Intelligent Automation & Soft Computing*, *19*(2), 231–237. https://doi.org/10.1080/10798587.2013.823719

Pour-Aboughadareh, A., Khalili, M., Poczai, P., & Olivoto, T. (2022). Stability indices to deciphering the genotype-by-environment interaction (GEI) effect: An applicable review for use in plant breeding programs. *Plants*, *11*(3), 414. https://doi.org/10.3390/plants11030414

Steel, R. G. D., Torrie, J. H., & Dickey, D. A. (1997). *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Ullrich, S. E. (Ed.). (2011). *Barley: Production, improvement, and uses*. Wiley-Blackwell. https://doi.org/10.1002/9780470958636

Vasilescu, L., Bude, A., Sîrbu, A., & Petcu, E. (2019). Genotype and nitrogen fertilization influence on the grain protein content in some barley varieties and lines. *Romanian Agricultural Research*, *36*, 51–58. http://www.incda-fundulea.ro/rar/nr36/rar36.7.pdf

Zengin, E., Aka Sağlıker, H., & Darıcı, C. (2008). Carbon Mineralization of *Ceratonia siliqua* L. Soils under Different Temperature and Humidity Conditions. Turkish Journal of Botany, 32(2), 123-127.

Zohary, D., Hopf, M., & Weiss, E. (2012). *Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin* (4th ed.). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199549061.001.0001

VALORIZATION OF ACIDIC SOILS BY TESTING, INTRODUCING AND EXPANDING THE CULTIVATION OF NEW SPECIES WITH HIGH PRODUCTION POTENTIAL IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE IN NORTH-WEST ROMANIA

Mondici Susana[1] - Ács Peter-Balázs[1] - Smit Gergely-Andrei[1] - Goga Nicolae[1] - Andraş Beniamin-Emanuel[1] - Ursan Patrick[1]

[1]Agricultural Research and Development Station Livada, 7 Baia Mare St., Livada, Romania, Tel/Fax : 0261 – 840 -018, e-mail: scdalivada@yahoo.com

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.20

Introduction

The introduction and expansion of new plant species (mustard, fava beans, chickpeas, buckwheat, lentils, sorghum) that are not native to the ecological framework of a humid climate and acidic soils will enable the selection of species with the greatest ecological plasticity to ensure a sufficient supply of plant biomass for use as green manure (cover crops), animal feed, human food, and biomass (Aka Sağlıker & Şahin, 2018; Csabai et al., 2019, 2022a, 2022b, 2023, 2025; Vágvölgyi & Kosztyuné Krajnyák, 2025). The pedological context of the project is characterized by the fact that acidic soils account for more than 30% of the arable land in northwestern Transylvania. In these soils, the presence of a more or less developed B horizon, with a clay content ranging from 30–35%, combined with low hydraulic conductivity values, causes water to stagnate at the surface during periods of heavy precipitation, which adversely affects plant growth.

Apparent density values suggest that the soil is relatively compacted; the pH ranges from slightly acidic to acidic, with a trend toward acidification due to fertilization, primarily with nitrogen-based fertilizers.

The humus content (which was formed predominantly from fulvic acids) is low, indicating that the humus is quite depleted. The trend in soil organic matter content shows a quantitative and qualitative decline in humus in these soils.

The presence of aluminum ions, due to the increase in potential acidity, strictly requires periodic soil amendment.

Literature review

Legume crops ensure food, feed, and industrial security. Legume crops are an important source of high-quality plant protein. These plants help enhance soil fertility and contribute to energy security. They are excellent preceding crops in crop rotations. (Kosztyuné Krajnyák et al., 2023; INTERNET 1, Szabó et al., 2018, Szabó et al., 2019).

Chickpeas are rich in protein, minerals (phosphorus, potassium, magnesium, calcium, iron), and B vitamins. With a high protein content (24%), combined with a substantial percentage of carbohydrates and fats, chickpeas have exceptional nutritional value and can largely replace the protein found in meat.

In 1793, ground and roasted chickpeas were mentioned by a German writer as a substitute for coffee in Europe, a practice that continues today. During World War I, chickpeas were cultivated for this purpose in some parts of Germany (INTERNET 2).

Lentils are a rich source of fiber, folate, and potassium, nutrients essential for heart health.

According to the American Heart Association (AHA), increased fiber intake can reduce LDL cholesterol (the "bad" cholesterol). Not only is fiber associated with a lower incidence of cardiovascular disease, but it may also slow the progression of the disease in people at high risk (INTERNET 3).

Voican et al. (2002) state that the cultivation of cereal crops began in the Late Neolithic. The culture spread from the Middle East in 4 directions: in Europe, crossing the Balkans, the North African coast, to Spain, in Ethiopia - on the Nile, in Mesopotamia and India. About 4,000 years ago, garden grain was cultivated in Greece and southern Italy (INTERNET 4).

Farmers growing buckwheat in Romania do not have as many varieties as farmers in Russia, where over 60 varieties of buckwheat are grown. Russia is also the largest exporter of buckwheat in the world.

Archaeological excavations in the Indus Valley have revealed that mustard was cultivated there as early as 1800 BC (INTERNET 5).

One benefit of sorghum cultivation is its role in preventing land desertification (Antohe, 2002; Drăghici, 2023).

In areas with acidic, humus-poor soils, lupin—grown for grain, including within a rational crop rotation scheme, and used as green manure—plays a significant role in making agriculture profitable; at the same time, it can provide a substantial amount of protein for feeding monogastric animals (INTERNET 6; Szabó et al., 2025).

Red clover is a perennial forage legume important for animal nutrition; it efficiently utilizes humid, hilly areas and acidic to moderately acidic soils, playing a role in soil improvement and pollution reduction (Moisa & Smit, 2018).

Wheat is of great importance as a food product, providing a large share of the carbohydrates and proteins required by humans and accounting for more than half of the calories consumed by humanity (INTERNET 7).

Among cereal crops, triticale represents one of humanity's major achievements in the field of theoretical and applied genetics; it offers significant potential for increasing yield per unit area—producing crops for both human consumption and animal feed—particularly in regions where growing conditions are less favorable for other cereals (Ittu et al., 1986, 1990, 2001; Ittu and Săulescu, 1988, 2000; Kosztyuné Krajnyák et al., 2024).

Material and Method

The research was conducted in 2024 and 2025, under the soil and climate conditions at the Livada Agricultural Research and Development Station in Satu Mare County, on a white luvisol with a pH of 5.1 in the topsoil, a clay content of 20.9%, and a humus content of 1.8%.

The research aims to optimize the use of acidic soils by introducing new crop species—buckwheat, chickpeas, mustard, sweet sorghum, fava beans, and lentils—alongside established crops in the area—clover, lupine, triticale, and wheat—all of which are acid-tolerant varieties.

By selecting the composition of the new species based on the area's specific characteristics and developing technologies tailored to each species and the ecological context—given that each species prefers certain soil types (lupine and red clover tolerate acidic soils; chickpeas and fava beans prefer neutral to slightly alkaline soils), conducting experiments on these soil types leads to relevant conclusions regarding the ecological plasticity of different species and varieties and the possibility of expanding cultivation areas even to regions considered less favorable.

Agroclimatic Resources at SCDA Livada During the Agricultural Year:

The Northern Pannonian subprovince, which encompasses the plain area of the SCDA Livada territory, is influenced by a temperate climate with a sub-Atlantic character, according to the Köppen classification, with the climate code cfbx. To characterize the agroclimatic conditions,

thermal resources, as well as the characteristics and fluctuations of moisture resources, are analyzed.

Thermal Resources

Average annual temperatures range from 8°C to 11.6°C. The sum of effective temperatures (>10°C) in the plain area ranges from 1,200 to 1,450°C.

The multiannual average temperature recorded at the Livada station over the past 63 years is 9.9°C. The temperatures recorded during the study period are shown in Figure 1.

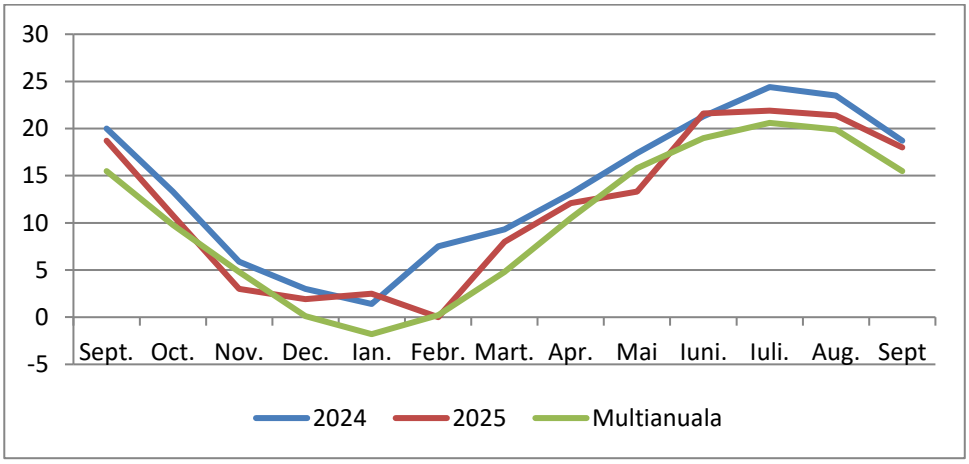


Figure 1. Monthly temperatures (°C) recorded at SCDA Livada

At Livada, the 63-year multi-year average precipitation is 751.4 mm, with an uneven and erratic distribution during the growing season.

The precipitation recorded during the study period is shown in Figure 2.

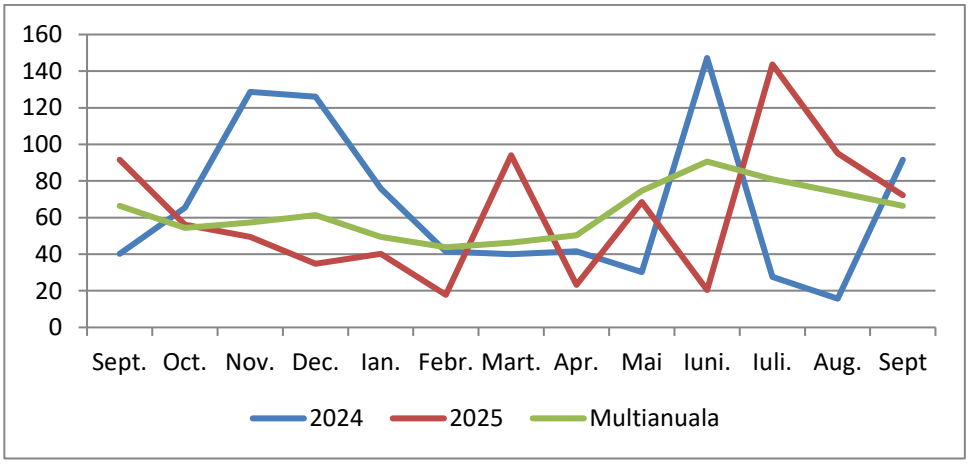


Figure 2. Monthly precipitation (mm) recorded at SCDA Livada

For the experimental years 2024 and 2025, a plot was designated for cover crops that allowed for early land preparation (wheat, sorghum).

The experimental design included two factors: factor A with two levels (a1 – amended and a2 – unamended) and factor B with two levels (D1 – density 1, D2 – density 2).

For factor A, the field was divided into two sections, one of which was amended with 1.0 t/ha of Teracalco, applied annually using a fertilizer spreader.

Crops were arranged perpendicular to factor A, with each crop having two variants representing factor B with two density levels.

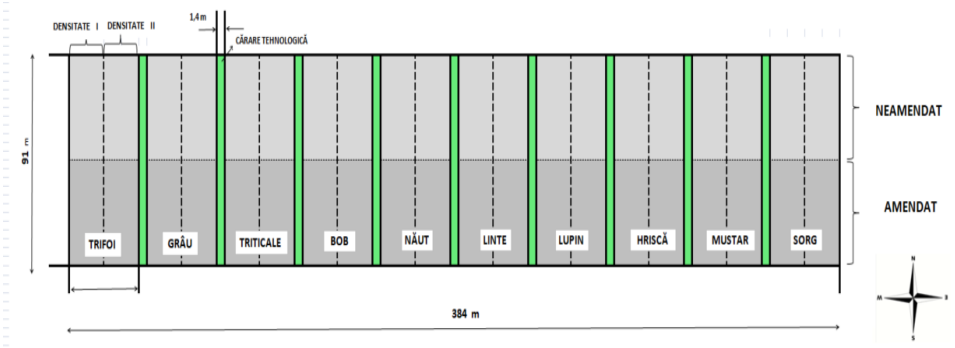


Figure 3. Sketch of the experimental setup

Prior to sowing, as part of seedbed preparation, a compound fertilizer (18-46-0) at a rate of 500 kg/ha was applied to the fall crops, while a compound fertilizer (18-46-0) at a rate of 200 kg/ha was applied to the spring crops.

In September–October, fall sowing (red clover, wheat, triticale) was carried out, and in March–May, spring sowing was carried out using a seed drill (Wintersteiger Plotseed TC) for the experimental plots.



Figure 4. Sowing of crops under the ADER 1.2.1 project

1. Red clover

The red clover variety sown as part of the project was “David Liv,” developed at SCDA Livada. It is a synthetic diploid variety approved in 2015; an early-maturing variety with good resistance to lodging, winter hardiness, drought, and foliar diseases. It is suitable for both spring and fall planting. Red clover was planted between August and September during each phase of the project. The treatment combinations were as follows:
V1 – fertilized at two densities
D1 – 674 seeds/m² (15 kg/ha)
D2 – 1,124 seeds/m² (25 kg/ha)
V2 – unamended with two seeding rates
D1 – 674 seeds/m² (15 kg/ha)
D2 – 1,124 seeds/m² (25 kg/ha)

The seeding depth was 1 cm, and the row spacing was 12.5 cm.

2. Wheat

To establish the wheat crop, "Biharia" was sown—a new Romanian variety developed at SCDA Lovrin and registered in 2021. It has a medium growing season, is short in stature (approximately 80 cm), is resistant to winter and drought, has good tolerance to lodging and heat stress, is resistant to specific diseases, and has high tolerance to soil acidity. Wheat was sown in October, the optimal time for northwestern Romania, with the following treatments:

V1 – amended, with two seeding rates
D1 – 423 seeds per square meter (180 kg/ha)
D2 – 587 seeds per square meter (250 kg/ha)
V2 – unamended with two seeding rates
D1 – 423 seeds/m² (180 kg/ha)
D2 – 587 seeds/m² (250 kg/ha)

The seeding depth was 4 cm, and the row spacing was 12.5 cm.

3. Triticale

The triticale variety sown was Negoiu, developed at INCDA Fundulea and registered in 2012. Negoiu has high resistance to low temperatures, a rapid growth rate, thick, elastic straw that is resistant to lodging, moderate resistance to brown rust, and moderate susceptibility to powdery mildew and yellow rust; it is also resistant to sprouting in the head. The triticale was planted at the same time as the triticale.

The variants include the two factors—agrochemical fertilization and seeding rate—each with two levels:

V1 – amended, with two seeding rates
D1 - 323 seeds/m² (150 kg/ha)
D2 - 538 seeds/m² (250 kg/ha)
V2 – unamended with two seeding rates
D1 – 323 seeds/m² (150 kg/ha)
D2 – 538 seeds/m² (250 kg/ha)

The seeding depth was 4 cm, and the row spacing was 12.5 cm.

4. Chickpeas

The chickpea variety planted as part of the project was "BURNAS," developed at SCDA Teleorman. It is a variety approved in 2006 that is highly drought-tolerant and has very good resistance to anthracnose. The chickpea crop was planted in March. The treatment combinations were as follows:

V1 – amended, with two seeding rates
D1 - 35 seeds/m² (140 kg/ha)
D2 - 45 seeds/m² (180 kg/ha)
V2 – unamended at two densities
D1 – 35 seeds per square meter (140 kg/ha)
D2 – 45 seeds per square meter (180 kg/ha)

The seeding depth was 4 cm, and the row spacing was 25 cm for both treatments.

5. Fava Beans

For the fava bean crop, the "SUPERAGUADULCE" variety was sown; it is a large-seeded variety (no small or medium seeds were found), has moderate heat requirements, but is sensitive to moisture. Like the fava bean crop, the broad bean crop was sown in mid-March, with the variants

being V1—amended and V2—unamended; in both cases, two seeding densities were used. The seeding densities were:

V1 – amended, with two seeding rates
D1 - 30 seeds/m² (450 kg/ha)
D2 - 40 seeds/m² (675 kg/ha)
V2 – unamended at two densities
D1 – 30 seeds/m² (450 kg/ha)
D2 – 40 seeds/m² (675 kg/ha)

The seeding depth was 8 cm, and the row spacing was 25 cm.

6. Lentils

Lentils were sown in early spring, as was the case with the legume crops in the project, since delaying sowing results in uneven emergence. The variety sown was the green lentil "VELVET." The treatment variants for the lentil crop were:

V1 – amended, with two seeding rates
D1 – 250 seeds per square meter (75 kg/ha)
D2 – 300 seeds per square meter (89 kg/ha)
V2 – unamended with two seeding rates
D1 – 250 seeds per square meter (75 kg/ha)
D2 – 300 seeds per square meter (89 kg/ha)

The seeding depth was 4 cm, and the row spacing was 12.5 cm for both variants**.**

7. Buckwheat

The buckwheat variety sown was "PANDA," a variety noted for its high disease resistance; it survives cold spring periods well and withstands drought even during the flowering period. The variants were as follows:

V1 – amended, with two seeding rates
D1 – 200 seeds per square meter (60 kg/ha)
D2 – 250 seeds per square meter (80 kg/ha)
V2 – unamended with two seeding rates
D1 – 200 seeds/m² (60 kg/ha)
D2 – 250 seeds/m² (80 kg/ha)

The seeding depth was 3 cm, and the row spacing was 25 cm for both variants.

8. Mustard

To establish the mustard crop, the "MARYNA" variety was sown, and sowing took place in early March.

The treatments were: V1—amended and V2—unamended, with both sown at two seeding rates.

V1—amended, with two seeding rates
D1—200 seeds/sq m (14 kg/ha)
D2—300 seeds/sq m (21 kg/ha)
V2 – unamended with two seeding densities
D1 – 200 seeds/m² (14 kg/ha)
D2 – 300 seeds/m² (21 kg/ha)

The seeding depth was 1.5 cm, and the row spacing was 25 cm.

9. Lupin

The "MIHAI" variety, approved by ISTIS in 2015 and patented in 2017, was developed through a breeding program at the Faculty of Agriculture of USAMV Iași. This variety was sown as part of the project in mid-March, along with the other spring crops, and included the following treatments:

V1 – amended, with two seeding rates
D1 – 50 seeds/m² (150 kg/ha)
D2 – 70 seeds/m² (210 kg/ha)
V2 – unamended with two seeding rates
D1 – 50 seeds/m² (150 kg/ha)
D2 – 70 seeds/m² (210 kg/ha)

The seeding depth was 5 cm, and the row spacing was 25 cm.

10. Sweet Sorghum

In early May, sorghum was planted using the "ALIZE" hybrid, a semi-early hybrid with excellent tolerance to lodging, drought, shattering, and Fusarium. The varieties planted were:

V1 – amended, with two seeding rates
D1 - 11 seeds/m² (4 kg/ha)
D2 - 17 seeds/m² (6 kg/ha)
V2 – unamended with two seeding rates
D1 – 11 seeds/m² (4 kg/ha)
D2 – 17 seeds/m² (6 kg/ha)

The seeding depth was 4 cm, and the row spacing was 50 cm.

Weed Control

Weed control in the crops included in this study was carried out using the following herbicides:

Red clover was treated post-emergence with a grass-killing herbicide, Gramin, at 1.5 L/ha (active ingredient: 50 g/L quizalofop-P-ethyl) and with the broadleaf herbicide Basagran at 2 L/ha (active ingredient: bentazone 480 g/l) + the adjuvant Break Thru at 100 ml/ha.

Weed control in the wheat and triticale crops was carried out using the herbicide Sekator Progress OD at 0.150 L/ha (amidosulfuron 100 g/L + iodosulfuron-methyl-Na 25 g/L + mefenpyr diethyl 250 g/L (safener)), applied post-emergence in the spring.

The mustard crop was treated with a pre-emergence herbicide immediately after sowing; the herbicide applied was Metax 500 SC at 1.5 L/ha (active ingredient: 500 g/L metazachlor). It is a selective herbicide for controlling annual monocotyledonous and dicotyledonous weeds.

To control monocotyledonous and dicotyledonous weeds in the field bean crop, the herbicide Challenge was applied pre-emergence at a rate of 4 L/ha (active ingredient: aclonifen 600 g/L).

The weed species (present prior to harvest) that were not controlled in the bean crop by the Challenge herbicide at 4 l/ha were: *Ambrosia artemisiifolia* and *Apera spica-venti*.

The buckwheat crop was not treated with herbicides because no selective and effective herbicide was found, and no herbicides are registered for this crop. Although it was not treated with herbicides, the buckwheat plants competed well with the existing weeds and were maintained through manual weeding.

Weed control in the chickpea, lentil, and lupin crops were carried out using the herbicide Challenge at 4 l/ha (active ingredient: aclonifen 600 g/l), applied pre-emergence. Challenge is registered for controlling annual dicotyledonous weeds and certain annual monocotyledonous weeds.

In lupin crops, as in the other legume crops included in the study, *Ambrosia artemisiifolia* poses the greatest problem in terms of weed infestation, since this weed is not controlled by the Challenge herbicide or by other herbicides.

The sorghum crop was treated pre-emergence with the herbicide Stomp Aqua at 3 l/ha (active ingredient: 455 g/l pendimethalin). During the early part of the growing season, a post-emergence herbicide application was carried out using Dicopur Top at 1 L/ha (344 g/L 2,4-D acid as dimethylamine salt and 120 g/L dicamba), a systemic herbicide, to control dicotyledonous weeds. These herbicides were highly effective, keeping the crop weed-free until harvest.

Monitoring and Controlling Specific Diseases and Pests

The fight against pests, which continue to significantly impact agricultural production, is an ongoing effort. Measures to control diseases and pests should be implemented as part of an integrated system based on knowledge of the specific characteristics of the disease or pest, the biology of the harmful agent, and the plant's phenological stage, in correlation and interdependence with environmental factors.

In clover cultivation, prevention of attacks by highly damaging pathogens in our region (*Sclerotinia trifoliarum*, Erikss), which are transmitted through soil and seed, was achieved by treating the seed with the fungicide Dividend M 030 FS (difenconazole 30 g/L) at a dose of 1.0 L/t (in a 1:10 dilution).

Prevention of soil- and seed-borne diseases (dowry and smut) in wheat was achieved by chemically treating the seed with the fungicide AMIRAL PROFFY 6FS at a dose of 0.5 L/t, in a 1:10 dilution. To combat the foliar pathogen complex, preventive and curative treatments were applied during phenophase BBCH 35–37 using the fungicide FALCON 460 EC at a dose of 0.8 L/ha diluted in 150 L/ha, and during the BBCH 55 growth stage using the fungicide Nativo PRO 325 SC at a dose of 0.6 l/ha.

Systemic diseases in triticale that are transmitted through seed and soil were controlled by applying preventive seed treatment with the fungicide AMIRAL PROFFY 6 FS (tebuconazole 60 g/L) at a dose of 0.5 L/t in a 1:10 dilution. The treatment was highly effective, with no ears showing symptoms of smut or bunt. Foliar disease infestation was very severe from the time of emergence, necessitating foliar treatments applied at BBCH stage 36 with the fungicide FALCON PRO at a dose of 0.8 L/ha, diluted in 150 L of water per hectare, and during the BBCH 55 phenological stage with the fungicide NATIVO PRO 325SC at a dose of 0.6 L/ha in 150 L of water per hectare.

The fava bean crop at the Livada Agricultural Research and Development Station enjoyed a remarkable growing season, characterized by optimal plant health. The seeds were treated preventively before sowing with the fungicide DIVIDEND M030 FS at a dose of 0.5 L/t, using a 1:10 dilution. This treatment provided effective protection against potential fungal diseases, preventing the emergence of any pathogens in the crop throughout the entire growing season.

Results and Discussion

The study did not record any instances of fungal or bacterial diseases throughout the entire growing season. Pathogens commonly found in fava bean crops, such as Ascochyta rabiei or Fusarium oxysporum, were not identified in the monitored plots, underscoring the effectiveness of the seed treatment and favorable agrotechnical conditions. The absence of any disease symptoms allowed healthy and vigorous plant growth, resulting in a fava bean crop that was free of phytosanitary issues.

However, the presence of a specific pest, Helicoverpa armigera, known for its impact on legume crops, including fava beans, was observed. Infestation by this pest was observed throughout the experiment, but it did not cause significant damage.

The bean crop in this area was significantly affected by a complex of pathogenic factors. Prior to sowing, the seeds were treated with the fungicide DIVIDEND M030 FS as a preventive measure

against potential soil- or seed-borne pathogens. The crop was infested by the black beet aphid (Aphis fabae) at a 100% infestation rate. As a result of this massive infestation, multiple insecticide treatments were applied, including MAVRIK 2F at a dose of 0.2 L/ha in 150 L of water per hectare, MOSPILAN at 150 g/ha, and CIPERGUARD MAX at a dose of 40 mL/ha.



Figure 5. Image from the Bob experimental field

(Aphis fabae infestation)

The lentil crop at the Livada Agricultural Research and Development Station was in exceptional phytosanitary condition, due both to favorable agroclimatic conditions and to the phytosanitary measures implemented. Before sowing, the seeds were treated with the fungicide DIVIDEND M030 FS at a dose of 0.5 L/t, using a 1:10 dilution. This treatment played a key role in preventive protection against fungal diseases, ensuring optimal crop health throughout the entire growing season.

Throughout the growing season, no significant symptoms of fungal or bacterial infections were observed, and common pathogens such as Colletotrichum truncatum (anthracnose) or Fusarium spp. were absent from the lentil crop. The effectiveness of the fungicide treatment and continuous monitoring of plant health played a decisive role in preventing the development of pathogens, maintaining the lentil crop in optimal plant health.

The buckwheat crop was notable for its exceptionally favorable plant health status. The seeds were subjected to a preventive treatment with the fungicide DIVIDEND M030 FS, at a dose of 0.5 L/t and a dilution ratio of 1:10, ensuring the necessary protection against potential fungal infections that could affect the crop during its early stages of development.

Throughout the entire growing season, no problems related to fungal or bacterial diseases were reported. Buckwheat, known for its natural resistance to pathogens, showed no symptoms indicating the presence of specific pathogens, such as Alternaria or Botrytis, which frequently affect other crops. The complete absence of these diseases is due both to effective seed treatment and to favorable growing and maintenance conditions, which supported the plants' overall health.

Mustard was affected by the pathogens *Erysiphe communis*, which causes powdery mildew in cruciferous plants, and *Alternaria brasicae*, which causes black pod spot. Powdery mildew infection was observed on the leaves and flower stalks. The maximum level of infection was observed during the flowering stage of the plants, with a frequency of 100% and a severity ranging from 15.3% to 25.2%. Variations in plant density and agrochemical treatment did not result in differences in infection levels. Alternaria infection was more severe on the fruit clusters, with infection levels ranging from 7.3% to 10.1%, with no significant differences based on agrochemical treatment or plant density.

The crop was protected against pest attacks by applying three insecticide treatments designed to protect the leaves and flower clusters. The first treatment was carried out using MAVRIK 2F at a dose of 0.2 L/ha in 150 L of water per hectare. The treatment was intended to control leafhoppers (*Phyllotetra atra* and *Phyllotetra nemorum*), which cause damage to the leaves. Adults gnaw through the upper epidermis, creating small holes (1.5–2 mm in diameter); in the event of a severe infestation, the leaves dry out. At the time of treatment, there were 7–10 insects per plant.

The second treatment was aimed at controlling the pests mentioned in the first treatment, as well as the pest *Melighetes aenus*, which affects flower buds. MOSPILAN was applied at a rate of 150 g/ha. The number of insects per plant prior to treatment was 5–10. The staggered flowering of the plants and conditions favorable to the pest necessitated a new treatment with CIPERGUARD MAX at a dose of 40 ml/ha. No differences in pest infestation were observed based on the levels of plant density or agrochemical application.



Figure 6. Image from the Muștar experimental field

(Pest infestation)

In the field of plant health, a preventive seed treatment was applied to the lupin seeds to control soil- and seed-borne pathogens using the fungicide DIVIDEND M 030 FS (difenconazole 30 g/L) at a dose of 1 L/t in a 1:10 dilution. In the experimental plot treated with the seed treatment, lupin mosaic—a disease caused by Lupinus Virus 1, Mastenbroek—was observed. The percentage of virus-infected plants was 0.2–0.3%; no differences in infection rates were observed based on

agrochemical treatment or plant density. Infected plants are smaller than healthy ones and have a stiff growth habit. The upper leaves are small, stiff, erect, and wrinkled, and exhibit light green (yellow) spots or streaks alternating with areas of normal color. The flowers of these plants abort at a rate of 70–80%. A large number of spindly, thread-like shoots form on the upper part of the stem, giving infected plants a bushy appearance. Brown necrotic spots appear along the shoots and on the leaf petioles. The disease is transmitted through seeds, and infection occurs via aphids. Control consists of removing plants showing mosaic symptoms from the crop.

Among the diseases caused by pathogenic fungi, fusarium wilt and anthracnose have been observed. Fusarium wilt, caused by the pathogen Fusarium spp., causes fusarium wilt in plants by attacking the roots, collar, and base of the stem, which rot, leading to the whitening and drying out of the plants. The disease is transmitted through seeds and soil, and the obvious wilting symptom manifests during the budding and flowering stages. The incidence of infection was below 0.3% (sporadic), with no difference observed based on plant density or the use of agrochemicals. The most dangerous disease affecting sweet white lupine—which in some years can compromise the entire crop—is anthracnose, caused by *Ascochyta lupinicola*. The disease initially manifests as circular, oval, or slightly elongated gray spots with reddish-brown margins. The most severe form occurs on flowering shoots, where the spots measure 15–30 mm, are brick-red in color, and result in tissue destruction at the site of infection and the bending or curving of the shoot.



Figure 7. Image from the Lupin experimental field

(Symptoms of anthracnose)

Fungicide treatment is highly effective only when applied preventively (before the disease appears). The treatment was applied in the pre-budding stage using MERPAN 80 WP at a dose of 1.5 kg/ha. With the fungicide treatment, the disease incidence rate was 1–2%, with no differences observed based on agrochemical application or plant density. No pest infestations affecting the crop were observed.

Grain sorghum is frequently attacked by the pathogen *Sphaceloteca sorghi*, which causes panicle smut. The infection is seed-borne and spreads via chlamydospores in the soil or on the seed. Control of this pathogen is only effective through preventive seed treatment. The treatment was carried out using the fungicide DIVIDEND M030 FS at a dose of 0.5 L/t in a 1:10 dilution. No smut infection was observed. During the growing season, primarily after the emergence of

panicles, characteristic symptoms specific to a bacterial infection caused by *Xanthomosa holcicola* in association with *Pseudomonas anthropogoni* appeared on the leaves and leaf sheaths.

No foliar fungicide treatments were applied (the disease severity exceeded the PED only toward the end of the growing season). No differences in the degree of infection were observed based on agrochemical amendments or plant density.

The yields obtained for the crops studied are presented in Table 1,2:

Table 1. Yields obtained during the experimental period

Nr. Crt.	Crop	Yield kg/ha x̄ 2024, 2025							Yield difference (x̄ Amended – x̄ Unamended)%
		Amended		Unamended		Production difference (Amended – Unamended)		Yield difference (x̄ Amended – x̄ Unamended)	
		D1	D2	D1	D2	D1	D2		
1	Wheat	6922	7002	4664	5045	2258	1957	2107	43,4
2	Triticale	6657	8108	6407	6994	250	1114	682	10,2
3	Mustard	158	249	101	299	57	-50	4	1,5
4	Broad bean	522	543	639	715	-117	-172	-144	21,3
5	Lentil	547	633	476	624	71	9	40	7,2
6	Buckwheat	676	768	592	748	84	20	52	7,8
7	Chickpea	740	836	652	861	88	-25	31	4,0
8	Lupin	1966	2545	1443	1754	523	791	657	41,1
9	Red clover (green fodder)	47250	56600	45050	54300	2200	2300	2250	4,5
10	Grain sorghum	4767	5833	4695	5602	72	231	151	2,9

D1 – density 1

D2 – density 2

Table 2. Yields obtained during the experimental period

Nr. Crt.	Crop	Yield kg/ha x̄ 2024, 2025							Yield difference (x̄ D2- x̄ D1) %
		Amended		Unamended		Yield difference (D2-D1)		Yield difference (x̄ D2- x̄ D1)	
		D1	D2	D1	D2	Amended	Unamended		
1	Wheat	6922	7002	4664	5045	80	381	231	3,9
2	Triticale	6657	8108	6407	6994	1451	587	1019	15,6
3	Mustard	158	249	101	299	91	198	144	111
4	Broad bean	522	543	639	715	21	76	48	8,4
5	Lentil	547	633	476	624	86	148	117	23,0
6	Buckwheat	676	768	592	748	92	156	124	19,5
7	Chickpea	740	836	652	861	96	209	153	21,9
8	Lupin	1966	2545	1443	1754	579	311	445	26,1
9	Red clover(green fodder)	47250	56600	45050	54300	9350	9250	9300	20,1
10	Grain sorghum	4767	5833	4695	5602	1066	907	987	20,8

D1 – density 1

D2 – density 2

The current acidity of the soil samples was determined after the end of the growing season specific to each crop, using the 1:2.5 (m/v) soil-to-solution aqueous suspension method.

Current acidity, which is determined by the free hydrogen ions in the soil solution, has a direct influence on plant growth; however, it can serve only as a qualitative indicator and not for

calculating the amendment dose. To quantitatively determine the amendment dose, potential acidity is used, which is determined by hydrogen (H^+) and aluminum (Al^{3+}) ions adsorbed onto the surface of colloidal particles (0.0002 mm).

Soil treatment with calcium amendments is carried out not as a source of nutrient ions, but to improve the ionic composition of the soil solution and the physicochemical and biological conditions in the soil, to increase the readily assimilable forms of certain nutrients, and to eliminate the toxic effects of certain components of the soil solution (Fe, Al).

Acidic agricultural soils in Romania cover approximately 5,700,000 ha (excluding forested areas), of which 30% is arable land. These soils formed on sedimentary rocks (loam, clay, alluvium) in areas of deciduous and coniferous forests with average annual precipitation ranging from 600 to 900 mm, of which over 30% falls in May and June, and the average annual temperature ranges from 6 to 10°C.

Figure 8, which presents the results of the chemical analyses, shows that lime application (1 t/ha in 2024 and 1 t/ha in 2025) causes the pH value to increase from 5.03 to 5.31.

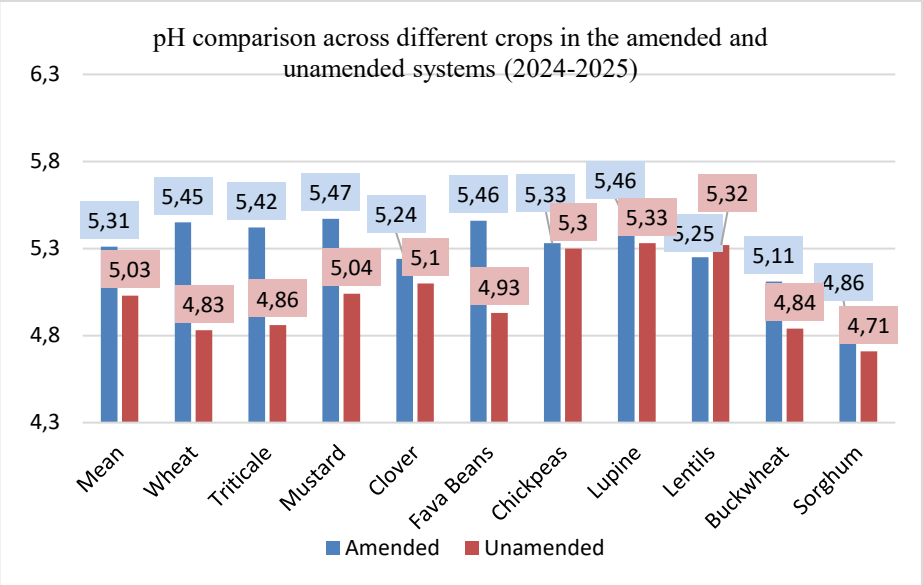


Figure 8. Comparison of pH levels for different crops in the amended and unamended systems

In the untreated plots, the soil reaction was classified as strongly acidic for wheat, triticale, fava beans, buckwheat, and sorghum, and as moderately acidic for mustard, clover, chickpeas, lupine, and lentils.

The application of Teracalco at a rate of 1 t/ha in 2024 and 2025, intended as a moderate corrective measure, partially neutralizes the acidity, causing the pH value to increase by an average of 0.28 units and changing the soil classification from strongly acidic to moderately acidic for wheat, triticale, fava beans, and buckwheat, with the exception of fields where sorghum was grown, which remain classified as strongly acidic soils.

Crops, in interaction with the soil's mineralogy and organic matter, result in small pH differences, with positive values for lupine, chickpeas, mustard, and lentils, and negative values for buckwheat and sorghum (Figure 9)

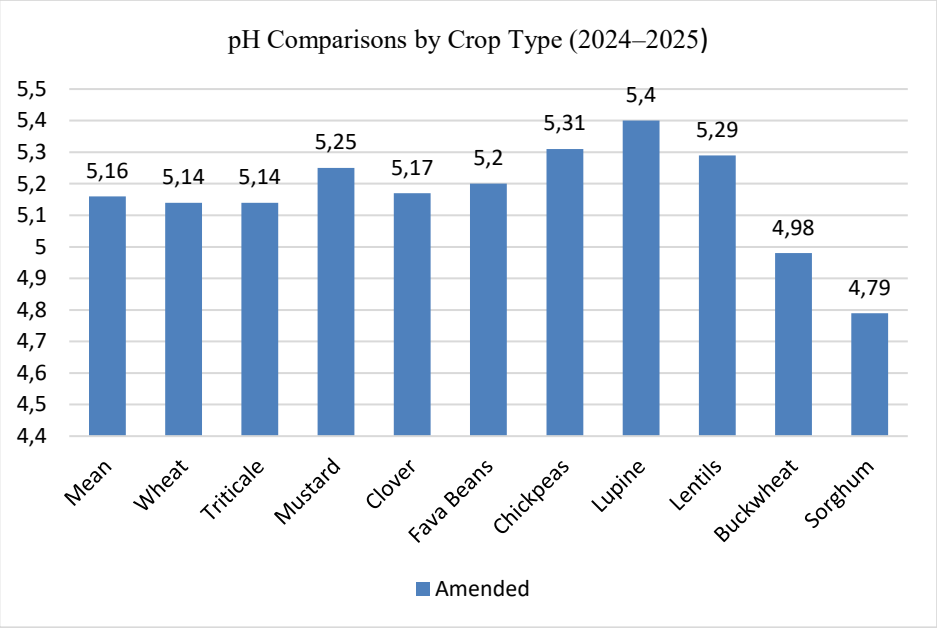


Figure 9. Comparison of pH across different crops

X-ray diffraction analysis (Crăciun, 1987) revealed that the soils at Livada are dominated by minerals with low cation exchange capacity, such as illite (20–50) and chlorite (10–40), accompanied by kaolinite (3–15).

The effect of soil amendment on clay minerals is more pronounced than that of fertilization. Depending on the pH, variations in the content of these minerals influence the evolution of illite/chlorite in the soil, in correlation with the ionic nature of the environment as expressed by the pH.

Conclusions

Under the conditions of acidic, white luvisol soils in northwestern Romania, due to the high level of infestation and successive accumulation of seeds from weeds that pose a problem for all legume crops, the limiting and problematic factor is weed control, particularly of the species *Ambrosia artemisiifolia*, for which the range of herbicides is very limited or completely absent.

The results obtained confirm the need to continue this type of study, as they provide a solid scientific basis for technological recommendations aimed at increasing resource efficiency, improving soil fertility, and supporting sustainable agricultural practices.

Summary

The Livada Agricultural Research and Development Station is located in northwestern Romania, on the Someș Plain, a fluvial alluvial plain, and is bounded by the geographic coordinates 47° 51' 34" north latitude and 23° 07' 31" east longitude, at an elevation of 133 m.

The research focused on optimizing the use of acidic soils by introducing new crop species—buckwheat, chickpeas, mustard, sweet sorghum, fava beans, and lentils—alongside established crops in the area—red clover, lupine, triticale, and acid-tolerant wheat varieties.

Establishing crop management practices specific to each species to enable the optimal realization of production potential on acidic soils. Reducing weed infestation, diseases, and pests, as well as increasing nutrient content through the use of new crop species: This is possible due to their fungicidal and nematicidal effects (mustard with a high hydrocyanic acid content, sorghum for *Diabrotica virgifera virgifera*, as well as improved competition with area-specific weeds). We

believe that this objective will lead to a reduction in the costs of controlling diseases, weeds, and pests, as well as a reduction in the need for chemical fertilizers.

Keywords: acidic soil, new species, technological links, yields

Bibliography

Aka Sağlıker, H., & Şahin, M. (2018). The Effects on Soil Carbon Mineralization of Different Doses of Epoxiconazole and Carbendazim Suspension used in Wheat Cultivation. Scholars Academic Journal of Biosciences, 6(3), 263-268.

Boieriu I., Branișteanu M., Codrean I., Kereszturi I., Tibil A., Săsărean Gabriela, Rotaru A., Szilagyi Clara, 1987 - Solurile județului Satu Mare și posibilități de sporire a capacității lor de producție. Lucrări științifice – Volum omagial 1962-1987 Livada. Editura București.

Canarache A.,1987 – Însușiirile fizice ale solurilor agricole din județul Satu Mare(Caracterizare sintetică) și ameliorarea lor. Lucrări științifice – Volum omagial 1962-1987 Livada . Editura București.

Crăciun C., Kurtinecz P. - Influența amendării asupra mineralelor argiloase din luvisolul albic de la Livada. . Lucrări științifice – Volum omagial 1962-1987 Livada . Editura București.

Csabai, J., Kazlauskas, M., Kolesznyk, A., Hörcsik, Z., & Szanyi, M. (2019). Amaránt fajták vegetatív fejlődésének és maghozamának vizsgálata különböző tápanyag-utánpótlási és talajjavítási módok hatására. In I. Lajtos, E. Kosztyuné Krajnyák, & B. Szabó (Eds.), Tápanyag-utánpótlás a fenntartható homoki gazdálkodásban: "Komplex vidékgazdasági és fenntarthatósági fejlesztések kutatása, szolgáltatási hálózatának kidolgozása a Kárpát-medencében" (pp. 58–65). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet.

Csabai, J., Szabó, B., & Kolesznyk, A. (2022a). Investigation of the cultivation of gluten-free cereal teff (Eragrostis tef (Zucc.) Trotter) in Central Europe. Scientific Bulletin Uzhhorod National University: Series Biology, 53, 7–12. https://doi.org/10.24144/1998-6475.2022.53.7-12

Csabai, J., Opitz, G., Vaskó, B., Aka Sağliker, H., Kolesznyk, A., & Nagy Makszim Györgyné, T. (2022b). Effects of alternative organic fertilizers on morphological parameters and yield of the sweet potato cultivar 'Ásotthalmi-12'. In K. Irinyiné Oláh, E. Kosztyuné Krajnyák, & B. Szabó (Eds.), Fenntartható Tápanyag-gazdálkodási Tudományos Műhely Konferenciája 2022: Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában: Konferencia kiadvány (pp. 56–63). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet.

Csabai, J., & Szabó, B. (2023). A gluténmentes gabona, a Teff (Eragrostis tef (Zucc.) Trotter), termeszthetőségének vizsgálata Közép-Európában. Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok, 18(Különszám), 105–112. https://doi.org/10.14232/jtgf.2023.kulonszam.105-112.

Csabai, J., Bankó, G., Kosztyuné Krajnyák, E., Cushman, J. C., Mengistu, M. A., & Szabó, B. (2025). Water use efficiency of teff (Eragrostis tef (Zucc.) Trotter) breeding lines under different irrigation treatments. In K. Irinyiné Oláh, E. Kosztyuné Krajnyák, B. Szabó, & E. Bara (Eds.), Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely konferenciája 2025: Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában (pp. 104–111). Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet. https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.15

Kosztyuné Krajnyák, E., Szabó, B., Kovács, Z., Makszim Györgyné Nagy, T., Györgyiné Kovács, A., Csabai, J., Abdurahmanov, I., & Abdurakhmonov, Z. (2024). The effect of fermented poultry manure on the yield and quality parameters of triticale (× Triticosecale Wittmack) cultivated organically on acidic sandy soil. E3S Web of Conferences, 590, Article 01009. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459001009

Kosztyuné Krajnyák, E., Szabó, B., Csabai, J., Hörcsik, Z. T., Makszim Györgyné Nagy, T., Gyuláné Györgyi, G., Henzsel, I., & Pepó, P. (2023). Investigation of the effect of sowing time on one of the key crops of sustainable land use, the hairy vetch (Vicia villosa Roth.): Growth indicators and yield elements in Nyírség region of East Hungary. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment, 14(1), 14–27.

Maria Voica – Behavior of Some Triticale Cultivars in the Hilly Region of Muntenia. Analele I.N.C.D.A. Fundulea, Vol. LXXIX, No. I, 2011

Mondici Susana**,** Moisa Floare, Șmit G. A.**,** Brejea R., Șugar,R., 2022 - Studiul privind metode de combatere a buruienilor din cultura de trifoi roșu în condițiile județului Satu Mare. Analele Universităţii din Craiova, vol. 27 Nr. 63

Mondici Susana**,** Ács P.-B, GOGA N., Butnar L., Giurgiulescu L., 2023 - Cercetări privind controlul buruienilor pe luvosolul albic din Nord-Vestul României la cultura grâului de toamnă. Analele Universităţii din Craiova, seria Agricultură – Montanologie – Cadastru (Annals of the University of Craiova - Agriculture, Montanology, Cadastre Series) Vol. 53/1/2023 (https://anale.agro-craiova.ro/index.php/aamc/issue/view/30) https://doi.org/10.52846/aamc.v53i1.1458

Mondici Susana, Ács Péter-Balázs, Smit Gergely-Andrei, Goga Nicolae ,Bănățeanu Cecilia, Ursan Patrick - Promotion of new species in culture to increase the fertility of acid soils in north-west Romania. Analele Universităţii din Craiova, seria HorticulturăVol. XXVIII (LXIV) – 2024 https://doi.org/10.52846/bihpt.v29i65.156

Mocanu Florin, 2024 Cercetări privind performanța anumitor hibrizi de sorg cultivați în condițiile pedoclimatice de la S.C.D.A. Brăila – Teză de doctorat

Moisa Floare, Smit Gergely-Andrei – David Liv, soiul de trifoi roșu dezvoltat la ARDS Livada. Analele I.N.C.D.A. FUNDULEA,Vol. LXXXVI, 2018

Szabó, Béla ; Kosztyuné, Krajnyák Edit ; Szabó, Miklós ; Irinyiné, Oláh Katalin ; Tóth, Csilla ; Simon, László (2018). Pillangós virágú növények termesztési tapasztalatai a Nyíregyházi Egyetem Tangazdaságában In: Szalka, Éva (szerk.) XXXVII. Óvári Tudományos Napok, 2018. november 9-10. : Fenntartható agrárium és környezet, az Óvári Akadémia 200 éve - múlt, jelen, jövő : konferencia kiadvány. 2. köt. Mosonmagyaróvár, Magyarország : VEAB Agrártudományi Szakbizottság, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar (2018) 482 p. pp. 115-121. , 7 p.

Szabó, Béla ; Szőllősi, Kristóf ; Kosztyuné, Krajnyák Edit ; Bodnár, Máté ; Györgyi, Gyuláné ; Krajnyik, Károly ; Irinyiné, Oláh Katalin (2025). Fehérvirágú csillagfürt (Lupinus albus L.) fajták összehasonlító vizsgálata In: Irinyiné, Oláh Katalin; Kosztyuné, Krajnyák Edit; Szabó, Béla; Bara, Eszter (szerk.) Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely konferenciája 2025 : Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában. Nyíregyháza, Magyarország : Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet (2025) 259 p. pp. 170-175. , 6 p. https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.24

Szabó, Miklós ; Henzsel, István ; Kosztyuné, Krajnyák Edit ; Szabó, Béla ; Tomasovszki, Barbara ; Tóth, Csilla (2019) Pillangós növények termesztése nyírségi homok talajokon ökológiai gazdálkodásban In: Lajtos, István; Kosztyuné, Krajnyák Edit; Szabó, Béla (szerk.) Tápanyag-utánpótlás a fenntartható homoki gazdálkodásban : "komplex vidékgazdasági és fenntarthatósági fejlesztések kutatása, szolgáltatási hálózatának kidolgozása a Kárpát-medencében" Nyíregyháza, Magyarország : Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet (2019) pp. 227-235. , 9 p..

Vágvölgyi, S., & Kosztyuné Krajnyák, E. (2025). Savanyú homoktalajok fenntartható hasznosításának agronómiai kihívásai a környezeti változások tükrében. In J. Csajbók (Ed.), Kihívások és megoldások a szántóföldi növénytermesztésben: Prof. Dr. Pepó Péter 70 éves (pp. 222–227). Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar.

Internet1: http://old.akademos.asm.md/files/Plantele%20leguminoase%20%E2%80%93%20actualitate%20%C5%9Fi%20viitor.pdf

Internet 2: https://ro.wikipedia.org/wiki/N%C4%83ut

Internet3: https://stirileprotv.ro/divers/linte-beneficii-si-proprietati-cum-sa-o-prepari-si-ce-valori-nutritionale-are-retete-cu-linte.html

Internet 4: https://www.agrimedia.ro/articole/tehnologia-de-cultura-a-bobului-de-gradina-vicia-faba-l

Internet 5: https://agrointel.ro/246727/cum-se-cultiva-hrisca-semanat-ingrijirea-culturii-recoltare

Internet 6: https://ro.scribd.com/doc/274177229/Referat-Lupin

Internet 7:

https://www.researchgate.net/publication/385131725_Studiul_influentei_conditiilor_climatice_asupra_indicilor_de_calitate_la_soiurile_de_grau_testate_la_SCDA_Braila_in_anul_agricol_2021-2022

THE EFFECT OF DRIFT IN PESTICIDE APPLICATIONS ON THE ENVIRONMENT

Nigar Yarpuz-Bozdoğan[1] – Ali Musa Bozdoğan[2] – Hüsniye Aka Sağliker[3]

[1]Çukurova University, AOSB Technical Sciences Vocational School, Adana, Türkiye
[2]Çukurova University, Agriculture Faculty, Agricultural Machinery and Technologies Engineering Department, Adana, Türkiye
[3]Osmaniye Korkut Ata University, Engineering and Nature Science Faculty, Biology Department, Osmaniye, Türkiye

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.21

Abstract

Pesticides are widely used in agricultural production to enhance the quality and yield of agricultural products and/or to reduce losses caused by pests. In pesticide applications, it is desired to use small droplets for better coverage and uniform distribution. Therefore, in pest control, small droplets are generally more effective than large droplets. However, there is a problem with small droplets. This issue is referred to as drift. In pesticide applications, the movement of sprayed droplets outside the target due to air velocity is defined as drift. Factors affecting drift include meteorological factors as well as application equipment and methods, with tractor speed, spray pressure, and spray height having negative impacts on droplet drift. When drift occurs during pesticide applications, human health and the environment are negatively affected by the pesticide. Therefore, pesticide applications in pest control should be carried out very carefully. Variables affecting drift include the physical properties of the pesticide, droplet size, weather conditions, and pesticide application methods. Among these, the most important factor affecting drift is droplet diameter. In general, small-diameter droplets provide a smoother coverage area than large-diameter droplets. Small droplets (<100 mm) tend to drift due to their lower mass, as they fall to the ground more slowly, evaporate, and are more easily carried away even by light winds. In pesticide application methods, the speed of the tractor and the spraying height also affect drift. When the tractor's speed is higher, droplet drift increases. In studies conducted, to reduce drift during pesticide application, it is recommended that the distance between the spraying nozzle and the plant canopy should not exceed 50 cm, the wind speed should be <5 km/h, the tractor speed should be <7 km/h, and spraying should be done with large droplet sizes.

Key Words: Agriculture, Droplets, Meteorological factors, Nozzle, Pest

Introduction

In modern agricultural production, pesticides are applied for protecting the quantity and quality of agricultural crops. in pest control, small droplets are generally more effective than large droplets. However, there is a problem with small droplets. In pesticide applications, the movement of droplets outside the target is defined as drift. Factors affecting drift include meteorological factors as well as application unsuitable equipment and methods, with tractor speed, spray pressure, and spray height having negative impacts on droplet drift. The movement of droplets outside the intended area by air mass transport of diffusion is defined as drift by ASAE S327.3 (2007). Although, small droplets, < 100 μm, can move downwind, they can however easily be transported within a crop canopy by air turbulence and be deposited on leaves (Matthews, 2000). In chemical crop protection, using pesticide overdose or incorrect pesticide products may cause serious problems on human health and the environment (Matthews, 2006, Damalas & Eleftherohorinos, 2011, Yarpuz-Bozdogan, 2018). This study will investigate the effects of meteorological factors and application equipment on pesticide drift. Meteorological factors include variables such as wind speed, air temperature, air humidity, and evaporation. Variables in application equipment include forward speed, spray pressure, spray height, spray nozzle, and droplet diameter (Yarpuz-Bozdogan, 2011).

Meteorological Factors

Wind Speed: It is recommended that pesticide applications be carried out in the early morning or late afternoon when wind speeds are low. The effect of wind speed on spray drift is complex. Higher wind speed influences the distance the droplet drift, but may improve deposition in the canopy due to increased turbulence and enhanced catching efficiency. Drift can be shown to increase with increasing wind speed (Anounymous, 2026).

Evaporation: Evaporation losses in spray vary depending on air temperature and relative humidity. Droplets of 150 µm and larger can reach the target regardless of weather conditions. As droplet diameter decreases, the droplet settling velocity also decreases. Thus, time is lost before the droplet reaches the plant, and evaporation increases (Vergucht at al., 2006; Yarpuz-Bozdogan, 2011).

Air Temperature and Air Humidity: Temperature and relative humidity are important environmental factors that affect droplet properties. Under low relative humidity and high temperature conditions, droplet diameter decreases. As temperature increases, water-based formulations and mixtures are subject to greater evaporation. This leads to the formation of smaller droplets and consequently increases the risk of drift (PISC, 2002, Yarpuz-Bozdogan and Bozdogan, 2009). Pesticide application is not recommended when relative humidity is below 40% and air temperature is above 25°C (Anounymous, 2026). These climatic conditions may also promote changes in the population dynamics of agricultural insect pests, including the emergence of additional generations under warmer and drier conditions (Szabó et al., 2025).

Application Equipment

Forward Speed: Increased travel speeds generate greater turbulence and wind shear, which can displace spray droplets from the intended target area. Reducing operating speed improves coverage and canopy penetration, resulting in better efficacy and reduced drift potential Yarpuz-Bozdogan, 2011; Anounymous, 2026). In pesticide application, sprayer speed is an important factor affecting spray drift. Spray drift increases as the sprayer speed increases.

Spray Pressure: To reduce spray drift potential, the operating pressure should be kept as low as possible while still meeting nozzle specifications and coverage requirements. Lower spray pressures produce larger (coarser) droplets, which are less likely to drift. Nozzle manufacturers typically specify a recommended pressure range for each nozzle type. Using the lowest recommended pressure helps minimize spray drift while maintaining effective spray coverage (Yarpuz-Bozdoğan and Bozdogan, 2009).

Spray Height: Boom height is an important factor affecting spray drift. The boom should be kept as low as possible while remaining consistent with nozzle specifications, spray coverage requirements, and pesticide label directions. Lower boom heights reduce the distance that spray droplets travel before reaching the target, thereby minimizing spray drift (Yarpuz-Bozdogan, 2011, Anounymous, 2026).

Spray Nozzle: Droplets under 150 µm are particularly prone to drift but offer better coverage (Anounymous, 2026). Choosing the right nozzle is crucial in reducing drift in pesticide applications. The selected nozzle type directly affects the amount of pesticide applied per unit area, the homogeneity of application distribution, the level of coverage achieved on the target surface, and the drift rate. For example, air-assisted application systems such as fan-assisted spraying stand out as an effective method for reducing drift (Yarpuz-Bozdogan, 2011). These systems provide more effective coverage, especially on the undersides of leaves, allow for the treatment of larger areas with a single tank fill, and contribute to reducing the risk of drift. In recent years, nozzle types that produce a low drift effect have been developed. Examples of these nozzles include low drift nozzles and air inclusion nozzles (HARDI, 2026). Designed to minimize drift, low-drift nozzles create larger droplets, reducing the likelihood of droplet carryover by wind. The use of these nozzle types can reduce spray drift by approximately 50% to 95% compared to conventional nozzles (Anounymous, 2026).

Droplet Size: In pesticide applications, small spray droplets are more prone to drift because they can be carried by air currents in the direction of the wind. However, within vegetation, air turbulence also carries these droplets, allowing them to settle on leaf surfaces. Even when coarse sprays are produced using standard hydraulic nozzles, a portion of the spray volume still consists of fine droplets prone to spray drift. Small-diameter droplets (< 100 μm) are considerably more susceptible to drift than large-diameter droplets (> 100 μm) (Matthews, 2000).

In addition to optimizing application equipment, regular monitoring of pest populations and the early detection of invasive species are essential for determining the appropriate timing of pesticide applications, thereby improving treatment efficacy and reducing unnecessary pesticide use (Szanyi et al., 2016; Molnár et al., 2019; Takács et al., 2022).

Conclusion

For successful pesticide application:

Apply pesticides during suitable weather conditions. Pesticide applications should preferably be carried out during the early morning hours when air temperatures are lower and wind speeds are minimal. These conditions reduce evaporation and spray drift, thereby improving application efficiency and deposition on the target.

Select the appropriate nozzle. The nozzle should be chosen according to the application method and target crop. Low-drift (drift-reducing) nozzles, which produce larger droplets, are recommended because they minimize spray drift, improve pesticide deposition on the target, and reduce environmental contamination.

Protect human health and the environment. Pesticide applications should be performed carefully and responsibly, with all necessary safety precautions in place to protect human health and the environment. Applicators should strictly follow the pesticide label instructions, wear appropriate personal protective equipment (PPE), and implement measures to prevent spray drift and contamination of non-target areas.

References

Anounymous, 2026. Online: https://www.canada.ca/en/health-canada/services/consumer-product-safety/pesticides-pest-management/growers-commercial-users/drift-mitigation/management-pesticide-spray-drift.html.

ASAE, 2007. Terminology and Definitions for Application of Crop, Animal, or Forestry Production and Protection Agents, ASAE S327.3; American Society of Agricultural and Biological Engineers: Michigan, USA, 5 p.

Damalas C.A., Eleftherohorinos I. G., 2011. Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. Int J Environ Res Public Health, 8:1402–1419.

HARDI, 2026. Nozzle Product Guide.
https://hardi.co.za/wp-content/uploads/2019/03/Nozzle_Product_guide-GB.pdf

Matthews, G. A., 2000. Pesticide application methods. 3rd. Ed., Blackwell Science Ltd. UK. https://doi.org/10.1002/9780470760130

Matthews G. A., 2006. Pesticide-health, safety and the environment. Blackwell Publishing. https://doi.org/10.1002/9780470995853

Molnár, B. P., Kárpáti, Z., Nagy, A., Szarukán, I., Csabai, J., Koczor, S., & Tóth, M. (2019). Development of a female-targeted lure for the box tree moth Cydalima perspectalis (Lepidoptera: Crambidae): A preliminary report. Journal of Chemical Ecology, 45(7–8), 657–666. https://doi.org/10.1007/s10886-019-01094-0

PISC, 2002. Spray Drift Management-Principles, Strategies and Supporting Information, PISC (SCARM) Report No. 82; Primary Industries Standing Committee, CSIRO Publishing: Collingwood Victoria, Australia, 71 p. 15.
Takács, A., Szabóky, C., Tóth, B., Bozsó, M., Kutas, J., Molnár, Sz., Farkas, G., Erdélyi, K., Tunyoginé Búzás, I., Hargitai, C., Terman, N., Menyhárt, A., Bodnár, Sz., Gajdos, É., Bogya, S., Csabai, J., Molnár, B., & Nagy, A. (2022).

Bionomics and host plants of the invasive Cydia interscindana (Möschler, 1866) (Lepidoptera, Tortricidae), an emerging pest in the Carpathian Lowlands. Nota Lepidopterologica, 45, 53–64. https://doi.org/10.3897/nl.45.74236

Szabó, B., Krajnyák, E. K., Nagy, T. M. G., Oláh, K. I., Kovács, A. G., Májer, P., & Csabai, J. (2025). The degree of damage caused by the sunflower moth (Homoeosoma nebulellum [Den. et Schiff.], 1775) to different sunflower varieties. Acta Agriculturae Slovenica, 121(3), Article 19706. https://doi.org/10.14720/aas.2025.121.3.19706

Szanyi, Sz., Nagy, A., Csabai, J., Molnár, A., Molnár, B. P., Kárpáti, Z., Tóth, M., & Szarukán, I. (2016). A selyemfényű puszpángmoly (Cydalima perspectalis Walker, 1859) megjelenése és elterjedése az Északkelet-Alföld területén. Agrártudományi Közlemények, 71, 45–50. https://doi.org/10.34101/actaagrar/71/1571

Vergucht, S.; de Voghel, S.; Misson, C.; Vrancken, C.; Callebaut, K.; Steurbaut, W.; Pussemler, L.; Marot, J.; Maralte, H.; Vanhaecke, P. 2006. Health and Environmental Effects of Pesticides and Type 18 Biocides (HEEPEBI). Report from the contract AP/02/05A between the Belgian Science Policy and Department of Crop Chemistry, Ghent University; Veterinary and Agrochemical Research Centre (VAR), Tervuren; Unite de Phytopathologie, Universite catholique de Louvain (UCL); and Environmental Consultancy & Assistance (Ecolas), Belgium, 448 p.

Yarpuz-Bozdogan, N., 2018. The importance of personal protective equipment in pesticide applications in agriculture. Current Opinion in Environmental Science & Health 2018, 4:1–4 https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.02.001

Yarpuz-Bozdogan, N., Bozdogan, A. M., 2009. Comparison of field and model percentage drift using different types of hydraulic nozzles in pesticide applications. Int. J. Environ. Sci. Tech., 6 (2), 191-196. https://doi.org/10.1007/BF03327621

COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFECTS OF ANTISEPTIC AGENTS ON ISOLATES FROM COMPLICATED GUNSHOT WOUNDS (IN VITRO)

Oleksandra Kolesnyk[1] – Maryna Kryvtsova[1] – Mandula Roman[1] –Artem Kryvtsov[2] – Csabai Judit[3]

[1]Department of Clinical Laboratory and Morphofunctional Diagnostics, Educational and Scientific Institute of Dentistry and Laboratory Medicine
[2]Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University, Berehove, Ukraine
[3]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, Department of Agricultural Sciences and Environmental Management, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Road 31/b, Hungary
e-mail: csabai.judit@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.22

Abstract

The increasing prevalence of antimicrobial resistance among microorganisms associated with complicated gunshot wounds highlights the need for effective local antiseptic treatment. The aim of this study was to comparatively evaluate the in vitro antimicrobial activity of commonly used antiseptic agents against Gram-positive clinical isolates obtained from complicated gunshot wounds. Clinical isolates of *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis*, and *Streptococcus pyogenes* were examined. The antimicrobial activity of povidone-iodine, decamethoxin, dioxidine, chlorhexidine, Cutasept, and miramistin was evaluated using a serial dilution method at concentrations ranging from 12.5% to 75.0% of the original commercial preparations. The minimum concentration capable of inhibiting microbial growth was determined for each antiseptic–microorganism combination. Considerable differences in susceptibility were observed among both the bacterial species and the antiseptic agents tested. Povidone-iodine demonstrated the highest overall antimicrobial activity, inhibiting most isolates at the lowest concentrations examined. Particularly high susceptibility to povidone-iodine was observed in *S. aureus*, *S. epidermidis*, and *E. faecalis*. Decamethoxin, chlorhexidine, and Cutasept also showed antimicrobial activity, although generally at higher concentrations, whereas dioxidine and miramistin were less effective against some of the tested isolates. The findings demonstrate that the antimicrobial efficacy of antiseptic agents against microorganisms isolated from complicated gunshot wounds is both agent- and species-dependent. Determination of minimum effective concentrations may therefore support the rational selection of topical antiseptic agents and contribute to optimizing the local treatment of infected wounds.

Keywords: antiseptics; complicated gunshot wounds; antimicrobial activity; povidone-iodine; Gram-positive bacteria; antimicrobial resistance

Introduction

The use of antiseptic agents is one of the key components of the local treatment of infected wounds, particularly in the context of the increasing prevalence of antimicrobial resistance among clinically relevant microorganisms. This issue is of particular importance in the management of complicated gunshot wounds, which are characterized by extensive microbial contamination, substantial tissue damage, the presence of foreign bodies, and a high risk of purulent-septic complications. Unlike systemic antibacterial agents, antiseptics are applied directly to the affected area, thereby providing a high local concentration of the active substance while minimizing the risk of systemic adverse effects. Their antimicrobial activity is mediated through disruption of cell membrane integrity, protein denaturation, induction of oxidative processes, or inhibition of essential microbial metabolic pathways.

In current clinical practice, a wide range of antiseptic agents is used for the local treatment of wounds, with povidone-iodine, chlorhexidine digluconate, decamethoxin, dioxidine, miramistin, hydrogen peroxide, and other agents being among the most commonly used. The choice of a specific antiseptic is determined by the characteristics of the wound process, the expected

spectrum of microorganisms, the stage of wound healing, and the particular clinical situation. This choice is especially important in the management of complicated gunshot wounds, which are characterized by polymicrobial communities, biofilm formation, and the circulation of multidrug-resistant nosocomial strains.

For a long time, the development of resistance to antiseptic agents was considered unlikely compared with resistance to antibiotics. However, recent studies indicate a gradual decrease in the susceptibility of certain clinical isolates to some antiseptics, particularly following prolonged exposure, exposure to subinhibitory concentrations, or bacterial growth within biofilms. Therefore, determining the antiseptic susceptibility of isolates recovered from complicated gunshot wounds represents an important area of current research, as it provides a rationale for selecting the most effective agents for local therapy and enables assessment of the potential risk of developing antiseptic tolerance.

One of the most extensively studied and widely used antiseptic agents is povidone-iodine (PVP-I). It is a water-soluble complex of polyvinylpyrrolidone and iodine, in which the polymer acts as a carrier and ensures the gradual release of active iodine into the aqueous environment. This equilibrium between bound and free iodine helps maintain stable antimicrobial activity while reducing the tissue-irritating effects associated with elemental iodine (Bigliardi et al., 2017).

The povidone-iodine complex was first synthesized in 1956 by Harry A. Shelanski and Margaret V. Shelanski and is currently included among the antiseptic agents recommended by European guidelines for the local treatment of gunshot wounds, stab wounds, and bite wounds (Babalska et al., 2021). Its antimicrobial effect is mediated by the rapid penetration of free iodine into microbial cells, where it oxidizes proteins, nucleic acids, and membrane lipids, resulting in irreversible damage to essential cellular structures and subsequent microbial cell death. Povidone-iodine exhibits an exceptionally broad spectrum of antimicrobial activity against Gram-positive and Gram-negative bacteria, including antibiotic-resistant strains, as well as fungi, protozoa, and both enveloped and non-enveloped viruses. With prolonged contact, it also demonstrates activity against certain bacterial spores.

An important advantage of povidone-iodine is its ability to disrupt established bacterial and fungal biofilms both under in vitro conditions and in experimental models designed to closely mimic clinical settings (Lepelletier et al., 2020).

The efficacy of povidone-iodine has been confirmed by numerous experimental studies demonstrating its activity against a broad spectrum of pathogens, including bacteria, fungi, viruses, bacterial spores, protozoa, and amoebic cysts (Bigliardi et al., 2017). In particular, a 10% povidone-iodine solution exhibits rapid bactericidal activity against clinical isolates of Staphylococcus aureus, irrespective of their methicillin susceptibility. According to experimental data, a bactericidal effect against both methicillin-susceptible S. aureus (MSSA) and methicillin-resistant S. aureus (MRSA) was achieved within 15–60 seconds of exposure to the antiseptic. Furthermore, comparative in vitro studies have demonstrated greater efficacy of povidone-iodine against MRSA than chlorhexidine, with povidone-iodine retaining its antimicrobial activity even against strains exhibiting reduced susceptibility to chlorhexidine (Lepelletier et al., 2020).

Of particular importance is the fact that, despite more than a century and a half of clinical use of iodine-based preparations, no convincing evidence has been obtained for the development of acquired or cross-resistance of microorganisms to this antiseptic. This represents an important advantage of povidone-iodine over several other topical antimicrobial agents (Bigliardi et al., 2017).

Dioxidine, a synthetic quinoxaline di-N-oxide derivative, occupies an important place among topical antimicrobial agents. Its bactericidal activity is mediated by inhibition of DNA synthesis and disruption of nucleic acid metabolism in bacterial cells. The drug has been used for several decades in the treatment of purulent-inflammatory conditions, including infected wounds and soft tissue infections. Dioxidine exhibits a broad spectrum of antimicrobial activity, including activity against multidrug-resistant strains, and experimental studies suggest that its efficacy may increase

under anaerobic conditions due to enhanced generation of reactive oxygen species (ROS). Moreover, bacterial DNA damage has been shown to occur even at concentrations below the minimum inhibitory concentration (MIC) (Zharkova et al., 2023). However, the clinical use of dioxidine is limited by its potential toxicity, particularly its ability to cause damage to the adrenal cortex, which is of particular concern in pediatric practice (Ali et al., 2021).

Available literature data indicate that dioxidine exhibits greater activity against Gram-negative bacteria than against Gram-positive bacteria, including Staphylococcus aureus. Eradication of certain Gram-positive isolates, such as S. epidermidis, requires substantially higher concentrations of the drug than those required to inhibit the growth of Gram-negative microorganisms. It should be noted that some of these isolates also exhibited resistance to fluoroquinolones. Despite certain structural similarities between dioxidine and other quinoxaline derivatives, no convincing evidence of cross-resistance between dioxidine and fluoroquinolones has been reported to date. Moreover, according to pharmacological recommendations, dioxidine is considered appropriate for use in cases where other antibacterial agents have demonstrated insufficient efficacy (Zharkova et al., 2023; Publishing Group “GEOTAR-Media,” 2015).

Decamethoxin is another antiseptic agent currently used in the treatment of infected wounds. Its antimicrobial activity is based on its interaction with phospholipid components of the microbial cytoplasmic membrane, resulting in disruption of membrane structural organization, increased membrane permeability, loss of cellular homeostasis, and subsequent bacterial cell death (Osmanov et al., 2020). According to the prescribing information, decamethoxin exhibits a broad spectrum of antibacterial and antifungal activity and is indicated for the topical treatment of infectious and inflammatory conditions. In vitro studies have demonstrated its high activity against pandrug-resistant clinical isolates, as well as its ability to inhibit the growth of bacterial strains with a pronounced biofilm-forming capacity (Kolesnyk et al., 2024).

Chlorhexidine is one of the classical topical antiseptic agents and has been widely used in medical practice for several decades. Its antimicrobial activity is associated with damage to the bacterial cytoplasmic membrane, resulting in disruption of the membrane potential, leakage of intracellular contents, and subsequent cell death (Kuyyakanond & Quesnel, 1992). At the final stage of its bactericidal action, cytoplasmic coagulation and precipitation of complexes with phosphorylated compounds occur (Poppolo Deus & Ouanounou, 2022).

At the same time, increasing evidence suggests the development of cross-resistance between chlorhexidine and certain antibiotics or other antiseptic agents. The major mechanisms underlying this phenomenon are thought to include modification of the bacterial outer membrane, alterations in lipopolysaccharide structure, and activation of cellular defense systems. For example, vancomycin-resistant Enterococcus faecium isolates have been shown to exhibit reduced susceptibility to chlorhexidine, while cross-resistance between chlorhexidine and colistin has been reported in Klebsiella pneumoniae. In Pseudomonas stutzeri, resistance to chlorhexidine has been associated with reduced susceptibility to gentamicin, polymyxin, triclosan, ampicillin, and benzalkonium chloride (Abbood et al., 2023).

Among the antiseptic agents widely used in Ukraine, miramistin also occupies an important place. It is a cationic surfactant with antibacterial, antifungal, and antiviral activity. Its mechanism of action is based on the electrostatic interaction of positively charged regions of the molecule with negatively charged components of microbial membranes. Following insertion of the hydrophobic portion of the molecule into the lipid bilayer, membrane structure becomes destabilized, membrane permeability is disrupted, receptor systems are impaired, and intracellular contents are released. At high concentrations, miramistin can cause complete membrane disruption accompanied by micelle formation. Some studies also suggest that miramistin may interact with bacterial DNA (Osmanov et al., 2020).

Thus, current evidence indicates that, despite the wide range of antiseptic agents available, their activity against clinical isolates may vary considerably depending on the microbial species, biofilm-forming capacity, and the presence of antimicrobial resistance mechanisms. Therefore, a comparative in vitro assessment of the susceptibility of microorganisms isolated from

complicated gunshot wounds to the most commonly used antiseptic agents is highly relevant and of considerable practical importance. Such studies provide a basis for the rational selection of topical antiseptic therapy, enable assessment of the potential efficacy of individual antiseptic agents, and facilitate the identification of possible trends toward reduced susceptibility among clinically significant pathogens.

Materials and Methods

Clinical specimens were obtained from patients with complicated gunshot wounds who were undergoing inpatient treatment in the surgical departments of hospitals in Uzhhorod, Ukraine. Samples were collected from the wound surface using sterile FLmedical transport systems (Italy) and subsequently transported to the laboratory in accordance with current requirements for microbiological examination.
Following the isolation and identification of pure cultures, clinically significant Gram-positive isolates were selected for further analysis, including *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis*, and *Streptococcus pyogenes*.
Commercial antiseptic preparations widely used in clinical practice were evaluated for antimicrobial activity: decamethoxin (Dekasan, Yuria-Pharm LLC, Ukraine), povidone-iodine (Betadine, EGIS Pharmaceuticals PLC, Hungary), dioxidine (Dioxidine, Farmak JSC, Ukraine), Cutasept (BODE Chemie GmbH, Germany), chlorhexidine (Pharmaceutical Factory LLC, Ukraine), and miramistin (Miramistin, Darnitsa Pharmaceutical Company PJSC, Ukraine).

The susceptibility of clinical isolates to the antiseptic preparations was determined using a serial dilution method at working concentrations corresponding to 12.5%, 25.0%, 37.5%, 50.0%, 62.5%, and 75.0% of the original commercial preparation. Fresh 24-hour microbial cultures were used to prepare standardized inocula in sterile physiological saline. The minimum antiseptic concentration at which inhibition of growth of the tested isolate was observed was used as the evaluation criterion. For each microbial species, the minimum concentration exhibiting antimicrobial activity was determined.

The results were analyzed by comparing the minimum effective concentrations of the tested antiseptic preparations against clinical isolates of different microbial species. This approach enabled a comparative assessment of the antimicrobial activity of the individual antiseptics and identification of the preparations capable of inhibiting bacterial growth at the lowest concentrations.

Results and Discussion

Comparative analysis of antiseptic activity against Gram-positive clinical isolates revealed substantial differences in the minimum concentrations of the tested agents required to inhibit microbial growth. Overall, povidone-iodine exhibited the lowest threshold concentrations at which bacterial susceptibility was observed, indicating high antimicrobial activity across the tested microbial species (Table 1).

Among Staphylococcus aureus isolates, povidone-iodine demonstrated the highest activity, with some strains showing susceptibility at concentrations as low as 12.5%. Chlorhexidine also exhibited relatively high activity, inhibiting bacterial growth at concentrations starting from 37.5%. The minimum effective concentration of Cutasept was 50%. In contrast, decamethoxin and miramistin exhibited antimicrobial activity only at substantially higher concentrations (62.5%), whereas dioxidine was the least active agent against S. aureus, with susceptibility of some isolates observed only at the highest concentration tested (75%).

Staphylococcus epidermidis isolates exhibited considerably greater susceptibility to most of the antiseptic agents tested. The lowest concentrations at which antimicrobial activity was observed were 12.5% for both povidone-iodine and dioxidine. Decamethoxin inhibited bacterial growth at a concentration of 37.5%, whereas the minimum effective concentration of Cutasept was 50%. These findings indicate a high susceptibility of S. epidermidis to topical antiseptic agents, particularly iodine-based preparations.

Among Enterococcus faecalis isolates, povidone-iodine again demonstrated the highest antimicrobial activity, with susceptibility observed at concentrations as low as 12.5%. Cutasept inhibited bacterial growth at a concentration of 37.5%, whereas decamethoxin and dioxidine exhibited activity only at concentrations of 50% or higher. Notably, E. faecalis isolates recovered as monocultures were completely resistant to dioxidine, whereas among isolates recovered from polymicrobial associations, some strains exhibited susceptibility to this agent at a concentration of 50%.

The lowest susceptibility among the Gram-positive microorganisms tested was observed for Streptococcus pyogenes isolates. The minimum effective concentrations of povidone-iodine and dioxidine were 50%, whereas decamethoxin and Cutasept exhibited antimicrobial activity only at a concentration of 62.5%, indicating that higher concentrations of these agents were required to achieve a bactericidal effect.

Thus, among the antiseptic agents tested, povidone-iodine exhibited the lowest minimum concentrations required to inhibit the growth of the majority of Gram-positive clinical isolates. Dioxidine demonstrated similarly high activity against Staphylococcus epidermidis. In contrast, decamethoxin, Cutasept, and particularly miramistin required substantially higher concentrations to exert antimicrobial activity, whereas dioxidine was the least effective agent against Staphylococcus aureus and Enterococcus faecalis isolates.

Table 1. Minimum concentrations of antiseptic agents at which antimicrobial activity against clinical isolates of Gram-positive microorganisms was observed

Microorganism	Povidone-iodine	Decamethoxin	Dioxidine	Chlorhexidine	Cutasept	Miramistin
Staphylococcus aureus	12.5%	62.5%	75%	37.5%	50%	62.5%
Staphylococcus epidermidis	12.5%	37.5%	12.5%	–	50%	–
Enterococcus faecalis	12.5%	50%	50%	–	37.5%	–
Streptococcus pyogenes	50%	62.5%	50%	–	62.5%	–

Conclusions

The present study demonstrated that clinical isolates of Gram-positive microorganisms recovered from complicated gunshot wounds exhibited varying levels of susceptibility to the antiseptic agents tested. Povidone-iodine showed the highest antimicrobial activity, inhibiting the growth of the majority of isolates at the lowest concentrations tested. Decamethoxin, chlorhexidine, and Cutasept also exhibited pronounced antimicrobial activity; however, higher concentrations were generally required to achieve a comparable inhibitory effect. Dioxidine and miramistin demonstrated the lowest activity against some of the microorganisms tested.

The findings support the relevance of comparative assessment of the susceptibility of clinical isolates to antiseptic agents and highlight the importance of determining their minimum effective concentrations when selecting topical therapy for infected gunshot wounds. These results may provide an experimental basis for further studies aimed at optimizing the use of antiseptic agents in the management of wound infections.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the support of the CEEPUS program, which enabled student and staff mobility and thereby made the joint research and publication possible.

References

Abbood, H. M., Hijazi, K., & Gould, I. M. (2023). Chlorhexidine resistance or cross-resistance, that is the question. *Antibiotics, 12*(5), 798. https://doi.org/10.3390/antibiotics12050798

Ali, I., Kon'kova, T., Kasianov, V., Rysev, A., Panglisch, S., Mbianda, X. Y., Habila, M. A., & AlMasoud, N. (2021). Preparation and characterization of nano-structured modified montmorillonite for dioxidine antibacterial drug removal in water. *Journal of Molecular Liquids, 331*, 115770. https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115770

Babalska, Z. Ł., Korbecka-Paczkowska, M., & Karpiński, T. M. (2021). Wound antiseptics and European guidelines for antiseptic application in wound treatment. *Pharmaceuticals, 14*(12), 1253. https://doi.org/10.3390/ph14121253

Bigliardi, P. L., Alsagoff, S. A. L., El-Kafrawi, H. Y., Pyon, J. K., Wa, C. T. C., & Villa, M. A. (2017). Povidone iodine in wound healing: A review of current concepts and practices. *International Journal of Surgery, 44*, 260–268. https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2017.06.073

Kolesnyk, O. O., Kryvtsova, M. V., Savenko, M. V., & Urovskyi, O. O. (2024). Ефективність антисептичних препаратів на ізоляти ускладнених вогнестрільних ран в дослідженнях in vitro. *Intermedical Journal*, (1). https://doi.org/10.32782/2786-7684/2024-1-19

Kuyyakanond, T., & Quesnel, L. B. (1992). The mechanism of action of chlorhexidine. *FEMS Microbiology Letters, 100*(1–3), 211–215. https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1992.tb14042.x

Lepelletier, D., Maillard, J. Y., Pozzetto, B., & Simon, A. (2020). Povidone iodine: Properties, mechanisms of action, and role in infection control and *Staphylococcus aureus* decolonization. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy, 64*(9), e00682-20. https://doi.org/10.1128/AAC.00682-20

Osmanov, A., Farooq, Z., Richardson, M. D., & Denning, D. W. (2020). The antiseptic Miramistin: A review of its comparative in vitro and clinical activity. *FEMS Microbiology Reviews, 44*(4), 399–417. https://doi.org/10.1093/femsre/fuaa012

Poppolo Deus, F., & Ouanounou, A. (2022). Chlorhexidine in dentistry: Pharmacology, uses, and adverse effects. *International Dental Journal, 72*(3), 269–277. https://doi.org/10.1016/j.identj.2022.01.005

Publishing Group "GEOTAR-Media." (2015). *Reference book of medicines: Dioxydin.*

Zharkova, M. S., Komlev, A. S., Filatenkova, T. A., Sukhareva, M. S., Vladimirova, E. V., Trulioff, A. S., Orlov, D. S., Dmitriev, A. V., Afinogenova, A. G., Spiridonova, A. A., & Shamova, O. V. (2023). Combined use of antimicrobial peptides with antiseptics against multidrug-resistant bacteria: Pros and cons. *Pharmaceutics, 15*(1), 291. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15010291

INFLUENCE OF LIGHT AND CYTOKININ CONCENTRATION ON THE *IN VITRO* MORPHOGENESIS OF *HELICHRYSUM ARENARIUM* LEAF SEGMENTS

Orsolya Molnár[1] – Dóra Farkas[1] – Judit Csabai[2] – Anzhela Kolesnyk[3] – Judit Dobránszki[1]

[1] Centre for Agricultural Genomics and Biotechnology, Faculty of the Agricultural and Food Science and Environmental Management, University of Debrecen, H-4400 Nyíregyháza, P.O.Box 12., Hungary, e-mail: orsolya.molnar@agr.unideb.hu, farkas.dora@agr.unideb.hu, dobranszkijudit@agr.unideb.hu
[2] Institute of Engineering and Agricultural Sciences, University of Nyíregyhaza, Sóstói str. 31/b, H-4400, Nyíregyhaza, Hungary, e-mail: csabai.judit@nye.hu
[3]Uzhhorod National University, angela.kolesnyk@uzhnu.edu.ua

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.23

Abstract

Although *Helichrysum arenarium* (L.) Moench micropropagation is documented, efficient regeneration from somatic leaf tissue remains uncharacterized. This preliminary study evaluated the combined effects of thidiazuron (TDZ) within a concentration range of - 0.00 µM to –22.70 µM and 2 lighting regimes (standard 16/8-h photoperiod vs. a dark-to-light transition) on leaf explants over an 8-week culture period. Explants exhibited high viability (77.1%–100.0%) and robust callus formation (>91%) across all treatments. Shoot organogenesis was strictly dependent on exogenous TDZ concentration. The optimal treatment combination was 0.91 µM TDZ under standard photoperiodic conditions, yielding the highest absolute multiplication rate of 4.19 ± 0.95 shoots per explant. Further increasing in TDZ concentrations caused a decline in shoot numbers, decreasing to a minimal 0.17 ± 0.09 at 22.70 µM. Organogenic efficiency decreased under dark-to-light transition, which restricted the average shoot number to 2.48 ± 0.44. The current study represents the first successful shoot regeneration from leaf tissue, which can contribute to develop an efficient micropropagation methodology for the conservation of this endangered medicinal species.

Introduction

In vitro regeneration from non-meristematic somatic tissues represents a cornerstone of plant biotechnology, offering a reliable pathway for germplasm conservation and clonal propagation. For endangered or over-exploited botanical resources, establishing high-frequency organogenic protocols from somatic explants like leaf laminas is crucial to safeguard wild populations while generating uniform experimental material (Stanilova et al., 2022). *Helichrysum arenarium* (L.) Moench (Asteraceae) is a protected, ecologically vulnerable perennial plant highly valued for its specialized secondary metabolites utilized in modern phytotherapy (Czinner et al., 2000; Pljevljakušić et al., 2018). Due to the rapid decline of its natural sand-grassland habitats across Europe and its poor natural seed-regeneration traits under changing climatic conditions, developing robust *in vitro* protocols has become a priority for both conservationists and agricultural biotechnologists (Sawilska, 2008; Van Rossum et al., 2024).

While previous micropropagation efforts in the genus *Helichrysum* have primarily relied on pre-existing meristems, such as nodal segments or apical buds, the morphogenic potential of differentiated leaf tissues remains largely uncharacterized (Figas et al., 2016; Gülsen, 2025). Utilizing foliar explants for direct or indirect organogenesis needs a precise protocol for adventitious shoot induction (Teixeira da Silva and Dobránszki, 2014). This process heavily depends on the type and concentration of exogenous plant growth regulators, as well as their interaction with ambient physical factors during the early phases of culture initiation.

Thidiazuron (TDZ) has gained widespread recognition as an exceptionally potent agent for inducing shoot organogenesis in recalcitrant plant species. Unlike conventional adenine-type cytokinins, this phenylurea derivative exhibits unique stability and high biological activity, often triggering rapid cell division and meristemoid formation at nanomolar or low micromolar

concentrations. However, the application of TDZ is frequently a double-edged sword; supra-optimal levels can trigger hyper-induction of some metabolic pathways, leading to structural abnormalities or severe growth inhibition. To modulate these powerful physiological responses, environmental factors, specifically light quality and photoperiodic regimes, are applied to regulate early signal transduction and balance endogenous hormonal fluxes during tissue differentiation (Teixeira da Silva and Dobránszki, 2014).

Because the initial exposure to light or darkness can profoundly alter tissue browning, callus formation, and subsequent shoot induction, understanding the precise interplay between TDZ concentrations and early photomorphogenic regimens is a mandatory prerequisite for successful micropropagation (Teixeira da Silva and Dobránszki, 2014). Consequently, this study was designed to explore the basic organogenic potential of *H. arenarium* leaf tissues, serving as a critical foundation for the future development of a precise micropropagation protocol.

This preliminary investigation had two primary objectives: first, to determine the survival limits and optimize shoot induction from leaf explants across a wide range of TDZ concentrations; and second, to evaluate whether a temporary dark incubation at the onset of the regeneration could reduce TDZ toxicity and further maximize shoot yield compared to a standard photoperiod.

Materials and Methods

Helichrysum arenarium L. seeds were provided by the Botanical Garden of the University of Nyíregyháza. These seeds originated from a natural population in Brandenburg, Germany (51°51′ N, 13°43′ E) and were obtained via the Index Seminum exchange program of the Botanical Garden Klagenfurt, Austria (accession No. 174; DE-0-HAL-141102_2). The donor plants were cultivated at the University of Nyíregyháza under controlled horticultural conditions with drip irrigation, following standard protocols (Sawilska, 2006). After harvesting in the summer of 2023, aseptic cultures were established in 2024 at the Centre for Agricultural Genomics and Biotechnology, University of Debrecen.

Seed surface sterilization was performed according to Cseh et al. (2023). Disinfected seeds were germinated on full-strength Murashige and Skoog (MS; 1962) medium supplemented with 3% sucrose and 6.5 g l^{-1} plant agar (Merck - Sigma-Aldrich, Budapest, Hungary). The medium pH was adjusted to 5.8 prior to autoclaving at 121 °C (1.2 bar). Germination was carried out at 23 ± 2 °C with a light intensity of 80–106 µmol s^{-1} m^{-2}, inoculating five seeds per 390 ml jar containing 70 ml of medium.

An 85% germination rate was achieved within seven days. After three weeks of culture, shoots were excised and subcultured onto the identical hormone-free MS medium. Jars were sealed with ventilated steel caps equipped with 0.2-micron HEPA sponge plugs. *In vitro* stock cultures were maintained at 23 ± 2 °C under a 16/8-hour photoperiod provided by a 1:1 mixture of daylight and warm white fluorescent lamps. This three-week subculture cycle was repeated to generate adequate plant material for the experiments.

For the regeneration studies, three young, fully expanded leaves located directly below the shoot apex were harvested from each donor plant. Leaf explants were prepared by removing the petiole, basal segment, and leaf apex, discarding approximately 5 mm from both ends. The remaining lamina was sectioned transversely into two equal segments (approx. 5 mm in width). To prevent tissue browning during excision, a sterile antioxidant solution containing 0.1 g l^{-1} ascorbic acid and 0.15 g l^{-1} citric acid was applied (Teixeira da Silva and Dobránszki, 2014). Explants were inoculated adaxial side down into 92 mm Petri dishes containing 25 ml of regeneration medium, with six explants allocated per dish.

The combined effects of thidiazuron (TDZ) at various concentrations and the 2 lighting regimes on leaf explant regeneration were evaluated. The regeneration medium consisted of full-strength MS medium supplemented with 3% sucrose, 6.5 g l^{-1} plant agar, and 0.57 µM indole-3-acetic acid (IAA). TDZ was supplemented at concentrations of 0.00, 0.91, 2.27, 5.68, 11.35, and 22.70 µM. The pH was adjusted to 5.8 before autoclaving (121 °C, 1.2 bar).

Following inoculation, the explants were subjected to two distinct lighting treatments for an 8-week culture period:

1) Cultures were maintained continuously at 23 ± 2 °C under a 16/8 h (light/dark) photoperiod (80–106 µmol m^{-2} s^{-1} light intensity, 1:1 daylight/warm white fluorescent mix) (Standard lighting condition).

2) Cultures were initially kept in complete darkness for 1 week. Subsequently, they were transferred to low light intensity (10–30 µmol m^{-2} s^{-1}) for 1 week, followed by intermediate light intensity (50–70 µmol m^{-2} s^{-1}) for another week, before being placed under standard lighting conditions (80–106 µmol m^{-2} s^{-1}) for the final 5 weeks of the culture period (Dark-to-Light transition).

After the 8-week culture period, the morphogenic and organogenic responses of the leaf explants were comprehensively evaluated. All experiments were established using a completely randomized design. Five independent Petri dish replicates were utilized per treatment combination, and each dish contained six explants, representing a total of 30 individual leaf explants evaluated per treatment. Quantitative data, including explant viability rate (Alive %), callus formation percentage (Callus %), and shoot induction rate (Shoot induction %), were expressed as percentages. The mean number of regenerated shoots per explant (Shoot number) was expressed as mean ± standard error (SE).

The experimental data were subjected to statistical evaluation using IBM SPSS Statistics software (Version 26.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA). Main and interaction effects of thidiazuron (TDZ) concentrations and lighting regimes were analyzed using analysis of variance (ANOVA). Significant differences among the treatment means were determined using a post-hoc multiple comparison test (Duncan's Multiple Range Test) at a significance level of $P < 0.05$. Homogeneous statistical groups were assigned lowercase letter codes in descending order.

Results and Discussion

The morphogenic and organogenic responses of *Helichrysum arenarium* L. leaf explants were profoundly influenced by both TDZ concentrations and lighting regimes (Table 1).

Table 1. Morphogenic and organogenic responses of *H. arenarium* L. explants.

	TDZ (µM)	Alive %	Callus %	Shoot induction %	Shoot number
Standard conditions	0.00	77.1	97.2	0.0	0.00 ± 0.00 e
	0.91	82.9	97.2	33.3	4.19 ± 0.95 a
	2.27	100.0	100.0	47.2	1.93 ± 0.62 bcd
	5.68	100.0	100.0	66.7	2.14 ± 0.52 bc
	11.35	88.2	94.4	11.1	3.03 ± 0.61 ab
	22.70	77.1	97.2	61.1	0.17 ± 0.09 e
Dark-to-Light transition	0.00	87.9	91.7	0.0	0.00 ± 0.00 e
	0.91	100.0	100.0	63.9	2.48 ± 0.44 bc
	2.27	100.0	100.0	36.1	1.08 ± 0.19 cde
	5.68	100.0	100.0	25.0	0.51 ± 0.17 de
	11.35	97.2	100.0	5.6	0.50 ± 0.17 de
	22.70	87.9	91.7	69.4	0.09 ± 0.07 e

The explants demonstrated remarkably high organogenic plasticity. *In vitro* survival rates (Alive %) remained high across all treatments, ranging between 77.1% and 100.0%. Notably, complete survival (100%) was achieved at intermediate TDZ concentrations (2.27–5.68 µM) under standard conditions, and spanning from 0.91 to 5.68 µM under the dark-to-light transition. Callus formation (Callus %) was exceptionally vigorous, exceeding 91% in all experimental groups,

including the cytokinin-free control. This high callus induction on cytokinin-free media indicates a strong endogenous hormone content or a highly sensitive wounding response in *H. arenarium* leaf tissues, which aligns with observations in other recalcitrant Asteraceae species (Stanilova et al., 2022).

Shoot organogenesis was critically dependent on exogenous TDZ application, as no viable shoots were induced on the control, cytokinin-free medium. Under standard lighting conditions, the lowest TDZ concentration (0.91 μM) promoted the highest shoot number (4.19 ± 0.95 shoots per explant). While this value was statistically comparable to the 11.35 μM TDZ treatment (3.03 ± 0.61 shoots/explant; significance group ab), it was significantly higher to all other tested concentrations. Increasing the TDZ concentration to 2.27 and 5.68 μM led to a notable decline in shoot numbers (1.93 and 2.14, respectively), despite an increase in the overall shoot induction percentage (up to 66.7%). At the highest tested concentration (22.70 μM), a severe inhibitory effect was observed, with the shoot yield restricted to a mere 0.17 ± 0.09. This peak in shoot production followed by a rapid decline typifies the concentration-dependent effects of TDZ. At elevated levels, this potent regulator often stimulates excessive endogenous ethylene biosynthesis or cytokinin-oxidase activity, thereby suppressing subsequent shoot elongation and development (Nisler, 2018).

The initial dark period (Dark-to-Light transition) fundamentally altered the regeneration dynamics. In contrast to the standard photoperiod, the highest shoot induction percentage under dark-to-light conditions was recorded at 0.91 μM TDZ (63.9%), which also yielded the highest shoot number within this lighting regime (2.48 ± 0.44 bc). Interestingly, further increases in TDZ concentration under darkness caused a progressive decline in both shoot induction rates and shoot numbers, reaching near-zero values at 22.70 μM (0.09 ± 0.07 e).

Comparing the two lighting regimes, standard photoperiodic conditions combined with low TDZ levels (0.91 μM) optimize *H. arenarium* micropropagation compared to a dark-induction period. The 0.91 μM TDZ treatment under standard light significantly outperformed its dark-to-light counterpart (2.48 ± 0.44 bc). While darkness is frequently used in plant tissue culture to prevent tissue browning, our results indicate that light is essential during early TDZ exposure to promote effective shoot induction and development in *H. arenarium* leaf explants.

In conclusion, these data indicate that a low concentration of 0.91 μM TDZ under standard 16/8 h photoperiod provides the optimal environmental and hormonal equilibrium for efficient shoot regeneration for normal leaf explants. Since this concentration achieves maximum shoot output without the toxicity associated with higher hormone levels, the beforementioned TDZ concentration combined with standard lighting regimen serves as a starting point for establishing large-scale protocols aimed at species conservation and germplasm preservation.

Conclusions

Our findings demonstrate that *Helichrysum arenarium* L. leaf explants possess high morphogenic ability, as indicated by near-complete viability and robust callus and shoot formation across almost all tested conditions. However, successful shoot organogenesis is heavily restricted by specific hormonal thresholds and environmental conditions (e.g. lighting).

We concluded that the application of low-dose thidiazuron represents the most effective strategy for shoot multiplication, while higher concentrations are inhibitory, likely due to excessive production of endogenous ethylene or triggering high cytokinin-oxidase activity. Furthermore, an initial dark incubation period was proved to be detrimental to regeneration efficiency, indicating that light is an essential “co-factor” for TDZ-mediated signaling and meristemoid differentiation in this species.

Ultimately, these conclusions shift the focus of *H. arenarium* leaf tissue culture from complex dark-induction treatments toward simplified protocols using standard photoperiods together with low-concentration cytokinin.

Summary

This study successfully established a preliminary *in vitro* shoot regeneration protocol for *Helichrysum arenarium* L. using leaf explants. The combined effects of varying TDZ concentrations (0–22.70 µM) and two lighting regimes (Standard photoperiod vs. Dark-to-Light transition) were systematically evaluated over an 8-week culture period.

The experimental data showed that the optimal treatment combination was 0.91 µM TDZ under standard 16/8 h lighting conditions, which produced an average multiplication rate of 4.19 ± 0.95 shoots per explant. While this performance was statistically equivalent to the 11.35 µM treatment under standard light, the low-dose 0.91 µM treatment significantly outperformed all other experimental groups by supposedly avoiding the inhibitory responses associated with high cytokinin concentrations. Increasing the TDZ concentration to 22.70 µM triggered a decline in shoot numbers, dropping to 0.17 ± 0.09 shoots per explant. The dark-to-light transition generally reduced organogenic efficiency, with the average shoot number reaching only 2.48 ± 0.44 at 0.91 µM TDZ.

In summary, this research provides a verified, quantified methodological baseline for early-stage shoot induction, which can be directly integrated into future large-scale micropropagation and genetic conservation programs for this valuable medicinal species.

Keywords: Thidiazuron; Shoot organogenesis; Medicinal plant; *In vitro* culture; Photoperiod; Callogenesis

Acknowledgements
Supported by the EKÖP−25−3-II-DE-57 University Research Scholarship Program of the Ministry for Culture and Innovation from the source of the National Research, Development and Innovation Fund (Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap).

Reeferences

Cseh, Z., Dobránszki, J., Novák-Hermann, I., Szarvas, P., Farkas, D., Csabai, J., Kolesnyk, A. (2023). Osoblivosti vvedennja v kul"turu in vitro ridkisnih taksoniv gvozdik Ugorshhini = The peculiarities of in vitro introduction of rare carnation taxa from Hungary. Scientific Bulletin of the Uzhhorod University, Series Biology, 54, pp. 128-134.

Czinner, E., Hagymasi, K., Blazovics, A., Kery, A., Szőke, É., Lemberkovics, E. (2000). In vitro antioxidant properties of Helichrysum arenarium (L.) Moench. Journal of Ethnopharmacology, 73, 3, pp. 437-443. https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00304-4

Figas, A., Tomaszewska-Sowa, M., Sawilska, A., Keutgen, A.J. (2016). Improvement of in vitro propagation and acclimation of Helichrysum arenarium L. Moench. Acta scientiarum Polonorum. Hortorum cultus, 15, 4.

Gülşen, A.K.Ç.A. (2025). Micropropagation of Endemic Taxa of the Flora of Turkey: Helichrysum arenarium (L.) Moench subsp. erzincanicum PH Davis & Kupicha (Asteraceae). https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6925544/v1 (preprint)

Nisler, J. (2018). TDZ: mode of action, use and potential in agriculture. In Thidiazuron: from urea derivative to plant growth regulator (pp. 37-59). Singapore: Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8004-3_2

Pljevljakušić, D., Bigović, D., Janković, T., Jelačić, S., Šavikin, K. (2018). Sandy everlasting (Helichrysum arenarium (L.) Moench): Botanical, chemical and biological properties. Frontiers in plant science, 9, 1123. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01123

Sawilska, A. (2008). Dynamics of Helichrysum arenarium (L.) Moench populations growing in fallow field on barren soil. Ecological Questions, 9, pp. 93–101. https://doi.org/10.2478/v10090-009-0024-x

Sawilska, A.K. (2006). The impact of environmental factors on the course of flowering Helichrysum arenarium (L.) Moench. Acta Agrobotanica, 59, pp. 241–249. https://doi.org/10.5586/aa.2006.024

Stanilova, M., Traykova, B., Vladimirov, V., Petrova, M., Semerdjieva, I., Yankova-Tsvetkova, E. (2022). In vitro micropropagation of Helichrysum arenarium (Asteraceae) as a tool for introducing the species in agriculture. In Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences, 75, 10, pp. 1454-1461). https://doi.org/10.7546/CRABS.2022.10.07

Teixeira da Silva, J.A., Dobránszki, J. (2014). Dissecting the concept of the thin cell layer: theoretical basis and practical application of the plant growth correction factor to apple, Cymbidium and chrysanthemum. Journal of Plant Growth Regulation, 33, 4, pp. 881-895. https://doi.org/10.1007/s00344-014-9437-x

Van Rossum, F., Godé, C., Baruca Arbeiter, A., Raspé, O., Simsek, M., Barigand, B., Hardy, O. J., Bandelj, D. (2024). Genetic diversity assessment of Helichrysum arenarium (Asteraceae) for the genetic restoration of declining populations. Ecology and Evolution, 14, e10953. https://doi.org/10.1002/ece3.10953

ÉLELMISZERIPARI MELLÉKTERMÉKEK ÉS HULLADÉKOK HASZNOSÍTÁSA AZ AGRÁRIUMBAN

Simon László

Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói út 31/b
simon.laszlo@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.24

Bevezetés

A Földön napjainkban már több, mint 8 milliárd ember él. Életfunkcióik fenntartásához folyamatosan különféle élelmiszereket kell fogyasztaniuk. Egy átlagembernek naponta 1,4 kilogramm élelmiszerre van szüksége a vízen kívül. Becslések szerint a világon megtermelt élelmiszerek akár 30-45%-a is kárba vész; az élelmiszer-veszteség és -pazarlás mellett élelmiszer-hulladékok keletkeznek a háztartásokban, az élelmiszer-feldolgozás, élelmiszer-szolgáltatás, vendéglátás, közétkeztetés, valamint az élelmiszerek nagy- és kiskereskedelme során. Napjainkra mindez gazdasági, környezetvédelmi és élelmiszer-biztonsági problémává vált, és szociális, politikai, globális feszültséget okozhat 2050-re, amikor már 9 milliárd ember táplálását kell biztosítani (Simon 2023; NÉBIH, 2019).

Az élelmiszeripar feladata az emberi fogyasztásra alkalmas termékek – élelmiszerek – előállítása. A feldolgozási műveletek során az élelmiszerek, mint főtermékek mellett, a legtöbb technológia esetén olyan anyagok is keletkeznek, amelyek összetevőik miatt emberi fogyasztásra közvetlenül már nem alkalmasak. Az ilyen anyagok – első megközelítésben – élelmiszeripari hulladékok, mivel a megváltozott fizikai, kémiai tulajdonságaik miatt az adott technológiában szükségtelenné, feleslegessé váltak, ezért onnan való eltávolításuk szükséges. Az eltávolításra kerülő anyagok jelentős része azonban közvetlenül hasznosítható vagy értékesíthető, illetve más technológiáknál kiindulási vagy alapanyagként, valamint energiahordozóként felhasználható (Simon 2023).

Az élelmiszeripari melléktermékek és szerves hulladékok a körkörös gazdaság meghatározó erőforrásai, mivel lehetővé teszik a tápanyagok és a szerves anyagok visszaforgatását az agártermelési rendszerbe. Komposztálással, anaerob fermentációval vagy közvetlen talajhasznosítással értékes talajjavító anyagokká és szerves trágyává alakíthatók, ezáltal csökkentik a hulladékképződést, mérséklik a műtrágya-felhasználást és javítják a talaj termékenységét. Hasznosításuk hozzájárul az erőforrás-hatékonyság növeléséhez, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez, valamint a fenntartható és klímatudatos mezőgazdasági termelés megvalósításához (Esposito et al., 2020; Ligarda-Samanez et al., 2025; Wang et al., 2025).

Alapfogalmak

Hulladék: Az Európai Unió hulladékokra vonatkozó definíciója szerint hulladék minden „olyan anyag vagy tárgy, amelytől birtokosa megválik, megválni szándékozik vagy megválni köteles”, és ebbe a körbe sorolja az élelmiszer-hulladékot is (2012. évi CLXXXV. törvény, Simon, 2023).

Élelmiszer-hulladék: A hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény, illetve a 2021. évi II. törvény szerint élelmiszer-hulladék minden olyan, a 178/2002/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet 2. cikke szerinti élelmiszer, amely hulladékká vált. Élelmiszer-hulladék az élelmiszerek előállítása és feldolgozása során a gyárakban, raktárakban, éttermekben, egyéb vendéglátóipari vagy kereskedelmi egységekben, valamint a háztartásokban keletkező, emberi fogyasztásra vagy további feldolgozásra alkalmatlan anyag, illetve a romlott, lejárt minőségmegőrzési időtartamú élelmiszer. Az 1. ábrán konzervipari gyártási hulladékot és konyhai élelmiszer-hulladékot mutatunk be.



1. ábra. Konzervipari gyártási hulladék és konyhai élelmiszer-hulladék (fotó: Dr. Simon László)

Biohulladék: A biohulladék a biológiailag lebomló, parkokból származó vagy kerti hulladék, háztartásokban, éttermekben, étkeztetőkben és kiskereskedelmi tevékenységet folytató létesítményekben képződő élelmiszer- és konyhai hulladék, valamint az ezekhez hasonló, élelmiszer-feldolgozó üzemekben képződő hulladék (2021. évi II. törvény; Simon, 2023).

Melléktermék: Valamely anyagot vagy tárgyat, amely olyan előállítási folyamat során képződik, amelynek elsődleges célja nem az ilyen anyag vagy tárgy előállítása, melléktermeknek lehet tekinteni, amennyiben további felhasználása biztosított (Simon, 2023).

Élelmiszeripari melléktermék: A kiindulási élelmiszeripari technológia szempontjából a főtermék mellett keletkező, keletkezési formájában hasznosítható, értékesíthető anyag az élelmiszeripari melléktermék. Ehhez kapcsolódó fogalom a másodnyersanyag, másodlagos energiahordozó kifejezés, amelybe a más technológiákban nyersanyagként, energiahordozóként felhasználható élelmiszeripari anyagok tartoznak (Simon, 2023). A 2. ábrán élelmiszeripari melléktermékeket mutatunk be.



2. ábra. Élelmiszeripari melléktermékek: búzakorpa (https://biobolt.eu), kilúgozott cukorrépa-szelet (https://thehorse.com), almahéj (https://www.thetakeout.com/1759074/turn-apple-peels-into-crunchy-chips/)

Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosítása

Az élelmiszeripar és a termékfeldolgozás jelentős hulladékkibocsátók lehetnek. A gyümölcs- és zöldségfeldolgozás, a növényolaj-előállítás, az erjesztés (szeszlepárlás, sör- és borkészítés), illetve a tej-, hús- és halfeldolgozás során világszerte nagy mennyiségben keletkeznek élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok. A szilárd melléktermék és hulladékok (pl. gyümölcs-, zöldség-, gabonamag-, olajosmag-, cukornád-, cukorrépa-, hús- és halmaradványok) mellett jelentős volument képviselnek a folyékonyak, pl. a cukorgyártás során keletkező melasz,

a húsfeldolgozás során keletkező vér és a tejfeldolgozás során keletkező savó (3. ábra), valamint a nagy szervesanyag-tartalmú élelmiszeripari szennyvizek (Arvanitoyannis, 2008; Simon, 2023).



3. ábra. Sörtörköly (https://casperfeed.hu), melasz (http://hu.wikipedia.org/), tejsavó (www.wisegeek.com)

A *hulladékhasznosítás* olyan tevékenység, mely révén a termelés és egyéb tevékenységek során keletkező melléktermékeket, hulladékokat, közvetlenül vagy közvetve a felhasználó igényeinek megfelelő termékké alakítják. A hasznosításkor az élelmiszeripari melléktermék/hulladék nyersanyagként, energiahordozóként vagy félkész- és késztermékként kerül vissza a termelési folyamatba, vagy kerül közvetlenül felhasználásra (Simon, 2023).

Az élelmiszeripari melléktermékeket (hulladékokat) a következő jellemző eljárásokkal hasznosíthatjuk:

1. Az *értékesíthető termék előállítása* során a mellékterméket kisebb átalakítással, egyszerű fizikai vagy biokémiai műveletekkel értékesíthető termékké alakítják át. A sajtkészítés során keletkező savót (3. ábra) pl. szűrés, koncentrálás és szárítás után tejsavófehérje porrá vagy izolátummá (WPC, WPI) (4. ábra), sporttáplálékokká, fehérjeszeletekké alakítják át. Az alma- (4. ábra) vagy citrustörkölyből extrakcióval (kivonással) pektint (4. ábra) állítanak elő, mely zselésítőanyag lekvárokhoz; a malomipari korpából őrléssel, tisztítással, esetleg hőkezeléssel rostokban gazdag élelmiszer-adalékanyagot, müzliket, diétás termékeket készítenek (Arvanitoyannis, 2008; Simon, 2023).



4. ábra. Tejfehérje koncentrátum (https://fdcm.eu), almatörköly (http://www.pixwordsmegoldasok.info/megoldasok/almatorkoly#google_vignette), pektin (https://hu.wikipedia.org/wiki/Pektin; https://shoppy.hu)

2. A *mezőgazdasági célú hasznosítás*, során az élelmiszeripari melléktermékekben jelen lévő – gyakran még jelentős mennyiségű – fehérje-, szénhidrát-, vitamin- és ásványianyag-tartalmat nyerik ki különféle eljárásokkal. A mezőgazdasági hasznosításon belül 2 fő csoportot lehet megkülönböztetni:

– a *takarmányozás* során a melléktermékben lévő anyagokat a haszonállatok táplálására (5. ábra) használják fel,
– a *komposztálás* (6. ábra) vagy *trágyázás* révén a melléktermékben/hulladékban lévő anyagok a talajerő- gazdálkodásban hasznosulnak (Simon, 2023).



5. ábra. Napraforgó olajpogácsa pellet (fehérjedús takarmány) (forrás: DepositPhotos), csontliszt (Ca és P forrás takarmányokban) (https://www.zooplus.hu)



6. ábra. Élelmiszeripari hulladékok komposztálása (forrás: https://www.impulzivmagazin.hu/komposztalas/)

3. Az *ipari nyersanyagként történő hasznosítás* során az élelmiszeripari melléktermékekben/hulladékokban lévő értékes anyagok (pl. antioxidánsok, diétás rostok, pektin, aromák, szerves savak, stb.) kinyerhetők és emberi táplálkozásra alkalmas termékekké alakíthatók (Arvanitoyannis, 2008; Simon, 2023).

A zöldségek és gyümölcsök feldolgozása során keletkező melléktermékekből és hulladékokból (szár, levél, mag, préselési, szűrési melléktermékek) pektin (4. ábra), színező- és aromaanyagok, savak, magolajok nyerhetők ki. A kukoricacsutka rostjaiból almasav segítségével, illetve különböző baktériumkultúrák fermentálásával xilitol édesítőszert (cukoralkoholt) lehet előállítani. A szójaolajból vagy finomítatlan napraforgó olajból lecitint (7. ábra) állítanak elő élelmiszeripari és gyógyszerészeti célokra. Élelmiszerekben emulgeálószerként és stabilizálószerként (E322) használják (margarin, húsipari, sütőipari termékek, csokoládé). Tejipari savóból (3. ábra) tejsavat állítanak elő, amit műanyagokhoz (bioműanyag) használnak fel. A zselatint (7. ábra) sertésbőrből, sertés- és szarvasmarha-csontokból, halakból gyártják. Az élelmiszerekben zselésítőanyagként (E441) használják. A szőlőtörkölyből, illetve borseprőből (7. ábra) etil-alkohol, illetve borkő (7. ábra) nyerhető ki. A borkősavat (E334) az élelmiszeriparban savanyítószerként és savanyúságot szabályozó anyagként használják (Arvanitoyannis, 2008; Simon, 2023).







7. ábra. Lecitin (https://www.lecithinsoya.com), zselatin (Simon, 2023), szőlőtörköly, borseprő, borkő (http://www.dailymail.co.uk; http://en.wikipedia.org)

4. Az *energetikai célú hasznosítás* során a hulladék energiatartalmát kinyerik, illetve az élelmiszeripari hulladékot olyan anyaggá dolgozzák fel, amelyet üzemanyagként (pl. bioalkohol, biodízel), illetve tüzelőanyagként (pl. biogáz) használnak. Cukoripari melléktermékből (melasz) bioetanol állítható elő. Használt sütőolajból biodízel (8. ábra) készíthető elő. Élelmiszeripari hulladékokból (pl. savóból, zöldségmaradékokból) anaerob lebontással biogáz (metán) állítható elő. Növényi vagy állati eredetű biomasszából hevítéssel oxigénszegény közegben (pirolízissel) bioszén (8. ábra) + éghető gázok + bioolaj keletkezik. A bioszént talajjavítószerként alkalmazzák. Száraz növényi hulladékokat (pl. héjak, maghéjak, ld. 8. ábra) kazánokban elégetve hőenergia (pl. gőz) keletkezik. Fenti eljárások során a hulladékok szerves anyagainak energiatartalma hasznosul (Ahmed & Gupta, 2010; Simon, 2023).





8. ábra. Használt sütőolajból biodízel (https://www.tradekorea.com), bioszén (http://refertil.info), napraforgóhéj égetése egy biodízel üzemben (fotó: Dr. Simon László)

Az élelmiszeripari ágazatokban keletkező melléktermékek és hulladékok hasznosítási eljárásait az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat. Az élelmiszeripari ágazatokban keletkező melléktermékek és hulladékok hasznosítási eljárásai (Kónya, 1999 nyomán Simon, 2023 módosításaival).

Élelmiszeripari ágazat	Jellemző melléktermék/ hulladék	Alkalmazott hasznosítási eljárás			
		Mezőgazdasági		Ipari	Energetikai
		Talajerő-gazdálkodás	Takarmányozás		
Tartósítóipar (konzervipar, hűtőipar, szárítóipar)	zöldség- és gyümölcs maradványok	+	++	++	-
Malomipar	korpa, csíra, takarmányliszt, hántolóipar melléktermékei[a]	-	+++	+	+[a]
Növényolaj-ipar	extrahált szója (napraforgó) dara[b], napraforgó héj[c]	-	+++[b]	+[c]	++[c]
Cukoripar	cukorgyári mészíszap[d], kilúgozott cukorrépa-szelet[e], melasz[f]	+[d]	++[ef]	++[f]	+[c]
Szeszipar	vinasz[g], cefremoslék[h], szőlő- és gyümölcstörköly[i], szeszélesztő[j]	+[g]	++[ghij]	++[hi]	+
Söripar	sörtörköly[k],sörélesztő[l]	-	+[ki]	-	+[k]
Baromfi- és húsipar	vér, csont, pata, szarv, toll, szőr, hús, zsír, belsőség, stb.	+	++*	+	+
Tejipar	író, savó	-	+	++	-

*korlátozásokkal hasznosítható

Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok mezőgazdasági célú hasznosítása

Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok mezőgazdasági célra elsősorban *takarmányozásra*, illetve *komposztálással* vagy *trágyázással* talajerő-utánpótlásra hasznosíthatók (Alexa et al., 2003; Kónya, 2013; Simon, 2023).

Takarmányozás

A konzerviparban, illetve a hűtő- és szárítóiparban a zöldségek és gyümölcsök feldolgozása közben sok olyan melléktermék, illetve hulladék (pl. szár, levél, mag, héj, feldolgozás során keletkező zöldség- és gyümölcsmaradványok, préselés után visszamaradt törköly: 9. ábra) keletkezik, melyek a haszonállatok takarmányozására közvetlenül, vagy kisebb átalakítással (pl. szárítás, darálás, erjesztés után) jól hasznosíthatók (Simon, 2023).

A növényolaj-iparban jelentős mennyiségű olyan melléktermék (maghéj, préspogácsa, extrahált dara: 9. ábra, szűrési maradék) keletkezik, melyből nagy energiatartalmú tápok készíthetők (Simon, 2023).

A malomiparban és hántolóiparban keletkező legtöbb melléktermék/hulladék (búzakorpa, búzacsíra, búzatakarmányliszt: 9. ábra) nagy keményítő- (és fehérje-) tartalma miatt elsősorban takarmányozásra használható fel (Simon, 2023).



9. ábra. Takarmányozásra alkalmas élelmiszeripari melléktermékek (fotók: Dr. Simon László)

A fontosabb állati eredetű keveréktakarmány-alapanyagok a következők: húsliszt (10. ábra), vérliszt, csontliszt, toll-liszt, extrahált tepertőliszt, takarmányzsír, halliszt, tejpor, savó, író (Hegedűs et al., 1998). Egy részük (pl. kérdőzők húslisztjei) csak korlátozással hasznosíthatók (Simon, 2023).



10. ábra. Húsliszt (https://mokkka.hu/node/190)

Komposztálás, talajerő-utánpótlás

Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok azon részéből, melyekből nem lehet sem értékes ipari felhasználásra alkalmas anyagot nyerni, sem a takarmányozásban felhasználni, de szervesanyag-tartalmuk viszonylag nagy, közvetlenül azonban trágyaként nem kerülhetnek kihelyezésre mezőgazdasági művelésű területekre, *komposztot* készítenek (Alexa et al., 2003; Simon, 2023), (pl. húsfeldolgozó üzemek, vágóhidak szennyvíztisztítóiból származó iszapokból, zsírokból, állati melléktermékek feldolgozása során keletkező anyagokból, ld. 11. ábra).



11. ábra. Komposzt készítése élelmiszeripari melléktermékekből és hulladékokból

(fotó: Dr. Simon László)

A nagy szervesanyag-tartalmú anyagok *trágyaként* történő hasznosítása, az anyagok talajerő-pótlásra való felhasználása az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok esetében is régóta alkalmazott módszer (Simon, 2023). Az erre alkalmas melléktermékek és hulladékok felhasználásával (illetve a belőlük készült komposztok talajba juttatásával) a talaj szerves és szervetlen tápanyag-tartalmának egy része kerül visszapótlásra, elősegítve az adott területre telepített növényzet fejlődését, tápanyaggal való ellátását (11. és 12. ábra).



12. ábra. Vinasz talajra permetezése ((https://mokkka.hu/node/190)

Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok talajerő-gazdálkodásban való felhasználása kis ráfordítással, gazdaságosan valósítható meg.

Felhasználásuk előnyei (Simon, 2023):

- nő a talaj szervesanyag-tartalma és mikrobiológiai aktivitása,
- javul a talajok szerkezete, ezzel a víz-, levegő- és hőgazdálkodása,

- csökken a műtrágya-felhasználás, mivel javul a természetes tápanyag-feltáródás,
- csökken a talajművelés energiaigénye.

Összefoglalás

A körforgásos gazdaság térnyerésével egyre nagyobb jelentősége van napjainkban az élelmiszeriparban keletkező melléktermékek és hulladékok fenntartható hasznosításának. A tanulmány áttekinti az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok értékesíthető termékké történő átalakítását, ipari nyersanyagként történő hasznosítását, és az energetikai célú hasznosítását. Ismerteti a mezőgazdasági hasznosítás főbb irányait, különös tekintettel a komposztálásra és a talajerő-utánpótlásban betöltött szerepükre. Bemutatja, hogy a megfelelően kezelt szerves melléktermékek hozzájárulnak a talaj szervesanyag-készletének növeléséhez, a tápanyagok körforgásának fenntartásához, valamint a műtrágya-felhasználás és a hulladékképződés csökkentéséhez. A közlemény rámutat arra, hogy az élelmiszeripari melléktermékek és egyes hulladékok értéknövelt hasznosítása egyszerre szolgálja a környezetvédelmi, gazdasági és agronómiai célokat, ezáltal támogatva a fenntartható és erőforrás-hatékony mezőgazdasági termelést.

Kulcsszavak: élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok, mezőgazdasági célú hasznosítás, komposztálás, talajerő-utánpótlás, energetikai célú hasznosítás

Irodalom

Ahmed, I., Gupta, A.K. (2010). Pyrolysis and gasification of food waste: Syngas characteristics and char gasification kinetics. Applied Energy 87, 101-108. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.08.032

Alexa L., Dér S., Hartman M. (2003). A szerves anyagok komposztálása és a komposztok felhasználása. In: Ángyán J. Tardy, J., Vajnáné Madarassy, A. (szerk.), 2003. Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest. ISBN: 978-963-286-484-6.

Arvanitoyannis, I. S. (2008). Waste Management for the Food Industries. Academic Press, Amsterdam. ISBN: 978-0-12-373654-3 https://doi.org/10.1016/B978-012373654-3.50004-3

Esposito, B., Sessa, M. R., Sica, D., & Malandrino, O. (2020). Towards circular economy in the agri-food sector: A systematic literature review. Sustainability, 12(18), 7401. https://doi.org/10.3390/su12187401

Hegedűs M., Schmidt J., Rafai P. (1998). Állati eredetű melléktermékek hasznosítása. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Kónya K. (1999). Élelmiszeripari hulladékok gyűjtése, ártalmatlanítása, hasznosítása. Phare Program HU-94.05. Szarvas (jegyzet).

Ligarda-Samanez, C. A., Huamán-Carrión, M.L., Calsina-Ponce, W.C. et al. (2025). Technological innovations and circular economy in the valorization of agri-food by-products: advances, challenges and perspectives. Foods, 14(11), 1950. https://doi.org/10.3390/foods14111950

NÉBIH (2019). Útmutató az élelmiszer-hulladékok keletkezésének megelőzéséhez. Élelmiszeripar. Szerk.: A Maradék nélkül program Élelmiszeripar munkacsoportja. (https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/1218772/maradeknelkul_utmutato_ELELMISZERIPAR_webes.pdf/580e6f4d-b9b9-4756-02ce-0481970c3e05)

Simon L. (szerk.). (2023). Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok. Szaktudás Kiadó, Budapest. ISBN 978-963-575-109-9. https://szaktudas.hu/webshop/732-elelmiszeripari-mellektermekek-es-hulladekok

Wang, Y., Ying, H., Stefanovski, D. et al. (2025). Food waste used as a resource can reduce climate and resource burdens in agrifood systems. Nature Food, 478–490. https://doi.org/10.1038/s43016-025-01140-z

Törvények, rendeletek

178/2002/EK rendelet (2002. január 28. Európai Parlament és a Tanács) az élelmiszerjog általános elveiről és követelményeiről, az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság létrehozásáról és az élelmiszerbiztonságra vonatkozó eljárások megállapításáról.

2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról

2021. évi II. törvény (2021. február 25.) egyes energetikai és hulladékgazdálkodási tárgyú törvények módosításáról (19. A hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény módosítása)

Utilisation of Food Industry By-products and Waste in Agriculture

László Simon

University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
simon.laszlo@nye.hu

Summary

With the rise of the circular economy, the sustainable utilisation of by-products and waste generated in the food industry is becoming increasingly important. The study reviews the transformation of food industry by-products and waste into marketable products, their utilisation as industrial raw materials, and their utilisation for energy purposes. It describes the main directions of agricultural utilisation, with particular attention to composting and the role of food industry by-products and waste in soil nutrient management. It demonstrates that properly managed organic by-products increase soil organic matter, maintain nutrient cycling, and reduce fertiliser use and waste generation. This paper points out that the value-added utilisation of food industry by-products and certain wastes simultaneously serves environmental, economic and agronomic goals, thereby supporting sustainable and resource-efficient agricultural production.

Keywords: food industry by-products and waste, agricultural utilisation, composting, soil fertility improvement, energy recovery

NITROGÉN HATÓANYAG MENNYISÉGEK ÉS KIJUTTATÁSI IDŐPONTOK HATÁSA A CSEMEGEKUKORICA TERMÉSELEMEIRE

Szabó Béla[1] – Keczkó Zoltán[2] – Györgyi Gyuláné[3]

[1] Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: szabo.bela@nye.hu
[2]Nyíregyházi Csemege Szövetkezet, 4400 Nyíregyháza, Rákóczi út 1. 1.em.3., e-mail: nyiregyhazitcs@gmail.com
[3] Debreceni Egyetem AKIT, 4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos 4-6. e-mail: gyorgyine@agr.unideb.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.25

Bevezetés

A hazai és nemzetközi szakirodalom bár sokszor foglalkozik a csemegekukorica termesztésével és a tápanyag-utánpótlás összefüggésével, de ezek az eredmények számos esetben ellentmondanak egymásnak. Van egy általános tápanyag-utánpótlási gyakorlat a termelők részéről, amit a takarmánykukorica esetében alkalmazott technológiából adaptáltak. Mivel a csemegekukoricát a konzervgyárak ütemezése szerint vetik és jellemzően öntözéssel termesztik, így a tápanyag hasznosulását több tényező befolyásolhatja (hőmérséklet, késői vetés, öntözés stb.) a csemegekukoricánál, mint a takarmánykukorica esetében. A vizsgálatunk arra irányul, hogy meghatározzuk a nitrogén hasznosulás telítettségi pontját, valamint azt, hogy az egyszeri vagy osztott kijuttatás hasznosul-e jobban a növényeknél.

Irodalmi áttekintés

Régiónk azon belül is megyénk országosan is fontos az agrárium szempontjából. A hagyományos homoki gazdálkodás (Vágvölgyi-Kosztyuné 2025, Apáti-Kosztyuné 2025), mellett, számos egyéb kultúra is nagy jelentőséggel bír. A mélyfekvésű területek hasznosítására energetikai célra termesztett növények tápanyag-gazdálkodásával számos kutatás foglalkozott (Simon és mtsai 2022), de a kezdeti területi növekedés után ezek a kultúrák eltűntek. A jobb tápanyag-gazdálkodási tulajdonságokkal bíró területeken hagyományosan káposztaféléket és a burgonyafélék közül a paradicsomot és a paprikát termesztették mely tápanyag-visszapótlási kérdéseivel számos kutatás foglalkozott (Irinyiné és mtsai 2019, Csabai és mtsai 2021, Csabai és mtsai 2022). A régiót is elérő munkaerőhiány ezen területeken a csemegekukorica vetésterületének növekedését eredményezte, sokszor a fent említett kultúrák rovására.

Magyarország Európa legnagyobb csemegekukorica termelője (pozícióját a 2000-es évektől őrzi) és egyben a világ második legnagyobb exportőre. Betakarított termésátlaga a kezdeti 12 t/ha-ról, napjainkban stabilan 15 - 16 t/ha-ra növekedett, köszönhetően a kiváló minőségű csemegekukorica hibrideknek és a megfelelő termesztéstechnológiának. A termesztés sikerességének kulcsa mindenekelőtt a megfelelő csemegekukorica hibridek kiválasztása, melyek a legsikeresebben állnak ellen és adaptálódnak a környezeti anomáliáknak vagy az olyan elkerülhetetlen súlyos stressznek, mint az aszály vagy a hőstressz. A hibridek kiválasztása mellett a terméseredményekre két tényezőnek van jelentős hatása: az egyik a tápanyag-utánpótlás, a másik az öntözés (Szabó et al.,2025).

A csemegekukorica (*Zea mays ssp. saccharata*) ugyanabba a botanikai fajba tartozik, mint a közönséges kukorica, azzal a különbséggel, hogy a csemegekukorica szemeinek endospermiuma technikai érettségben nagyobb mennyiségű poliszacharidot tartalmaz. A sikeres, jövedelmező termesztés egyik kulcsa a megfelelő mennyiségű és minőségű termés elérése, amelynek legfontosabb változója a szakszerű tápanyaggazdálkodás, a műtrágyázással történő tápanyag utánpótlás (Grazia et. al., 1999).

A kukorica termesztés során az egyik legfontosabb tápelem a nitrogén ami. különösen fontos a zöldtömeg és a terméshozam szempontjából. Csírázáskor a N-felvétele mennyiségileg nem nagy, de intenzív (Arnon, 1975). A csemegekukorica ugyan kevesebb nitrogént igényel a

takarmánykukoricához képest, de az igény még így is jelentős (Térmeg, 2004). A tápanyagfelvételének dinamikája szoros összefüggést mutat a növény fejlődési szakaszaival. A nitrogén felvételét egyértelműen befolyásolja a talaj nitrogénformája, a talajnedvesség, valamint az egyéb tápelemek szintje a talajban A kijutatott nitrogén mennyiségét sokféle tényező befolyásolhatja (Bocz–Nagy, 2003), az egyik legfontosabb tényező a vízellátás (Lőke et al., 2003).

Egy, az Indiai Kasmír régióban végzett kísérleti kutatás során, ahol a csemegekukorica gazdasági hasznát, a nitrogén-hasznosító képességét, valamint a terméshozamát vizsgálták, átlagos dózisként 0 kg (kontroll), 30, 60, 90, 120, 150 kg/ha N hatóanyagot juttattak ki műtrágya formájában. Mindezeket különböző tőszám mellett alkalmazták. Eredmények tekintetében az alábbi következtetésekre jutottak; a növekvő nitrogén mennyiséggel - egészen 120 kg/ha hatóanyagig – arányosan, jelentős eltérés tapasztalható a növény magasságában, szárazanyag tartalmában, a csövek számában hektáronként, a csövenkénti szemszámban, ezerszemtömegben, a zöld csövek számában, a szemek szöveti felépülésében, ami kozekvensen a terméshozam növekedéséhez vezetett. A növény legmagasabb N felvétele 150 kg/ha N hatóanyagnál volt tapasztalható. Továbbá a kutatás megmutatta azt is, hogy 125,7 kg/ha N hatóanyag kijuttatása térül meg leggazdaságosabban pénzügyi szempontból, 14,21 t/ha zöld csőhozammal. Ez a mennyiség a gazdasági optimum (Singh et. al., 2012).

Anyag és módszer

Két standard szuperédes fajta terméselemeit és termésmennyiségét vizsgáltuk. A Tyson és a Kopa csemegekukorica fajtákat. Kísérletünket Rakamaz - Tímár határában állítottuk be. A 23,14 hektáros „Tímári" táblában Kopa, míg a 13,26 ha-os „Rakamazi" táblában Tyson fajta került elvetésre.

A talajt kombinátorral készítettük elő április elején. A vetésre a Kopa esetében május 16-án került sor, míg a Tysont két héttel később június 3.-án vetettük. Az alkalmazott tőszám: 56160 szem/ha. Közvetlenül a vetés előtt juttattuk ki a komplex és a pétisó műtrágyákat a kezeléseknek megfelelően 2 különböző menetben (1. táblázat).

1.táblázat. A különböző kezelések során alkalmazott műtrágyaféleségek és dózisuk

Kis dózisú nitrogén kezelések dózisának számítása és a kijutatott műtrágyaféleségek mennyiségi aránya						
	Nitrogén hatóanyag	Fajsúly kg/l vagy kg	Dózis	N hatóanyag	Dózis	N hatóanyag
Komplex 8-21-21	0,08	1	300	24	300	24
Pétisó	0,27	1	100	27	300	81
Nitrosol	0,3	1,3	150	58,5	0	0
				109,5		**105**
Közepes dózisú nitrogén kezelések dózisának számítása és a kijutatott műtrágyaféleségek mennyiségi aránya						
	Nitrogén hatóanyag	Fajsúly kg/l vagy kg	Dózis	N hatóanyag	Dózis	N hatóanyag
Komplex 8-21-21	0,08	1	300	24	300	24

Pétisó	0,27	1	300	81	500	135
Nitrosol	0,3	1,3	150	58,5	0	0
				163,5		**159**
Nagy dózisú nitrogén kezelések dózisának számítása és a kijutatott műtrágyaféleségek mennyiségi aránya						
	Nitrogén hatóanyag	Fajsúly kg/l vagy kg	Dózis	N hatóanyag	Dózis	N hatóanyag
Komplex 8-21-21	0,08	1	300	24	300	24
Pétisó	0,27	1	500	135	700	189
Nitrosol	0,3	1,3	150	58,5	0	0
				217,5		**213**

A műtrágyák bedolgozása után vetés majd hengerezés következett. A vetéssel egymenetben a talajlakó kártevők ellen 13 kg/ha Force 1,5 G (teflutrin) talajfertőtlenítőt juttattunk ki. A vegyszeres gyomszabályozás Laudissal (tembotrion, izoxadifen-etil széfener) történt június 4-én. Az osztott kezelések kivitelezéséhez szükséges Nitrosol a június 11-i (Kopa) és július 6.-i (Tyson) sorközműveléssekkel egymenetben került a talajba. Rovarölőszeres kezelésre két alkalommal került sor. A Kopa táblát először július 21-én kezeltük az állományt Karate Zeon 5 CS (lambda cihalotrin) 0,3 liter/ha-os és Coragen 20 SC (klórantraniliprol) 0,15 liter/ha-os dózisával, majd július 31-én ismét Karate Zeon 5 CS 0,3 liter/ha-os dózisát alkalmaztuk, azonban ez alkalommal Mimic (tebufenozid) 0,75 liter/hektáros dózisával egészítettük ki. A Tyson táblán ugyanezen kezeléseket alkalmaztuk augusztus 15.-én és 26.-án. A területeket 3 alkalommal öntöztük mindhárom nyári hónapban, 25-25-25 mm öntözővízzel igyekeztünk kiszolgálni a csemegekukorica vízigényét.

A Kopa fajta betakarítására 2025. augusztus 18-19-én, Tyson fajta betakarítására szeptember 19.-én került sor. A parcellák kézi betakarítását, a kísérleti csövek begyűjtését, mérését a gépi betakarítás előtti napon végeztük. A kézi betakarítás során megfigyeléseink kiterjedtek a folyóméterenkénti növényszámra, és a tövenkénti csőszámra. Kisparcellás kézi betakarítás során kezelésenként 3 x 5 fm termés mennyiségét mértük.

Eredmények és értékelésük

Tőszám, csőszám és csőtömeg eredményeinek elemzése

Vizsgálataink során nem tapasztaltunk összefüggést a betakarítás előtt mért tőszám, csőszám és a kijutatott nitrogén hatóanyag mennyiség között. Az osztott kezelések sem gyakoroltak hatást a betakarítható csövek számára. Átlagos csőtömegben azonban már megfigyelhető a különbség. A nagyobb nitrogén dózis nagyobb csőtömeget eredményezett, de a kezelések időzítésének hatását itt sem tapasztaltuk (2. és 3. táblázat).

2. táblázat. A betakarítás előtt mért hektáronkénti tőszám, csőszám és az átlagos csőtömeg a kezelések függvényében a Kopa csemegekukorica fajtánál

Különböző nitrogén dózisok és kijuttatási időpont	**Betakarítás előtt mért tőszám (tő/ha)**	**Betakarítás előtt mért csőszám (cső/ha)**	**Átlagos csuhéleveles csőtömeg (g/cső)**

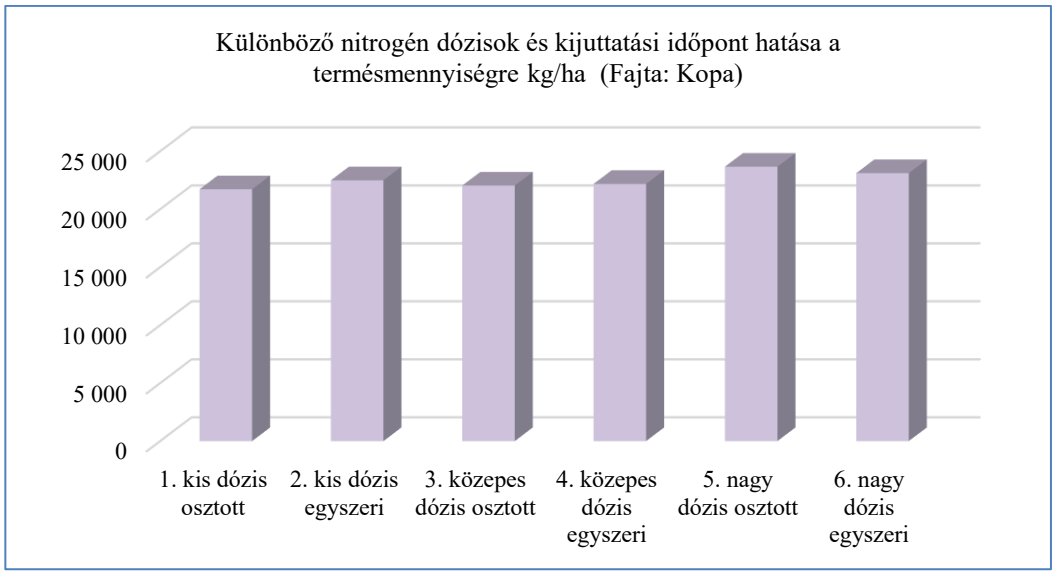
(Fajta: Kopa)			
1. kis dózis osztott	53 716	50 515	430
2. kis dózis egyszeri	52 449	51 003	441
3. közepes dózis osztott	53 012	50 901	433
4. közepes dózis egyszeri	52 978	51 113	434
5. nagy dózis osztott	53 411	52 010	455
6. nagy dózis egyszeri	52 806	51 362	450

3. táblázat. A betakarítás előtt mért hektáronkénti tőszám, csőszám és az átlagos csőtömeg a kezelések függvényében a Tyson csemegekukorica fajtánál

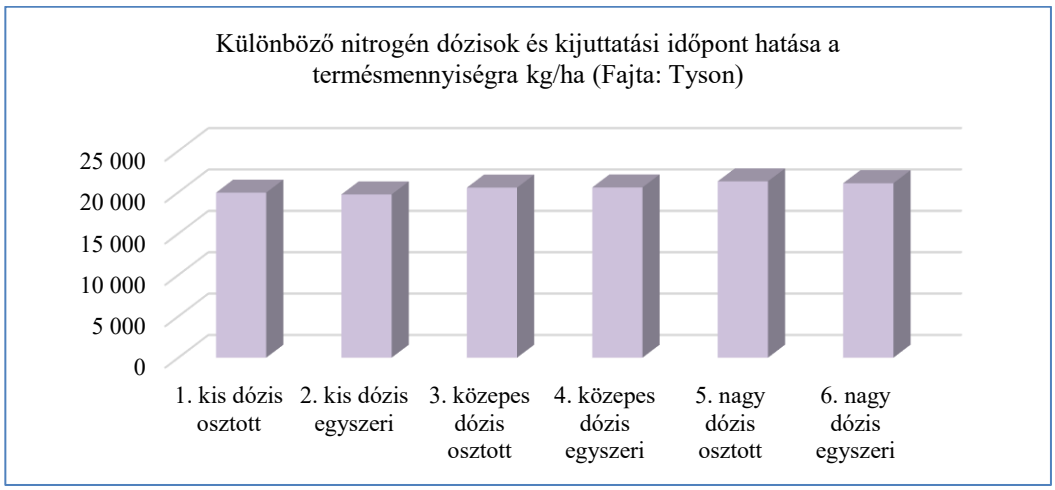
Különböző nitrogén dózisok és kijuttatási időpont **(Fajta: Tyson)**	**Betakarítás előtt mért tőszám** **(tő/ha)**	**Betakarítás előtt mért csőszám** **(cső/ha)**	**Átlagos csuhéleveles csőtömeg** **(g/cső)**
1. kis dózis osztott	53 555	50 123	398
2. kis dózis egyszeri	52 104	49 717	397
3. közepes dózis osztott	52 887	50 641	406
4. közepes dózis egyszeri	53 704	51 321	401
5. nagy dózis osztott	53 906	51 614	413
6. nagy dózis egyszeri	52 781	50 947	414

A termésmennyiség eredményeinek elemzése

A kalkulált termésmennyiségek a nitrogén hatóanyag növelésének egyértelmű termésnövelő hatásáról tanúskodnak. A két fajta közül a Kopa fajta teljesített jobban (az elméleti termésmennyiség a legmagasabb nitrogén dózisnál meghaladta a 23 t/ha-t). Itt kell megjegyeznünk, hogy táblaszinten a mérhető termésmennyiség ettől 20-25 százalékkal alacsonyabb a szegélyek, a művelőeszközök és az öntözőberendezések által okozott taposási kár, valamint a talajfoltok miatt (1. és 2. ábra).



1. ábra. A Kopa fajta hektáronkénti termésmennyisége a kezelések függvényében (2025)



2. ábra. A Tyson fajta hektáronkénti termésmennyisége a kezelések függvényében (2025)

Az osztott kezelések vizsgálatainkban majd minden esetben magasabb termésmennyiséget eredményeztek, de ez egyik fajta és kezelés esetében sem volt kimagasló.

Következtetések

A vizsgálat során levonható legfontosabb következtetésünk a termésmennyiségre irányul. Megállapíthatjuk, hogy a legnagyobb termésmennyiséget a legnagyobb dózisú nitrogén műtrágya kijuttatásnál kaptuk. A nagy dózisú nitrogén (200 kg/ha feletti hatóanyag) nem okozott hiányos termékenyülést vagy más a szakirodalom által említett termésdepressziót. Egyértelműen javasolható, hogy a nem nitrátérzékeny területeken ajánlott a nitrogén műtrágyák 200 kg/ha körüli dózisának használata az öntözött csemegekukorica termesztésben.
Az osztott kezelések nem eredményezték az általunk várt termésnövekedést, azt a feltételezésünket miszerint a kiegyenlítettebb nitrogén ellátás termésmennyiség növekedést eredményez, vizsgálataink nem támasztották alá.
Az egyértelműen megállapítható, hogy a fajták termőképessége közötti különbség jelentős. Egy év eredményei alapján nem vonható le messzemenő következtetés, de az kijelenthető, hogy a Kopa fajta szinte azonos körülmények között közel egy tonnával múlta felül a Tyson fajtát.

A nitrogén hatóanyag optimális felhasználása a gazdasági eredményeken túl jelentős környezetvédelmi vonzattal jár. A növénytáplálásban felhasznált makroelemek közül egyértelműen a nitrogén a leginkább aggályos környezetvédelmi szempontból. Ez annak köszönhető, hogy rendkívül gyorsan mozog a talajban, így a hasznosulás hatékonysága fontos kérdés. Amennyiben vizsgálataink csak kis mértékben is hozzájárulnak a hatékonyság javulásához, környezetünk terhelése tekintetében máris jelentős eredményeket értünk el. A nitrogén műtrágyázás hatékonyságának javítása közgazdasági szempontból is jelentős. A nitrogén műtrágyák beszerzési ára az utóbbi évtizedben többszörösére nőtt (köszönhetően az előállítás hatalmas energiaigényének és az energiaárak növekedésével az előállítás megnövekedett költségének). A nitrogén visszapótlás költsége az egyik legjelentősebb költségtényezővé vált az intenzív mezőgazdasági termelésben ezzel együtt a csemegekukorica előállításban is. Így a hatékonyabb felhasználás jelentős költségcsökkentő tényező lehet.

Összefoglalás

Vizsgálatunk arra irányult, hogy meghatározzuk a nitrogén hasznosulás telítettségi pontját, valamint azt, hogy az egyszeri vagy osztott kijuttatás hasznosul-e jobban a növényeknél. Megállapíthatjuk, hogy a legnagyobb termésmennyiséget a legnagyobb dózisú nitrogén műtrágya kijuttatásnál kaptuk. A nagy dózisú nitrogén (200 kg/ha feletti hatóanyag) nem okozott hiányos termékenyülést vagy más a szakirodalom által említett termésdepressziót. Egyértelműen javasolható, hogy a nem nitrátérzékeny területeken ajánlott a nitrogén műtrágyák 200 kg/ha körüli dózisának használata az öntözött csemegekukorica termesztésben.

Kulcsszavak: csemegekukorica, tápanyag-visszapótlás, nitrogén hatóanyag

Irodalom

Arnon I. (1975): Physiological principles of dryland crop production. In: GUPTA, U.S. (Ed.) Physiological aspects of dryland farming. New York, Universal. 2-145.

Apáti, Zs., Kosztyuné, K. E. (2025). A mezőgazdasági szaktanácsadás értéke a fenntartható fejlődésben MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA: 5 pp. 2-6. , 5 p.

Bocz E. - Nagy J. (2003): A kukorica nagy termésének feltételei. Gyakorlati Agrofórum Extra, 2-3.

Csabai J., Braun B., Hörcsik Zs. T., Kolesznyk A., Irinyiné Oláh K. (2022). Alternatív trágyaszerek és szerkezetjavító anyagok hatása, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira. In: Bujdosó, Zoltán (szerk.) XVIII. Nemzetközi Tudományos Napok [18th International Scientific Days]: A „Zöld Megállapodás" – Kihívások és lehetőségek. Gyöngyös, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus. pp. 122-128. , 7 p.

Csabai J., Cziáky Z., Tarek M., Vígh Sz., Aka Sagliker H., Klimiene A., Hörcsik Zs., Irinyiné Oláh K., (2021). Investigation of the quality properties of chili peppers under different climatic conditions and cultivation technology In: Bülent, yaniktepe the international conference on engineering, natural and applied science : proceedings book : icenas'21 Osmaniye, Törökország : Osmaniye Korkut Ata University (2021) 344 p. pp. 337-344. , 8 p.

De Grazia, J., Tittonell, P. A., Germinara, D., & Chiesa, A. (2003). Phosphorus and nitrogen fertilization in sweet corn (Zea mays L. var. saccharata Bailey). Spanish Journal of Agricultural Research, 1(2), 103-107.
https://doi.org/10.5424/sjar/2003012-28

K. Irinyiné Oláh, D. Lipcsei, B. Ragány, H. Aka Sağliker, Z. Cziáky, Sz. Vigh, M. Tarek, J. Csabai: 2019. Szerves trágyaszerek és talajjavító anyagokhatása a chili paprika növekedés-dinamikájára. „Komplex vidékgazdasági és fenntarthatósági fejlesztések kutatása. szolgáltatási hálózatának kidolgozásaa Kárpát-medencében"EFOP-3.6.2.-16-2017-00001 azonosító számú projekt Tápanyagutánpótlás a fenntartható homoki gazdálkodásban szakmai konferencia. 2019. március 27. pp 1-6.

Lőke Zs. - Anda A. -Decsi K. (2003): A vízhiány és a nitrogénhiány hatása a kukorica fotoszintetikus aktivitására. MTA Növénytermesztési Bizottság. III. Növénytermesztési Tudományos Nap. Budapest. Proceedings, 364-369.

Simon, L., Makádi, M., Uri, Z., Vigh, S., Irinyiné-Oláh, K., Vincze, G., & Tóth, C. (2022). Phytoextraction of toxic elements and chlorophyll fluorescence in the leaves of energy willow (Salix sp.), treated with wastewater solids and wood ash. *Agrokémia és Talajtan*, *71*(1), 77-99. https://doi.org/10.1556/0088.2022.00122

Singh, U., Saad, A. A., Ram, T., Chand, L., Mir, S. A., & Aga, F. A. (2012). Productivity, economics and nitrogen-use efficiency of sweet corn (Zea mays saccharata) as influenced by planting geometry and nitrogen fertilization. Indian Journal of Agronomy, 57(1), 43-48. https://doi.org/10.59797/ija.v57i1.4613

Szabó, B., Szabó, M., Kosztyuné Krajnyák, E., Györgyi, G., & Csabai, J. (2025). Különböző tőszámmal vetett csemegekukorica terméselemeinek vizsgálata a Timári Csemege Szövetkezetben= Investigation of the Yield Components of Sweet Corn Sowed with Different Numbers in the Timári CsemegeSzövetkezet. https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.23

Térmeg, J. (2004). Csemegekukorica tápanyagutánpótlási technológia. *Kemira Grow How*, *4*(5), 2. https://doi.org/10.1016/S1351-4180(04)00350-2

Vágvölgyi S. – Kosztyuné K. E.: 2025. Savanyú homoktalajok fenntartható hasznosításának agronómiai kihívásai a környezeti változások tükrében. In: Csajbók, József (szerk.) Kihívások és megoldások a szántóföldi növénytermesztésben : Prof. Dr. Pepó Péter 70 éves Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar (2025) 330 p. pp. 222-227. , 6 p.

THE EFFECT OF NITROGEN APPLICATION RATES AND TIMING ON THE YIELD COMPONENTS OF SWEET CORN

[1]Béla Szabó, [2]Zoltán Keczkó, [3]Gyuláné Györgyi

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
szabo.bela@nye.hu

[2] Nyíregyháza Csemege Cooperative. (Nyíregyházi Csemege Szövetkezet)
H-4400 Nyíregyháza, Rákóczi str. 1/1/3.
nyiregyhazitcs@gmail.com

[3]University of Debrecen, IAREF, Research Institute of Nyíregyháza,
H-4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos Str. 4-6.
gyorgyine@agr.unideb.hu

Summary

The aim of our study was to determine the saturation point of nitrogen utilization and to assess whether a single application or split applications are more effective for plant growth. We found that the highest yield was achieved with the highest dose of nitrogen fertilizer. High doses of nitrogen (active ingredient above 200 kg/ha) did not cause reduced fertilization or other yield depression mentioned in the literature. It is clearly recommended that in non-nitrate-sensitive areas, a nitrogen fertilizer dose of around 200 kg/ha be used in irrigated sweet corn production.

Keywords: sweet corn, nutrient replenishment, nitrogen fertilizer.

AZ NDVI INDEX VÁLTOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA A CSEMEGEKUKORICA ÉRÉSE SORÁN

Szabó Béla[1] – Szabó Miklós[2]– Györgyi Gyuláné[3] – Bodnár Máté[1]

[1] Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: szabo.bela@nye.hu
[2]Vetőmag és Szárító Kft. 4466 Timár Szabadság u. 2. e-mail: szabo.miklos@vetomagesszarito.hu
[3] Debreceni Egyetem AKIT, 4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos 4-6. e-mail: gyorgyine@agr.unideb.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.26

Bevezetés

A csemegekukorica (*Zea mays ssp. saccharata*) termesztés során ma még nem általánosan használtak az új digitális megoldások, melyek a szántóföldi növénytermesztés más területein bevezetésre kerültek. A kutatás célja, hogy a ma már általánosan használt műholdas NDVI felvételek miként használhatók a csemegekukorica termesztés során. A kutatás célja, hogy a Timári Csemege Szövetkezet által termelt 2 standard szuperédes csemegekukorica fajta esetében változik e az NDVI index értéke az érési folyamat során.

Irodalmi áttekintés

Szabolcs Szatmár Bereg megye szántóföldi növénytermesztését gyakran a savanyú homoktalajok hasznosításával azonosítjuk (Vágvölgyi-Kosztyuné 2025, Apáti-Kosztyuné 2025). A megye keleti részén (Szatmár-Beregi Síkság) és a Szabolcsi részén (Nyírség) valamint az északi részen (Rétköz) sokféle talajtípussal találkozhatunk (Csabai és mtsai 2022). A jobb tápanyag-gazdálkodású területeken igényes gyakran öntözött kertészeti kultúrák termesztése folyik. A nagy jelentőséggel bíró káposztafélék mellett a paprikatermesztés is jelentős (Irinyiné és mtsai 2019, Csabai és mtsai 2021). Napjainkra azonban a jó gépesítettsége miatt a csemegekukorica vette át a vezető szerepet a kertészeti kultúrák között.

A mai modern agrárium elválaszthatatlanul összekapcsolódik az informatikai technológiákkal, legfőképp matematikai, statikai modellezéssel, geo-informatikai technikákkal, a távérzékelés különböző innovációival vagy akár a környezeti monitoring rendszerekkel. A fejlődéshez, a megfelelő termésátlagok legprecízebb eléréséhez nélkülözhetetlen, hogy ezeket a rendszereket alkalmazzák a gazdálkodók. Többek között ezekhez a matematikai termésbecslési eljárásokhoz tartozik az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index= Normalizált Vegetációs Index) index is. (Kouadion és mtsai., 2014)

Ezen mérőszám esetén fontos tisztázni, hogyan kell értelmezni a kapott értékeket. Az egyes műholdak által készített felvételek egy adott helyen a biomassza mennyiségét tükrözik, nevezetesen a növények leveleinek klorofill- és víztartalmát. A csupasz talaj NDVI értéke 0,2-0,3 körüli. Minél magasabb a vegetációs index értéke, annál sötétebb zöld a terület, vagyis annál nagyobb a zöld tömeg. (INTERNET 1)

A hazai szakirodalom bár sokszor foglalkozik a csemegekukorica termesztésével, de összekapcsoltan nem találhatunk hazai irodalomban adatokat, ahol a precíziós gazdálkodásban általánosan használt képalkotási módszereket és csemegekukorica termesztés összekapcsolódna. Néhány angol nyelvű irodalom már összefüggéseket bizonyít be a különböző technológiai paraméterek és a különböző távérzékeléssel elérhető indexek között (Carlson és mtsai 1997; Lykhovyd és mtsai 2019; Milics 2008; Sinka és mtsai 2002).

Egy Dél Ukrajnában végzett kutatás eredményei részletesen foglalkoznak a témával. Itt különböző faktorokkal termesztett csemegekukorica parcellákat vizsgáltak meg NDVI és LAI (Leaf Area Index) segítségével végzett felméréssel, mely távérzékelési módszerekkel megállapítható az adott állomány fotoszintetikus intenzitása, valamint az összes levélfelület talajfelülettel arányosított értéke. Ezen adatok segítségével pontosítható a termésbecslés, valamint a N műtrágyázás hatékonyságának meghatározása adott körülmények között. A

kísérletben alkalmazott faktorok az eltérő szántásmélység, alkalmazott N és P hatóanyag dózis és állománysűrűség. Műtrágyázással juttatott hatóanyagok mennyisége kontroll területen 0 kg, kezelt területeken 60 kg N és 60 kg P, valamint 120 kg N és 120 kg P hatóanyag voltak. (Lykhovyd, 2020)

Anyag és módszer

Kísérletünkben két standard szuperédes csemegekukorica fajta, a Tyson és a Messenger érését és termésmennyiségét vizsgáltuk. Ezeket a fajtákat hazánkban nagy területen termesztik.

A kísérlet helyszíne

A kísérletet a Timári Csemege Szövetkezet területén állítottuk be, fajtánként 1-1 táblán, táblánként négyféle tőszámmal. A kísérletek Nyírtelek-Belegrád település mellett a Gunya bejáró és a Perlitgyár fantázianevű táblákon kerültek beállításra.

Gunya bejáró:
Blokkazonosító: TDKVLH23
Település, hrsz: 4461 Nyírtelek 0179/5-7
Fajta: Messenger

Perlitgyár:
Blokkazonosító: TC7EUW23, TLF8LY23
Település, hrsz.: 4461 Nyírtelek 0190/29, 30
Fajta: Tyson

A kísérlet agrotechnikája

Gunya bejáró táblán 25 hektáron, míg a Perlitgyár táblán 21,5 hektáron vetettünk. Mindkét táblán június 22.-én történt a vetés. A talajt kétszeri kombinátorozásaal készítettük elő május elején és közvetlen vetés előtt. Az alkalmazott tőszámokat a későbbiekben ismertetjük. A tápanyag-visszapótlást 3 különböző anyagra alapoztuk. Még a magágykészítés előtt 400 kg/ha BIO-FER Natur-t (granulált baromfitrágyát) juttattunk ki (május 02.). Közvetlenül a vetés előtt (06.20.) juttattuk ki a komplex és a pétisó műtrágyákat NPK 7-21-21-ből 200 kilogrammot pétisóból 400 kilogrammot hektáronként. A műtrágyák bedolgozása után vetés majd hengerezés következett. A vetéssel egymenetben a talajlakó kártevők ellen 14 kg/ha Force 1,5 G (teflutrin) talajfertőtlenítőt juttattunk ki. A vegyszeres gyomszabályozás Laudissal (2,2 l/ha) (tembotrion, izoxadifen-etil széfener) történt június 4-én. A hatékonyabb gyomszabályozás és a talaj levegőzöttsége miatt július 30.-án sorközműveltük a területeket. Rovarölőszeres kezelésre két alkalommal került sor. Először augusztus 23.-án kezeltük az állományt Sumi Alfa 5 EC (eszfenvalerát) 0,3 liter/ha-os és Corprima 20 SC (klórantraniliprol) 0,15 liter/ha-os dózisával, majd szeptember 2.-án ismét Corprima 20 SC (klórantraniliprol) 0,15 liter/ha-os dózisát alkalmaztuk. A Gunya bejáró táblát október 3.-án, míg a Perlitgyár táblát október 5.-én takarítottuk be OXBO 6 soros csemegekombájnnal.

2025-ben csak heti rendszereséggel végeztünk megfigyelést a kijelölt táblákon. Ennek oka az, hogy nem minden nap tudunk műholdas NDVI felvételt elmenteni, mert a nem minden nap vannak elérhető felvételek. A felhős időben nem elemezhetőek a felvételek, vagy nem minden műholdas rendszer rögzít mindennap felvételeket a területekről, hanem csak 2-3 naponta érhetőek el felvételek a táblákról, melyek közül számos felvételnél tapasztalható befolyásoló tényező.

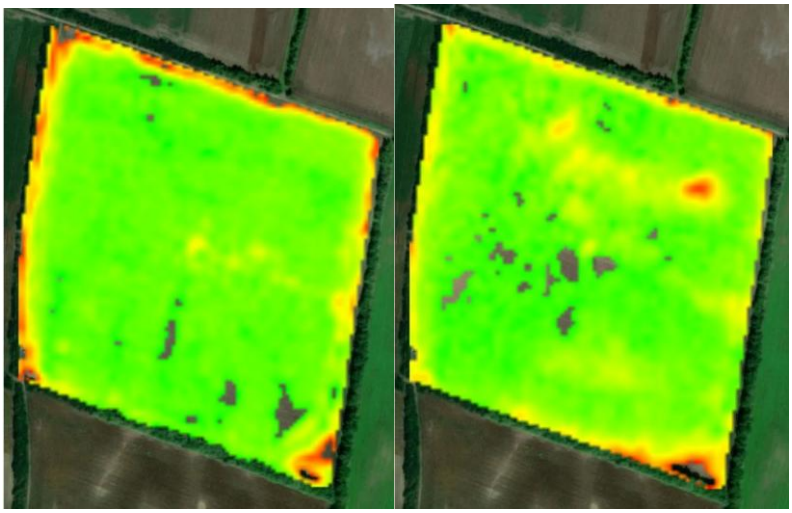
A fentiek alapján azt a döntést hoztuk, hogy hetenkénti NDVI felvételeket rögzítünk és elemzünk. Ez alapján a következő időpontokban készült NDVI felvételek kerültek az elemzésbe bevonásra:

- 2025.08.26.
- 2025.09.05.
- 2025.09.15.
- 2025.09.22.

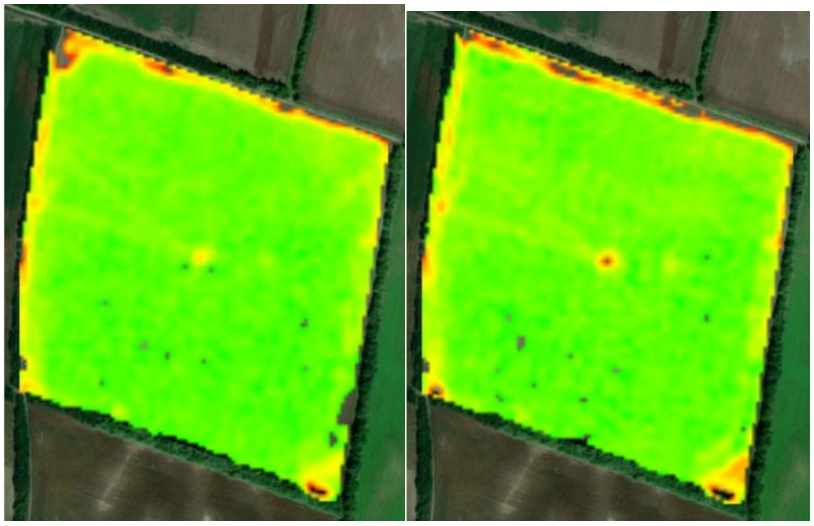
Eredmények és értékelésük

Messenger fajta elemzése

Az 1. és 2. ábrát értékelve elmondható, hogy a magas nedvesség tartalom miatt nehéz az egyes időpontok között különbséget látni. Ami egyértelműen látszik, hogy a különböző tőszámok között nem láthatunk olyan eltérést, ami az érés során a műhold felvételek alapján elkülöníthető lenne. Ha külön-külön elemezzük az egyes időpontokat megállapítható, hogy az augusztus végi és szeptember elejei felvételeknél látható, hogy az éréssel együtt változik a NDVI felvétel. Azonban ha a szeptember 15-i és 22-i felvételeket nézzük, akkor láthatjuk, hogy a tábla újra egységessé válik és visszazöldül a korábbi felvételekhez képest. Ezt támasztják alá az 1. táblázatban található átlageredmények is, melyek közül az átlag értékek a csökkenés után szeptember 15-i eredmény alapján újra nőttek. A táblázatban egyedül a maximum értékekben láthatunk lineáris csökkenést a négy időpont adatait elemezve.



1. ábra. NDVI felvételek (Messenger) 2025.08.26. és 2025.09.05.



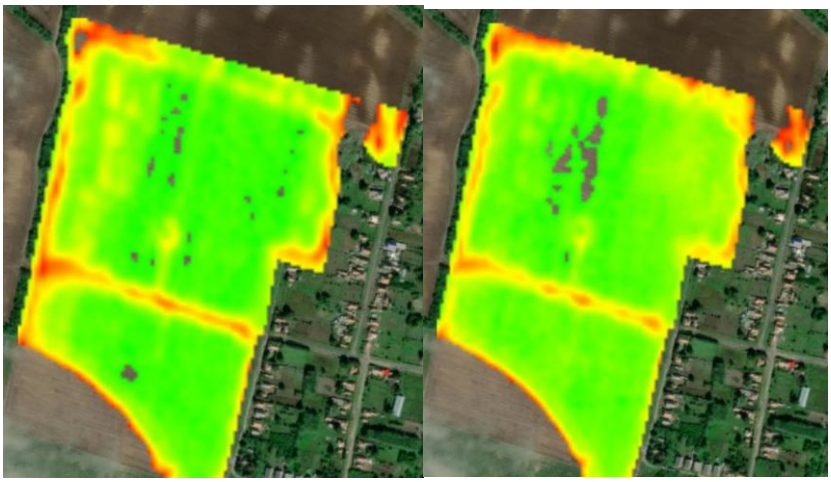
2. ábra. NDVI felvételek (Messenger) 2025.09.15. és 2025.09.22.

1. táblázat. NDVI értékek az egyes mérési időpontokban a Messenger fajtánál

Időpont	**Minimum**	**Maximum**	**Átlag**	**Átlag (Visible)**
2025.08.26	0,599	0,855	0,816	0,817
2025.09.05	0,507	0,846	0,793	0,793
2025.09.15	0,632	0,827	0,803	0,803
2025.09.22	0,624	0,810	0,783	0,784

Tyson fajta elemzése

A vizsgálatokat hasonlóan végeztük el, mint a Messenger fajta vizsgálatában bevont Gunya bejáró táblánál. Az ábrákon láthatóak a Perlitgyár mögötti tábla NDVI felvételei az egyes felmérési időpontokban. A felvételeket értékelve látható, hogy igazi eltérés nem tapasztalható vizsgálatba vont időszakban. Az érési folyamat szerint a képeknél egyre növekedni kellene a gyengébb részek kiterjedtsége és annak színe a piros irányában kellene tolódnia. A vizsgálati időpontok között eltelt közel egy hónap ellenére nem látható eltérés a tábalrészek között és a tábla színek között (3.4.ábra).



3. ábra. NDVI felvételek (Tyson) 2025.08.26. és 2025.09.05.



4. ábra. NDVI felvételek 2025.09.15. és 2025.09.22.

Amennyiben a 2. táblázatban található minimum maximum és átlag értékeket is elemezzük, akkor augusztus vége és szeptember eleje között csökkenés, majd növekedés és újra csökkenés figyelhető meg az értékekben. Ez hasonló a Messenger fajta esetében tapasztaltakhoz. Amivel magyarázható a változás, hogy szeptember 5 és 15 között történt egy öntözés és a kijuttatott víz hatására újra nőtt a vegetációs index mértéke.

2. táblázat. NDVI értékek az egyes mérési időpontokban a Tyson fajtánál

Időpont	**Minimum**	**Maximum**	**Átlag**	**Átlag (Visible)**
2025.08.26	0,380	0,820	0,722	0,728
2025.09.05	0,323	0,767	0,667	0,674
2025.09.15	0,321	0,801	0,720	0,729
2025.09.22	0,314	0,790	0,695	0,704

Következtetések

A ma már általánosan használt műholdas NDVI felvételek felhasználásával a gazdasági versenyképességet fokozó és a kedvező piaci fejleményeket elősegítő termelési technikák kerülnek meghatározásra a kutatási tevékenység során elért eredmények hasznosításának köszönhetően. Vizsgálataink során a 2025-ös évben nem változott értékelhető módon a csemegekukorica NDVI indexe a tenyészidő utolsó hónapjában. Ahhoz, hogy a műholdas felvételeket előrejelzésre használhassuk, több év kutatási eredményére van szükség.

Összefoglalás

A kutatás célja az volt, hogy a ma már általánosan használt műholdas NDVI felvételek miként használhatók a csemegekukorica termesztés során. A kutatás célja, hogy a Timári Csemege Szövetkezet által termelt 2 standard szuperédes csemegekukorica fajta esetében változik e az NDVI index értéke az érési folyamat során.

A vizsgálatban két standard szuperédes csemegekukorica fajtával, 1-1 táblán, négyféle tőszámmal folyt a kísérlet. A helyszínen mért felvételezési adatok, valamint a műholdas felvételeket közösen értékelve próbálunk olyan összefüggést találni, ami a későbbiekben alkalmas lehet a műhold felvétele alapján az érettség megállapítására vagy előrejelzésére.

Kulcsszavak: csemegekukorica, NDVI

Irodalom

Apáti, Zs., Kosztyuné, K. E. (2025). A mezőgazdasági szaktanácsadás értéke a fenntartható fejlődésben MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA: 5 pp. 2-6. , 5 p.

Csabai J., Braun B., Hörcsik Zs. T., Kolesznyk A., Irinyiné Oláh K. (2022). Alternatív trágyaszerek és szerkezetjavító anyagok hatása, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira. In: Bujdosó, Zoltán (szerk.) XVIII. Nemzetközi Tudományos Napok [18th International Scientific Days]: A „Zöld Megállapodás" – Kihívások és lehetőségek. Gyöngyös, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus. pp. 122-128. , 7 p.

Carlson T.,, Ripley D. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index, Remote Sensing of Environment Volume 62, Issue 3, 241-252 https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1

De Grazia, J., Tittonell, P. A., Germinara, D., & Chiesa, A. (2003). Phosphorus and nitrogen fertilization in sweet corn (Zea mays L. var. saccharata Bailey). Spanish Journal of Agricultural Research, 1(2), 103-107. https://doi.org/10.5424/sjar/2003012-28

Csabai J., Cziáky Z., Tarek M., Vígh Sz., Aka Sagliker H., Klimiene A., Hörcsik Zs., Irinyiné Oláh K., (2021). Investigation of the quality properties of chili peppers under different climatic conditions and cultivation technology In: Bülent, yaniktepe the international conference on engineering, natural and applied science : proceedings book : icenas'21 Osmaniye, Törökország : Osmaniye Korkut Ata University (2021) 344 p. pp. 337-344. , 8 p.

K. Irinyiné Oláh, D. Lipcsei, B. Ragány, H. Aka Sağliker, Z. Cziáky, Sz. Vigh, M. Tarek, J. Csabai: 2019. Szerves trágyaszerek és talajjavító anyagokhatása a chili paprika növekedés-dinamikájára. „Komplex vidékgazdasági és fenntarthatósági fejlesztések kutatása. szolgáltatási hálózatának kidolgozásaa Kárpát-medencében"EFOP-3.6.2.-16-2017-00001 azonosító számú projekt Tápanyagutánpótlás a fenntartható homoki gazdálkodásban szakmai konferencia. 2019. március 27. pp 1-6.

Kouadio L., Newlands N.K., Davidson A., Zhang Y., Chipanshi A. (2014). Assessing performance of MODIS NDVI and EVI for seasonal crop yield forecasting at the ecodistrict scale. Remote Sens., 6(10), 10193-10214. https://doi.org/10.3390/rs61010193

Lykhovyd, P. (2020). Sweet corn yield simulation using normalized difference vegetation index and leaf area index. Journal of Ecological Engineering, 21(3) https://doi.org/10.12911/22998993/118274

Lykhovyd, P. V., Ushkarenko, V. O., Lavrenko, S. O., Lavrenko, N. M., Zhuikov, O. H., Mrynskyi, I. M., Didenko, N. O. (2019). Leaf area index of sweet corn (*Zea mays ssp. saccharata* L.) crops de-pending on cultivation technology in the drip-irrigated conditions of the south of Ukraine. Modern Phytomorphology, 13(1-4), 1-5.

Milics G, (2008). A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós(helyspecifikus) növénytermesztésben. PhD értekezés, Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Földtudományok Doktori Iskola

Singh, U., Saad, A. A., Ram, T., Chand, L., Mir, S. A., & Aga, F. A. (2012). Productivity, economics and nitrogen-use efficiency of sweet corn (Zea mays saccharata) as influenced by planting geometry and nitrogen fertilization. Indian Journal of Agronomy, 57(1), 43-48. https://doi.org/10.59797/ija.v57i1.4613

Sinka I, Zsembeli J, Ragán P, Duzs I, Takácsné Hájos M. (2022). Effect of different seedling growing methods on the SPAD, NDVI values and some morphological parameters of four sweet corn (Zea mays L.) hybrids POLNOHOSPODARSTVO-AGRICULTURE 67 : 4 pp. 177-190. , 14 p. https://doi.org/10.2478/agri-2021-0016

Szabó, B., Szabó, M., Kosztyuné Krajnyák, E., Györgyi, G., & Csabai, J. (2025). Különböző tőszámmal vetett csemegekukorica terméselemeinek vizsgálata a Timári Csemege Szövetkezetben Investigation of the Yield Components of Sweet Corn Sowed with Different Numbers in the Timári Csemege Szövetkezet. https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.23

Vágvölgyi S. – Kosztyuné K. E.: 2025. Savanyú homoktalajok fenntartható hasznosításának agronómiai kihívásai a környezeti változások tükrében. In: Csajbók, József (szerk.) Kihívások és megoldások a szántóföldi növénytermesztésben : Prof. Dr. Pepó Péter 70 éves Debrecen, Magyarország : Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar (2025) 330 p. pp. 222-227. , 6 p.

Internet 1. https://www.met.hu/ismertetok/NDVI_ismerteto.pdf

ANALYSIS OF NDVI INDEX CHANGES DURING SWEET CORN RIPENING

[1]Béla Szabó, [2]Miklós Szabó, [3]Gyuláné Györgyi, [1]Máté Bodnár [1]

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
szabo.bela@nye.hu

[2]Seed and Grain Dryer Ltd. (Vetőmag és Szárító Kft.) H-4466 Timár,
Szabadság str. 2. e-mail: szabo.miklos@vetomagesszarito.hu

[3]University of Debrecen, IAREF, Research Institute of Nyíregyháza,
H-4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos Str. 4-6.
gyorgyine@agr.unideb.hu

Summary

The aim of the research was to investigate how widely used satellite-based NDVI imagery can be applied in sweet corn cultivation. Specifically, the study sought to determine whether NDVI values change during the ripening process for two standard supersweet sweet corn varieties grown by the Timári Csemege Cooperative.
The experiment involved two standard supersweet sweet corn varieties, each cultivated on a separate field plot at four different plant densities. By jointly analyzing field-measured data and satellite imagery, we aimed to identify correlations that could subsequently enable the determination or prediction of crop maturity based on satellite data.

Keywords: sweet corn, NDVI

DERÍTŐSZERES TALAJKEZELÉS HATÁSA A CÉKLA (*BETA VULGARIS* L.) TERMELÉSI MUTATÓIRA

Tarekné Tilistyák Judit[1] – Tarek Mohamed[2] – Irinyiné Oláh Katalin[3]

[1]Nyíregyházi Egyetem, Kutatási és Fejlesztési Innovációs Központ, 4400 Nyíregyháza, Kótaji utca 9.-11., e-mail: tilistyak.judit@nye.hu
[2]Eszat Kft. 4700 Mátészalka Jármi út 57. e-mail: tarekshalaby2@gmail.com
[2]Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: olah.katalin@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.27

Bevezetés

Jelen kísérlet a korábbi derítőszeres talajkezelési kísérletek szélesítése a gyökérzöldségek irányába. A cékla (*Beta vulgaris* L.) közkedvelt és egészséges gyökérzöldség, Magyarországon jól termeszthető és a feldolgozó kapacitás is kiépült. Kutatásunkban a gyümölcslé derítésre használt bentonitot és aktív szenet tartalmazó érlelt anyaggal 3 dózisban (0, 1 és 2 kg*m^{-2}) kezeltük a homok fizikai tulajdonságú kisparcellás szabadföldi területet, melybe a Detroit 2 fajtájú céklamagot vetettük ikersorokban. A 105 napos tenyészidő végén biomassza hozam, gyökér és levélmorfológiai, valamint gyökér beltartalmi vizsgálatot végeztünk. Eredményeink rámutatnak, hogy a derítős kezelés hatására jelentős biomassza és termés (gyökér) hozam növekedés, valamint beltartalom gazdagodása (szárazanyagtartalom és Brix érték) érhető el.

Irodalmi áttekintés

Magyarországon a cékla termesztése egyre népszerűbb, és a növény kiválóan alkalmazkodik a hazai klimatikus viszonyokhoz (Internet 1). Másodveteményként is termeszthető legkésőbb július eleji vetéssel. Megfelelő minőségű terméshez a tápanyagellátásra legigényesebb gyökérzöldség (Internet 2). A cékla betakarítása gépesített, ipari mennyiségű feldolgozása Magyarországon kiépült. Elsősorban minimálisan feldolgozott minőségben gyártják: szárítmány por, konzerv, juice, és ezek alapanyagai keverékeknek illetve snack termékeknek műzlikben, szeletekben, leveseknek, fermentált leveknek. A céklának kiváló rosttartalma van, színanyagai miatt pl. betacianinok, betaxantinok jelentős antioxidáns hatással bír.

A gyümölcslé derítéséből visszamaradt segédanyagok (például bentonit, zselatin, enzimek, aktív szén stb.) felhasználása talajerőpótlásra nem általánosan elterjedt gyakorlat, de bizonyos esetekben lehetséges, különösen, ha a visszamaradt anyagok szerves eredetűek és nem tartalmaznak káros vegyi anyagokat. A szerves eredetű melléktermékek, mint például a gyümölcslégyártásból származó maradék gyümölcshéj, mag, rost komposztálhatóak, és így szerves trágyaként felhasználhatók a talajerő növelésére.

A gyümölcslé maradványokat tartalmazó aktív szén és bentonit keverékét tartalmazó derítési segédanyag jó hozamnövelő alternatíva több kertészeti kultúrában chili paprika, étkezési paprika, paradicsom (Kátai és mtsai, 2011; Tarekné Tilistyák és mtsai, 2025). Korábbi kutatási eredményeink alátámasztják, hogy a fenti derítőszerből a nagyobb dózis talajba juttatása kedvezőtlenül hat pl. a terméshozamra (Tarekné Tilistyák és mtsai, 2025). Paprika palánta nevelési kísérletünkben biomassza növelő hatást tudtunk igazolni (nem publikált adat). Jelen kutatásban az volt a célunk, hogy a derítőszeres termesztési kísérletet a gyökérzöldség kertészeti kultúrákban is kipróbáljuk. Ennek érdekében vizsgálatba vontuk a népszerű cékla (*Beta vulgaris* L.) növényfajt, és a biomassza, levél és gyökérre valamint a gyökér beltartalmára vonatkozó fizikai és kémiai vizsgálatokat végeztünk el. Eredményeink szerint a derítőszeres talajkezelés növeli a hozamot és a cékla beltartalmat.

Anyag és módszer

A derítőszer: a talaj kiegészítésére gyümölcslé szerves anyagaival telített bentonit és aktív szén keverékét (kimerült derítőanyagot) az ESZAT kft. gyümölcslégyártó vállalkozás bocsátotta térítésmentesen rendelkezésünkre a 2024 évi termeléséből, 25 kg/műanyagzsák egységekbe csomagolva. A derítőszeren alkoholos szag nem volt érezhető, enyhén nedves volt, közepes, illetve legfeljebb maroknyi méretű rögös részeket tartalmazott, melyeket felhasználás előtt kézzel szétmorzsoltunk és eloszlattunk.

A tesztnövény a Detroit 2 fajtájú cékla (*Beta vulgaris* L.): középnagy répateste gömbölyű lilásvörös színű, amerikai nemesítésű fajta. Levélzete kicsi, pirosas színezetű, jól ellenáll a Cercospora gombának. Rövd tenyészidejű, fő- és másodvetésben egyaránt termeszthető, jól tárolható fajta (Rubóczki T, 2020). A kísérletben helyre vetettük a csávázatlan céklamagot (Rédei Kertimag ZRt.) 2025. június 26-án, a kísérletet 105 napig folytattuk, a betakarítás 2025. október 7. és 9. -én történt.

A termesztési kísérlet beállításai

A kísérleti terület a Nyíregyházi Egyetem bemutató kertjében homok fizikai talajféleségű szabadföld volt. Az összesen 64 m^2 kísérleti területet 6 parcellára (3,6 m x 2 m /parcella) osztottuk, a parcellákat 1 méter széles közlekedő úttal választottuk el. A terület 2018-ban, azt követően 2023-tól minden évben, azonos parcella azonos dózisban kapott derítőszeres kezelést. A parcellákban 4 csepegtetőszalagtól 15-15 cm-re ikersorokat alakítottunk ki. A csepegtetőszalagok a parcella széleitől 50 és 120 cm-re voltak elhelyezve.

A derítőszeres kezelések 2 parcella/kezelés ismétléssel az alábbi dózisokban történtek: K (kontrol; D0): 0 kg derítőszer/m^2, D1: 1 kg/m^2 (7,2 kg derítőszer/parcella) és D2: 2 kg/m^2 (14,4 kg derítőszer/parcella). A derítőt egyenletes rétegben, kézi kiszórással juttattuk ki az előzőleg mechanikusan gyomtalanított talajra, majd rotációs kapa tengelymélységig történő leengedésével beforgattuk a talajba.

Növényállomány: A vetést követő 3. héten a növény 3-4 leveles állapotában egyelést végeztünk, soronként 14 tövet hagytunk 30 cm tőtávolsággal. A kísérletet a 15. héten, 2025. október 9-én állítottuk le, a teljes növényállományt begyűjtöttük.

Növényápolás és -védelem: rendszeresen kézi és/vagy kapás gyomirtást végeztünk. A növények öntözése naponta 4 órán keresztül a növénytövekhez kihúzott csepegtetőszalaggal történt.

Vizsgált paraméterek és mérési módszerek

Hozam és morfológiai vizsgálatok: A növényi biomasszát jelentő friss lomb- és gyökértömeget az állomány parcellánkénti begyűjtését követően azonnal megmértük (ADAM ADK-10), melyhez azt megelőzően a gyökérzethez tapadt talajszennyeződést rázással eltávolítottuk, tömegét megmértük. Ezt követően a lombot a gyökérnyaknál leválasztottuk, a gyökér tömegét, majd hosszát és átmérőjét megmértük (utóbbi kettőt tolómérővel). Az adatokat növényenként jegyeztük fel. A parcellánként legnagyobb értéket adó 40 növény adatait használtuk fel a további elemzéshez. A lombtömeget kivonással határoztuk meg. A levélbiomasszából random kiválasztottunk 30 legnagyobbat, melynek morfológiai jellemzőit (szélesség, hossz, levéllemez hossz) mérőszalaggal mértük. A gyökértermésből 10 db-ot laboratóriumi vizsgálatokra kiválasztottunk és műanyagzacskókban 6°C-on tároltunk a beltartalmi vizsgálatokig, 1 hónapig. A levélmintákat egymásra sorolva, műanyagzsákban 2 napon belül megvizsgáltuk.

Beltartalmi vizsgálatok: A gumókat (4 db/parcella) megmostuk, papírtörlővel szárazra töröltük, hámoztuk. A szárazanyag-tartalmat a frissen vágott vékony szeletből mértük, 3 ismétléssel HG63 (Mettler Toledo) gyors nedvességmeghatározó mérlegen. A friss gumóból kb. 100 g-ot Retsch GM 200-as késes darálón aprítottunk 30 mp-ig, majd az aprítékból nyers levet vákuumszűrtünk, majd a levet centrifugáltuk 10000 rpm 1 percig eppendorf csőben Biofuge Pico (Heraeus). A nyerslé pH-ját azonnal megmértük (Seven2Go, Mettler Toledo pH mérővel), a centrifugált léből vízoldható szárazanyag tartalmat mértünk RE40 típusú (Mettler Toledo) refraktométeren 2 ismétléssel.

Színanyagok meghatározása: A friss céklagumó püréből 1,00±0,05 g-ot 50 ml citrát pufferrel elegyítve (pH 6,1) állni hagytunk 30 percig hűtőszekrényben, majd az elegyet általános szűrőpapíron (DP 0860, Albet Science) vákuumszűrtük. A tiszta levet citrát pufferrel higítottuk, majd spektrumát felvettük kvarcküvettában UV-VIS spektrofotométerrel (Spectroquant Pharo 3000, Merck), az abszorbancia értékeket leolvastuk az összes fehérje és fenol tartalom meghatározáshoz 280 nm-nél, a betaxantin (sárga pigment) tartalom meghatározáshoz 480 nm-nél, a betacianin (vörös pigment) tartalom meghatározáshoz 538 nm-nél, valamint 600 nm-nél a zavarosság korrigálásához. A spektrofotometriás mérés háttere a citrátpuffer volt. A pigmenttartalmat becsléssel a Lamber-Beer törvény alapján határoztuk meg, melyhez az alábbi extinkciós koefficiens értékeket használtuk: betanin $\varepsilon = 60000\ L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$, betaxantin $\varepsilon = 48000\ L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$.

Eredmények és értékelésük

Ho*zam és morfológiai eredmények*

A teljes betakarított és a legjobb gyökértömeggel bíró 80 növény adatait morfológiai és hozam adatait valamint a levélre vonatkozó adatokat az 1. táblázatban mutatjuk. A sorokban az egyeléssel beállított 14 tőszámnál összesen112 növény növekedését vártuk el. A teljes állomány betakarítása után látható, hogy a kontrolnál 2-vel több, a D1 kezelésben jelentős növekedés további csírázást tapasztaltunk, míg a D2 kezelésben 12 növénynél kevesebb érte el a betakarítás idejét: Ez utóbbit a szabadföldön esetlegesen előforduló állati kártevők hatásának tulajdonítottuk. Míg a D2 kezelésben kevesebb növényből lehetett adatot kinyerni látható, hogy a D2 parcellákban mért növény paraméterek meghaladták a kontrollnál mért értékeket.

Az összehasonlíthatósághoz ezért a parcellákról betakarított összesen 40-40 legnagyobb gyökérű egyed adatait vettük alapul. A kezelésenként 80 legnagyobb cékla répatest adatai alapján az gyökér össztömeg a derítős kezelésekben 20%-kal nagyobb, az egyedi répatest tömeg 23%-kal nagyobb, mint a kontrol. Az eltérő kezelésekben a répatest alaki hányadosa nem változott. A lomb biomassza össztömege a D1 kezelésben 15%-kal volt több, mint a kontroll vagy a D2 kezelésben mért. Az egy növényre számolható lomtömeg a D1 kezelésben növekedett, míg a D2 kezelésben nem mutatott jelentős különbséget a kontrolhoz képest. A teljes levélhossz pozitív változása tapasztalható a derítőszeres kezelésekben, míg a levéllemez alaki hányadosa nem vagy alig változott a D2 kezelésben.

1. táblázat. A cékla biomassza, gyökér és levél morfológiai és hozam jellemzői. Zárójelben a kontrollhoz viszonyított változás (+: növekmény)

kezelés/mért jellemző	K	D1	D2
Összes cékla növény száma (db)	114	136	100
Összes cékla növény tömege (kg)	30,5	41,9 (+37%)	33,0 (+8%)
Répatest biomassza tömeg (kg)	17,8	25,0 (+40%)	21,2(+19%)
Lomb biomassza tömeg (kg)	12,6	16,8 (+34%)	11,8
Egyedi répatest tömeg (g/db) n=összes	166	184 (+11%)	212 (+28 %)
Egyedi répatest tömeg terjedelme (g/db)	4,5 - 885	13,2 - 965	3,2 - 698
80 legnagyobb cékla répatest össztömege (kg)	16,8	20,6 (+22%)	20,2 (+20%)
Egyedi répatest tömeg (n=80; g/növ,)	210	258 (+23%)	259 (+23%)
Répatest alaki index (n=80) (Hossz/Átmérő; cm)	1,0	1,0	1,0
Lomb biomassza tömeg (n=80; kg)	10,97	12,62 (+15%)	10,84
Egyedi lombtömeg (n=80; g/növény)	137	158 (+15%)	135

Teljes levélhossz (n=30; cm)	44,5	46,6 (+4%)	47,6 (+7%)
Levéllemez alaki jellemzői (n=30; Hossz/Szélesség; cm)	25,4/14	27,7/15,1	26,5/15,7
Levéllemez alaki index (n=30;H/SZ)	1,8	1,8	1,7

Kezelés hatása a cékla répatest beltartalmi jellemzőire

A Detroit2 cékla répatestre jellemző beltartalmi értékek a 2. táblázatban láthatók. A szárazanyagtartalom 12-15% között változott, a legkisebb értéket a kontrol kezelésben mértük. A derítő dózis arányos növelésével 9-10%-kal növekedett a szárazanyagtartalom. Ezzel párhuzamos a vízoldható szárazanyagtartalom növekedése is, mely tekintélyes mennyiséget mutat a kezelt területekről származó mintában. A kezelés függvényében a pH nem változott. Az antioxidáns és gyulladáscsökkentő hatással bíró betacianinok és betaxantinok adják a rostok mellett a legfontosabb beltartalmi értéket. A derítős kezelés változó hatását tapasztaltuk a vörös szín adó betacianinok becsült mennyiségének meghatározásakor: a D1 kezelésben a kontrolnál kevesebb (37 mg/100 g), míg a D2 kezelésben a kontrolnál jóval nagyobb értéket számoltunk (41 mg/100 g). A betaxantin mennyisége kismértékű, határozott növekedést mutat a derítő mennyiségének növekedésével.

2. táblázat. A céklagyökér fizikai és kémiai tulajdonságai kezelésenként.

kezelés/mért jellemző	K	D1	D2
Nedvességtartalom (%)	87,6	86,5	85,1
Szárazanyagtartalom (%)	12,4	13,5	14,9
Vízoldható szárazanyag-tartalom (Brix)	11,6	12,2	13,4
pH	6,0	5,9	6,0
Betacianin (mg/100 g nedves anyag)	39,1	37,1	41,1
Betaxantin (vulgaxantin I) (mg/100 g nedves anyag)	22,9	23,4	25,5

Következtetések

A gyümölcslé maradványokat tartalmazó aktív szén és bentonit keverékét tartalmazó derítési segédanyag jó hozamnövelő alternatíva a cékla kertészeti kultúrában is.
Morfológiai jellemzők esetében a kisebb dózisú derítőszeres kezelés egyértelmű hozam javulást mutat teljes biomasszára, gyökérre és levélre vonatkozóan, átlagosan 20% körül, míg a nagyobb D2 kezelésben nem változik a jellemző, vagy javulás mutatkozik elsősorban répatest tömegre nézve.

Összefoglalás

A cékla, mint gyökérzöldség növényen teszteltük a gyümölcslé maradvánnyal telített aktív szén és bentonit keverékét tartalmazó derítőszeres talajkezelést. A talajkezelés már 1 kg/m^2 dózisban jelentős biomassza és a cékla répatest hozamnövekedését eredményezett, növekedett a répatestben a szárazanyag és a vízoldható szárazanyagtartalom, a színanyagok dúsulása – jelen számított adatok alapján - a betaxantin esetén bizonyítottuk.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is köszönöm a munkáját Siposné Gulyás Ritának (talajelőkészítés, vetés, növényápolás, a növényminta gyűjtés, mérés, adatrögzítésben nyújtott segítséget) és Bara Eszternek, Tarek Ferencnek és Tarek Juditnak (a mérési adatok rögzítését).

Kulcsszavak: cékla, Beta vulgaris, aktív szén, derítő, hozam, bentonit, melléktermék

Irodalom

Kátai J., Jakab A., Sándor Zs., Zsuposné Oláh Á., Tállai M. (2011): *Bentonit és zeolit hatása egy savanyú homoktalajon.* Agrokémia és Talajtan, 60 (1). pp. 203-218. ISSN 0002-1873 (https://doi.org/10.1556/Agrokem.60.2011.1.15)

Vargas-Rubóczki T (2020): Különböző cékla genotípusok gazdasági értékmérő tulajdonságainak vizsgálata és lehetséges szerepük a feldolgozásban. (2020) Doktori értekezés.

Rubóczki T, Takácsné Hájos M (2018): Leaf and root evaluation of bioactive compounds of different beetroot varieties ACTA AGRARIA DEBRECENIENSIS / AGRÁRTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK 74 pp. 135-139., 5 p. https://doi.org/10.34101/actaagrar/74/1678

Tarekné, T. J., Irinyiné, O. K., Halász, J., Tarek, J. H., & Tarek, M. (2025): Derítőszeres talajkezelés hatása az étkezési paprika (capsicum annuum l.) Termesztésben. In *fenntartható tájgazdálkodási tudományos műhely konferenciája 2025* (pp. 184–189). http://doi.org/10.71066/FTTMK.1.26

Internet 1. A cékla termesztése, felhasználása és jelentősége a magyar mezőgazdaságban - Agroinform.hu (2026.08.01.)
Internet 2. A cékla termesztéséről (folytatás) - Pro Agricultura Carpatika (2026.08.09.)

EFFECT OF SOIL TREATMENT WITH CLARIFYING AGENT DERIVED FROM JUICE PROCESSING ON THE PRODUCTION OF BEETROOT (*BETA VULGARIS* L.)

[1]Judit Tarek-Tilistyak,- [2]Mohamed Tarek,- [3]Katalin Irinyiné Oláh,

[1]University of Nyíregyháza, Science Park,
H-4400 Nyíregyháza, Kótaji Str. 9.-11.
tilistyak.judit@nye.hu

[2]ESZAT Kft.,
H-Mátészalka, Jármi str. 57.
tarekshalaby2@gmail.com

[3]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
olah.katalin@nye.hu

Summary

The effects of a soil amendment prepared from a fining agent containing activated carbon and bentonite saturated with fruit juice processing residues were investigated in beetroot (Beta vulgaris L.). Application at 1 kg m^{-2} significantly increased both biomass production and storage root yield. In addition, root dry matter content and total soluble solids concentration were enhanced. Based on the calculated data, a significant increase in betaxanthin accumulation was demonstrated.

Keywords: beetroot, Beta vulgaris, activated carbon, bentonite, by-product, yield, flocculant

SOIL PREPARATION FOR CANADIAN POPLAR (*POPULUS×EURAMERICANA*) FELLING AREAS: DEVELOPMENT TRENDS AND SUSTAINABILITY CHALLENGES

[1]Tímea Makszim Györgyné Nagy - [2]György Makszim - [3]Béla Lukács - [4]Béla Szabó - [5]Andrea Györgyiné Kovács

[1] University of Nyíregyháza, Institute of Applied Humanities, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b. makszim.gyorgyne@nye.hu
[2] Piragro Kft., H-4375 Piricse, Mihály Táncsics Str. 13. makszimg@gmail.com
[3] University of Nyíregyháza, Institute of Linguistics and Literary Studies, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b. lukacs.bela@nye.hu
[4] University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b. szabo.bela@nye.hu
[5] University of Debrecen, IAREF, Research Institute of Nyíregyháza, H-4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos Str. 4-6. gyorgyine@agr.unideb.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.28

Introduction

The economic and ecological roles of growing Canadian poplar in Hungary are significant, especially in terms of producing industrial timber, biomass for energy purposes, and carbon sequestration. The successfulness of clearing reforestation is largely influenced by the technology used in soil preparation. The aim of this study is the comparison of the traditional and innovative methods of soil preparation used in the felling areas of Canadian poplar as well as the sustainability-oriented assessment of such technologies. The results indicate that classic technologies based on intensive cultivation lead to a considerable ecological impact, while more recent solutions, especially forestry tillers, reduced tillage, and biological stump decomposition technologies, display a more improved environmental impact. Establishing a balance between productivity and ecology is one of the biggest challenges for forestry in the future.

Literature review

Climate change, soil degradation, and the need for using natural resources in a sustainable manner have been a growing challenge for forestry. The rising frequency of extreme weather events, the change in precipitation distribution, and the increase in temperature have been affecting the stability of the forest ecosystems and their natural regenerating capability (Lindner et al., 2010; Vágvölgyi & Kosztyuné Krajnyák, 2025). A key element of sustainable forestry is the appropriate preparation of the felling areas, which is fundamental in the development of the young trees as well as the survival ratio of the seedlings and the long-term fertility of the site (Bárány, 2012; Kosztyuné Krajnyák, 2022). The purpose of soil preparation is to ensure favourable physical, chemical, and biological conditions for afforestation. The properly-selected tilling technologies will improve soil absorbency and soil water retention capacity, decrease the extent of weed encroachment, and facilitate the quicker development of roots (Buzás, 1998, Kosztyuné Krajnyák, 2021). At the same time, excessive or inappropriate soil disturbance can increase erosion, degrade soil structure, and contribute to a decline in organic matter content, which has a negative long-term impact on the functioning of the forest ecosystem (Jandl et al., 2007; Vágvölgyi et al., 2016). In recent decades, sustainable forest management has placed an increasing emphasis on site preparation methods that ensure effective forest regeneration while minimizing environmental impact. Therefore, modern forestry practices favour the use of site-specific technologies, taking into account soil type, topography, water balance, and expected climate changes (MCPFE, 2003). Implementing soil conservation measures in nature-oriented forest management improves forest stability, conserves biodiversity, and maintains ecosystem services. In addition to timber production, forests provide habitats for numerous protected plant species; therefore, sustainable forest management supports not only soil functions but also the conservation of biodiversity, including endangered flora (Csabai et al., 2011; Farkas et al., 2025;

Szarvas et al., 2025; Duncker et al., 2012). Furthermore, soil disturbance associated with logging operations may facilitate the establishment and spread of invasive plant and insect species, highlighting the importance of monitoring and preventive management to preserve biodiversity and ecosystem stability (Csecserits et al., 2018; Takács et al., 2022). Consequently, the preparation of logging sites is no longer merely a technological task but a key component of sustainable forest management, influencing the ecological and economic value of forests in the long term.

The cultivation significance of Canadian poplar

The Canadian poplar (*Populus×euramericana*) is one of Hungary's most important fast-growing tree species, which, under favourable growing conditions, features a short rotation period and high biomass production. Its significant economic value stems from its rapid growth, high-quality wood, and versatility, making it one of the most important tree species in intensive timber production systems (Mátyás, 2004). At the same time, intensive farming requires increased attention to preserving the characteristics of the growing area, maintaining the physical and biological condition of the soil, and minimizing environmental impacts (FAO, 2016). In suitable growing conditions, the Canadian poplar can be grown economically with a rotation period of 20–25 years. It has exceptionally high light, water, and nutrient requirements; therefore, it achieves outstanding growth primarily on alluvial and meadow soils with deep topsoil and good water management (Bárány, 2012). Adequate soil moisture and nutrient supply are essential for rapid initial growth, which significantly determine the stand's subsequent development and the harvestable timber volume (Dickmann & Kuzovkina, 2014). The root system of the Canadian poplar is sensitive to soil compaction and anaerobic soil conditions; therefore, it is particularly important to preserve soil structure and use appropriate soil preparation techniques (Jandl et al., 2007).

In Hungary, Canadian poplar stands play a key role in industrial timber production, particularly in supplying raw materials to the paper and pulp industry, particleboard and plywood manufacturing, the pallet industry, and biomass production for energy purposes. Moreover, they play a significant ecological role, as their rapid growth allows them to sequester substantial amounts of carbon dioxide, thereby contributing to the mitigation of climate change (IPCC, 2022). Short-rotation Canadian poplar plantations are therefore important components of the circular bioeconomy and renewable raw material production in Europe (FAO, 2016). The proportion of Canadian poplar in Hungary's forest areas has declined in recent decades, while cultivation techniques have undergone significant advancements. The use of new clones, modern soil preparation methods, precision planting technologies, and site-specific management have all contributed to increased productivity and improved stand stability (*Országos Erdőállomány Adattár* [National Forestry Database], 2024). However, as a result of climate change, there is a growing emphasis on farming practices that improve soil water retention, reduce drought stress, and promote the long-term adaptability of crops (Lindner et al., 2010). Accordingly, soil-conserving forestry techniques and proper soil preparation are fundamental not only to the success of initial establishment but also to the economic viability and sustainability of Canadian poplar plantations.

Changes in the tree species composition of Hungary's forests between 2005 and 2024

To assess the domestic significance of Canadian poplar cultivation, we need to examine changes in the composition of Hungary's forest stands by tree species group over the past two decades. Changes in the spatial distribution of individual tree species groups clearly illustrate the structural changes that have taken place in forest management, as well as the economic, conservation, and climate adaptation processes influencing the roles of individual tree species in the country's forest stands (see Table 1).

According to data from the *Országos Erdőállomány Adattár*, Hungary's forest area increased from 1,789,673 hectares to 1,882,059 between 2005 and 2024, representing an increase of 92,386 hectares, or nearly 5.2 per cent. This growth is primarily attributable to afforestation efforts and domestic and European Union programs aimed at increasing forest cover (Makszim et al., 2024).

Among tree species groups, acacia *(Robinia pseudoacacia)* continues to cover the largest area; its stand increased from 413,876 hectares to 462,504, and its share rose from 23 per cent to 25. A significant increase in area can also be observed for oak *(Quercus)*, Turkey oak *(Quercus cerris)*, and other hardwood species, indicating a gradual strengthening of the role of native species.
However, Canadian poplar, which is of particular importance for this study, has showcased a decline. The area covered by Canadian poplar decreased from 125,363 hectares to 96,106, representing a reduction of approximately 29,000 hectares, or nearly 23 per cent. As a result, its share of the country's total forest area fell from 7 per cent to 5. There may be several factors behind this change, including the growing prevalence of near-natural forest management, the prioritization of native tree species, and the gradual conversion of Canadian poplar stands located in unsuitable habitats.
At the same time, the Hungarian area of poplar stands has increased significantly (from 61,155 hectares to 100,973), which clearly reflects the growing use of native poplar species. In contrast, conifer stands have experienced a significant decline, with their area decreasing from 226,356 hectares to 170,241, a trend that can be linked to the adverse effects of climate change and the decline of climate-sensitive tree species.

Table 1. The distribution of Hungary's forest stock by tree species group in 2005 and 2024

Tree Species Group	2005		2024	
	Hectares	%	Hectares	%
Oak	371,973	21	395,027	21
Turkey oak	199,907	11	219,795	12
Beech	106,487	6	114,010	6
European hornbeam	94,315	5	99,012	5
Acacia	413,876	23	462,504	25
OHB	90,647	5	128,753	7
Canadian poplar	**125,363**	7	**96,106**	5
Native poplar	61,155	3	100,973	5
Willows	22,705	1	17,457	1
Other soft broadleaves	76,890	4	78,180	4
Conifer	226,356	13	170,241	9
Total	**1,789,674**	100	**1,882,058**	100

Source: Országos Erdőállomány Adattár, 2024

Overall, the data in the table show that, although the Canadian poplar remains a tree species of significant economic importance in Hungary, its share has declined over the past two decades. This further underscores the importance of using modern, soil-conserving site preparation technologies in both existing and newly planted Canadian poplar plantations, as these contribute to the long-term sustainability of the site, the stable development of the stands, and the assurance of economically viable timber production.

The characteristics of soil conditions in the felling areas

After the felling of timber, the soil in felling areas undergoes significant physical, chemical, and biological changes that fundamentally influence the success of forest regeneration and the development of the new stand. The heavy machinery used during logging operations, logging technologies, and the presence of stumps and logging residues significantly alter the soil's structure and function (Ampoorter et al., 2012).
The most significant physical change is soil compaction, which occurs primarily as a result of repeated passage of heavy forestry machinery. In compacted soil, pore volume decreases, air and water management deteriorates, and the soil's mechanical resistance increases, which hinders root development and reduces water infiltration (Horn et al., 2007). Soil compaction reduces the survival rate of seedlings, slows their initial growth, and increases their susceptibility to drought, particularly during dry periods that have been becoming more frequent as a result of climate change (Ampoorter et al., 2012). The stumps, root remnants, and other plant parts left behind after logging can have both positive and negative effects on the site. In the long term, the

decomposition of organic matter contributes to humus formation and nutrient replenishment; however, it also significantly complicates planting operations, hinders the work of soil-tilling machinery, and can provide a favourable habitat for certain pests and pathogens (Matthews, 1991). Therefore, in many cases it becomes necessary to partially remove stumps or to carry out targeted soil preparation between rows.

A temporary decline in soil nutrient levels is also frequently observed in felling areas. Logging results in the removal of significant amounts of organic matter and mineral nutrients from the ecosystem, while increased mineralization and erosion processes can further exacerbate nutrient loss (Jandl et al., 2007). A decline in nutrient availability can cause problems, particularly with regard to nitrogen and potassium supply, which adversely affects the growth of young plantations.

Logging also has a significant impact on the biological properties of the soil. Changes in soil structure, alterations in the microclimate, and shifts in organic matter cycling can lead to a decrease in soil microbiological activity, as well as a reduction in the species richness of fungi and bacteria (Prescott & Grayston, 2013).

Together, the physical, chemical, and biological changes listed above significantly determine the success of forest regeneration. For this reason, selecting the appropriate soil preparation technology not only improves seedling establishment but also contributes to restoring soil structure, improving water balance, and preserving soil biological activity. The use of modern, site-specific, and soil-conserving cultivation methods is therefore a fundamental requirement of sustainable forest management (MCPFE, 2003).

The purpose of soil preparation

Soil preparation is one of the most important technical operations in afforestation and reforestation, the primary purpose of which is to create favourable soil conditions that ensure the successful establishment, rapid initial development, and long-term growth of young seedlings. A well-prepared soil improves root penetration, promotes water and nutrient uptake, and creates favourable conditions for biological processes in the soil (Matthews, 1991).

One of the most important goals of soil preparation is to promote root development. During the early stages of young trees' growth, rapid root development determines the efficiency of water and nutrient uptake, as well as the plant's stability. Soil with a looser structure exerts less mechanical resistance on the roots, allowing them to penetrate deeper, access a larger soil volume, and better withstand dry periods (Bengough et al., 2011). Rapid root development is particularly important for the Canadian poplar, as the species' vigorous growth requires a significant supply of water and nutrients.

Another key objective of soil cultivation is to improve soil structure. Appropriate cultivation practices reduce the formation of compacted layers, increase the ratio of macro- to micropores, and thereby improve the soil's air and water management (Horn & Fleige, 2009). Well-structured soil provides a more favourable environment for soil-dwelling microorganisms, which play a key role in the decomposition of organic matter and the release of nutrients (Brady & Weil, 2017).

Proper soil preparation also helps improve the soil's water absorption and retention capacity. Greater pore volume promotes faster infiltration of precipitation, reduces surface runoff, and lowers the risk of erosion. In addition, soil with good water management can provide moisture available to plants for a longer period of time, which is particularly important during increasingly frequent periods of drought (Lal & Shukla, 2004). Adequate water supply not only increases the survival rate of seedlings but also promotes photosynthetic activity and biomass production.

Another important goal of soil preparation is to promote better nutrient utilization. In soil with a favourable structure and adequate aeration, microbiological activity is more intense, the mineralization of organic matter is faster, and the conversion of nitrogen, phosphorus, and potassium compounds into available forms becomes more efficient (Brady & Weil, 2017). In addition, suitable soil conditions promote the development of mycorrhizal fungi, which significantly improve the uptake of nutrients and water by woody plants.

In forestry practice, soil is considered ideal if it is crumbly, has a loose structure, possesses an appropriate pore distribution, is sufficiently aerated, and at the same time provides good water-retaining capacity. In such soil, water, air, and heat management are balanced, creating favourable

conditions for root development and the maintenance of soil life (Stefanovits et al., 2010). In modern forest management, therefore, when selecting soil preparation technologies, it is necessary to take into account the physical properties of the soil, the characteristics of the site, and the effects of expected climate change, so that these interventions ensure the stable development of forest stands on the long run (FAO, 2016).

Material and method

This study is based on a literature review aimed at summarizing the soil preparation technologies used in the felling areas of Canadian poplar plantations, as well as their implications for soil conservation and sustainability. To prepare the review, domestic and international literature sources have been analyzed, including textbooks, peer-reviewed scientific journal articles, and official publications from international organizations (FAO, IPCC) and Hungarian institutions (*Országos Erdőállomány Adattár*). To assess changes in Hungary's forest stock by tree species group, a comparative analysis of national forest resource statistics from 2005 and 2024 was conducted. The synthesis of the collected information enabled a comparative assessment of the advantages, limitations, and sustainability aspects of traditional and modern soil preparation technologies, as well as an overview of future development directions for Canadian poplar cultivation.

Results and assessment

1. Traditional soil preparation technologies

The goal of soil preparation in felling areas is to create favourable site conditions that promote the successful establishment and development of the new forest stand. The development of traditional technologies was primarily driven by the needs of intensive forest management, which prioritized rapid and uniform afforestation. Although these methods have effectively served timber production for a long time, research findings highlighting the long-term ecological consequences of significant soil disturbance have increasingly come to the fore in recent years (Matthews, 1991; Jandl et al., 2007).

a) Stump turning and deep plowing

In traditional forest regeneration, the first step following logging is the mechanical removal of stumps. The removed stumps are usually arranged in longitudinal rows or pushed to the edge of the area; this is followed by deep plowing , loosening the subsoil, and levelling the surface (see Picture 1). The goal is to create a homogeneous soil condition suitable for planting seedlings and for subsequent mechanical maintenance work (Bárány, 2012).



Picture 1. Stump turning and deep plowing
Source: Image made by AI

The most important advantage of this technology is that it completely eliminates obstacles caused by stumps and thicker root remnants. The loosened soil provides favourable conditions for the initial development of roots, improves the establishment of seedlings, and simplifies subsequent mechanical weed control and maintenance work (Matthews, 1991).
However, this method has a significant environmental impact. Extensive soil disturbance can degrade the soil's natural structure, reduce its organic matter content, and increase carbon dioxide emissions from the soil. Deep tillage can also adversely affect soil microbial communities, as the mixing of the humus-rich topsoil with the underlying soil layers alters the living conditions of microorganisms (Jandl et al., 2007; Brady & Weil, 2017).
Another problem is that rows of stumps can remain in the area for many years. These can hinder subsequent cultivation work, while also altering local water balance and microclimatic conditions. On steeper slopes, full-depth tillage increases the risk of erosion, especially during intense rainfall events (Lal & Shukla, 2004).

b) Stump grinding

In recent decades, stump grinding technology has become increasingly widespread as an alternative to stump removal. The method involves using special grinders to break up stumps near the surface, after which the chipped wood is either left in the soil or transported away for energy recovery (see Picture 2).
One of the greatest advantages of this process is that it eliminates the obstacles posed by large stumps, while yielding a significant amount of biomass that can be utilized as a renewable energy source. Stump grinding is particularly advantageous where the use of biomass for energy can be economically viable (Spinelli et al., 2019).
The main drawback is the high purchase and operating costs of high-performance specialized machinery. In addition, frequent vehicle traffic can increase the risk of soil compaction, especially in wet soil conditions (Ampoorter et al., 2012).



Picture 2. Stump grinding
Source: Image made by AI

2. Modern solutions for soil preparation

With the growing popularity of sustainable forest management, technologies ensuring effective forest regeneration while preserving the physical and biological condition of the soil have come increasingly to the fore. A common feature of these technologies is that they involve less soil disturbance, lower energy consumption, and a reduced environmental impact.

a) Using forestry tillers

Forestry tillers are among the most advanced soil-preparation machines available today. During operation, the rotating mulching blades shred stumps, root remnants, and other plant debris, then mix them into the top 30–50 cm layer of soil. At the same time, they loosen and homogenize the soil, thereby creating favourable planting conditions (see Picture 3).



Picture 3. Forestry tiller
Source: Image made by AI

The most important advantage of this technology is that the organic matter remains on-site, thereby increasing humus content in the long term and improving soil structure and water retention capacity. Since there is no need to transport stumps, energy consumption and carbon dioxide emissions from transportation are also reduced (FAO, 2016). The use of tillers is increasingly aligned with the circular bioeconomy approach, which prioritizes the local utilization of biomass.

b) Stump drilling and biological decomposition

One of the latest areas of research focuses on accelerating the natural decomposition of tree stumps. This involves drilling holes into the stumps and introducing lignin-degrading fungi or other microbial products into them. The goal of this method is to accelerate the decomposition of the wood and gradually return the organic matter to the soil (Asiegbu et al., 2005).
This technology involves minimal soil disturbance, so it has a positive effect on soil structure and microbiological activity. Since there is no need for large-scale earthworks, fossil fuel consumption and greenhouse gas emissions can also be significantly reduced. Although the method is currently used primarily in experimental or specialized applications, it could play an important role in nature-oriented forest management in the long term.



Picture 4. Stump drilling and biological decomposition
Source: https://kormendi-online.hu/HU/569

3. Trends in forest soil management

In recent years, developments in forest soil management have been driven primarily by digitalization, sustainability, and climate adaptation. Precision forest management allows soil preparation measures to be tailored to the specific conditions of the site. With the help of GPS-based machine guidance, drone surveys, LiDAR technology, and soil sensor systems, it is possible to more accurately identify areas where more or less intensive intervention is needed (MCPFE, 2003; Shokirov et al., 2025).
Reduced tillage is also receiving increasing attention, as it aims to preserve soil structure and soil life. Such technologies mitigate the loss of organic matter from the soil, reduce erosion, and improve the soil's carbon sequestration capacity (Lal, 2020).
One promising direction for the future is the development of agroforestry systems, in which woody plants are combined with agricultural crops. These systems improve biodiversity, increase soil organic matter content, mitigate extreme microclimatic effects, and enhance the ecosystem's resilience to climate change (Jose, 2009).

4. Sustainability challenges

Among the most significant challenges facing the cultivation of Canadian poplar are soil degradation, declining biodiversity, worsening water management problems, the depletion of nutrient reserves, and the increasing frequency of extreme weather events resulting from climate change (IPCC, 2022). The increase in periods of drought, the more frequent occurrence of heat waves, and the uneven spatial and temporal distribution of precipitation pose an ever-greater challenge to the cultivation of fast-growing tree species.
Sustainable forest management, therefore, requires the use of soil preparation technologies that simultaneously ensure economical timber production, the long-term preservation of soil fertility, and the maintenance of ecosystem services. Future forestry technologies are expected to focus on soil-conserving cultivation systems, precision machinery, on-site utilization of biomass, and the support of natural soil biological processes, all of which can contribute to the implementation of sustainable forestry adapting to climate change.

Conclusion

Based on a review of the literature, it can be concluded that soil preparation plays a decisive role in the successful establishment of Canadian poplar plantations and in maintaining their long-term productivity. Ensuring proper soil conditions promotes root development, improves water and nutrient uptake, and contributes to seedling establishment and initial growth. In contrast, soil compaction, deterioration of soil structure, and a decline in soil biological activity following logging can adversely affect the success of forest regeneration.

Traditional soil preparation technologies, particularly stump turning and deep plowing, remain effective solutions for preparing sites for planting; however, they involve significant soil disturbance, high energy consumption, and increased environmental impact. Modern methods, such as the use of forestry tillers or techniques that promote the on-site biological decomposition of stumps, offer a more favourable alternative, as they minimize damage to soil structure, promote the on-site utilization of organic matter, and contribute to the preservation of soil health.
As a result of climate change and the expectations placed on sustainable forest management, soil preparation technologies that simultaneously ensure economical timber production and the long-term conservation of the site are becoming increasingly important. In future forestry practices, the role of soil-conserving cultivation systems, precision technologies, and circular biomass utilization is expected to continue to grow; the combined application of these approaches can contribute to increasing the economic efficiency and ecological sustainability of Canadian poplar cultivation.

Summary

This study reviews soil preparation techniques for felling areas of Canadian poplar plantations from the perspective of sustainable forest management. It describes changes in soil conditions after felling and their impact on the effectiveness of forest regeneration. It describes traditional soil preparation methods, with particular emphasis on stump removal, deep plowing, and stump grinding, and evaluates their advantages and limitations. In addition, it reviews modern, soil-conserving solutions, such as the use of forestry tillers and the biological decomposition of stumps. Based on the findings in the literature, it can be concluded that soil-conserving technologies contribute to the preservation of soil structure and soil life, reduce environmental impact, and support sustainable biomass production. Due to climate change and changes of site conditions, site-specific, precision, and circular soil preparation systems are playing an increasingly important role in future forest management, as they serve to balance economic efficiency with ecological sustainability.

Keywords: sustainable forest management, soil condition, stump drilling, biological decomposition

Bibliography

Ampoorter, E., Van Nevel, L., De Vos, B., Hermy, M., & Verheyen, K. (2012). Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on forest soil compaction. Forest Ecology and Management, 267, 107–114. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.11.022

Asiegbu, F. O., Adomas, A., & Stenlid, J. (2005). Conifer root and butt rot caused by Heterobasidion annosum (Fr.) Bref. Molecular Plant Pathology, 6(4), 395–409. https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00295.x

Bárány, S. (2012). Erdőműveléstan. Soproni Egyetem Kiadó.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). The Nature and Properties of Soils (15th ed.). Pearson.

Buzás, I (Szerk.). (1998). Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerek. Mezőgazda Kiadó.

Csabai, J., Nagy, Z., & Mándy, A. T. (2011). In vitro shoot proliferation of Telekia speciosa (Schreb.) Baumg. induced by different cytokinins. Acta Biologica Hungarica, 62(4), 453–462. https://doi.org/10.1556/ABiol.62.2011.4.10

Csecserits, A., Barabás, S., Csabai, J., Devescovi, K., Hanyecz, K., Höhn, M., Kósa, G., Németh, A., Orlóci, L., Papp, L., Pándi, I., Ruborits, T., Diószeginé, M., Szitár, K., Tihanyi, G., & Papp, L., Jr. (2018). Hazai botanikus kerti tapasztalatok az európai uniós inváziós listán szereplő szárazföldi növényekkel kapcsolatban. Botanikai Közlemények, 105(1), 143–154. https://doi.org/10.17716/BotKozlem.2018.105.1.143

Dickmann, D. I., & Kuzovkina, Y. A. (2014). Poplars and Willows of the World, with Emphasis on Silviculturally Important Species. Food and Agriculture Organization. https://doi.org/10.1079/9781780641089.0008

Duncker, P. S., Raulund-Rasmussen, K., Gundersen, P., Katzensteiner, K., De Jong, J., Ravn, H. P., Smith, M., Eckmüllner, O., & Spiecker, H. (2012). How forest management affects ecosystem services, including timber production and economic return: Synergies and trade-offs. Ecology and Society, 17(4), 50. https://doi.org/10.5751/ES-05066-170450

Farkas, D., Csabai, J., Kolesnyk, A., Szarvas, P., & Dobránszki, J. (2025). In vitro micropropagation protocols for two endangered Dianthus species – via in vitro culture for conservation and recultivation purposes. Plant Methods, 21, Article 13. https://doi.org/10.1186/s13007-025-01335-2

Food and Agriculture Organization. (2016). Poplars and Other Fast-Growing Trees: Renewable Resources for Future Green Economies. FAO.

Horn, R., Vossbrink, J., Peth, S., & Becker, S. (2007). Impact of modern forest vehicles on soil physical properties. Forest Ecology and Management, 248(1–2), 56–63. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.02.037

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157926

Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D. W., Minkkinen, K., & Byrne, K. A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? Geoderma, 137(3–4), 253–268. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.09.003

Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits. Agroforestry Systems, 76(1), 1–10. https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7

Kosztyuné Krajnyák, E. (2021). A Nyírségben termesztett homoki növények. In C. Tóth (Ed.), Őshonos- és tájfajták – ökotermékek – egészséges táplálkozás – vidékfejlesztés: Minőségi élelmiszerek – egészséges környezet – fenntartható vidéki gazdálkodás: Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, 141–149.

Kosztyuné Krajnyák, E. (2022). The importance of hairy vetch (Vicia villosa Roth) in improving the fertility of the acidic sandy soils of Nyírség. In G. L. Páy (Ed.), International Multidisciplinary Conference: 14th Edition (pp. 58–62). Nyíregyházi Egyetem.

Lal, R. (2020). Regenerative agriculture for food and climate. Journal of Soil and Water Conservation, 75(5), 123A–124A.

Lal, R., & Shukla, M. K. (2004). Principles of Soil Physics. Marcel Dekker. https://doi.org/10.4324/9780203021231

Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M. J., & Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. Forest Ecology and Management, 259(4), 698–709. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023

Makszim Györgyné Nagy, T., Soós, A., Kosztyuné Krajnyák, E., Csabai, J., & Szabó, B. (2024). Az erdőgazdálkodás vármegyei szintű statisztikai elemzése 2000–2022 között, különös tekintettel a fenntartható erdőgazdálkodásra. In K. Irinyiné Oláh, E. Kosztyuné Krajnyák, B. Szabó, & E. Bara (Eds.), Fenntartható Tápanyag-gazdálkodási Tudományos Műhely Konferenciája 2024. Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában: Konferencia kiadvány Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, 66–73.

Matthews, J. D (1991). Silvicultural Systems. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780198546702.001.0001

Mátyás, C (Szerk.). (2004). Az erdészeti ökológia alapjai. Mezőgazda Kiadó.

Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. (2003). Improved Pan-European Indicators for Sustainable Forest Management. Vienna.

Országos Erdőállomány Adattár. (2024). Erdővagyon-statisztikai adatok. Nemzeti Földügyi Központ.

Prescott, C. E., & Grayston, S. J. (2013). Tree species influence on microbial communities in litter and soil: Current knowledge and research needs. Forest Ecology and Management, 309, 19–27. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.034

Shokirov, S., Abdurahmanov, I., Mamatkulov, Z., Abdurahmanov, Z., Zarifboev, D., Oymatov, R., Kovács, Z., Csabai, J., Shiping, Y., & Khakberdiev, O. (2025). Leveraging vegetation indices and Random Forest for soil nutrient monitoring in winter wheat. Journal of the Indian Society of Remote Sensing. https://doi.org/10.1007/s12524-025-02198-9

Spinelli, R., Magagnotti, N., & Cavallo, E. (2019). Biomass recovery from stumps: Operational and environmental aspects. Biomass and Bioenergy.

Stefanovits, P., Filep, G., & Füleky, G. (2010). Talajtan. Mezőgazda Kiadó.

Szarvas, P., Farkas, D., Csabai, J., Kolesnyk, A., & Dobránszki, J. (2025). In vitro micropropagation of Dianthus plumarius subsp. praecox, a wild carnation species, for ornamental horticultural and gene conservation purposes. Scientia Horticulturae, 339, 113886. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113886

Takács, A., Szabóky, C., Tóth, B., Bozsó, M., Kutas, J., Molnár, Sz., Farkas, G., Erdélyi, K., Tunyoginé Búzás, I., Hargitai, C., Terman, N., Menyhárt, A., Bodnár, Sz., Gajdos, É., Bogya, S., Csabai, J., Molnár, B., & Nagy, A. (2022). Bionomics and host plants of the invasive Cydia interscindana (Möschler, 1866) (Lepidoptera, Tortricidae), an emerging pest in the Carpathian Lowlands. Nota Lepidopterologica, 45, 53–64. https://doi.org/10.3897/nl.45.74236

Országos Meteorológiai Szolgálat (é. n.). NDVI ismertető. https://www.met.hu/ismertetok/NDVI_ismerteto.pdf

Internetes hivatkozás: : https://kormendi-online.hu/HU/569 (letöltés dátuma: 2026.04.19.)

Images generated by artificial intelligence: AI tool: GPT-5.3; Prompt: Create an image of stump turning and deep plowing, stump grinding, and forestry tiller soil preparation methods in the Populus×euramericana felling area; Image generation purpose: illustration, visualization

Vágvölgyi, S., Borbély, F., & Kosztyuné Krajnyák, E. (2016). Az alternatív növényeknek nincs alternatívája. MAG Kutatás Fejlesztés és Környezet, 22(3), 112–115.

Vágvölgyi, S., & Kosztyuné Krajnyák, E. (2025). Savanyú homoktalajok fenntartható hasznosításának agronómiai kihívásai a környezeti változások tükrében. In J. Csajbók (Ed.), Kihívások és megoldások a szántóföldi növénytermesztésben: Prof. Dr. Pepó Péter 70 éves (pp. 222–227). Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar.

A TERMÉSHÉJ MIKROANATÓMIAI SZERKEZETÉNEK ÉS A FITOMELÁN RÉTEG VASTAGSÁGÁNAK SZEREPE A NAPRAFORGÓMOLY (*HOMOEOSOMA NEBULELLUM*) ELLENI REZISZTENCIÁBAN KÜLÖNBÖZŐ GENOTÍPUSOKNÁL

Tóth Csilla – Dezső Tamás – Szabó Béla

Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, 4400 Nyíregyháza, Sóstói út 31/B, e-mail: toth.csilla@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.29

Bevezetés

A napraforgó (*Helianthus annuus* L.) a pálma és a szója után a világ harmadik legjelentősebb olajnövénye, a Kárpát-medencében és Magyarországon pedig az első számú ipari olajforrás. Kiváló szárazságtűrése és tápanyaghasznosító képessége révén a gyengébb adottságú területeken, így a Nyírség homoktalajain is stabilan termeszthető. Az utóbbi évtizedekben az étkezési (hántolási és madáreleség) célú napraforgó termesztése is felértékelődött, ahol a hagyományos, nagy kézimunka-igényű tájfajtákat (mint a 'Kisvárdai') fokozatosan felváltják a modern, gépesíthető hibridek (pl. 'Jaguár'). A termesztés sikerét ugyanakkor nagyban korlátozzák a kártevők. A napraforgómoly (*Homoeosoma nebulellum*) történelmileg a kultúra egyik legveszélyesebb kártevője. Bár a 20. század közepén bevezetett úgynevezett „páncélos" (fitomelán réteggel rendelkező) fajták elterjedésével a kártétel háttérbe szorult, az utóbbi években – különösen a melegedő éghajlati tendenciák és a harmadik nemzedék gyakoribb megjelenése miatt – a molykártétel ismét növekvő gazdasági problémát jelent.
A kaszatok védelmét a terméshéj (pericarpium) különböző szövettani rétegei biztosítják. Ezek közül a legfontosabbak a kutikula, az epidermisz sejtjeit kitöltő fitomelán (vagy növényi melanin) réteg, valamint a mezokarpiumban elhelyezkedő szklerenchimatikus rostok. A fitomelán egy rendkívül ellenálló, savaknak, lúgoknak és mikrobiális bomlásnak ellenálló polimer pigment, amely a mag érése során képződik.
Jelen kutatás célja az volt, hogy számszerűsítsük és összehasonlítsuk a terméshéj mikroanatómiai paramétereit (kutikula, fitomelán, szklerenchima vastagság) három eltérő hasznosítású és genotípusú napraforgónál, és ezeket összefüggésbe hozzuk a napraforgómoly természetes populációja által okozott kártétel mértékével.

Irodalmi áttekintés

Magyarországon a napraforgó a legnagyobb területen termesztett olajnövény, a szántóföldi növénytermesztésben a kukorica és a búza után a harmadik legfontosabb kultúra (Bocz, 1992). Hazai elterjedését és kiváló termésstabilitását a Kárpát-medence kedvező ökológiai és talajadottságai magyarázzák (Kurnik, 1969). Különösen igaz ez a Nyírség gyenge termőképességű, savanyú homoktalajaira, ahol a napraforgó mélyre hatoló orsógyökérzete és kiváló tápanyag-feltáró képessége révén más kultúrákhoz képest kiemelkedő jövedelmezőséget biztosít (Heiser, 1955; Assenbrenner és Scheidler, 2019; Lenti, 2004).
A hazai termesztésszerkezetben az olajipari hibridek (mint az imidazolinon-toleráns Clearfield® technológiát képviselő 'NK Neoma') mellett hagyományosan jelen van az étkezési és hántolási célú napraforgó is. Utóbbi szegmensben évtizedeken át a 'Kisvárdai' tájfajta szelekciójával előállított populációk domináltak, amelyek szerepét napjainkban a teljesen gépesíthető, stabilabb szárú és nagyobb terméspotenciálú étkezési hibridek veszik át, mint amilyen az USA-ból származó 'Jaguár' hibrid (Frank és Szendrő, 2012; Stummer, 2024).
A napraforgó intenzív termesztése együtt járt a kórokozók és kártevők nyomásának fokozódásával. A legjelentősebb gombás betegségek, mint a fehérpenészes szár- és tányérrothadás (*Sclerotinia sclerotiorum*) vagy a diaportés szárfoltosság (*Diaporthe helianthi*), közvetlenül veszélyeztetik a termésmennyiséget és az olajminőséget (Horváth et al., 2005; Bagi

és Bodnár, 2011; Gergely, 2012). A kártevő-együttesek közül a levéltetvek (*Aphis fabae*, *Brachycaudus helichrysi*) és a mezei poloskák (*Adelphocoris lineolatus*, *Lygus fajok*) szívogatásukkal közvetlen szöveti torzulásokat és a kaszatok foltosodását okozzák, rontva a csírázóképességet és az olaj savösszetételét (Ábrahám et al., 2011).

A rágó kártevők közül történelmileg és napjainkban is kiemelkedik a napraforgómoly (*Homoeosoma nebulellum* Denis & Schiffermüller). A hazai és európai szakirodalom egyöntetűen a *H. nebulellum* fajt tekinti a napraforgótáblák fő molykártevőjének (Jermy és Balázs, 1993). Magyarországon a kártevőnek évente 2 vagy 3 nemzedéke fejlődik ki, és kifejlett hernyó alakban telel át a talajban (Ábrahám et al., 2011). Az első nemzedék hernyói még vadon élő fészkes virágzatú gyomokon (pl. *Carduus nutans*, *Cirsium arvense*) fejlődnek ki, míg a második és a harmadik generáció már közvetlenül a termesztett napraforgó virágzatát és fejlődő kaszatjait károsítja (Jermy és Balázs, 1993).

A hernyók kártétele rendkívül súlyos: a fiatal lárvák a virágrészeket rágják, míg az idősebb (L3-L5) stádiumú hernyók berágnak a fejlődő kaszatok belsejébe, teljesen elpusztítva a magot. A rágások nyomán keletkező sebek másodlagos gombás fertőzések (pl. *Rhizopus*, *Botrytis*) kapuiként szolgálnak, ami a tányér teljes rothadásához vezethet (Horváth et al., 2005). A rendszerváltás utáni birtokszerkezeti változások, az izolációs távolságok be nem tartása és a melegedő éghajlat miatt a moly gradációja és kártétele az utóbbi években ismét felerősödött (Szarukán et al., 1996; Frank, 1999).

A napraforgó kaszat terméshéja (pericarpium) szövettanilag több jól elkülöníthető rétegből épül fel: a külső exokarpiumot borító kutikulából, az epidermiszből, az alatta fekvő hipodermiszből, valamint a mechanikai szilárdságot adó szklerenchimatikus mezokarpiumból (Barykina, 2004). A szklerenchimatikus réteget sugárirányú parenchimatikus sejtsorok járják át. A rágó kártevők elleni evolúciós védekezés legfontosabb eleme az epidermisz és a hipodermisz sejtjei között elhelyezkedő, sötét színű fitomelán réteg (Berzelius, 1840; Hanausek, 1907; Ceccarelli et al., 1987; Borovansky, 2011; Choo et al., 2015). Az endokarpium (belső termésfal) ugyanakkor vékony falú parenchimatikus szövetekből épül fel.

A fitomelán (növényi melanin) egy rendkívül ellenálló, nitrogénmentes, magas széntartalmú amorf polimer pigment, amely lúgoknak, savaknak és a mikrobiális dekompozíciónak egyaránt ellenáll (Griebel, 1913; Özdemir és Keleş, 2018). Szerkezetét tekintve poliacetiléneken és polivinil-alkohol származékokon alapuló makromolekuláris hálózat (Özdemir és Keleş, 2018). A fitomelán biológiai funkciója sokrétű: az UV-fény elleni védelem és az antioxidáns kapacitás mellett (Glass et al., 2012) elsődleges szerepe a fejlődő mag mechanikai és kémiai védelme (Jana és Mukherjee, 2014). A növényi szövetek anatómiai és kémiai tulajdonságainak együttes vizsgálata egyre nagyobb jelentőségű a növénybiológiai kutatásokban, mivel ezek együttesen szolgáltatnak információt a növények védekezési mechanizmusairól és funkcionális sajátosságairól (Vigh et al., 2017).

A fitomelán réteg jelenléte és vastagsága genotípusonként rendkívül változatos. Az olajipari hibrideknél a nemesítés során rögzítették a folytonos, vastag fitomelán réteget (az úgynevezett „páncélos" jelleget), amely fizikai gátat képez a napraforgómoly fiatal lárváinak rágószerveivel szemben (Szarukán et al., 1996). Ezzel szemben az étkezési fajtáknál a fitomelán réteg jelenléte nemkívánatos, mivel a hántolás során szürkés port képez, rontja a termék esztétikai értékét, és a mag rágásakor kellemetlen textúrát eredményez (Frank és Szendrő, 2012).

Napraforgónál a fitomelán réteg vastagságának és folytonosságának pontos mikroanatómiai feltárása, valamint a kártétellel való összefüggésének vizsgálata elengedhetetlen a modern, kártevő-rezisztens étkezési genotípusok nemesítéséhez.

Vizsgálatunk célja annak meghatározása volt, hogy három eltérő genetikai hátterű és hasznosítású napraforgófajta kaszatjának anatómiai felépítése milyen kapcsolatban áll a napraforgómoly kártételével. Ennek érdekében elemeztük a napraforgómoly rajzásdinamikáját és a fajták kártételi mutatóit, majd mikroszkópos vizsgálatokkal meghatároztuk a kaszat kutikula-, szklerenchima- és fitomelánrétegének vastagságát. Vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy a fitomelánréteg vastagsága önmagában alkalmas-e a rezisztencia magyarázatára, vagy a kaszat komplex anatómiai szerkezete meghatározóbb szerepet játszik a kártevő elleni védekezésben.

Anyag és módszer

Kísérleti terület és környezeti tényezők

A szabadföldi vizsgálatokat 2023-ban Kálmánháza határában (Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegye), az M3-as autópálya szomszédságában elterülő táblákon végeztük. A vizsgált fajták ('Kisvárdai', 'Jaguár', 'NK Neoma') 1,5–1,5 hektáros parcellákon helyezkedtek el. A kísérleti terület talaja savanyú homoktalaj, melynek részletes laboratóriumi paramétereit az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat. A kísérleti terület talajkémiai és tápanyag-ellátottsági paraméterei (0–30 cm mélységből)

pH-KCl	Kötöttség (KA)	Összes só (m/m%)	$CaCO_3$ (m/m%)	Szervesanyag (m/m%)	NO_3^--N + NO_2^--N (mg/kg)	Mg (mg/kg)	P_2O_5 (mg/kg)	K_2O (mg/kg)	Na (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
4,67	33	<0,02	<0,1	1,78	13,3	148	86,5	176	74,7	0,93	4,01

Forrás: Forrás: Magyar Kertészeti Szaporítóanyag Nonprofit Kft., Talaj- és Növényvizsgáló Laboratórium (Újfehértó)

A 2023-as év meteorológiai adatait a 2. táblázat foglalja össze. A tenyészidőszakban (május–augusztus) lehullott csapadék mennyisége (384 mm) és a magas nyári középhőmérsékletek kedvező feltételeket biztosítottak mind a napraforgó fejlődéséhez, mind a kártevők gradációjához.

2. táblázat. Havi meteorológiai adatok (csapadék és hőmérséklet) a kísérleti területen a 2023-as vegetációs időszakban.

Hónap	Csapadék (mm)	Havi minimum hőmérséklet (°C)	Havi maximum hőmérséklet (°C)	Havi átlag hőmérséklet (°C)
Január	61,6	-2,0	13,6	4,2
Február	9,4	-8,7	17,3	2,5
Március	36,6	-5,4	22,1	6,9
Április	40	-1,1	22,5	9,6
Május	60,8	4,8	27,8	16,3
Június	151,2	8,9	33	19,5
Július	101,4	11,3	34,3	22
Augusztus	70,6	9,1	36,1	22,2
Szeptember	24,4	6,2	31,7	19,1
Október	49,8	-2,6	25,4	13,3
November	111,6	-7,5	17,9	5,6
December	78,4	-4,0	12,1	2,6
Összesen / Átlag	795,8	-8,7	36,1	12,0

Forrás: KITE

Rajzásdinamikai megfigyelések és a kártétel felmérése

A napraforgómoly imágók rajzásának nyomon követésére Csalomon-típusú ragacsos feromoncsapdákat (RAG) alkalmaztunk. A csapdákat május elején helyeztük ki, és hetente ellenőriztük a fogásokat.

A kártétel felmérését a kártevő legveszélyesebb, harmadik nemzedékének lecsengése után, 2023. szeptember 7-én végeztük el, amikor a növények 70–80%-os érettségi állapotban (citromérési fázis végén, BCH 85–87) voltak. Fajtatáblánként 100 darab véletlenszerűen kiválasztott tányért vizsgáltunk meg. Feljegyeztük a károsított tányérok arányát (%), valamint a károsított tányérokon belül a hernyók által megrágott kaszatok átlagos számát.

Mikroanatómiai vizsgálatok

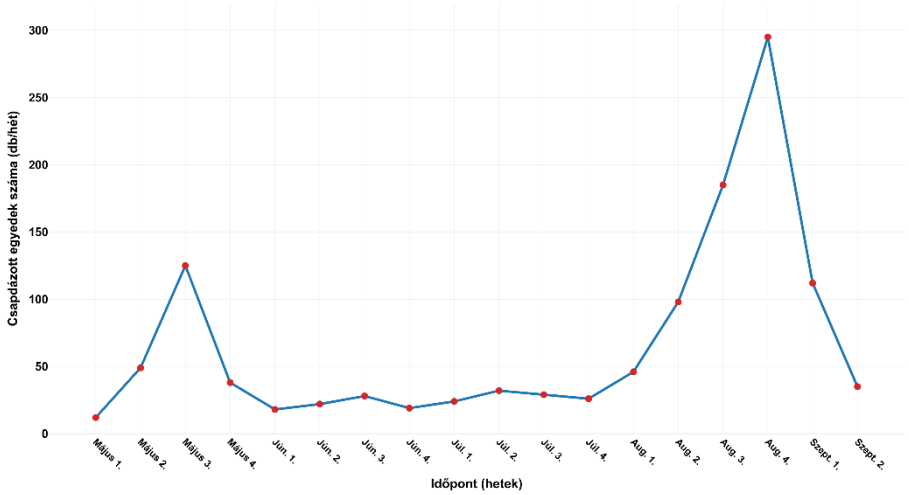
A szövettani elemzésekhez a kaszatokat mindhárom fajtánál a kálmánházi mintaterületekről gyűjtöttük be, teljes érettségben. A mintákat a feldolgozásig Strasburger-Flemming-féle

konzerváló oldatban (96%-os etanol, glicerin és desztillált víz 1:1:1 arányú elegye) tároltuk (Barykina, 2004).
A kaszatok keresztmetszetét kézi eljárással, zsilettpengével készítettük el. A metszeteket részben festetlenül, részben a szklerenchimatizálódott sejtfalak és a lignifikáció jobb láthatósága érdekében 0.2%-os vizes toluidinkék oldattal festve vizsgáltuk (Merck KGaA, Darmstadt, Germany). A méréseket fénymikroszkóp segítségével végeztük 4x10-es, 10x10-es, 20x10-es és 40x10-es nagyítások mellett (Olympus BX51 típusú fénymikroszkóppal, Olympus BioSystems, Munich, Germany)). Mérési paramétereink a következők voltak: teljes termésfal vastagsága (µm), kutikula réteg vastagsága (µm), szklerenchima réteg vastagsága (µm), szklerenchima sejtek sejtfalvastagsága (µm), fitomelán réteg vastagsága (µm). A digitális felvételek készítéséhez VSI RZ302 3M CMOS kamerát használtunk, majd annak mérőprogramjának segítségével mértük a fent említett paramétereket. A méréseknél a biológiai ismétlések száma terméshéj-paraméterenként n=10, míg a fitomelán rétegnél n=50 volt.

Eredmények és értékelésük

A napraforgómoly rajzásdinamikája és kártétele

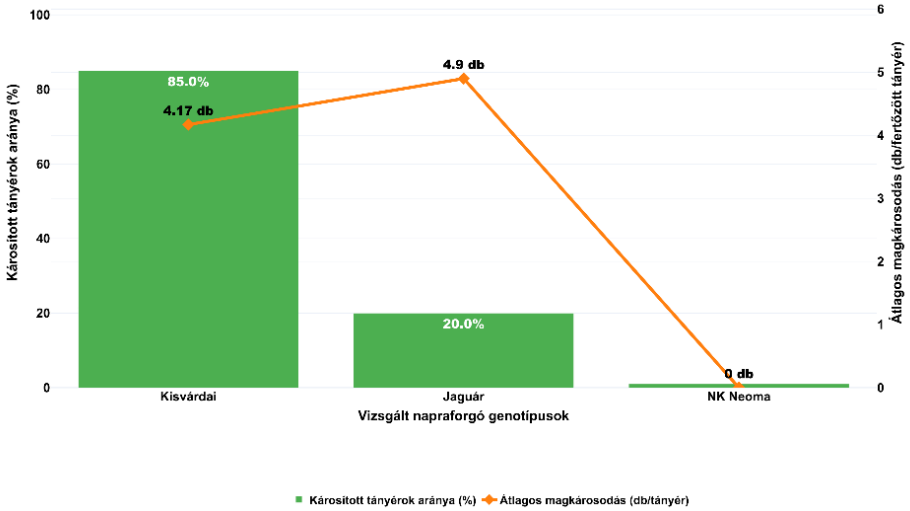
A 2023-as tenyészidőszakban végzett feromoncsapdás vizsgálataink eredményeit az alábbi 1. ábra szemlélteti. A grafikonon jól látható a három nemzedék elkülönülése, valamint a harmadik nemzedék augusztus végi, kiugró gradációs csúcsa (295 db egyed/hét).
A feromoncsapdás fogások alapján a napraforgómoly első nemzedékének rajzása május elején kezdődött, és május közepén érte el a csúcsát. A második nemzedék rajzása elhúzódó volt, határozott rajzáscsúcs nélkül. Ezzel szemben a harmadik nemzedék rendkívül intenzív, robbanásszerű gradációt mutatott: az imágók száma augusztus első hetétől meredeken emelkedett, és a rajzáscsúcs augusztus végére esett. Ez a generáció végezte a legsúlyosabb kártételt.



1. ábra. A napraforgómoly (*Homoeosoma nebulellum*) feromoncsapdás rajzásdinamikája a kálmánházi mintaterületen (2023)

Forrás: Saját adatok, saját szerkesztés

A szeptember eleji kártételi felmérés jelentős különbségeket mutatott a genotípusok között (2. ábra). 'Kisvárdai': A leginkább fogékony fajtának bizonyult. A tányérok jelentős része károsodott, a fertőzött tányérokon belül a rágott kaszatok átlagos száma 4.17 db/tányér volt. 'Jaguár': Mérsékelt ellenállóságot mutatott. A vizsgált tányéroknak körülbelül az 1/5 része (20%) mutatott rágásnyomokat, a károsított tányérokon belüli magkárosítás átlagosan 4.90 db/tányér volt. 'NK Neoma': Kimagasló rezisztenciát mutatott. A 100 vizsgált tányérból mindössze 1 darabnál (1%) találtunk felületi rágásnyomot a tányéron, de azon belül egyetlen szemtermés sem károsodott (0 db/tányér).



2. ábra. A napraforgómoly kártételének alakulása a vizsgált genotípusoknál (2023. szeptember) – a károsított tányérok aránya (%) és az átlagos magkárosodás (db/fertőzött tányér)

Forrás: Saját adatok, saját szerkesztés

Mikroanatómiai mérési eredmények

A szövettani vizsgálatok alapján a három genotípus terméshéj-szerkezetének alakulása között markáns eltéréseket lehetett megállapítani (3. táblázat).

3. tálázat. A kaszat terméshéjának főbb mikroanatómiai és szövettani paraméterei a vizsgált napraforgó genotípusoknál (átlagértékek, µm).

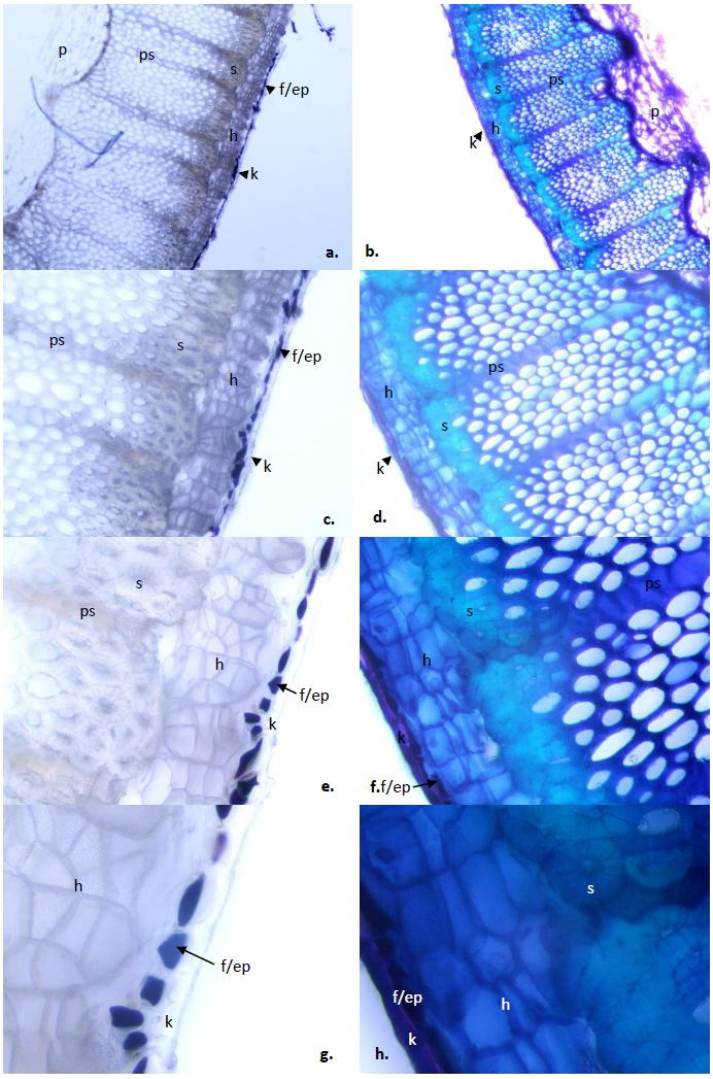
Fajta/Hibrid	Termésfal vastagsága (µm)	Kutikula vastagsága (µm)	Szklerenchima vastagsága (µm)	Szklerenchima sejtfalvastagság (µm)	Fitomelán réteg vastagsága (µm)
'Jaguár'	723,56	7,13	121,75	12,49	7,26
'Kisvárdai'	453,94	5,93	38,33	6,86	1,55
'Neoma'	158,27	4,19	33,42	5,11	11,64

Forrás: Saját adatok

A 'Jaguár' étkezési hibrid rendelkezik a legrobusztusabb fizikai felépítéssel: teljes termésfalvastagsága (723,56 µm) több mint négyszerese a 'Neoma' hibridének. Szklerenchimatikus rétege (121,75 µm) és a szklerenchima sejtek falvastagsága (12,49 µm) szintén kiemelkedő, ami rendkívül erős mechanikai szilárdságot biztosít a héjnak. A kutikula rétegvastagsága szintén itt a legvastagabb (7,13 µm) (*3. ábra*).

A 'Kisvárdai' tájfajta közepes termésfal-vastagsággal (453,94 µm) és vékonyabb szklerenchimával (38,33 µm) jellemezhető. A legfontosabb különbség azonban a fitomelán rétegnél mutatkozott: átlagos vastagsága mindössze 1,55 µm volt, és a mikroszkópos képek alapján nem alkotott összefüggő réteget. A fitomelán lerakódás rendkívül hézagos, a sejtek többségéből teljesen hiányzik a pigment.

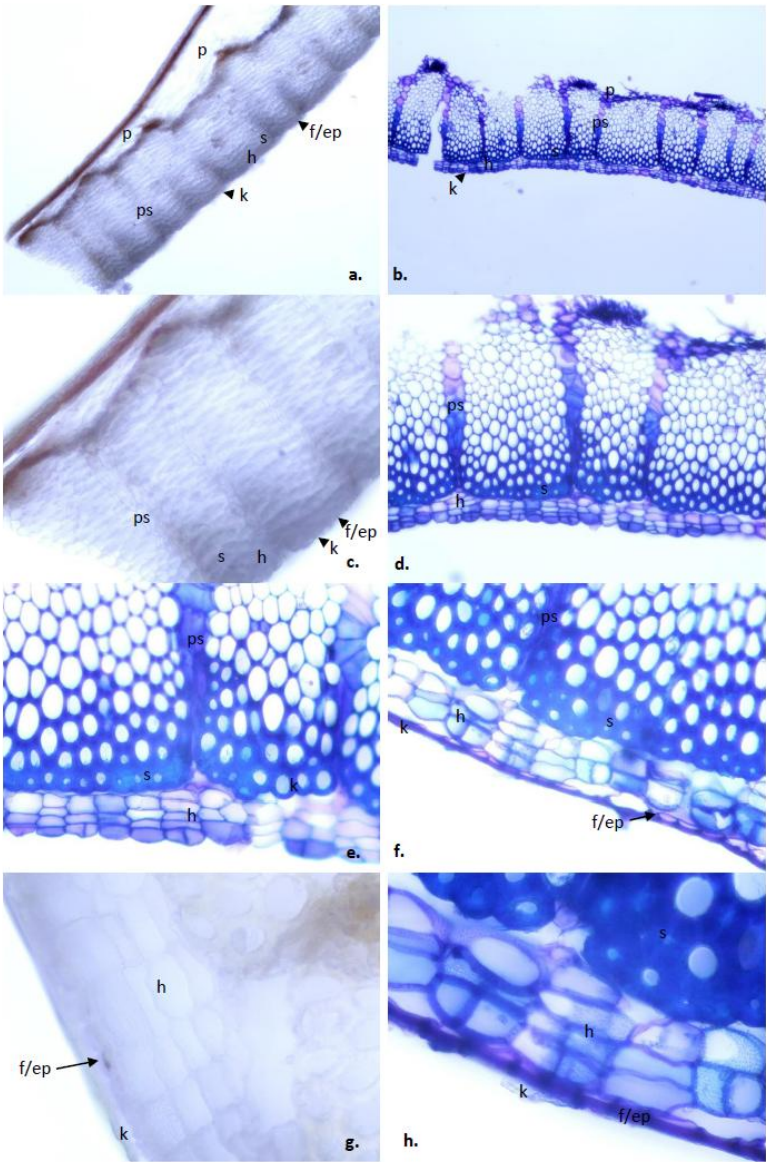
A 'Neoma' olajipari hibrid terméshéja rendkívül vékony (158,27 µm), szklerenchimatikus rétege (33,42 µm) és kutikulája (4,19 µm) is a legkisebb méretű a vizsgált csoportban. Ugyanakkor ez a hibrid rendelkezik a legvastagabb (11,64 µm) és teljesen összefüggő, zárt fitomelán réteggel.



3. ábra. A ’Jaguár’ napraforgó fajta terméshéjának jellemző mikroanatómiai paraméterei

a. 4x10-es nagyítás, festetlen metszet, **b.** 4x10-es nagyítás, toluidinkékkel festett metszet, **c.** 10x10-es nagyítás, festetlen metszet, **d.** 10x10-es nagyítás, toluidinkékkel festett metszet, **e.** 20x10-as nagyítás, festetlen metszet, **f.** 20x10-es nagyítás, toluidinkékkel festett metszet, **g.** 40x10-es nagyítás, festetlen metszet, **h.** 40x10-es nagyítás, toluidinkékkel festett metszet. ***k:*** kutikula, ***f/ep:*** fitomelán réteg/epidermisz, ***h:*** hipodermisz, ***s:*** szklerenchima, ps: parenchimatikus sejtsor, ***p:*** parenchima

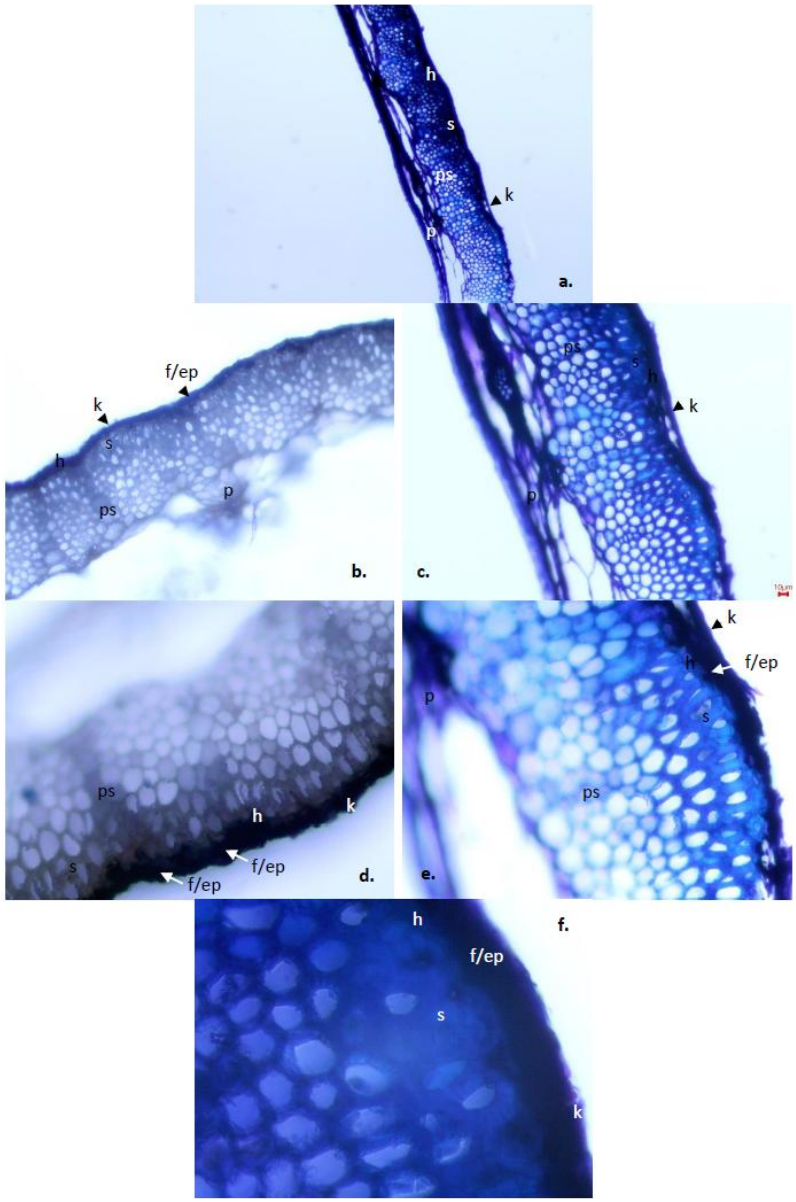
Forrás: Saját felvételek, saját szerkesztés



4. ábra. A ’Kisvárdai’ napraforgó fajta terméshéjának jellemző mikroanatómiai paraméterei

a. 4x10-es nagyítás, festetlen metszet, **b.** 4x10-es nagyítás, toluidinkékkel festett metszet, **c.** 10x10-es nagyítás, festetlen metszet, **d.** 10x10-es nagyítás, toluidinkékkel festett metszet, **e.** 20x10-as nagyítás, festetlen metszet, **f.** 20x10-es nagyítás, toluidinkékkel festett metszet, **g.** 40x10-es nagyítás, festetlen metszet, **h.** 40x10-es nagyítás, toluidinkékkel festett metszet. ***k:*** kutikula, ***f/ep:*** fitomelán réteg/epidermisz, ***h:*** hipodermisz, ***s:*** szklerenchima, ps: parenchimatikus sejtsor, ***p:*** parenchima

Forrás: Saját felvételek, saját szerkesztés



5. ábra. A ’Neoma’ napraforgó fajta terméshéjának jellemző mikroanatómiai paraméterei

a. 4x10-es nagyítás, festetlen metszet, **b.** 10x10-es nagyítás, festetlen metszet, **c.** 10x10-es nagyítás, toluidinkékkel festett metszet, **d.** 20x10-as nagyítás, festetlen metszet, **e.** 20x10-es nagyítás, toluidinkékkel festett metszet, **f.** 40x10-es nagyítás, toluidinkékkel festett metszet. ***k:*** kutikula, ***f/ep:*** fitomelán réteg/epidermisz, ***h:*** hipodermisz, ***s:*** szklerenchima, ps: parenchimatikus sejtsor, ***p:*** parenchima

Forrás: Saját felvételek, saját szerkesztés

Következtetések

A szövettani és kártételi adatok összevetéséből egyértelműen látszik, hogy a szklerenchimatikus réteg és a kutikula vastagsága önmagában nem nyújt elégséges védelmet a napraforgómoly lárvái ellen. Bár a 'Jaguár' hibrid rendkívül vastag termésfallal (723,56 µm) és masszív szklerenchimával (121,75 µm) rendelkezik, mégis jelentős (20%-os) tányérfertőzöttséget és azon belül magas magkárosítást (4,9 db/tányér) szenvedett el. Ez azzal magyarázható, hogy a fiatal lárvák rágószervei képesek áthatolni a tiszta cellulóz- és lignin-alapú rostokon, ha nem ütköznek kémiai akadályba.

Ezzel szemben az 'NK Neoma' hibrid minimális fizikai héjvastagság mellett is szinte teljes rezisztenciát mutatott. Ennek kulcsa a 11,64 µm vastagságú, folytonos fitomelán (páncél) réteg.

A fitomelán réteg jelenléte megakadályozza, hogy a hernyó átrágja a terméshéjat, mivel a fitomelán kémiai szerkezete (Özdemir és Keleş, 2018) ellenáll a lárvák emésztőenzimjeinek és fizikai koptató hatásának. Ez alátámasztja Szarukán és munkatársai (1996) korábbi megfigyeléseit, miszerint a fitomelán réteg folytonossága a legfőbb védelmi vonal.
A 'Kisvárdai' fajta rendkívüli fogékonysága közvetlen következménye a fitomelán réteg szinte teljes hiányának (1,55 µm, nem összefüggő szerkezet). A kártevő számára ez a genotípus jelentette a legkönnyebb táplálékforrást.
Az étkezési napraforgók esetében a nemesítők szándékosan törekednek a fitomelán réteg visszaszorítására, mivel a sötét pigmentréteg esztétikailag rontja a hántolt mag minőségét, valamint a túl vastag szklerenchima és kutikula nehezíti a mag roppanthatóságát és rághatóságát (Frank és Szendrő, 2012). Ugyanakkor a fitomelán teljes elhagyása – amint azt a 'Kisvárdai' példája mutatja – katasztrofális kártevő-érzékenységhez vezet.
A fentiek alapján eredményeink megerősítették a fitomelán réteg elsődlegességét a napraforgómoly kártételének limitálásában. Igazoltuk, hogy a napraforgómoly elleni rezisztenciában a fitomelán réteg vastagsága és folytonossága nagyságrendekkel fontosabb tényező, mint a teljes termésfal vagy a szklerenchima vastagsága.
Eredményeink rámutattak arra is, hogy a hagyományos 'Kisvárdai' fajta termesztésének visszaszorulása nemcsak az alacsonyabb terméspotenciál és a kézimunka-igény miatt törvényszerű, hanem a fitomelán réteg hiányából adódó extrém moly-fogékonyság miatt is. Integrált növényvédelem nélkül ezen fajta termesztése ma már nem rentábilis.
Megállapítható volt továbbá, hogy a modern étkezési hibridek (mint a 'Jaguár') nemesítése során meg kell találni azt az optimális egyensúlyt, ahol a fitomelán réteg vastagsága még elegendő védelmet nyújt a rágó kártevők ellen (pl. 6 – 8 µm közötti folytonos réteg), de a mag még könnyen hántolható és fogyasztható marad.
Eredményeink alapján megerősítést nyert, hogy azokon a területeken, ahol étkezési, fitomelán-szegény fajtákat termesztenek, a feromoncsapdás rajzáskövetésre alapozott, célzott kémiai védekezés elengedhetetlen a harmadik nemzedék augusztusi gradációs csúcsakor.

Összefoglalás

A napraforgó (*Helianthus annuus* L.) hazánk legfontosabb olajnövénye, melynek termesztését számos biotikus tényező veszélyezteti. Vizsgálatunkban a napraforgómoly (*Homoeosoma nebulellum* Denis & Schiffermüller) kártételét és a kaszatok terméshéjának mikroanatómiai sajátosságait vizsgáltuk három eltérő genotípusnál: a hagyományos étkezési 'Kisvárdai' fajtánál, a modern étkezési 'Jaguár' hibridnél, valamint az olajipari 'NK Neoma' hibridnél. A 2023-as vegetációs időszakban végzett feromoncsapdás rajzásdinamikai megfigyelések alapján a kártevő harmadik nemzedéke mutatott kiugró gradációt augusztus végén. A kártételi felmérések szerint a 'Kisvárdai' fajta bizonyult a leginkább fogékonynak, míg a 'Neoma' hibrid gyakorlatilag teljes rezisztenciát mutatott (1% tányérkárosodás, 0% magkárosodás). A szövettani vizsgálatok (toluidinkékkel festett és festetlen keresztmetszetek) igazolták, hogy a mechanikai védelemért felelős szklerenchimatikus réteg (121,75 µm) és a kutikula (7,13 µm) a 'Jaguár' hibridnél a legvastagabb, azonban ez önmagában nem nyújtott teljes védelmet. A rezisztencia elsődleges kulcstényezője a fitomelán réteg folytonossága és vastagsága: a 'Neoma' hibrid kiemelkedő, 11,64 µm-es összefüggő fitomelán réteggel rendelkezik, míg a 'Kisvárdai' fajtánál ez a réteg nem összefüggő, elenyésző vastagságú (1,55 µm) és hézagos. Eredményeink rávilágítanak, hogy ugyan a fitomelán rétegnek meghatározó szerepe van a rágó kártevők elleni védekezésben, azonban a kaszat védelmi rendszerét több, egymással kölcsönhatásban álló szövettani elem együttesen határozza meg. A mechanikai védelmet biztosító szklerenchima, a külső kutikula és a belső fitomelánréteg eltérő kombinációja fajtaspecifikus rezisztenciamintázatokat eredményezhet.

Kulcsszavak: *Helianthus annuus*, *Homoeosoma nebulellum*, fitomelán, mikroanatomia, mechanikai rezisztencia, szklerenchima

Irodalom

Ábrahám R., Érsek T., Kuroli G., Németh L., Reisinger P.: 2011. Növényvédelem. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 138-143. p.

Assenbrenner E., Scheidler J.: 2019. A növénytermesztés gyakorlata. Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., Budapest, 276-299. p.

Bagi F., Bodnár K.: 2011. Növényvédelmi ismeretek. Bába Kiadó, Szeged, 113-116. p.

Barykina, R. P.: 2004. Guide on Botanical Microtechnique: Basic and Methods. Moscow State University, Moscow, 312 p.

Berzelius, J. J.: 1840. Lehrbuch der Chemie. Vol. 9, Arnoldische Buchhandlung, Dresden und Leipzig.

Bocz E.: 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Borovansky, J.: 2011.History of melanosome research. In: Borovanský, J., Riley, P. A. (eds.): Melanins and Melanosomes: Biosynthesis, Biogenesis, Physiological and Pathological Functions. Wiley-VCH Verlag GmbH, 1–19. p. https://doi.org/10.1002/9783527636150.ch1

Ceccarelli, S., Grando, S., Van Leur, J. A. G.: 1987. Genetic diversity in barley landraces from Syria and Jordan. Euphytica, 36: 389–405. p. https://doi.org/10.1007/BF00041482

Choo, T. M., Vigier, B., Savard, M. E., Blackwell, B., Martin, R., Wang, J.: 2015. Black barley as a means of mitigating deoxynivalenol contamination. Crop Science, 55: 1096–1103. p. https://doi.org/10.2135/cropsci2014.05.0405

Frank J.: 1999. A napraforgó biológiája, termesztése. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Frank J., Szendrő P.: 2012. Versenyképes napraforgó termesztése. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 354 p.

Gergely L.: 2012. Napraforgó rezisztencia-vizsgálatok. Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH), Budapest.

Glass, K., Ito, S., Wilby, P. R.: 2012. Direct chemical evidence for undegraded eumelanin pigment from the Jurassic period. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109 (26): 10218–10223. p. https://doi.org/10.1073/pnas.1118448109

Griebel, C.: 1913. Über das Vorkommen von Phytomelan im Wurzelstock von Inula Helenium L. Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, 25: 215-220. p. https://doi.org/10.1007/BF02025177

Hanausek, T. F.: 1907. Neue Mitteilungen über die sogenannte Kohleschicht der Kompositen. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 25: 112-118. p.

Heiser, C. B.: 1955. The origin and development of the cultivated sunflower. The American Biology Teacher, 17 (5): 161-167. p. https://doi.org/10.2307/4438706

Horváth Z., Békési P., Virányi F.: 2005. A napraforgó védelme. In: Növényvédelem. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 307-328. p.

Jana, B. K., Mukherjee, S. K.: 2014. Notes on the distribution of phytomelanin layer in higher plants – a short communication. Journal of Pharmaceutical Biology, 4 (3): 131-132. p.

Jermy T., Balázs K.: 1993. A növényvédelmi állattan kézikönyve 4/B. Akadémiai Kiadó, Budapest, 474-478. p.

Kurnik E.: 1969. A napraforgó. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Lenti I.: 2004. Gyakorlati növényvédelem. Nyíregyházi Főiskola, Nyíregyháza.

Özdemir, C., Keleş, S.: 2018. Chemical and anatomical properties of the phytomelanin layer in Asteraceae. Botanical Studies, 59: 12-18. p.

Stummer I.: 2024. Gabona és ipari növények. Őstermelő - Gazdálkodók Lapja, 28 (8): 14-18. p.

Szarukán I., Horváth Z., Tóth M., Szőcs G., Ujváry I. (1996): A napraforgómoly (*Homoeosoma nebulellum* Den. et Schiff.) kártétele és az ellene való védekezés lehetőségei. Növényvédelem, 32 (8): 385-392. p.

Vigh Sz., Cziáky Z., Sinka L. T., Pribac C., Moş L., Turcuş V., Reményik J., Máthé E.: 2017. Comparative chemomapping of phytoconstituents from different extracts of globe artichoke – Cynara scolymus L. Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chemia 62 (2), 125–143. p. https://doi.org/10.24193/subbchem.2017.2.10

THE ROLE OF PERICARP MICROANATOMICAL STRUCTURE AND PHYTOMELANIN LAYER THICKNESS IN RESISTANCE AGAINST THE SUNFLOWER MOTH (*HOMOEOSOMA NEBULELLUM*) IN DIFFERENT GENOTYPES

Csilla Tóth, Tamás Dezső, Béla Szabó

University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
toth.csilla@nye.hu

Summary

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is the most important oilseed crop in Hungary, the cultivation of which is threatened by numerous biotic factors. In our study, we investigated the damage caused by the sunflower moth (*Homoeosoma nebulellum* Denis & Schiffermüller) and the microanatomical characteristics of the pericarp of achenes in three different genotypes: the traditional confectionery variety 'Kisvárdai', the modern confectionery hybrid 'Jaguár', and the oilseed hybrid 'NK Neoma'. Based on pheromone trap-based flight dynamics observations conducted during the 2023 growing season, the third generation of the pest exhibited a prominent outbreak (gradation peak) in late August. According to the damage assessments, the variety 'Kisvárdai' proved to be the most susceptible, while the hybrid 'Neoma' showed virtually complete resistance (1% head damage, 0% seed damage). Histological examinations (stained with toluidine blue and unstained cross-sections) confirmed that the sclerenchymatous layer (121.75 µm) and the cuticle (7.13 µm), which are responsible for mechanical protection, were the thickest in the hybrid 'Jaguár'; however, this alone did not provide complete protection. The primary key factor of resistance is the continuity and thickness of the phytomelanin layer: the hybrid 'Neoma' possesses an outstanding, continuous phytomelanin layer of 11.64 µm, whereas in the variety 'Kisvárdai', this layer is discontinuous, of negligible thickness (1.55 µm), and sparse. Our results highlight that although the phytomelanin layer plays a decisive role in defense against chewing pests, the protective system of the achene is determined collectively by multiple, interacting histological elements. Different combinations of the mechanical protection-providing sclerenchyma, the outer cuticle, and the inner phytomelanin layer can result in variety-specific resistance patterns.

Keywords
Helianthus annuus, *Homoeosoma nebulellum*, phytomelanin, microanatomy, mechanical resistance, sclerenchyma

EGY NATURA 2000-ES GYEP ÁLLATELTARTÓ KÉPESSÉGÉNEK ÉS TERMÉSZETVÉDELMI ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA

Tóth Csilla – Kiss Fanni

Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, 4400 Nyíregyháza, Sóstói út 31/B, e-mail: toth.csilla@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.30

Bevezetés

A Natura 2000 az Európai Unió tagállamai által létrehozott ökológiai hálózat, amelynek célja a természetes élőhelyek és a veszélyeztetett fajok hosszú távú megőrzése. A hálózat két fő irányelven alapul: a Madárvédelmi irányelven (1979) és az Élőhelyvédelmi irányelven (1992). A hálózathoz tartozó gyepterületek természetvédelmi szempontból kiemelkedő jelentőségűek, gazdag biodiverzitásuk és ökológiai funkcióik révén fontos szerepet töltenek be az élőhelyek megőrzésében. A területek hasznosítására vonatkozó szabályok az emberi tevékenység és a természetvédelem egyensúlyára törekednek: fenntartható mezőgazdaság, erdőgazdálkodás és turizmus is folytatható rajtuk, amennyiben az nem veszélyezteti az élővilágot.
A gyep olyan, jellemzően évelő és egynyári pázsitfűfélékből, valamint pillangósvirágú növényekből álló növénytársulás, amely takarmányozási szempontból is értékes. A gyepek termesztési, környezet- és természetvédelmi, valamint jólléti funkciót egyaránt betöltenek, és kiemelt szerepük van a faj- és tájszintű diverzitás fenntartásában. Hasznosításuk legeltetéssel vagy kaszálással történhet; a legeltetés hatása a gyep összetételére nagymértékben függ az állatfajtól, a legeltetési módtól és intenzitástól, valamint a környezeti tényezőktől. A gyepek állateltartó képességét befolyásoló tényezők (talajadottság, talajélet, csapadék, hőmérséklet, gyepgazdálkodási gyakorlat) alapos ismerete elengedhetetlen a fenntartható hasznosítás megtervezéséhez, különösen a Natura 2000 hálózathoz tartozó, szigorú előírások alá eső területeken, ahol az agrotechnikai beavatkozások (öntözés, tápanyag-utánpótlás, felülvetés) jelentősen korlátozottak.
Jelen tanulmány egy Sajóvámos határában található, Natura 2000 hálózathoz tartozó gyepterület vizsgálatát mutatja be, amelyet magyar merinó és magyar racka juhokból álló állomány hasznosít. A kutatás célja a gyepterület ökológiai állapotának, növényállomány-összetételének, mezőgazdasági és természetvédelmi értékének, valamint állateltartó képességének komplex felmérése volt, két egymást követő tenyészidőszak (2023, 2024) adatai alapján.

Irodalmi áttekintés

A gyepek a mezőgazdasági termelés és a természetvédelem szempontjából egyaránt kiemelkedő jelentőségű ökoszisztémák. Növényzetüket elsősorban pázsitfűfélék és pillangósvirágú növények alkotják, amelyek a tömegtakarmány-termelés mellett fontos szerepet töltenek be a talajvédelemben, a vízháztartás szabályozásában és a biológiai sokféleség fenntartásában (Forgó, 2009; Török, 2013). A gyepek természetvédelmi értékét növeli, hogy Európában számos védett növény- és állatfaj elsődleges élőhelyei, így fennmaradásuk a biodiverzitás megőrzésének alapvető feltétele (Török, 2013).
A gyepállomány szerkezetét elsősorban a pázsitfűfélék, a pillangósok és az egyéb kétszikű fajok aránya határozza meg. A pázsitfüvek jó regenerációs képességgel rendelkeznek, ezért jól alkalmazkodnak a kaszáláshoz és a legeltetéshez, míg a pillangósvirágú növények jelentős fehérjeforrásként szolgálnak, valamint nitrogénmegkötő képességük révén javítják a talaj termékenységét (Vinczeffy, 1993; Tasi, 2010). A gyepgazdálkodás szempontjából kedvezőtlen folyamatnak tekinthető a gyomfajok és a savanyúfüvek felszaporodása, mivel ezek csökkentik a takarmányértéket és rontják a gyep hasznosíthatóságát (Forgó, 2009). Ugyanakkor a gyepek gyógynövényekben is gazdagok, és napjainkban egyre nagyobb az igény ezen növények hatóanyagtartalmának részletes analízisére és meghatározására, amelyre ma már korszerű, nagy felbontású kemometriai és kromatográfiás módszerek is rendelkezésre állnak (Vigh et al., 2017)

Magyarországon a gyepterületek nagysága az elmúlt évtizedekben jelentősen csökkent. Míg az 1980-as években mintegy 1,2 millió hektár gyepterületet tartottak nyilván, napjainkra ez megközelítőleg 794 ezer hektárra mérséklődött. A csökkenés hátterében az állatállomány visszaesése, a földhasználat átalakulása, az urbanizáció és az erdősítések állnak (Tasi, 2010; Rezneki, 2019). Ugyanakkor a megmaradt gyepek jelentős része természetvédelmi szempontból kiemelkedő jelentőségű, hiszen a hazai védett növényfajok mintegy 75%-a, valamint a védett állatfajok közel fele gyepes élőhelyekhez kötődik (Rezneki, 2019).

A gyepek fenntartásának két legfontosabb hasznosítási módja a kaszálás és a legeltetés. A rendszeres kaszálás elősegíti a fajgazdag növényállomány fennmaradását, mérsékli az avarfelhalmozódást és gátolja a cserjésedési folyamatokat (Valkó, 2012; Haraszthy, 2013). A kaszálás elmaradása ugyanakkor számos esetben a degradációs folyamatok felgyorsulásához vezethet, mivel elősegíti a fás szárú növények és a kompetítor fajok térnyerését (Varga, 2023).

A legeltetés a gyephasznosítás legtermészetesebb formája, amely közvetlenül hasznosítja a növényi biomasszát. Hatása jelentősen függ a legeltetett állatfajtól, a legelési intenzitástól és az alkalmazott legeltetési rendszertől. A juhok elsősorban az alacsony növésű, rövidfüvű állományokat részesítik előnyben, míg a szarvasmarhák a magasabb növényzetet is jól hasznosítják, hozzájárulva a gyep szerkezeti változatosságának fenntartásához (Tasi, 2010; Kovácsné, 2017). Több szerző szerint a megfelelő intenzitású legeltetés növelheti a növényfajok gazdagságát és kedvező hatással lehet a természetvédelmi értékre, míg a túllegeltetés a fajkészlet elszegényedését és a gyepnemez károsodását idézheti elő (Kovácsné, 2018; Szentes, 2023).

A gyep állateltartó képességét számos tényező befolyásolja. Ezek közül kiemelkedő jelentőségű a gyep hozama és minősége, a talajadottságok, a csapadék mennyisége és eloszlása, az alkalmazott hasznosítási mód, valamint az évjárathatás (Vinczeffy, 1990; Dér, 2007). A klímaváltozás következtében tapasztalható időjárási szélsőségek fokozzák a hozamingadozást, amely közvetlenül hat a gyepek eltartóképességére és a fenntartható állattartás lehetőségeire (Csízi, 2003).

A gyepterületek növényállományának összetételét és természetvédelmi értékét nemcsak a talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai, hanem annak kémiai állapota is jelentősen befolyásolja. Különösen fontos szempont a talaj toxikus elemekkel való szennyezettsége, mivel a nehézfémek felhalmozódása módosíthatja a növényfajok kompetíciós viszonyait, csökkentheti az érzékeny fajok előfordulását, valamint kedvezhet a stressztűrő vagy gyomjellegű fajok térnyerésének. A talaj – növény rendszerben bekövetkező fémfelvétel ezért nemcsak környezetvédelmi és takarmánybiztonsági, hanem természetvédelmi szempontból is kiemelt jelentőségű (Halász et al., 2012). A talajszennyezés emellett a talaj mikrobiológiai közösségeinek működését is befolyásolja. Kimutatták, hogy a szennyező anyagok módosíthatják a talajban élő Bacillus törzsek zsírsav-összetételét, ami jól tükrözi a mikroorganizmusok környezeti stresszre adott válaszát, és közvetve hatással lehet a talaj biológiai aktivitására és termékenységére (Halász et al., 2008). Mindezek alapján a Natura 2000 gyepek természetvédelmi állapotának értékelése során a talaj toxikus elemekkel való esetleges terheltségének figyelembevétele is indokolt lehet.

A hazai gyepek jelentős része Natura 2000 oltalom alatt áll. A Natura 2000 hálózat célja a közösségi jelentőségű élőhelyek és fajok hosszú távú megőrzése, miközben lehetőséget biztosít a fenntartható mezőgazdasági hasznosításra (Haraszthy, 2013; Rezneki, 2019). A rendszer a kaszálásra, a legeltetésre és az egyéb gazdálkodási tevékenységekre vonatkozó előírásokkal igyekszik összhangot teremteni a természetvédelmi és a gazdasági érdekek között. Ugyanakkor több vizsgálat rámutat arra, hogy az európai Natura 2000 gyepek közel fele kedvezőtlen természetvédelmi állapotban van, és az élőhelyvesztés, valamint az inváziós fajok terjedése továbbra is jelentős veszélyeztető tényező (Varga, 2023; Kachler, 2023). Az extenzív legeltetés és a természetkímélő gyephasználat ugyanakkor bizonyítottan hozzájárul a biodiverzitás megőrzéséhez és a természetes gyepállományok fenntartásához (Kachler, 2023).

Anyag és módszer

A vizsgálati terület bemutatása

A vizsgált Natura 2000-es gyepterület Sajóvámos (Borsod-Abaúj-Zemplén vármegye) határában, a Sajó-Hernád-sík kistáj területén helyezkedik el, amely a Duna-Tisza-medence nagytáj, az Alföld nagytájrészlet, valamint az Észak-alföldi-peremvidék középtáj része (Csorba, 2021) (1.

ábra). A kistáj a Sajó és ősi vízrendszere, valamint a szélmunka által kialakított, 90–161 m tengerszint feletti magasságú hordalékkúp-síkság. A terület florisztikailag a Pannóniai Flóratartományhoz (Pannonicum), azon belül az Alföld flóravidékének (Eupannonicum) Tiszántúli flórajárásához (Crisicum) tartozik (Soó, 1960).
A vizsgált gyep egy magángazdaság birtokában lévő, 14,4 hektár nagyságú terület (MePAR blokkazonosító: FJTF0H23; koordinátáik: 48°11'17,2"N 20°49'31,9"E), amely a HUAN20006 Sajó-Völgy kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület része. A talaj fizikai félesége agyagos vályog, amely tápanyagban gazdag és jó vízmegtartó képességű, ugyanakkor tömörödésre hajlamos, ami csapadékhiányos időszakban kiszáradáshoz és megrepedezéshez vezethet.



1. ábra. A vizsgált mintaterület elhelyezkedése Sajóvámos határában
Forrás: Google Maps alapján, saját szerkesztés

Időjárási viszonyok és klímaindex
A napi csapadékmennyiséget és a napi középhőmérsékletet (napi három alkalommal, 8, 13 és 19 órakor mért léghőmérséklet alapján) a mintaterületen mértük a 2023-as és 2024-es tenyészidőszakban (április–október). A két vizsgált év tenyészidőszaki átlaghőmérséklete közel azonos volt (2023: 17,45 °C; 2024: 18,13 °C), a csapadékösszegek azonban jelentősen eltértek: 2023-ban 479,1 mm, 2024-ben 368,8 mm csapadék hullott a vizsgált hónapokban, a legnagyobb eltérés július és augusztus hónapokban mutatkozott (1. táblázat).

1. táblázat. A kísérleti időszak havi középhőmérsékletei (°C) és csapadékmennyiségei (mm), Sajóvámos, 2023–2024

Év	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Átlag/Össz.
2023 – hőmérséklet (°C)	8,90	15,10	19,01	22,32	23,50	20,17	13,15	17,45
2024 – hőmérséklet (°C)	12,80	15,40	20,80	24,36	24,57	18,16	10,88	18,13
2023 – csapadék (mm)	49,5	41,0	123,1	55,6	121,0	40,3	48,6	479,1
2024 – csapadék (mm)	38,1	40,0	141,7	17,8	26,8	66,2	38,2	368,8

Forrás: saját adatok

Az évjáratok jellegének meghatározásához a Vinczeffy-féle (1993) klímaindexet alkalmaztuk (KI = (1/évi középhőmérséklet × évi csapadék) / 365). A számítás szerint az 50 éves országos átlag (KI=0,149) és a 2023-as év (KI=0,155) kissé száraz jellegű volt, míg a 2024-es év (KI=0,222) optimálisnak minősült. A vegetációs időszakra (április–október) vetítve mind az országos átlag, mind a 2023-as év aszályosnak, a 2024-es év pedig átlagosnak bizonyult, ami alátámasztja, hogy a két vizsgált év jellege alapvetően hasonló, de a 2024-es év kedvezőbb vízellátottságú volt a tenyészidőszak elején.

A botanikai felmérés módszere
A gyep állományfelvételezését tetszőlegesen kijelölt, 2×2 méteres, a társulás jellegzetességeit reprezentáló négyzetek (Braun-Blanquet, 1964), valamint a teljes mintaterületet érintő bejárás segítségével végeztük 2023-ban és 2024-ben, június és október között. Elkészítettük a hajtásos növények fajlistáját, becsültük a vegetáció összborítását, valamint az egyes fajok %-os borítását.

A növénytársulást Soó (1938, 1960, 1964–1980), a fajokat Hortobágyi (1968) és Simon (1992) munkái alapján azonosítottuk. A szociális magatartástípusok (SzMT) elemzését és a degradáció fokának meghatározását Borhidi (1993), a természetvédelmi értékelést Simon (1988, 2000), a mezőgazdasági érték meghatározását Nagy (2003) módszere alapján végeztük.

A gyeptermés hasznosításának módja

A gyeptermést magyar merinó (180 db) és magyar racka (30 db) juhokból álló, összesen 210 egyedes állomány hasznosítja, pásztoroló, szabad, láb alóli legeltetéssel, kora tavasztól (április eleje) késő őszig (november eleje). A gazdaság 1994 óta működik, és a HUAN20006 Sajó-Völgy kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület része. A terület fűtermése önmagában nem elegendő az állatállomány számára, ezért kiegészítő takarmányozásként réti szénát, lucernát, valamint búza- és kukoricaalapú abraktakarmányt is kapnak az állatok. A területen évente egyszer, augusztusban tisztítókaszálást végeznek.

A terméshozam és az állateltartó képesség meghatározásának módszere

A felmérést a 2023-as és 2024-es tenyészidőszakban végeztük (április–október). Az állatok legelőn tartózkodása alatt havonta egy alkalommal egy legeletlen szakaszon egy négyzetméternyi gyeptermést távolítottunk el kézi sarlóval, és mértük annak friss, majd (szabad levegőn történő szárítást követően) száraz tömegét. Emellett egy kerítéssel elzárt, 2×3 méteres kvadrát mintaterületen hetente mértük tíz véletlenszerűen kiválasztott ponton a növényzet átlagmagasságát, majd lekaszáltuk és megmértük a fűtermést, öt egymást követő héten át (június–július).

Az állateltartó képesség meghatározásához (Szűcsné, 1992) első lépésként az 1 hektárra vonatkoztatott összes szárazanyag-termést számítottuk ki (összes száraztömeg = gyepterület × száraztömeg/m²), majd meghatároztuk egy juh napi szárazanyag-igényét (Kakuk – Schmidt, 1988 szerint testtömeg 2,5–3,5%-a, egy 50 kg-os juhnál 1,5 kg sz.a./nap, azaz évi 547,5 kg). Az eltartható juhok számát az összes száraztömeg és az egy juh éves szárazanyag-igényének hányadosaként kaptuk meg.

A zöldfűtömegre vonatkozó állateltartó képesség számításához Barcsák (1978) módszerét alkalmaztuk ($A = T / (i \times f)$, ahol A = állatlétszám, T = legelő összes termése, i = legeltetés ideje, f = egy állat napi zöldfűfogyasztása), az egy állat napi fűfogyasztását Mucsi (1994) alapján határoztuk meg (1 ha legelő 12–16 állat igényét fedezi, egy anyaállatra naponta 1,5 kg szárazanyag-tartalmú fűmennyiséget számolva). A gyepprodukciót a gyepmagasság alapján, Balázs (1960) módszerével becsültük: $P = ((M–s) \times B_m \times b) / 100$, ahol P = produkció (kg/ha), M = gyepmagasság (cm), s = tarlómagasság (cm), B_m = 400 kg/ha/cm tömegkoefficiens 100%-os borítás mellett, b = borítási százalék (%).

A mezőgazdasági érték meghatározása

A gyepterület mezőgazdasági értékét Nagy (2003) módszerével határoztuk meg, amely szerint az egyes fajok mezőgazdasági értéke a faj borítottságának, termőképességi faktorának és takarmányminőségi faktorának szorzatából (1/100 szorzóval) adódik, a gyep összesített mezőgazdasági értéke pedig az egyes fajokra számított értékek összegeként áll elő. A termőképesség és a takarmányminőség 1–5-ig terjedő kategóriákba sorolható, ahol a magasabb kategória kedvezőbb adottságot jelent (Magyari – Szemán, 2004).

A természetvédelmi érték meghatározása

Az egyes fajok természetvédelmi értékkategóriáit (TVK) Simon (1988) alapján határoztuk meg, megkülönböztetve a természetes állapotra utaló fajokat (unikális – U, fokozottan védett – KV, védett – V, társulásalkotó – E, kísérő – K, pionír – TP) és a degradációra utaló fajokat (zavarástűrő – TZ, adventív – A, gazdasági növény – G, gyomfaj – GY). A növényállomány természetességi mutatójának meghatározásához a fajokat Borhidi (1993) szociális magatartástípusai (SzMT) szerint soroltuk be, amelyekhez az egyes kategóriák meghatározott természetességi értékszámmal rendelkeznek; a mutató a kategóriák borítottsági értékének és természetességi értékszámának szorzatösszegeként adódik.

Statisztikai módszerek

Annak vizsgálatára, hogy a gyeptermés mennyiségét, zöld- és száraztömegét, magasságát, valamint a gyep állateltartó képességét milyen mértékben határozzák meg a jellemző abiotikus környezeti tényezők (hőmérséklet, csapadék), korrelációanalízist végeztünk Microsoft Excel (2016) programban, 95%-os szignifikanciaszinten ($p<0,05$).

Eredmények és értékelésük

A vizsgált gyep növényállományának összetétele

A vizsgált gyepterületen összesen 29 növényfaj fordul elő. A fajösszetétel alapján a gyep veres csenkeszes rét (*Anthyllido-Festucetum rubrae*; Máthé – Kovács, 1960; Soó, 1971) kategóriába sorolható, uralkodó fűfaja a vörös csenkesz (*Festuca rubra*) és az angolperje (*Lolium perenne*) (2. táblázat). A gyepállomány nagy részét a Poaceae (10 faj, 32% borítottság), a Fabaceae (5 faj, 27% borítottság) és az Asteraceae (4 faj, 23% borítottság) családba tartozó növények alkotják; kisebb arányban jelen vannak az Apiaceae, Rubiaceae, Acoraceae, Rosaceae, Ranunculaceae, Plantaginaceae, Lamiaceae és Colchicaceae családok fajai is (3. táblázat).

A mintaterületen felfedezett gyomfajok száma 5, összborítottságuk viszonylag magas, 21%. Az egyéb kétszikű növények is jelentős számban (9 faj) és arányban (20% borítottság) vannak jelen (2., 3. ábra). A gyepterület mezőgazdasági értékét a Nagy-féle (2003) módszerrel számítva 6,09 értéket kaptunk, amely a gyenge minősítésű, csekély értékű kategóriának felel meg. Ez az érték a gyep leromlott állapotát, a gyomnövények és a kevésbé értékes egyéb kétszikű gyepalkotók magas fajszámát és borítottságát tükrözi.

2. táblázat. A mintaterület *Anthyllido-Festucetum rubrae* társulásának fajösszetétele

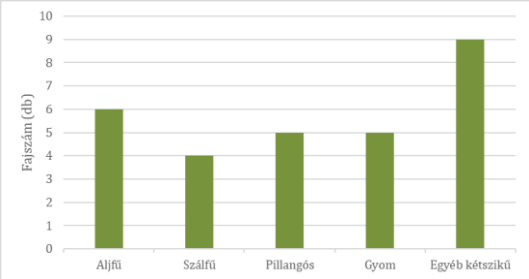
Fajok	Borítottsági érték (%)
Acorus calamus	1
Achillea millefolium	5
Agrostis stolonifera	2
Bromus inermis	1
Calamagrostis epigeios	3
Cichorium intybus	6
Cirsium arvense	6
Colcichum autumnale	2
Corynephorus canescens	1
Daucus carota	2
Deschampsia caespitosa	3
Festuca rubra	7
Galium verum	2
Lotus corniculatus	4
Lolium perenne	6
Mentha pulegium	1
Phalaris arundinacea	1
Plantago lanceolata	2
Plantago major	3
Poa pratensis	4
Potentilla anserina	1
Potentilla reptans	1
Ranunculus acris	3
Setaria pumila	4
Taraxacum officinale	6
Trifolium pratense	6
Trifolium repens	6
Vicia cracca	6
Vicia sativa	5

Forrás: Saját adatok alapján, saját szerkesztés

3. táblázat. Családokra lebontott fajszám és borítottság alakulása a mintaterületen

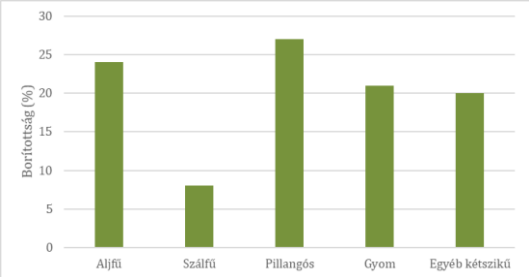
Család	Fajszám (db)	Borítottság (%)
Poaceae – ebből aljfű	10 – 6	32 – 24
Poaceae – ebből szálfű	4	8
Fabaceae	5	27
Asteraceae	4	23
Plantaginaceae	2	5
Rosaceae	2	2
Ranunculaceae	1	3
Rubiaceae	1	2
Apiaceae	1	2
Colchicaceae	1	2
Acoraceae	1	1
Lamiaceae	1	1

Forrás: Saját adatok alapján, saját szerkesztés



2. ábra. A mintaterületen előforduló fajok számának alakulása gyepgazdálkodási csoportok szerint (db)

Forrás: Saját adatok alapján, saját szerkesztés



3. ábra. A mintaterületen előforduló fajok borítottságának aránya gyepgazdálkodási csoportok szerint (%)

Forrás: Saját adatok alapján, saját szerkesztés

Növényállomány értékelése természetvédelmi szempontból

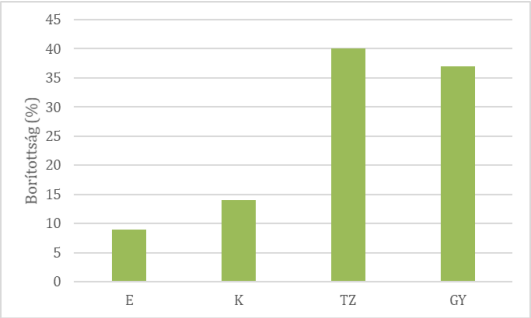
A gyepterületen megtalálható fajok természetvédelmi értékkategóriák (TVK) szerinti elemzése alapján megállapítottuk, hogy a természetes állapotra utaló fajok száma 9, borítottságuk összesen 23%, ezzel szemben a degradációra utaló fajok száma 20, borítottságuk pedig 77%-ot ér el.

4. táblázat. Természetvédelmi értékkategóriák fajszámra és borítottságra lebontva

Természetvédelmi értékkategória (TVK)	Fajszám (db)	Borítottság (%)
E – társulásalkotó fajok	2	9
K – kísérő fajok	7	14
TZ – zavarástűrő fajok	11	38
TZ(K)	1	2
GY – gyomfajok	8	37
Természetes állapotra utaló fajok összesen	9	23
Degradációra utaló fajok összesen	20	77

Forrás: Simon (1992) és saját adatok alapján, saját szerkesztés

A természetes állapotra utaló fajok közül két társulásalkotó faj (E) van jelen (*Festuca rubra* – 7%, *Agrostis stolonifera* – 2%), a kísérő fajok (K) száma 7, borítottságuk 14%. A degradációra utaló fajok közül legnagyobb arányban a zavarástűrő fajok (TZ, 11 faj, 38% borítottság) és a gyomfajok (GY, 8 faj, 37% borítottság) fordulnak elő; ez utóbbiak közül kiemelendő a 6%-os borítottságú mezei aszat (*Cirsium arvense*), amely gyors terjedésével visszaszorítja az értékes gyepalkotókat (4. táblázat, 4. ábra).



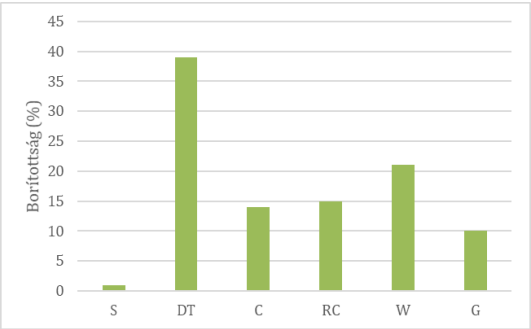
4. ábra. A fajok természetvédelmi értékkategóriáinak borítottsági érték szerinti megoszlása a mintaterületen

E: társulásalkotó, K: kísérő, TZ: zavarástűrő, GY: gyomfajok

Forrás: Saját adatok alapján, saját szerkesztés

Természetességi mutató alakulása

A Borhidi-féle (1993) szociális magatartástípusok szerinti besorolás alapján a mintaterületen a legnagyobb fajszámú (10 faj) és arányú (39% borítottság) csoportot a zavarástűrő növények (DT) alkotják, ezt követik a honos gyomfajok (W: 6 faj, 21% borítottság), a természetes kompetítorok (C: 5 faj, 14% borítottság), a generalisták (G: 4 faj, 10% borítottság) és a honos flóra ruderális kompetítorai (RC: 3 faj, 15% borítottság).



5. ábra. A növényállományt jellemző szociális magatartástípus-kategóriák (SzMT) borítottsági értékének alakulása

DT: zavarástűrő növények, W: honos gyomfajok, C: természetes kompetítorok, G: generalisták, RC: rudeális kompetítorok, S: specialisták, AC: tájidegen agresszív kompetítorok
Forrás: Borhidi (1993) és saját adatok alapján, saját szerkesztés

Mindössze egy specialista faj (S) van jelen, 1%-os borítottsággal (*Acorus calamus* L.), tájidegen agresszív kompetítor faj (AC) ugyanakkor nem fordul elő a területen (5. ábra).

5. táblázat. A növényállomány természetességi értékszámának alakulása

SzMT kategória	DT	RC	C	G	W	S	Összesen
Természetességi érték (borítottság × értékszám)	78	-30	70	40	21	6	185

DT: zavarástűrő növények, W: honos gyomfajok, C: természetes kompetítorok, G: generalisták, RC: rudeális kompetítorok, S: specialisták, AC: tájidegen agresszív kompetítorok DT: zavarástűrő növények, W: honos gyomfajok, C: természetes kompetítorok, G: generalisták, RC: rudeális kompetítorok, S: specialisták, AC: tájidegen agresszív kompetítorok

Forrás: saját adatok alapján, saját szerkesztés

A kapott 185-ös érték a Borhidi-féle természetességi mutató alapján közepes természetességű gyepnek felel meg, ami azt jelenti, hogy az állomány részben természetes állapotú, de már antropogén hatásra utaló jeleket is mutat (5. táblázat). Jobb hidrológiai adottságú gyep esetében ennél magasabb (250–300 fölötti) érték lenne az elvárt.

A vizsgált gyep állateltartó képességének elemzése

A vizsgált gyepterületen összesen legeltetett jószágok száma 210, ami hektáronként átlagosan 14 juh legelőterhelést jelent. A legeletlen mintaterületről havonta gyűjtött száraz fűtermés alapján számított állateltartó képesség 2023-ban június elején (8 juh/ha) és június végén (10 juh/ha) alacsonyabb volt a tényleges állománynál, ami kismértékű túllegeltetést jelzett, amelyet azonban a kedvező csapadékellátottság ellensúlyozni tudott. A július végi mérés alapján a gyepterület állateltartó képessége 15 juh/ha volt, ami megfelel a nedves gyepek irodalmi juheltartó képesség-tartományának (7–17 juh/ha; Vinczeffy, 1993). A 2024-es évben hasonló mintázat volt megfigyelhető: a június eleji (9 juh/ha) és június végi (12 juh/ha) értékek elmaradtak a tényleges állatlétszámtól, a július végi mérés (14 juh/ha) pedig pontosan megegyezett a valós legeltetett létszámmal (6. táblázat).

6. táblázat. A mintaterületen eltartható juhok száma a teljes gyepterületre (14,4 ha) és 1 hektárra vonatkoztatva, 2023–2024

Mintavétel dátuma	2023 Teljes terület (db)	2023 1 ha (db)	2024 Teljes terület (db)	2024 1 ha (db)
06.07. / 06.01.	128	8	136	9
06.30.	152	10	176	12
07.30.	228	15	213	14
08.30.	357	24	294	20
09.30.	394	27	352	24

Forrás: Saját adatok alapján, saját szerkesztés

Az augusztus és szeptember hónapokra számított, magasabb állateltartó képesség (24–27 juh/ha) a le nem legelt gyepterületről származó, felhalmozódott fűtömeget tükrözi; ezen időszakban azonban a mintaterület gyepalkotói már gyephasznosítási szempontból elöregedtek, nyersfehérje- és energiatartalmuk, emészthetőségük valószínűsíthetően csökkent, ezért e magasabb értékek önmagukban nem jelentik azt, hogy a terület ténylegesen ekkora állatlétszámot tudna eltartani.
A Barcsák-féle (1978) módszerrel számított, zöldfűtömegre vonatkozó eltartható állatlétszám mindkét évben (2023: havi átlag 217 db; 2024: havi átlag 213 db) meghaladta vagy megközelítette a tényleges 210 db-os juhállományt, ami arra utal, hogy a legelő terheltsége mindkét vizsgált évben optimális volt (7. táblázat).

7. táblázat. A zöldfűtömegre vonatkozó eltartható állatok száma Barcsák (1978) módszere alapján, 2023–2024

Év	június–október (db)	havonta átlag (db)
2023	1305	217
2024	1280	213

Forrás: Saját adatok alapján, saját szerkesztés

A korrelációanalízis szerint mind 2023-ban, mind 2024-ben a hőmérséklet hatása a jellemző gyepparaméterekre (friss- és száraztömeg, gyepmagasság, zöldtömeg, állateltartó képesség) jelentősebb volt, mint a csapadéké: a hőmérsékleti jellemzők nagyon szoros pozitív korrelációt mutattak ezekkel a paraméterekkel (r=0,9262–0,9544) (8. táblázat).

8. táblázat. Az abiotikus környezeti tényezők (hőmérséklet, csapadék) és a jellemző gyepparaméterek korrelációs együtthatói

Gyepparaméter	2023 Hőmérséklet	2023 Csapadék	2024 Hőmérséklet	2024 Csapadék
Frisstömeg (kg/m²)	0,9407	0,5617	0,9339	-0,2699
Szárított tömeg (kg/m²)	0,9262	0,5116	0,9405	-0,2757
Állateltartó képesség (db/ha)	0,9277	0,5126	0,9328	-0,3018
Zöldfűtömegre vonatkozó eltartható állatszám (db/ha/hó)	0,9370	0,5396	0,9544	-0,2302
Gyepprodukció (t/ha)	0,9370	0,5396	0,9544	-0,2302
Zöldtömeg (t/ha)	0,9345	0,5610	0,9466	-0,2478

Forrás: Saját adatok alapján, saját szerkesztés

A csapadékviszonyok és a gyepparaméterek közötti kapcsolat 2023-ban csak laza pozitív korrelációt mutatott (r=0,5116–0,5617), 2024-ben pedig nem volt kimutatható szignifikáns kapcsolat (r=-0,3018 – -0,2302), ami arra utal, hogy a hőmérséklet és a csapadék hatása együttesen értelmezhető.

Gyepprodukció becslése

A Balázs-féle (1960) módszerrel, a gyepmagasság alapján számított hektáronkénti zöldtömeg-értékek jó egyezést mutattak a vágási próbák alapján ténylegesen mért zöldtömeg-értékekkel mindkét vizsgált évben. 2023-ban a vágási próba alapján számított zöldtömeg minden mintavételi időpontban meghaladta a Balázs-féle becsléssel kapott értéket (pl. 06.21-én 3,92 t/ha a becsült, 4,29 t/ha a mért érték), 2024-ben a mintázat vegyesebb volt, de a két módszer eredményei alapvetően harmonizáltak egymással, ami megerősíti a gyepmagasság-alapú produkcióbecslés megbízhatóságát a vizsgált gyeptípuson (9. táblázat).

9. táblázat. A Balázs-féle számítás alapján várható és a vágási próba alapján mért zöldtömeg alakulása, 2023

Dátum	Átlagmagasság (cm) 2023	Számított zöldtömeg (t/ha) 2023	Vágási próba (t/ha) 2023
1. mérés	7,0	0,80	0,92
2. mérés	11,4	2,56	2,75
3. mérés	14,8	3,92	4,29
4. mérés	22,7	7,08	7,37
5. mérés	28,4	9,36	10,08

Forrás: Saját adatok alapján, saját szerkesztés

Következtetések

Vizsgálati eredményeink alapján megállapítható, hogy a mintaterületül szolgáló gyep erősen degradációnak indult, amit a Nagy-féle (2003) módszerrel számított alacsony mezőgazdasági érték (6,09) is alátámaszt. Ez a gyomnövények és az egyéb, kevésbé értékes kétszikű gyepalkotók nagy fajszámú jelenlétéből és magas arányú borítottságából adódik, amelyek kiszorítják az értékes gyepalkotókat (Penksza et al., 2022). A vizsgált 29 faj közel fele gyomnövény vagy egyéb kétszikű növény volt, borítottságuk is megközelítette az összborítottság felét. Pozitívumként említhető ugyanakkor, hogy az aljfüvek és a pillangósvirágú növények borítottsága – viszonylag alacsony fajszámuk ellenére – jelentősnek tekinthető.
A mintaterület degradációját a fajok természetvédelmi értékkategóriák szerinti vizsgálata is megerősíti: a természetes állapotra utaló fajok száma csekély, míg a degradációra utaló fajok száma és borítottsága jelentős. A szociális magatartástípusok elemzése szerint a zavarástűrő fajok felszaporodása az évek óta tartó intenzív használatra és a gyepgazdálkodás jogi szabályozására vezethető vissza, ugyanakkor megnyugtató, hogy tájidegen agresszív kompetítor faj nem volt azonosítható a területen.
A zöldtömeg-hozam alakulása és az időjárási viszonyok között egyenes arányú kapcsolatot találtunk, ami összhangban van korábbi kutatási eredményekkel (Ferencz, 1999; Szász, 2002; Nagy et al., 2007; Huzsvai, 2005), amelyek szerint a gyeptermés mennyiségét nemcsak a csapadék mennyisége, hanem annak tenyészidőszakon belüli eloszlása is jelentősen befolyásolja. Vizsgálatunk során a legmelegebb július és augusztus hónapokban a csapadék tenyészidőszaki eloszlása egyenlőtlen volt, ami termésdepressziót okozott; ezekben az időszakokban a hőmérsékleti értékek alakulása mutatott igen szoros korrelációt a gyeptermés jellemző paramétereivel.
A termésmennyiségre és az azon alapuló állateltartó képességre vonatkozó vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a gyepterület mindkét évben biztosította a legelő juhállomány takarmányszükségletét, a legelő állatokkal való terheltsége (14 juh/ha) optimális, egyensúlyban volt a gyep tényleges eltartóképességével.
Összességében elmondható, hogy a gyepterület állapota tükrözi a Natura 2000 hálózat szigorú előírásainak következményeit. A gyep állapotának javításához időnként szükséges lenne olyan agrotechnikai műveletek elvégzése, mint az öntözés, a tápanyag-pótlás, a célzott gyomszabályozás, illetve a gyepterület felülvetése vagy újratelepítése, ezeket azonban a Natura 2000 szabályrendszere jelenleg nem teszi lehetővé. Javasoljuk, hogy a jövőben a természetvédelmi célok és a fenntartható gyephasznosítás összehangolása érdekében vizsgálják meg olyan, a védelmi előírásokkal összeegyeztethető beavatkozások (pl. célzott, kíméletes gyomirtás, a legeltetési rend finomhangolása) lehetőségét, amelyek mérsékelhetik a jelenleg megfigyelt degradációs folyamatokat anélkül, hogy veszélyeztetnék a terület természetvédelmi értékeit.

Összefoglalás

Vizsgálatunk célja egy Natura 2000 hálózathoz tartozó, Sajóvámos (Borsod-Abaúj-Zemplén vármegye) határában található, magángazdaság által hasznosított 14,4 hektáros gyepterület állateltartó képességének, mezőgazdasági és természetvédelmi értékének komplex felmérése volt. A gyepet magyar merinó és magyar racka juhokból álló, 210 egyedes állomány hasznosítja szabad, pásztoroló legeltetéssel. A 2023-as és 2024-es tenyészidőszakban végzett botanikai felvételezés és vágási próbák alapján megállapítottuk, hogy a mintaterületen 29 növényfaj fordul elő, a Nagy-féle (2003) módszerrel számított mezőgazdasági érték 6,09, ami gyenge, csekély értékű kategóriának felel meg. A degradációra utaló fajok száma (20 db) és borítottsága (77%) jelentős, a Borhidi-féle (1993) természetességi mutató alapján a gyep közepes természetességűnek minősül (185 pont). Ezzel szemben az állateltartó képesség számítása szerint a jelenlegi 14 juh/ha legelőterhelés mindkét vizsgált évben összhangban volt a gyep tényleges eltartóképességével, a gyepprodukció megfelelő volt. Az eredmények rávilágítanak arra, hogy a Natura 2000 szabályozás által korlátozott agrotechnikai beavatkozások (öntözés, tápanyag-utánpótlás, gyomirtás, felülvetés) hiánya hosszú távon a gyep állapotának további romlásához vezethet, annak ellenére, hogy a jelenlegi legeltetési intenzitás fenntartható.

Kulcsszavak: Natura 2000, gyepgazdálkodás, állateltartó képesség, mezőgazdasági érték, természetvédelmi érték, legeltetés

Irodalom

Balázy F.: 1960. A gyepek botanikai és gazdasági értékelése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Barcsák Z., Baskay-Tóth B., Prieger K.: 1978. Gyeptermesztés és -hasznosítás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Borhidi A.: 1993. A magyar flóra szociális magatartás típusai, természetességi és relatív ökológiai értékszámai. KTM-JPTE, Pécs, 3–93. p.

Braun-Blanquet, J.: 1964. Pflanzensociologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 2. Aufl. Springer-Verlag, Wien.

Csízi I.: 2003. Parlag gyepek javítása. Gyepgazdálkodási közlemények 1, 43. p.

Csorba P.: 2021. Magyarország kistájai. Meridián Táj- és Környezetföldrajzi Alapítvány, Debrecen. 72–73. p.

Dér F., Fábián T., Hoffmann R., Speiser F., Tóth T.: 2007. Gyepterületek földminősítése, földértékelése és földhasználati információja a D-e-Meter rendszerben. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest-Keszthely, 62. p.

Ferencz G.: 1999. Vízszállítás a talajvízből a gyökérzónába. In: Nagy G. – Vinczeffy I. (szerk.): Agroökológia – Gyep – Vidékfejlesztés, 73–77. DATE Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen.

Forgó I.: 2009. Gyepgazdálkodás. Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza.

Halász, J. L., Balázsy, S., Kolesnyk, A., Krausz, E.: 2012. The metal uptake of plants on the landfill sites in Bereg County. Studia Universitatis Vasile Goldis Arad – Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series), 22(2), 217–223. p.

Halász, J. L., Szathmáry, M., Tóth, M. D., Dinya, Z., Balázsy, S.: 2008. Effect of pollution in the fatty acid composition of soil *Bacillus strains*. Cereal Research Communications, 36(S), 1827–1830. p.

Haraszthy L.: 2013. Értékőrző gazdálkodás Natura 2000 területen. Pro Vértes Természetvédelmi Közalapítvány, 29, 41. p.

Hortobágyi T. (szerk.:) 1968. Növényhatározó II. Harasztok-virágos növények. Tankönyvkiadó, Budapest.

Huzsvai L.: 2005. Az Észak-alföldi régió agroökológiai adottságai. In: Baranyi B. (szerk.): Közelítések, 163–175. MTA Regionális Kutatások Központja, Debrecen.

Kachler J., Benra F., Bolliger R., Isaac R., Bonn A., Felipe-Lucia R. M.: 2023. Can we have it all? The role of grassland conservation in supporting forage production and plant diversity. Landscape Ecology 38, 4456. https://doi.org/10.1007/s10980-023-01729-4

Kakuk T., Schmidt J.: 1988. Takarmányozástan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 429–442. p.

Kovácsné K. N., Posta J., Tóth K., Radócz Sz., Béri B.: 2018. Extenzív és intenzív húsmarha fajták legelésének a hatása szikes gyepek növényzetére. Természetvédelmi Közlemények 24, 120–121. p. https://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2018.24.114

Kovácsné K. N., Tóth K., Radócz Sz., Béri B.: 2017. Különböző szarvasmarha fajták legeltetésének hatása hortobágyi mélyfekvésű legelők botanikai összetételére. Agrártudományi közlemények 73, 57–62. p.

Magyar I. E., Szemán L.: 2004. Mezőgazdasági érték vizsgálata telepített extenzív gyepeken. Gyepgazdálkodási közlemények 2, 29–30. p. https://doi.org/10.55725/gygk/2004/2/1-2/10460

Máthé I., Kovács M.: 1960. Vegetationstudien im Mátragebirge. Acta Botanica Hungarica 6 (3–4), 343–382. p.

Mucsi I.: 1994. A juh és a legelő korszerű kapcsolata. In: Nagy G. (szerk.): A gyepgazdálkodás az állattartás szolgálatában, 176–179. DATE Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen.

Nagy G.: 2003. A gyepterületek mezőgazdasági értékének meghatározása. In: Jávor A. (szerk.): Legeltetéses állattartást!, 271–279. DEATC Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar, MTA Agrártudományok Osztály, Debrecen.

Nagy Z., Szente K., Tuba Z.: 2007. Gyepvegetáció akklimatizációja emelt légköri szén-dioxid-koncentrációhoz. Magyar Tudomány 2007/10, 1258–1265. p.

Penksza K., Viszló L., Szentes Sz., Stilling F., Fűrész A.: 2022. Telepített és felújított gyepek, parlagok összehasonlító botanikai, gyepgazdálkodási vizsgálata. AWETH 18 (2), 126–144. https://doi.org/10.17205/SZIE.AWETH.2022.2.126

Rezneki R.: 2019. Természetközeli gazdálkodási gyakorlatok útmutatója, Gazdálkodás Natura 2000 gyepterületeken, 11–55.

Sallai–Harcsa M.: 2015. Gyepalkotók faji összetételének alakulása adott ökológiai és gazdálkodási tényezők hatására. Doktori értekezlet, Gödöllő, 5.

Sándor I.: 2009. A juhok legeltetésének szerepe a természetvédelemben. Gyepgazdálkodási közlemények 7, 95–96. p.

Simon T.: 1988. A hazai edényes flóra természetvédelmi értékbesorolása. Abstracta Botanica 12, 1–23. p.

Simon T.: 1992. A magyarországi edényes flóra határozója. Harasztok-virágos növények. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 201–825. p.

Simon T.: 2000: A magyarországi edényes flóra határozója. Tankönyvkiadó, Budapest.

Soó, R.: 1960. Magyarország új florisztikai-növényföldrajzi beosztása. MTA Biológiai Csoportjának Közleménye 4 (1–2), 43–82. p.

Soó R.: 1964–1980. A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve I–VI. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Szász G.: 2002. A klimatikus természeti erőforrások hasznosulása a hazai növénytermesztésben. In: Jávor A. (szerk.): DATE Közlemények 9, 101–106. p. Debreceni Egyetem, Debrecen.

Szentes Sz., Bajnok M., Wagenhoffer Zs., Lepossa A., Pólyáné H. B., Tasi J.: 2024. A gyep és néhány hozzá kapcsolódó fogalom meghatározása, Gyepgazdálkodási fogalomtár 1. rész. Gyepgazdálkodási közlemények, 39–41. p. https://doi.org/10.55725/gygk/2024/22/1/14266

Szűcsné P. J.: 1992. A telepített legelő állateltartó képessége. In: Vinczeffy I. (szerk.): Természetes állattartás 2, 217–225. p. DATE, Debrecen.

Tasi J., Bajnok M., Halász A., Szabó F., Harkányiné Székely Zs., Láng V.: 2014. Magyarországi komplex gyepgazdálkodási adatbázis létrehozásának első lépései és eredményei. Gyepgazdálkodási közlemények 2014 (1–2), 57–64. p https://doi.org/10.55725/gygk/2014/12/1-2/9770

Tasi J.: 2010. Gyepgazdálkodás. Egyetemi jegyzet, Szent István Egyetem, Gödöllő.

Tóth S.: 2010. A gyephasznosítás klasszikus és korszerű elvei, technológiái, eszközei. Gyepgazdálkodási közlemények 2, 65–66. p.

Török P., Tóthmérész B.: 2013. Gyeptelepítés elmélete és gyakorlata az ökológiai szemléletű gazdálkodásban. Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet, Fót, 9, 20. p.

Valkó O., Török P., Matus G., Tóthmérész B.: 2012. Is regular mowing the most appropriate and cost-effective management maintaining diversity and biomass of target forbs in mountain hay meadows? Flora, 303. https://doi.org/10.1016/j.flora.2012.02.003

Varga I.: 2023. Future Direction to Support the Management of Protected and Natura 2000 Grasslands, Results-based Payments. CEEweb for Biodiversity, Budapest, 4–5. p.

Vigh Sz., Cziáky Z., Sinka L. T., Pribac C., Moş L., Turcuş V., Reményik J., Máthé E.: 2017. Comparative chemomapping of phytoconstituents from different extracts of globe artichoke – *Cynara scolymus* L. Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chemia 62 (2), 125–143. p. https://doi.org/10.24193/subbchem.2017.2.10

Vinczeffy I.: 1990. A gyep állateltartó képessége. Az állattenyésztés fejlesztéséért, Debrecen, 134–143. p.

Vinczeffy I.: 1993. Legelő- és gyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Viszló L.: 2012. Természetkímélő gyepgazdálkodás. Pro Vértes Természetvédelmi Közalapítvány, 35–38. p.

EXAMINATION OF THE LIVESTOCK CARRYING CAPACITY AND NATURE CONSERVATION STATUS OF A NATURA 2000 GRASSLAND

Csilla Tóth, Fanni Kiss

University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
toth.csilla@nye.hu

Summary
The aim of our study was to comprehensively assess the livestock carrying capacity, agricultural value, and nature conservation status of a 14.4-hectare Natura 2000 grassland near Sajóvámos (Borsod-Abaúj-Zemplén County, Hungary), managed by a private farm. The grassland is utilised by a flock of 210 sheep (Hungarian Merino and Hungarian Racka breeds) under free, shepherded grazing. Based on botanical surveys and cutting trials carried out during the 2023 and 2024 growing seasons, 29 plant species were identified in the study area. The agricultural value calculated using the method of Nagy (2003) was 6.09, corresponding to a weak, low-value category. The number (20) and coverage (77%) of species indicating degradation were considerable, and according to the Borhidi (1993) naturalness index the grassland can be classified as moderately natural (185 points). In contrast, the calculated carrying capacity showed that the current stocking rate of 14 sheep/ha was in balance with the actual carrying capacity of the grassland in both years, and grassland production was adequate. The results highlight that the absence of certain agrotechnical interventions (irrigation, nutrient supplementation, weed control, oversowing) restricted by Natura 2000 regulations may lead to further degradation of the grassland in the long term, despite the current grazing intensity being sustainable.

Keywords
Natura 2000, grassland management, livestock carrying capacity, agricultural value, nature conservation value, grazing

ROVARTRÁGYA HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A TALAJ FIZIKAI ÉS KÉMIAI JELLEMZŐIRE ÉS AZ ÉDESBURGONYA TERMÉSHOZAMÁRA

Uri Zsuzsanna[1] *– Irinyiné Oláh Katalin*[1] *– Varga Máté Csaba*[1] *– Szabó Balázs*[1]

[1] Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: uri.zsuzsanna@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.31

Bevezetés

A talaj a mezőgazdasági termelés egyik legfontosabb természeti erőforrása, amelynek fizikai, kémiai és biológiai állapota alapvetően meghatározza a növénytermesztés eredményességét és hosszú távú fenntarthatóságát. A talajtermékenység megőrzése napjainkban egyre nagyobb kihívást jelent, mivel a mezőgazdasági művelés intenzifikációja, a kedvezőtlen klimatikus hatások és a nem megfelelő talajhasználat együttesen hozzájárulnak a talajok degradációjához. A talajerózió, a szervesanyag-tartalom csökkenése, valamint a tápanyagkészletek kimerülése világszerte, így Magyarországon is jelentős problémát jelent, amely kedvezőtlenül befolyásolja a talaj szerkezetét, vízgazdálkodását, tápanyagszolgáltató képességét és végső soron a terméshozamokat.

A fenntartható mezőgazdasági termelési rendszerek egyik alapvető célja a talaj termékenységének hosszú távú fenntartása, amelyhez elengedhetetlen a megfelelő tápanyag-utánpótlás biztosítása. Ezekben a rendszerekben a tápanyagellátás egyre inkább komplex szervesanyag-alapú megoldásokra épül, amelyek nem csupán a növények számára szükséges makro- és mikroelemeket pótolják, hanem hozzájárulnak a talaj szervesanyag-készletének növeléséhez, a talajszerkezet javításához és a talajbiológiai aktivitás fokozásához is. Ennek eredményeként javulhat a talaj vízmegtartó képessége, szerkezeti stabilitása és ellenálló képessége a környezeti stresszhatásokkal szemben.

Az elmúlt években egyre nagyobb figyelem irányult az alternatív szerves trágyák alkalmazására, amelyek közül kiemelkedő jelentőségűek a rovaralapúak. A rovartrágya a körforgásos gazdaság szemléletébe jól illeszkedő, innovatív tápanyagforrásnak tekinthető. Magas szervesanyag-tartalma, kedvező tápanyag-összetétele és biológiailag aktív komponensei révén hozzájárulhat a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak javításához, miközben csökkentheti a szintetikus műtrágyák alkalmazásából eredő környezeti terhelést. A rovartrágyák alkalmazása ezért ígéretes lehetőséget jelent a talajdegradáció mérséklésére és a talajtermékenység fenntartására.

Jelen kutatás célja a fekete katonalégy-rovartrágya talajra gyakorolt hatásának vizsgálata volt, különös tekintettel a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak változására. Ennek érdekében édesburgonya termesztése során meghatároztuk a talaj pH-értékét, Arany-féle kötöttségi számát, vízben oldható összes só-, szénsavasmész- és humusztartalmát, valamint elemeztük a nitrogén-, foszfor- és káliumtartalom alakulását. Emellett értékeltük a rovartrágya hatását az édesburgonya terméshozamára, továbbá összehasonlítottuk az eltérő ültetési módok terméshozamra gyakorolt hatását. A vizsgálat eredményei hozzájárulhatnak a fenntartható tápanyag-gazdálkodási gyakorlatok fejlesztéséhez.

Irodalmi áttekintés

A fekete katonalégy (*Hermetia illucens* L.) Közép- és Dél-Amerikában őshonos, de ma már világszerte elterjedt faj. A tenyésztése során keletkező rovartrágya a lárvák ürülékéből, levedlett kültakarójából, a fel nem használt takarmánymaradványokból, valamint hasznos mikroorganizmusokból álló melléktermék, amely a rovarfehérje-előállítás során keletkezik. Összetételét elsősorban a rovar faja, a takarmány összetétele és a tartási technológia határozza meg. A rovartrágya jelentős mennyiségű szerves szenet, nitrogént, foszfort, káliumot, kalciumot, magnéziumot és mikroelemeket tartalmaz. Emellett kitinje nemcsak tápanyagforrásként szolgál,

hanem a mikrobiális eredetű vegyületekkel együtt kedvezően befolyásolhatja a talaj biológiai aktivitását is (Watson et al., 2022; Manan et al., 2024; Praeg és Klammsteiner, 2024). Ennek következtében fokozódik a szerves anyagok lebomlása és a tápanyagok mineralizációja, ami hosszabb távon javíthatja a talaj termékenységét. A rövid távú inkubációs vizsgálatok szerint azonban a nitrogén-felszabadulás üteme függ a rovartrágya összetételétől és a talaj tulajdonságaitól, ezért bizonyos esetekben a szervetlen nitrogénnel történő kombinált kijuttatás kedvezőbb eredményt biztosíthat (Houben et al., 2021).

Az elmúlt évek kutatásai arra utalnak, hogy a rovartrágya nem csupán tápanyagforrásként funkcionál, hanem komplex módon javítja a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait. Emiatt a szakirodalom egyre gyakrabban tekinti a rovartrágyát olyan talajjavító anyagnak, amely részben kiválthatja a hagyományos ásványi műtrágyákat, miközben csökkenti azok környezeti terhelését (Manan et al., 2024.).

Houben és munkatársai (2020) a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor* L.) trágyájának trágyázási értékét vizsgálták. Kísérletükben 10 t/ha dózisban alkalmazott rovartrágya hatását hasonlították össze azonos NPK-tartalmú műtrágyával. Eredményeik szerint a rovartrágyával kezelt növények biomassza-termelése, valamint nitrogén-, foszfor- és káliumfelvétele statisztikailag nem különbözött a műtrágyás kezeléstől. A talaj vízoldható foszforkoncentrációja ugyanakkor ötször alacsonyabb volt, ami mérsékelheti a foszfor kimosódását és környezeti veszteségeit. A vizsgálat kimutatta továbbá, hogy a rovartrágya gyors mineralizációja révén a növények számára könnyen felvehető tápanyagokat biztosít, tápanyag-szolgáltató képessége megközelíti az ásványi műtrágyákét, miközben a talaj mikrobiológiai aktivitása jelentősen növekedett.

Beesigamukama és munkatársai (2022) nagyüzemi körülmények között tenyésztett kilenc különböző rovarfaj trágyájának kémiai összetételét elemezték. Megállapították, hogy a nitrogéntartalom 2–6% volt, míg a foszfor- és káliumtartalom jelentős fajok közötti eltéréseket mutatott. A vizsgált trágyák C/N aránya kedvező volt a mikrobiális lebomlás és a tápanyag-felszabadulás szempontjából, ezért alkalmasnak bizonyultak szerves trágyaként történő felhasználásra.

A rovartrágya magas szervesanyag-tartalma elősegíti a talajszerkezet javulását. A szerves kolloidok növelik az aggregátumképződést, javítják a porozitást és fokozzák a vízmegtartó képességet. Bár a hosszú távú szántóföldi kísérletek száma még korlátozott, több vizsgálat igazolta, hogy a rovartrágya alkalmazása csökkenti a talaj tömörödését, javítja a levegő- és vízgazdálkodást, ezáltal kedvezőbb gyökérfejlődési feltételeket teremt (Manan et al., 2024).

Számos kutatás igazolta, hogy a rovartrágya növeli a talaj összes nitrogén-, foszfor- és káliumtartalmát, valamint elősegíti a szerves szén felhalmozódását. A tápanyagok fokozatos feltáródása miatt a veszteségek kisebbek, mint a könnyen oldódó műtrágyák esetében, ami javítja a tápanyag-hasznosulás hatékonyságát (Houben et al., 2020).

Antoniadis és munkatársai (2023) spenóttal végzett kísérletükben fekete katonalégy (*Hermetia illucens* L.) trágyáját alkalmazták különböző dózisokban. A kezelés hatására nőtt a talaj szervesanyag-tartalma, javult a tápanyag-ellátottság, emelkedett a növények nitrogén- és káliumtartalma, valamint fokozódott a fotoszintetikus aktivitás. A terméshozam a kontrollhoz képest szignifikánsan magasabb volt.

Romano és munkatársai (2022) szabadföldi kísérletben a fekete katonalégy-trágya hatását vizsgálták édesburgonya dugványok nevelése során két dózisban (333,7 és 667,4 g/m²). Eredményeik szerint a nagyobb dózisban kijuttatott rovartrágya a hajtások növekedését (a hajtások hosszát, a nóduszok számát, a szárátmérőt) és ásványianyag-tartalmát tekintve nem különbözött szignifikánsan a műtrágyás kezeléstől, miközben a gazdaságossági elemzés alapján is versenyképes alternatívának bizonyult. Arra a következtetésre jutottak, hogy a rovartrágya fenntartható tápanyagforrásként alkalmazható az édesburgonya szaporítóanyag-előállításában.

A legújabb szántóföldi eredmények szerint a fekete katonalégy-trágya nemcsak az édesburgonya vegetatív fejlődését, hanem a gumótermését is kedvezően befolyásolhatja. Divya és munkatársai

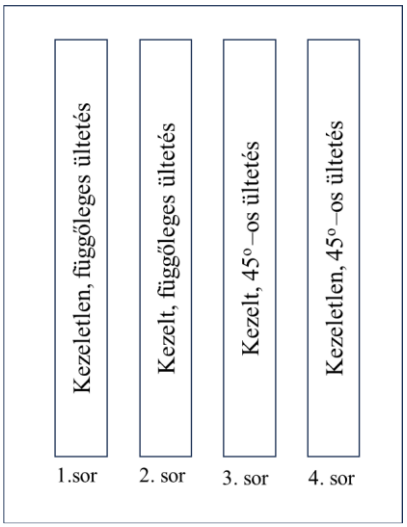
(2025) kimutatták, hogy a rovartrágya kezelések édesburgonyában növelték a gumók méreté, javították azok minőségét, valamint a kontroll kezeléshez viszonyítva kedvezően hatottak a talaj tápanyag-ellátottságára.

Anyag és módszer

Szabadföldi, kisparcellás tápanyag-utánpótlási kísérletünket a Nyíregyházi Egyetem Bemutatókertjében állítottuk be. A kísérleti terület talajának genetikai típusa humuszos homok. A korábbi kísérletünk (Uri et al., 2024) során, 2023. június 26-án végzett talajvizsgálatok alapján a talaj kémhatása semleges ($pH_{(KCl)}$ = 6,9). Az Arany-féle kötöttségi szám (KA = 30) szerint fizikai félesége homok. Vízoldható összes sótartalma nem jelentős, 0,02 m/m% alatti. Humusztartalma 4,47 m/m%, amely termőhelyi kategóriáján belül, 30-38 közötti kötöttség esetén igen jó értéknek tekinthető. A 8,1 m/m%-os szénsavas mésztartalom alapján a talaj közepesen meszes. Nitrát-nitrogén-tartalma 10,7 mg/kg. A talaj felvehető (AL-oldható) foszfortartalma (484 mg/kg) igen jó, míg káliumtartalma (295 mg/kg) jó tápanyag-ellátottsági szintet jelez.

A rovartrágyás kísérletet édesburgonyával (*Ipomoea batatas* L.) végeztük. A kísérletben az Ásotthalmi-12 fajtát alkalmaztuk, amely magyar nemesítésű, és a hazai termesztési körülményekhez szelektáltak. Tenyészideje megközelítőleg 110 nap. Nagyüzemi termesztésre is alkalmas. Gumói egyöntetű alakúak, húsuk élénk narancssárga, héjuk barnás-rézszínű. A fajta univerzálisan felhasználható, kedvező beltartalmi és érzékszervi tulajdonságokkal rendelkezik. Az Ásotthalmi-12 fajta nagyfokú ellenállóságot mutat a gyökérgubacs-fonálférgekkel (*Meloidogyne* spp.), valamint a fuzáriumos gumó- és gyökérrothadással (*Fusarium oxysporum, Fusarium solani*) szemben. Emellett közepes ellenállósággal rendelkezik az édesburgonya-varasodással (*Streptomyces* spp.), a fuzáriumos tőhervadással (*Fusarium oxysporum*), a rizópuszos gumórothadással (*Rhizopus* spp.) és a baktériumos lágyrothadással (*Erwinia* spp.) szemben (Internet 1.).

A kísérlet során rotációs kapával végzett talajelőkészítést követően a dugványok szabadföldi kiültetésére 2024. május 13-án került sor 80 cm-es sortávolságot és 40 cm-es tőtávolságot alkalmazva. Egy sorba 28 palántát ültettünk. Trágyázási kísérletünkben összesen négy sort alakítottunk ki az 1. ábrán látható elrendezés szerint. Két sorban (az 1. és 2. sorban) a dugványokat függőlegesen (90° fokos szögben), két sorban (a 3. és 4. sorban) ferdén (45°-os szögben) helyeztük a talajba.



1. ábra. A rovartrágyával beállított kísérlet elrendezése (Nyíregyháza, 2024.05.13.)

Kísérletünkben szerves trágyaként pelletált fekete katonalégy rovartrágyát (2. ábra) alkalmaztunk. A felhasznált, holland eredetű trágyázószer savanyú kémhatású (pH = 6),

szervesanyag-tartalma 78,5%. A készítmény 3,24% nitrogént, 2,5% P_2O_5-t, valamint 2,7% K_2O-ot tartalmaz.

A kísérleti területen a vizsgálatot megelőző évben paradicsomot termesztettünk, amely fejtrágyaként szintén 250 kg/ha dózisban kijuttatott rovartrágyában részesült (Uri et al., 2024). Jelen kísérletben a rovartrágyát közvetlenül az ültetés előtt, 2024. május 13-án dolgoztuk be a talajba 1000 kg/ha dózisnak megfelelő mennyiségben a kezelt sorokban (1. ábra). A tenyészidő során további tápanyag-utánpótlást nem alkalmaztunk. A kontroll sorok tápanyag-utánpótlásban nem részesültek (1. ábra).

A termesztés során az állomány öntözését csepegtető öntözőrendszerrel rendszeresen biztosítottuk. Az ültetést követően, a sorzáródásig a növényállományt rendszeres kapálással gyommentesen tartottuk. A tenyészidőszak során vegyszeres növényvédelmet nem alkalmaztunk.

A betakarítást 2024. október 8-án végeztük. A termésmennyiséget kezelésenként és növényenként az összes betakarított termés tömegének meghatározásával értékeltük.



2. ábra. A kísérletben alkalmazott pelletált rovartrágya (Nyíregyháza, 2024.05.13.)

A talajmintavételeket az MSZ-08 0202:1977 számú magyar szabvány előírásainak megfelelően végeztük, amely az agronómiai célú talajvizsgálatok mintavételi eljárását szabályozza. A mintavételhez pontmintavevőt alkalmaztunk. A talajminták a 0-30 cm-es talajrétegből származtak. Soronként 20 pontmintából képeztünk egy átlagmintát. A kísérlet kiindulási talajállapotának jellemzéséhez a korábbi kísérlet (Uri et al., 2024) lezárását követően, 2023. szeptember 11-én vett talajminta vizsgálati eredményeit használtuk fel. A második mintavételt a kísérlet végén, közvetlenül a batáta betakarítása előtt, 2024. október 8-án végeztük.

A talajminták analitikai vizsgálata a Farmmix-Agro Kft. (Szamosszeg) akkreditált laboratóriumában történt, amely mezőgazdasági célú fizikai és kémiai talajvizsgálatok végzésére szakosodott.

Eredmények és értékelésük

A rovartrágya hatása a talaj általános fizikai és kémiai jellemzőire

A fekete katonalégy-rovartrágya talajfizikai és -kémiai jellemzőire gyakorolt hatásának vizsgálata során megállapítottuk, hogy az Arany-féle kötöttségi szám (KA = 30) a kísérlet teljes időtartama alatt változatlan maradt. A vízoldható összes só koncentrációja valamennyi kezelés talajmintájában a kimutatási határérték alatt maradt.

Az 1. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a rovartrágya kijuttatása a tenyészidőszak során nem eredményezett számottevő változást a talaj kémhatásában. A pH(H_2O) értékei

valamennyi kezelésben 7,3-7,4, míg a pH(KCl) értékei 6,8-7,0 között alakultak, ami azt jelzi, hogy a talaj semleges kémhatása a vizsgálati időszak végéig fennmaradt.

A talaj humusztartalma a termőhelyi kategóriájában igen jónak tekinthető. A vizsgált időszakban a humusztartalom alakulása a különböző kezelések hatására eltérő tendenciát mutatott. A függőleges ültetésű, rovartrágyával kezelt parcellában a humusztartalom 2,70 m/m%-ról 3,39 m/m%-ra emelkedett, ami a rovartrágya kedvező hatására utalhat. Ezzel szemben a 45°-os ültetésű, kezelt sorban enyhe csökkenés volt megfigyelhető (2,98 m/m%-ról 2,62 m/m%-ra). A függőleges ültetésű kontroll sor humusztartalma gyakorlatilag változatlan maradt (3,31 m/m%-ról 3,26 m/m%-ra), míg a 45°-os ültetésű kontroll sorban jelentős növekedést tapasztaltunk (2,65 m/m%-ról 6,25 m/m%-ra) (1. táblázat). Ez utóbbi érték jelentősen eltér a többi kezelés eredményeitől, ezért feltételezhető, hogy hátterében mérési vagy mintavételi hiba is állhat, amelynek tisztázása további vizsgálatot igényel.

A szénsavas mésztartalom ($CaCO_3$) a vizsgálat során 4,73-7,30% között alakult, ami közepesen meszes talajra utal. A függőleges ültetésű sorokban a szénsavas mésztartalom csökkenő tendenciát mutatott, a kontroll sorban a kezdeti 7,30%-os érték a betakarítás időpontjára 4,73%-ra, míg a rovartrágyával kezelt sorban 6,44%-ról 6,19%-ra mérséklődött. Ezzel szemben a 45°-os ültetésű sorban növekedés volt megfigyelhető. A rovartrágyával kezelt sorban a szénsavas mésztartalom 5,30%-ról 6,57%-ra emelkedett, míg a kontroll esetében 5,94%-ról ugyancsak 6,57%-ra nőtt (1. táblázat).

1. táblázat. Fekete katonalégy-trágya hatása a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira (Nyíregyháza, 2024)

Kezelések	**Mintavétel ideje**	**$pH_{(H_2O)}$**	**$pH_{(KCl)}$**	**Humusz (m/m%)**	**Szénsavas mész (m/m%)**
1. Függőleges kontroll	Kísérlet eleje	7,3	7,0	3,31	7,30
2. Függőleges kezelt		7,3	6,9	2,70	6,44
3. Ferde kezelt		7,3	7,0	2,98	6,30
4. Ferde kontroll		7,4	7,0	2,65	5,94
1. Függőleges kontroll	Kísérlet vége	7,4	6,8	3,26	4,73
2. Függőleges kezelt		7,3	6,9	3,39	6,19
3. Ferde kezelt		7,4	7,0	2,62	6,07
4. Ferde kontroll		7,4	7,0	6,25	6,57

A rovartrágya hatása a talaj tápanyag-tartalmára

A talaj NO_2^- + NO_3^--N tartalma (2. táblázat) a betakarítás időpontjára valamennyi kezelésben csökkent. A legnagyobb mértékű csökkenés a függőleges ültetésű, kontroll sorban volt megfigyelhető, ahol az érték 17,1 mg/kg-ról 5,68 mg/kg-ra mérséklődött. A rovartrágyával kezelt sorban szintén csökkenés következett be a tenyészidőszak során, ugyanakkor a betakarításkor mért nitrogéntartalom magasabb maradt, mint a megfelelő kontroll sorokban. A függőleges ültetésű, kezelt sorban 7,79 mg/kg, míg a 45°-os ültetésű, kezelt sorban 10,0 mg/kg NO_2^- + NO_3^--N koncentrációt mértünk, ami arra utal, hogy a rovartrágya hozzájárulhatott a talaj ásványi nitrogénkészletének fenntartásához.

A kísérleti talaj AL-oldható foszfortartalma a vizsgálat teljes időtartama alatt igen jó tápanyag-ellátottsági szintnek felelt meg. A foszfortartalom alakulása (2. táblázat) kedvezőbb tendenciát mutatott a rovartrágyával kezelt sorokban. A függőleges ültetésű, kezelt sorban az AL-oldható P_2O_5-tartalom 408 mg/kg-ról 554 mg/kg-ra emelkedett, míg a ferde ültetésű, trágyázott sorban a kiindulási 571 mg/kg-os érték a tenyészidőszak végére változatlan maradt. A kontroll sorok közül a függőleges ültetésűben csökkenés volt megfigyelhető (398 mg/kg-ról 346 mg/kg-ra), míg a 45°-os ültetésű kontrollban a foszfortartalom 457 mg/kg-ról 608 mg/kg-ra emelkedett.

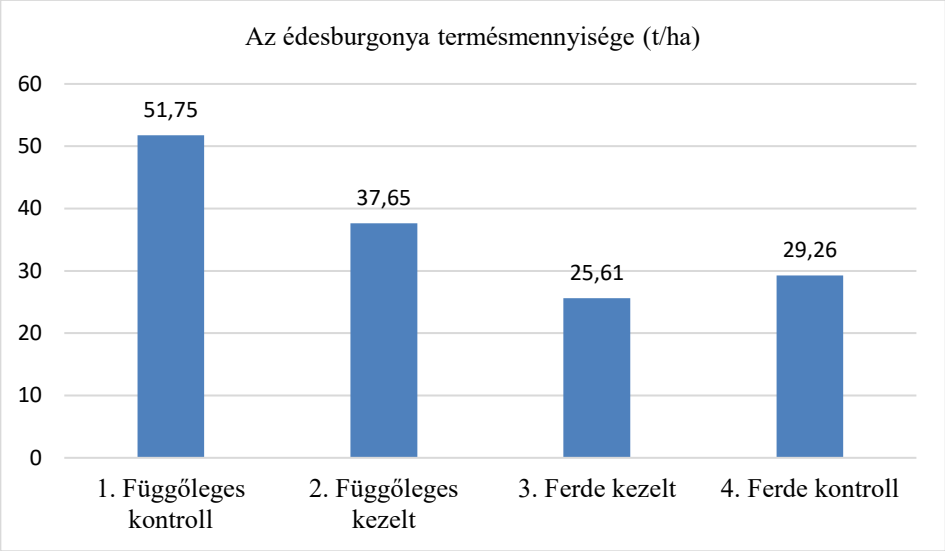
2. táblázat. Fekete katonalégy-trágya hatása a talaj tápanyag-tartalmára (Nyíregyháza, 2024)

Kezelések	**Mintavétel ideje**	**NO_2^-+NO_3^--N (mg/kg)**	**AL-P_2O_5 (mg/kg)**	**AL-K_2O (mg/kg)**
1. Függőleges kontroll	Kísérlet eleje	17,1	398	159
2. Függőleges kezelt		21,1	408	155
3. Ferde kezelt		19,2	571	196
4. Ferde kontroll		22,0	457	233
1. Függőleges kontroll	Kísérlet vége	5,68	346	153
2. Függőleges kezelt		7,79	554	199
3. Ferde kezelt		10,0	571	172
4. Ferde kontroll		8,59	608	210

A kísérleti talaj AL-oldható káliumtartalma a mért értékek alapján közepes tápanyag-ellátottsági szintnek felelt meg. A káliumtartalom alakulása (2. táblázat) alapján a legnagyobb növekedés a függőleges ültetésű, rovartrágyával kezelt sorban volt megfigyelhető, ahol az AL-oldható K_2O-tartalom 155 mg/kg-ról 199 mg/kg-ra emelkedett, ami a rovartrágya kedvező hatására utalhat. Ezzel szemben a 45°-os ültetésű, kezelt sorban a káliumtartalom 196 mg/kg-ról 172 mg/kg-ra csökkent. A kontroll sorokban kisebb mértékű változások következtek be. A függőleges ültetésű kontrollban enyhe csökkenés volt megfigyelhető (159 mg/kg-ról 153 mg/kg-ra), míg a 45°-os ültetésű kontrollban a káliumtartalom 233 mg/kg-ról 210 mg/kg-ra mérséklődött.

A rovartrágya és az ültetési módok hatása az édesburgonya termésmennyiségére

Az édesburgonya terméshozamát a rovartrágya alkalmazása és az eltérő ültetési módok egyaránt befolyásolták (3. ábra). Az Ásotthalmi-12 batátafajta esetében a 30-45 t/ha közötti terméshozam tekinthető átlagosnak. A vizsgálat során kapott terméseredmények többsége ebbe a tartományba esett. A legnagyobb terméshozamot a függőleges ültetésű kontroll esetében mértük, ahol a termésmennyiség 51,75 t/ha volt. Ez az érték jelentősen meghaladta a fajta átlagos terméshozamát. Ugyanezen ültetési mód mellett a rovartrágyával kezelt sor 37,65 t/ha terméshozamot ért el, amely az átlagos termésszint tartományában helyezkedik el. Ez a kezelés azonban a kontrollhoz képest mintegy 27%-os terméscsökkenést eredményezett.



3. ábra. A rovartrágya és az ültetési módok hatása az édesburgonya termésmennyiségére (t/ha) (Nyíregyháza, 2024)

A 45°-os ültetési mód esetében a rovartrágyával kezelt sor termése 25,61 t/ha, míg a kontrollé 29,26 t/ha volt, amelyek a szakirodalomban megadott átlagos termésszint alsó tartománya alatt, illetve annak közelében helyezkednek el. A rovartrágya alkalmazása ebben az ültetési módban szintén nem eredményezett termésnövekedést, a kezelt állomány termése mintegy 12,5%-kal maradt el a kontrollhoz képest (3. ábra). Az ültetési módok összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a függőleges ültetés mind a kontroll-, mind a rovartrágyával kezelt állományban nagyobb terméshozamot eredményezett, mint a 45°-os ültetés (3. ábra).

Következtetések

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a rovartrágya egy tenyészidőszak alatt nem okozott jelentős változást a talaj általános fizikai tulajdonságaiban és kémhatásában. Az Arany-féle kötöttségi szám, valamint a vízoldható összes sótartalom változatlan maradt, míg a talaj semleges kémhatása a vizsgálat teljes időtartama alatt fennmaradt. A talaj szervesanyag-tartalmának alakulása alapján a fekete katonalégy-rovartrágya kedvező hatása elsősorban a függőleges ültetésű kezelt sorban volt megfigyelhető, ahol a humusztartalom növekedett. Ugyanakkor a különböző kezelések között eltérő tendenciák jelentkeztek, amelyek arra utalnak, hogy a rovartrágya szervesanyag-feltáródásra gyakorolt hatása hosszabb távú vizsgálatokkal értékelhető megbízhatóbban.

A tápanyagvizsgálatok eredményei alapján a rovartrágya elsősorban a talaj foszfor- és káliumellátottságának fenntartásában mutatott kedvező hatást. A függőleges ültetésű, kezelt parcellában az AL-oldható foszfor- és káliumtartalom növekedett, ami arra utal, hogy a rovartrágya hozzájárulhatott a növények számára felvehető tápanyagok biztosításához. A talaj ásványi nitrogéntartalma valamennyi kezelésben csökkent a tenyészidőszak végére, ami a növények tápanyag felvételével magyarázható, azonban a rovartrágyával kezelt sorokban a betakarításkor magasabb értékeket mértünk a kontrollhoz képest, ami a nitrogén-utánpótló hatás lehetőségét jelzi.

Az édesburgonya terméseredményei alapján az ültetési mód jelentős hatással volt a terméshozamra. A függőleges ültetés mind a kontroll-, mind a rovartrágyával kezelt állományban nagyobb termést eredményezett a 45°-os ültetéshez képest. A legnagyobb terméshozamot a függőleges kontroll kezelésben értük el (51,75 t/ha), amely meghaladta az Ásotthalmi-12 fajta szakirodalomban megadott átlagos termésszintjét. A rovartrágya alkalmazása ugyanakkor egyik ültetési módban sem növelte a terméshozamot, a kezelt parcellákban alacsonyabb termésértékeket kaptunk a kontrollhoz képest.

Összességében megállapítható, hogy a fekete katonalégy-rovartrágya perspektivikus szerves tápanyagforrás lehet, azonban termesztéstechnológiai alkalmazásának pontos meghatározásához további, hosszabb időtartamú vizsgálatok szükségesek.

Összefoglalás

A vizsgálat célja a fekete katonalégy-rovartrágya talajra és az édesburgonya-termesztésre gyakorolt hatásának értékelése volt eltérő ültetési módok alkalmazása mellett. A kísérletet a Nyíregyházi Egyetem Bemutatókertjében, humuszos homoktalajon állítottuk be. A vizsgálat során a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait, valamint az édesburgonya terméshozamát értékeltük. Az eredmények alapján a rovartrágya a talaj kémhatását, kötöttségét és sótartalmát számottevően nem befolyásolta. A tápanyagvizsgálatok kedvező hatást elsősorban a foszfor- és káliumtartalom alakulásában mutattak ki, különösen a függőleges ültetésű kezelt sorokban. A talaj ásványi nitrogéntartalma a tenyészidőszak során csökkent, ugyanakkor a betakarítás időpontjában a rovartrágyával kezelt sorokban magasabb értékeket mértünk, mint a kontroll kezelésekben. Az édesburgonya terméshozamát elsősorban az ültetési mód befolyásolta. A függőleges ültetés nagyobb termést eredményezett, mint a 45°-os ültetés. A legnagyobb terméshozamot a függőleges kontroll kezelésben mértünk (51,75 t/ha), amely meghaladta az Ásotthalmi-12 fajta átlagos termésszintjét. Vizsgálataink alapján a fekete katonalégy-rovartrágya alkalmazása kedvezően befolyásolhatja a talaj tápanyag-szolgáltató képességét, ugyanakkor az alkalmazott termesztési körülmények között rövid távon nem eredményezett kimutatható termésnövelő hatást.

Kulcsszavak: fekete katonalégy (*Hermetia illucens* L.) rovartrágya, édesburgonya (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), tápanyag-utánpótlás, talajtulajdonságok, terméshozam

Irodalom

Antoniadis, V., Molla, A., Grammenou, A., Apostolidis, V., Athanassiou, C. G.,·Rumbos, C. I., & Levizou, E. (2023). Insect Frass as a Novel Organic Soil Fertilizer for the Cultivation of Spinach (*Spinacia oleracea*): Effects on Soil Properties, Plant Physiological Parameters, and Nutrient Status. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 23:5935–5944
https://doi.org/10.1007/s42729-023-01451-9

Beesigamukama, D., Subramanian, S., Tanga, C.M. (2022). Nutrient quality and maturity status of frass fertilizer from nine edible insects. Scientific Reports. 12, 7182.
https://doi.org/10.1038/s41598-022-11336-z.

Divya, P., Venugopal, G., Ravi, P., & Satyanarayana, G. (2025). Effect of black soldier fly larval frass on yield and quality of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). Plant Archives Vol. 25, No. 2, pp. 2045-2052.
https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2025.v25.no.2.295

Houben, D., Daoulas, G., Faucon, M.-P., & Dulaurent, A.-M. (2020). Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. Scientific Reports, 10, 4659.
https://doi.org/10.1038/s41598-020-61765-x.

Houben, D., Daoulas, G., & Dulaurent, A.-M. (2021). Assessment of the Short-Term Fertilizer Potential of Mealworm Frass Using a Pot Experiment. Frontiers in Sustainable Food Systems, 5, 714596.
https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.714596.

Manan, F. A., Yeoh,Y.-K., Chai, T.-T., & Wong, F.-C. (2024). Unlocking the potential of black soldier fly frass as a sustainable organic fertilizer: A review of recent studies. Journal of Environmental Management, Volume 367, September 2024, 121997
https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121997

Praeg, N., & Klammsteiner T. (2024). Primary study on frass fertilizers from mass-reared insects: Species variation, heat treatment effects, and implications for soil application at laboratory scale. Journal of Environmental Management, Volume 356, April 2024, 120622.
https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120622.

Romano, N., Fischer, H., Powell, A., Sinha, A. K., Islam, S., Deb, U., & Francis, S. (2022). Applications of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Frass on Sweetpotato Slip Production, Mineral Content and Benefit-Cost Analysis. Agronomy, 12, 928.

https://doi.org/10.3390/agronomy12040928

Uri, Zs., Irinyiné Oláh, K., Szabó, B., & Varga, M. Cs. (2024). Rovartrágya termésnövelő hatásának vizsgálata szabadföldi paradicsomtermesztésben. = Investigation of black soldier fly frass fertilizer's yield-enhancing effect in open-field tomato cultivation. In: Fenntartható Tápanyag-gazdálkodási Tudományos Műhely Konferenciája 2024. Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában: Konferencia kiadvány. Nyíregyháza: Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, pp 153-160. ISBN 9786156032720
https://agrtud.nye.hu/sites/agrtud.nye.hu/files/Konferencia/FTGTM%20Konferencia%20Kiadv%C3%A1ny_2024.pdf

Watson, C., Houben, D., & Wichern, F. (2022). Editorial: Frass: The Legacy of Larvae – Benefits and Risks of Residues From Insect Production. Frontiers in Sustainable Food Systems, 6.
https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.889004.

MSZ-08 0202:1977. Helyszíni mintavétel mezőgazdasági célú talajvizsgálatokhoz.

Internet 1. https://bivalyos.hu/termek/asotthalmi-12-batata-szaporitoanyag/

EFFECT OF BLACK SOLDIER FLY FRASS ON SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES AND SWEET POTATO YIELD

[1]Zsuzsanna Uri, [1]Katalin Irinyiné Oláh, [1]Máté Csaba Varga, [1]Balázs Szabó

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
uri.zsuzsanna@nye.hu

Summary

The aim of our study was to evaluate the effect of black soldier fly frass on soil properties and sweet potato production using different planting methods. The experiment was set up in the Demonstration Garden of the University of Nyíregyháza, on humus sandy soil. During the study, the physical and chemical properties of the soil and the sweet potato yield were evaluated. Based on the results, the application of frass did not cause significant changes in soil pH, soil texture, or salt content. According to the nutrient analyses, a favorable effect was primarily observed in the development of phosphorus and potassium content, particularly in the rows treated with vertical planting. The mineral nitrogen content of the soil decreased during the growing season, however, higher values were measured at harvest in the rows treated with frass than in the control treatments. The sweet potato yield was primarily influenced by the planting method. Vertical planting resulted in higher yields than the 45° inclined planting method. The highest yield was obtained in the vertically planted control treatment (51.75 t/ha), which exceeded the average yield level reported for the Ásotthalmi-12 variety. Based on the studies, the application of black soldier fly frass can result in favorable changes in the nutrient supply capacity of the soil, but it did not prove to have a yield-increasing effect in the short term under the given growing conditions.

Keywords: black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) frass, sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), nutrient supply, soil properties, yield

IMPACT OF NOVEL CROP SPECIES ON ACIDIC SOIL FERTILITY: AN AGROCHEMICAL ANALYSIS OF THE SOIL-PLANT SYSTEM

Ursan Patrick-Andrei[1] *– Mondici Susana*[1]*– Andraș Beniamin-Emanuel*[1]*–*
Ács Peter Balazs[1] *– Smit Gergely-Andrei*[1] *– Jurje Mara-Oana*[1]

[1]Agricultural Research Development Station Livada, Baia Mare Street no 7, 447180 Livada, Satu Mare Area
ursanpatricklte@gmail.com

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.32

Introduction

Soil acidity remains one of the principal constraints on agricultural productivity worldwide, affecting roughly a third of the planet's ice-free land and over half of its potentially arable soils (von Uexküll & Mutert, 1995; Csabai et al., 2022; Kosztyuné Krajnyák et al., 2023; Vágvölgyi & Kosztyuné Krajnyák, 2025). In acidic soils, declining pH increases the solubility of aluminum (Al^{3+}) and manganese (Mn^{2+}) while reducing the availability of phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg), and molybdenum (Mo) (Fageria & Baligar, 2008; Weil & Brady, 2017). These conditions restrict root development and nutrient uptake, ultimately limiting crop growth and yield.

Acidification is frequently accelerated by intensive farming practices - repeated use of ammonium-based fertilizers, continuous nutrient removal through harvest, and leaching of basic cations under humid climates (Haynes & Naidu, 1998; Szabó et al., 2023). Beyond reducing fertility directly, progressive acidification alters microbial activity and organic matter turnover, with consequences for long-term soil functioning (Marschner, 2012). Liming is the most widely used strategy for reclaiming acid soils because it neutralizes exchangeable acidity, reduces aluminum toxicity, and replenishes exchangeable Ca and Mg (Fageria & Baligar, 2008). As H^+ and Al^{3+} on the exchange complex are progressively replaced by Ca^{2+} and Mg^{2+} from the amendment, base saturation rises and chemical fertility improves (Lindsay, 1979); the resulting increase in pH also reduces Al- and Fe-bound phosphate fixation, making more P available for plant uptake (Hinsinger, 2001). Crop responses to liming are, however, far from uniform. Species differ in their tolerance of acidity, root architecture, and nutrient-acquisition strategies (Marschner, 2012; Györgyiné Kovács et al., 2025). Cereals typically benefit from reduced Al toxicity through improved root elongation, whereas legumes show more complex responses, since biological nitrogen fixation is itself sensitive to soil reaction and Ca availability (Fageria & Baligar, 2008). Liming can likewise shift the availability of micronutrients such as Cu, Zn, Mn, and Fe, depending on the magnitude of the pH change and the soil's buffering capacity (Kabata-Pendias, 2011). Despite an extensive literature on liming, most existing studies focus either on yield responses or on a single crop species; comparative data integrating soil chemical fertility with macro- and micronutrient accumulation across several contrasting species under identical field conditions remain scarce. Closing this gap matters for developing species-specific liming and nutrient-management strategies on acid soils. The present study therefore evaluated the effects of a calcium oxide (CaO 95%) amendment on the chemical properties of an acidic Luvisol and on the macro- and micronutrient accumulation of ten agricultural crop species - including legumes, cereals, buckwheat, mustard, and sweet sorghum cultivated under identical experimental conditions. Particular attention was given to changes in acidity indicators, exchange-complex characteristics, nutrient availability, and plant nutritional status, in order to clarify the mechanisms through which liming improves soil fertility and crop nutrition.

Materials and Methods

The field experiment was conducted during the 2023–2025 agricultural year at the Agricultural Research and Development Station Livada (S.C.D.A. Livada), located in northwestern Romania (47°52'07.3"N 23°07'10.2" E). The soil is classified as an acidic Luvisol (Brown forest soil). The

experiment was set up in large-scale single plots without field replicates to evaluate ten contrasting agricultural crop species (V1-V10), comprising cereals (wheat, triticale, sweet sorghum), legumes (clover, faba bean, chickpea, lupin, lentil), oilseeds (mustard), and pseudocereals (buckwheat). The ameliorative treatment consisted of applying a calcium oxide-based commercial calcareous amendment at a moderate correction dose of 1000 kg/ha prior to crop establishment. Soil incorporation was performed mechanically. Sowing of the crops was carried out in autumn for wheat, triticale, and clover, while the remaining crops were sown in spring, following the conventional agricultural technology established for the area: included herbicide application and specific fertilization rates consisting of 500 kg NPK (18-46-0) /ha of complex fertilizer for the autumn crops and 200 kg NPK (18-46-0) /ha of complex fertilizer for the spring crops. The results obtained at the beginning of the growing season are due to the liming application carried out in 2023 (1000 kg/ha calcium oxide), whereas the results at the end of the vegetative period accumulate the effects of both the 2023 and 2024 amendments.

Soil Sampling and Analysis

Initial physico-chemical characteristics of the soil were determined at the establishment of the experimental field. Soil samples were collected from the limed and unlimed experimental areas to evaluate the overall soil nutrient status independently of the individual crop species from 0-20 cm. Additional soil samples were collected after harvest from each of the ten limed and ten unlimed crop plots to evaluate treatment- and crop-specific changes in soil chemistry. Soil reaction (pH) was determined in a 1:2.5 (m/v) soil: water suspension. The following parameters were also determined: total nitrogen (N); humus (organic matter) content; available phosphorus (PAL) and available potassium (KAL, by ammonium acetate–lactate extraction at pH 3.75); the sum of basic cations (SB) and hydrolytic acidity (HA), used together to calculate base saturation according to Kappen; total exchangeable acidity (SH), by percolation to exhaustion with a potassium acetate solution buffered at pH 8.3; cation exchange capacity (CEC/T); base saturation degree (VAh, as % of CEC); exchangeable aluminum; mobile forms of micronutrients; and $CaCl_2$-extractable magnesium. Soil chemical fertility indicators were interpreted according to the Methodology of Agrochemical Soil Analysis (1981), and exchangeable aluminum content was classified according to Florea et al. (1987).

Plant Sampling and Chemical Analysis

To evaluate the nutritional response, the macro- and microelement contents were determined in the tested plants harvested from both the limed and unlimed plots. The plant tissue samples were chemically analyzed using the following methods: Total nitrogen was determined by the Kjeldahl method (sulfuric acid mineralization, sodium hydroxide distillation, sulfuric acid titration). Phosphorus was determined by UV-Vis spectrometry, potassium by flame photometry, and calcium and magnesium by atomic absorption spectrometry (AAS). Copper, zinc, manganese, and iron concentrations were measured by AAS.

Soil samples were collected separately from the limed and unlimed treatments to characterize the overall nutrient fertility. Each composite soil sample consisted of at least 15 randomly distributed soil cores collected within each treatment.

Plant chemical analyses were performed on composite samples prepared from a minimum of 10 plants collected per treatment. Data are presented as mean ± standard error (SE). Relative differences between limed and unlimed treatments were calculated to facilitate the comparison of soil chemical properties and plant nutrient concentrations. Mean values were compared using the Least Significant Difference (LSD) test at the 5% probability level $(p \leq 0.05)$. Different lowercase letters indicate statistically significant differences between treatments.

Thermal and Moisture Resources

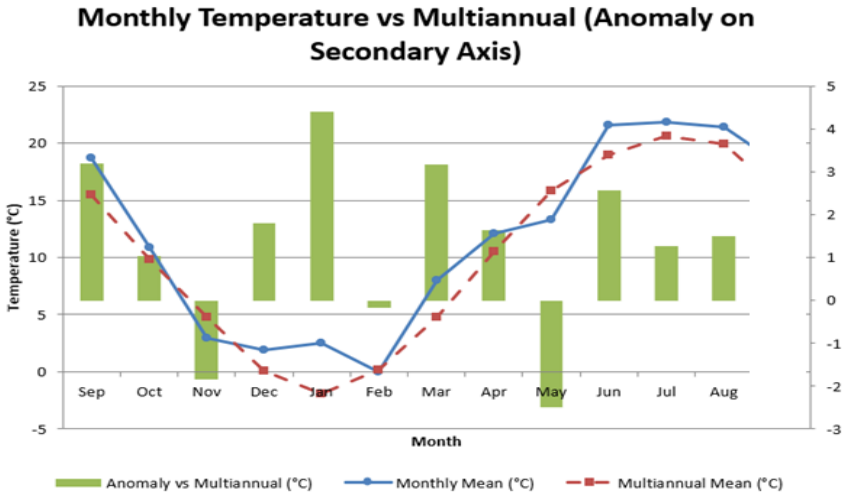


Fig. 1 Monthly Precipitation Trends and Anomalies
(2024-2025 vs Multiannual)

Over a 63-year period, the mean annual air temperature was 9.9°C. During the study period (September 2024 - September 2025), the mean annual temperature was 11.27°C. The mean annual temperature of 11.27°C indicates a warming trend, with an increase of 1.37°C compared to the multiannual average. The evolution of multiannual monthly mean temperatures and those recorded during the study year are presented in Fig.1. The warmest month of the year is July, with a multiannual mean temperature of 20.6°C, followed by August with 19.9°C and June with 19.0°C. In the agricultural year under study, monthly temperatures were generally higher than the multiannual averages, except for November, February, and May, when they were lower by 1.0-2.5°C.

Cold Season

The thermal characteristics of the cold season were analyzed through temperature limits that reflect the severity of winters (cold units and frost units). The cold units (the sum of negative temperatures during December, January, and February) totaled -25°C during the study year, and no frost units (the sum of temperatures below -15°C) were recorded. This indicates that the winter was mild, as typical cold unit values range between -100°C and -200°C.

Transition Period from Winter to Spring

This period is characterized by the spring onset index, represented by the sum of positive mean daily temperatures between February 1 and April 10. In the study year, this index reached 334.6°C. The historical extremes of this index were 162°C in 1976 (late spring onset) and 419°C in 1977 (early spring onset).

Vegetation Period

The thermal potential of the vegetation period is analyzed under two main aspects: Global temperatures - the sum of temperatures above 0°C between February 1 and November 30. Effective temperatures - the sum of biologically active temperatures above 10°C between April 10 and October 31. The thermal potential of the region, as indicated by the global temperature sum, is 3,800°C, with a minimum recorded value of 3,250°C in 1978 and a maximum of 3,950°C in 1966. The sum of biologically active temperatures was 1,558°C during the study year, compared to the historical maximum of 1,634°C recorded in 1963 and the minimum of 918°C recorded in 1980.

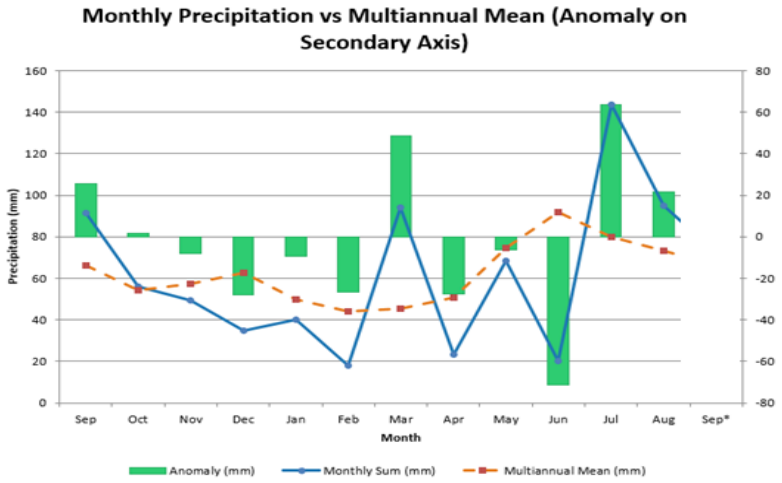


Fig. 2 Monthly Temperature Trends and Anomalies (2024-2025 vs Multiannual)

During the cold season (November-March), a total of 236 mm of precipitation was recorded, compared to the multiannual average of 259 mm. Precipitation during the autumn-winter period generally determines the agricultural character of the year: accumulated quantities of 280-340 mm indicate a wet year, while totals of 130-170 mm indicate a dry year. For the active vegetation period of autumn crops (April- July), the multiannual average precipitation is 297 mm. In 2025, the total precipitation for this period was 255.8 mm. During the vegetation period of spring-sown crops in 2025, precipitation totaled 91.7 mm, compared to the multiannual average of 125.5 mm. For the overall vegetation period of spring crops (April- October), the multiannual average precipitation is 490.9 mm, while in 2025, the total precipitation for this interval was 479.2 mm (Fig.2).

Results and Discussion

Effects of Liming on Soil Chemical Properties Before Sowing

Preliminary soil analyses conducted before crop establishment highlight the immediate efficiency of the Calcium oxide 95% amendment. As illustrated in Fig. 3, liming significantly reduced exchangeable aluminum (Al) from 1.19 to 0.49 /100 g while increasing the sum of basic cations (SB) from 5.15 to 6.92me/100 g. Concurrently, hydrolytic acidity (HA) decreased from 4.39 to 3.50me/100 g, and soil reaction (pH) shifted upward from 4.88 to 5.42 (Fig. 4). Base saturation (VAh) improved from 53.93% to 66.50%. An increase in cation exchange capacity (CEC) was observed from 9.55 to 10.42me/100 g (Fig. 5), confirming a substantial amelioration of the soil exchange complex.

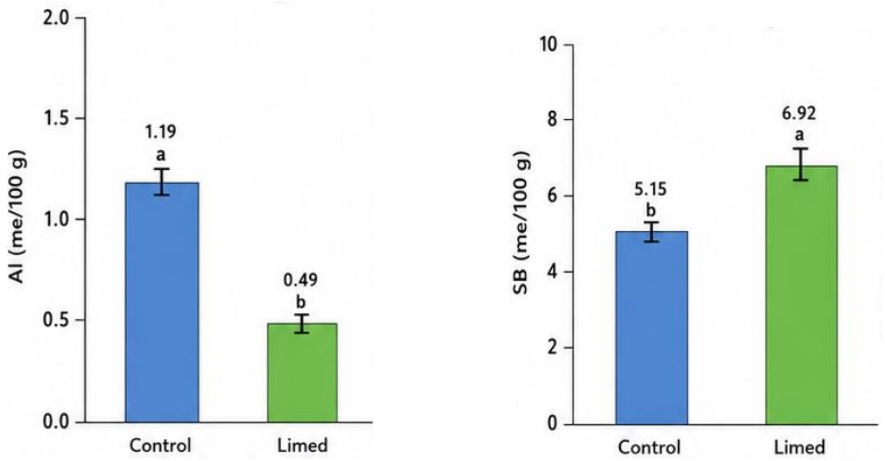


Fig. 3 Effect of liming on exchangeable aluminum (Al) and sum of basic cations (SB) in samples collected before sowing - Control (blue) vs. Limed (green)

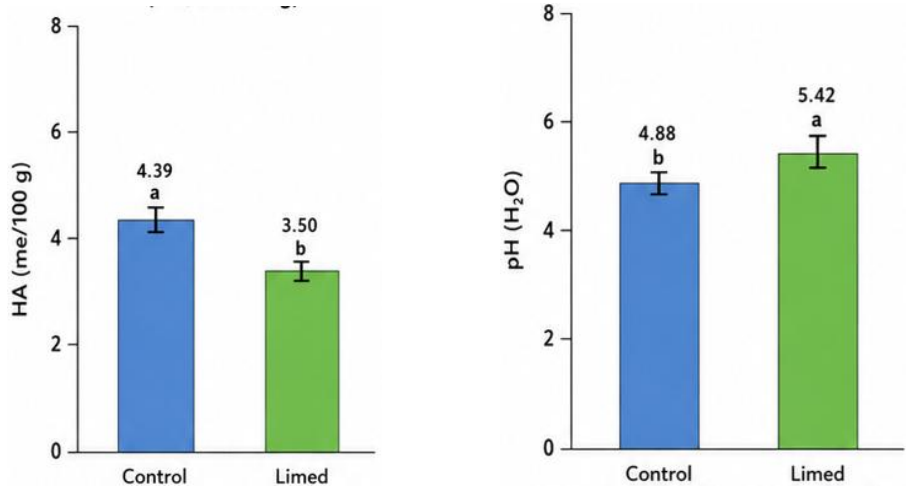


Fig. 4 Effect of liming on soil hydrolytic acidity (HA) and reaction (pH) in samples collected before sowing - Control (blue) vs. Limed (green)

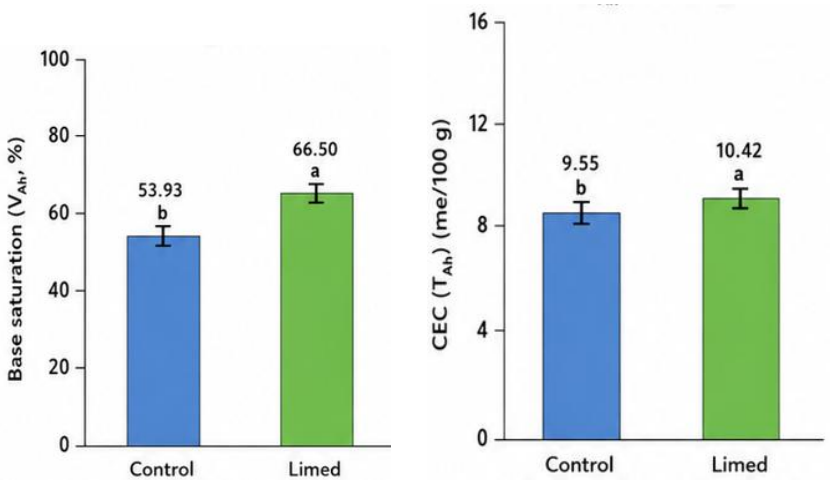


Fig. 5. Effect of liming on base saturation (VAh) and cation exchange capacity (CEC) in samples collected before sowing -Control (blue) vs. Limed (green)

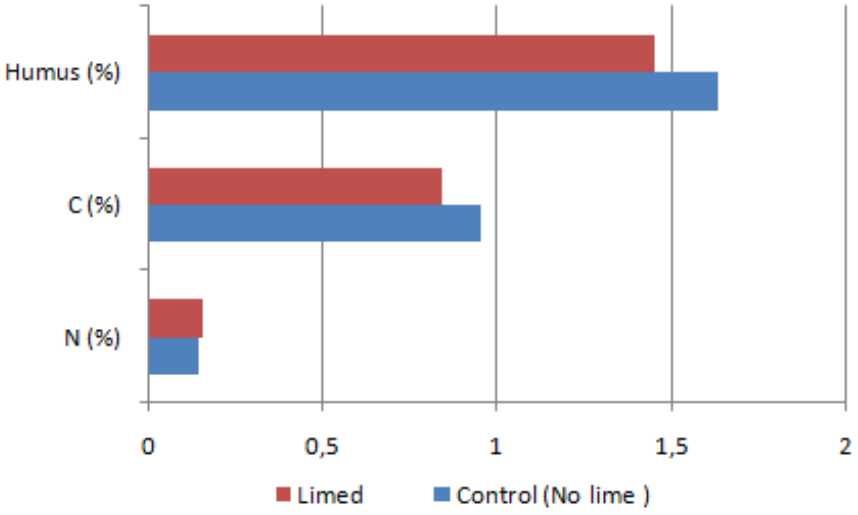


Fig. 5 Total Nitrogen Content (N_t), Organic Carbon Content (Corg), and Humus (%) . Control (blue) vs. Limed (red)

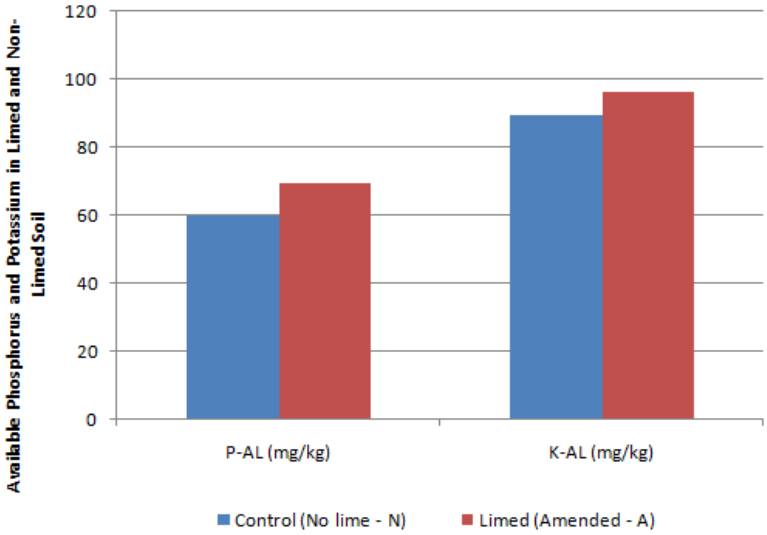


Fig. 6. Available Phosphorus and Potassium Content (PAL and KAL) in samples collected before sowing - Control (blue) vs. Limed (red)

In acidic soils (pH < 5.5), Al^{3+} becomes more soluble and mobile, increasing the concentration of exchangeable aluminum (Olego et al., 2021). Aluminum toxicity is considered a major limiting factor for plant development on acidic soils; however, the need to correct soil acidity through liming varies for each plant species. At soil pH values below 5.5, trivalent aluminum is preferentially adsorbed to the detriment of other cations, blocking the absorption and translocation of nutrient ions within the plant at the root system level (Methodology of Agrochemical Soil Analysis, 1981).

As observed in the graphical representations (Fig. 3), the values of extractable aluminum content are significantly reduced in the limed plots compared to the values obtained from the control plots. In determining the dose of calcareous amendments necessary to neutralize acidity, it is useful to determine the hydrolytic acidity (HA), which indicates the soil's acidity reserve and which, together with the sum of basic cations (SB), serves to calculate the degree of base saturation according to Kappen. Another aspect associated with low soil pH values is the determination of total exchangeable acidity (SH), achieved by percolation to exhaustion with a potassium acetate solution buffered at pH=8.3. Base saturation, which expresses the proportion of basic cations (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}) fixed on the colloidal complex relative to the cation exchange capacity, allows the classification of soils in terms of trophicity, representing an essential indicator of the soil's nutritional richness.

According to the Methodology of Agrochemical Soil Analysis (1981) and considering both VAh and V8.3, the soil is classified as oligo-mesobasic, registering values between 46-75% for VAh and 31-55% for V8.3. Liming constitutes an effective practice for mitigating the constraints caused by soil acidity, yielding positive results in achieving optimal crop yields due to the improved bioavailability of phosphorus, calcium, and magnesium. Correcting the pH reduces aluminum and hydrogen toxicity, stimulating microbial activity and the activity of enzymes responsible for decomposing organic matter, which ultimately leads to a faster release of nitrogen (Mkhonza et al., 2020). The nitrogen contents in the soil samples collected from the limed and unlimed areas indicate that the calcareous amendment stimulated nitrogen mineralization and mobilization. This process led to a slight decrease in the total nitrogen measured in the soil but likely resulted in an increase in plant-available nitrogen (NH_4^{+}, NO_3^{-}) (Fig. 5).

Conversely, the organic carbon and humus contents indicate that liming had a positive effect on humus accumulation and stabilization. The stabilization of organic matter mediated by Ca^{2+} thereby enhances the soil's long-term fertility. Consequently, the humus content ranges from

1.36% to 1.59% in the control samples, whereas the values are higher in the limed plots, falling within the range of 1.58% to 1.74% (Fig. 5).

Specific Modification of the Soil Exchange Complex

Table 1. Effect of liming on the soil exchange complex: Absolute variation (Δ) of base saturation, base addition, and acidity reduction across experimental plots (V1-V10).

Plant Species	Δ VAh (%) (Saturation increase)	Δ SB (me/100g) (Base addition)	Δ Ah (me/100g) (Acidity reduction)	|Δ SB| + |Δ Ah| (me/100g)
V1	38,70	6,91	-3,53	10,44
V2	33,90	3,80	-3,02	6,82
V3	23,90	2,92	-2,34	5,26
V4	9,20	2,24	-0,68	2,92
V5	16,60	0,29	-2,95	3,24
V6	15,30	0,97	-1,85	2,82
V7	29,80	4,47	-2,13	6,60
V8	28,90	4,38	-2,34	6,72
V9	13,70	1,56	-1,93	3,49
V10	19,50	3,01	-1,62	4,63

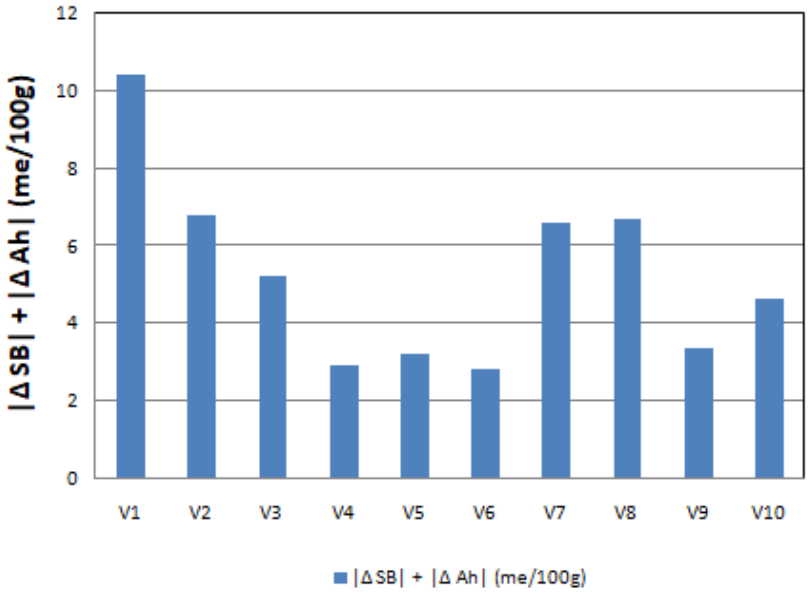


Fig. 7. Total modification of the soil exchange complex (ΔSB + ΔAh) across experimental variants

To evaluate how strongly each crop's presence modulated the neutralization reactions, the absolute variation in base saturation (ΔVAh), base addition (ΔSB) and acidity reduction (ΔAh) was calculated for each of the ten experimental variants, together with a synthetic turnover index (|ΔSB| + |ΔAh|) summarizing the total change in the exchange complex (Table 1).

Base saturation increased in every variant (ΔVAh between 9.20% and 38.70%), and hydrolytic acidity decreased consistently (ΔAh exclusively negative, reaching up to –3.53 me/100g). The synthetic turnover index was highest in the wheat (V1, 10.44 me/100g) and triticale (V2, 6.82

me/100g) plots, closely followed by lentil (V8, 6.72) and lupin (V7, 6.60), and lowest in clover (V4, 2.92) and chickpea (V6, 2.82). This pattern suggests that the intensity of the neutralization reactions depends not only on the applied amendment dose but also on species-specific root traits - root exudates and differential Ca and Mg extraction rates - interacting with local pedological micro-conditions during the growing season (Fig. 7).

Soil Chemical Properties After Harvest, by Crop

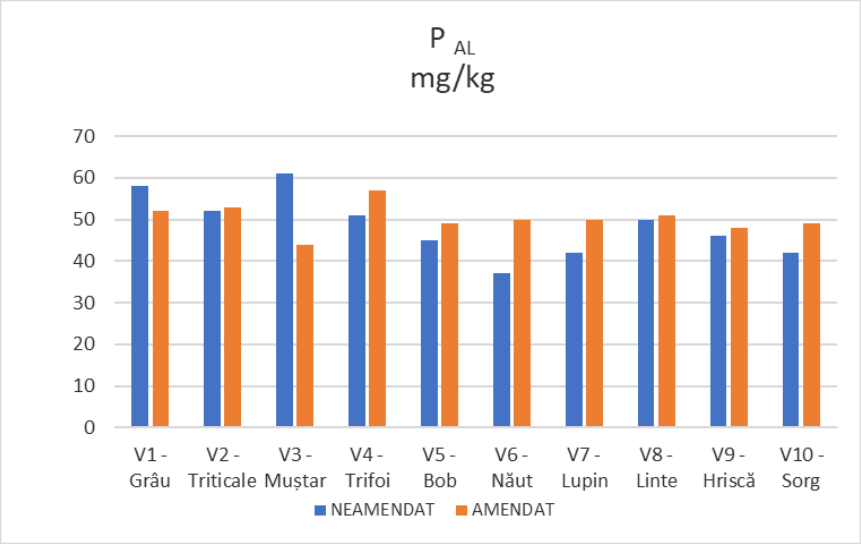


Fig. 8 Effect of liming on available phosphorus (PAL) content in samples collected after harvesting for V1-V10 plots (V1-Wheat, V2-Triticale, V3-Mustard, V4-Clover, V5-Faba bean, V6-Chickpea, V7-Lupin, V8-Lentil, V9-Buckwheat, V10-Sorghum) - Unlimed (blue) vs. Limed (orange)

Following harvest, available phosphorus tended to decrease in the limed variants relative to the control across most crops (Figure 8), a common short-term effect of liming on soil mobile P, which nonetheless tends to increase P bioavailability for the growing crop (Liao et al., 2020).

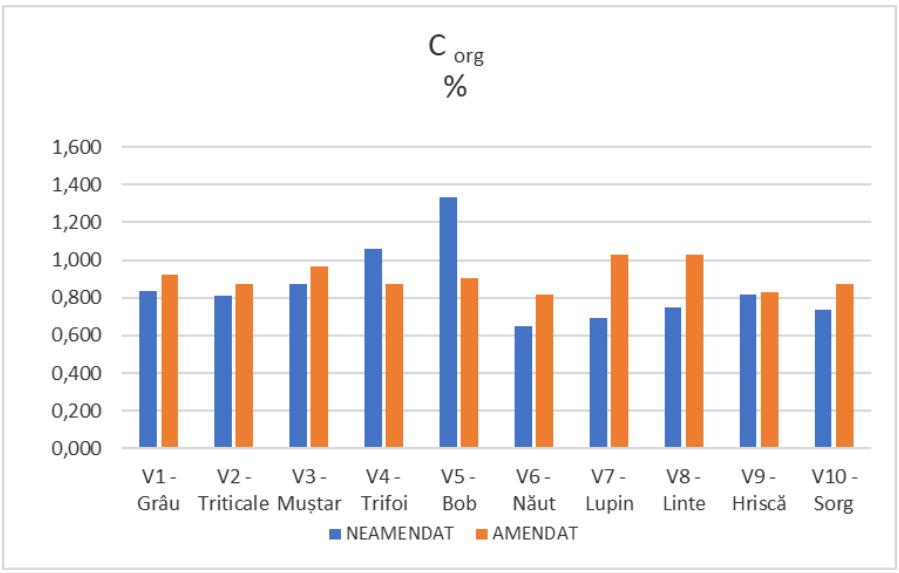


Fig. 9. Effect of liming on organic carbon (Corg) content in samples collected after harvesting for V1-V10 plots (V1-Wheat, V2-Triticale, V3-Mustard, V4-Clover, V5-Faba bean, V6-

Chickpea, V7-Lupin, V8-Lentil, V9-Buckwheat, V10-SorghumSorghum) Unlimed vs. Limed (orange)

Higher nitrogen content values were obtained from leguminous crops, such as clover, faba bean, chickpea, lupin, and lentil, particularly in the limed variants. This is attributed to a greater input of organic nitrogen into the soil, primarily through root residues and nitrogen-fixing nodules. For grasses, which are considered to have a deep root system, such as wheat, triticale, and sorghum, nitrogen mobilization and recycling are expected, albeit with somewhat more modest effects on the total N increase compared to legumes (Ejigu et al., 2023). The values obtained for the tested grasses ranged between 0.124% and 0.138%, which are lower than the contents found in the variants cultivated with clover and faba bean. The total nitrogen supply status places the soil of the experimental field in the low-content category (between 0.100% and 0.140%). This is also explained by the pH values, which did not fall within the optimal range of 5.5–7.5 required for mineralization processes. At pH values below 5.0, the proportion of mineralizable nitrogen can decrease to approximately 0.4% of the total nitrogen (Methodology of Agrochemical Soil Analysis, 1981). As observed in Figure 4, for most of the tested crops, soil organic carbon contents increase in the limed variants, with values falling into the medium supply category. Liming raises the soil pH, which stimulates microbial and enzymatic activity. Consequently, organic matter (plant residues, roots, etc.) decomposes more rapidly, meaning that the carbon contained within the soil organic matter is consumed faster in limed soils, especially the more labile fractions. Therefore, after harvest, if the organic matter input does not compensate for this mineralization, the organic carbon content may decrease (Sağlıker et al., 2018; Tedone et al., 2023).

Regarding the results obtained for the clover and faba bean crops, if the calcareous amendment stimulates the degradation of plant residues, the net soil organic carbon content post-harvest might be lower than in the control variants. In unlimed soils, degradation is slower, allowing organic carbon to accumulate more efficiently from crop residues (Fig. 9).

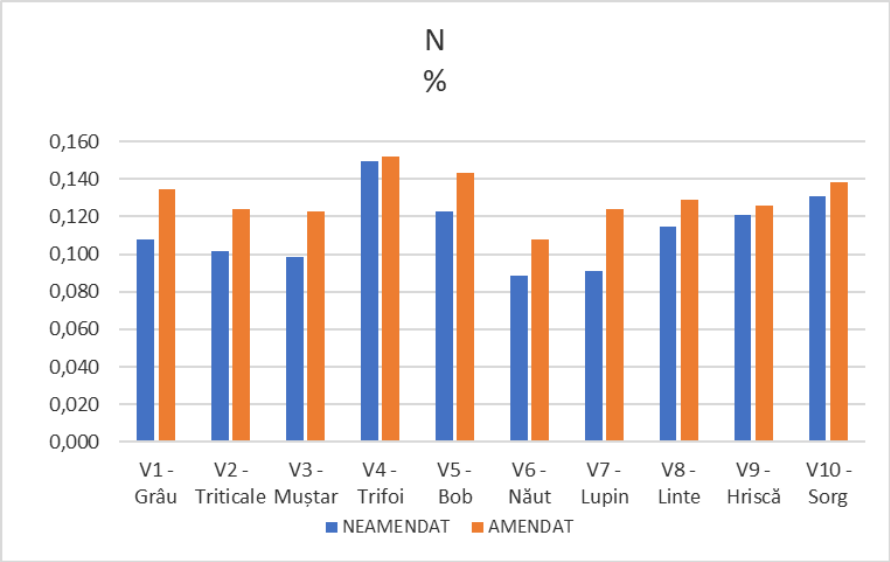


Fig. 10 Effect of liming on total nitrogen (N_t) content in samples collected after harvesting for V1-V10 plots (V1-Wheat, V2-Triticale, V3-Mustard, V4-Clover, V5-Faba bean, V6-Chickpea, V7-Lupin, V8-Lentil, V9-Buckwheat, V10-Sorghum) – Unlimed (blue) vs. Limed (orange)

Conversely, the higher values recorded in the soil cultivated with clover are primarily due to the biological nitrogen fixation process performed by symbiotic bacteria (Rhizobium). This process releases protons into the rhizosphere, which leads to an increase in soil acidity (Zahran, 1999; Haynes, 1983). Additionally, the mineralization of nitrogen-rich plant residues can further contribute to soil acidification (Hinsinger et al., 2003) (Fig. 10).

Available potassium after harvest fell into the medium-supply category for field crops (Fig. 11). Liming tended to slightly reduce mobile K, likely reflecting Ca^{2+}-K^{+} competition and K fixation on clay minerals, though this effect is generally considered acceptable given liming's longer-term benefit of reducing K losses through leaching (Kebede & Dereje, 2017). The potassium response was otherwise species-dependent: mustard and clover showed reduced K content after liming, while wheat and sorghum showed higher K availability and plant uptake under the calcareous amendment; more broadly, long-term fertilizer and organic-amendment history is known to influence potassium uptake by sorghum and the forms of K present in soil (Venugopal et al., 2018).

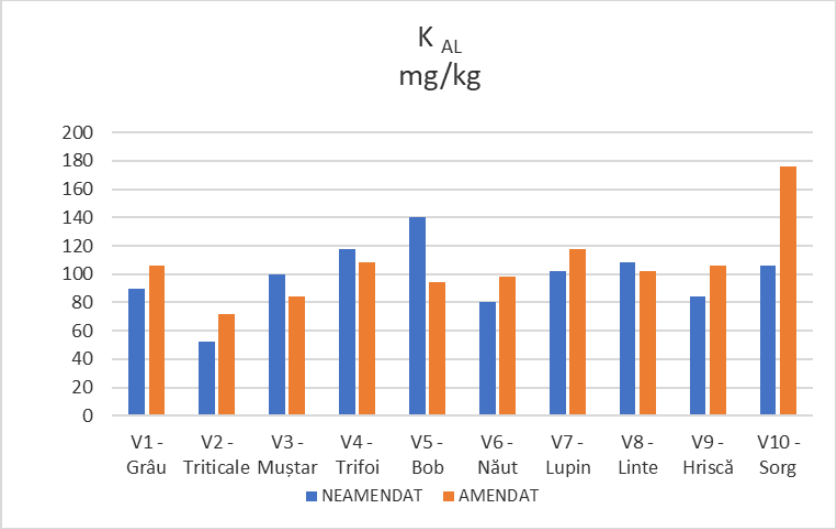


Fig. 11 Effect of liming on available potassium (KAL) content in samples collected after harvesting for V1-V10 plots (V1-Wheat, V2-Triticale, V3-Mustard, V4-Clover, V5-Faba bean, V6-Chickpea, V7-Lupin, V8-Lentil, V9-Buckwheat, V10-Sorghum) - Unlimed (blue) vs. Limed (orange)

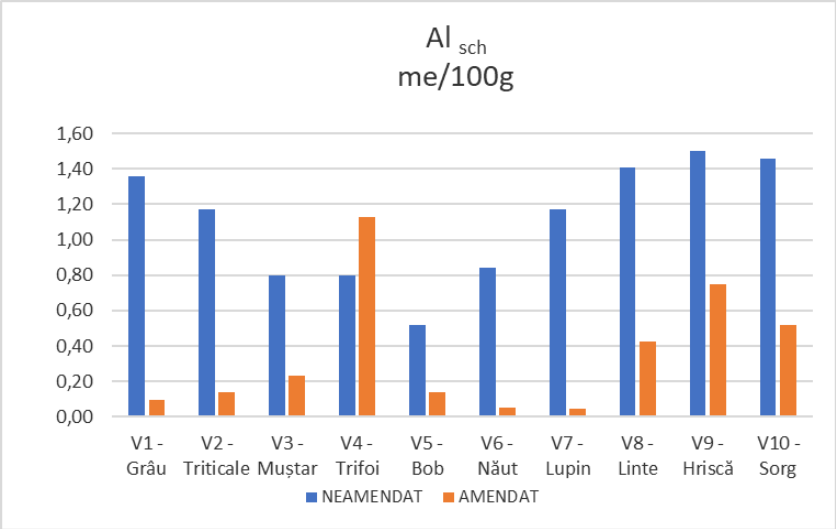


Fig. 12 Dynamics of Exchangeable Aluminum (Al_{sch}) for V1-V10 plots (V1-Wheat, V2-Triticale, V3-Mustard, V4-Clover, V5-Faba bean, V6-Chickpea, V7-Lupin, V8-Lentil, V9-Buckwheat, V10-Sorghum) Unlimed (blue) vs. Limed (orange)

Exchangeable aluminum after harvest was generally higher in the unlimed variant, as expected (Fig. 12), though clover was again an exception: its exchangeable Al did not show the same clear

reduction, plausibly because organic-acid exudation from clover roots can temporarily alter rhizosphere chemistry and re-mobilize Al independently of the liming effect (Ma et al., 2022) - a crop-specific nuance rather than evidence that the amendment itself was ineffective.

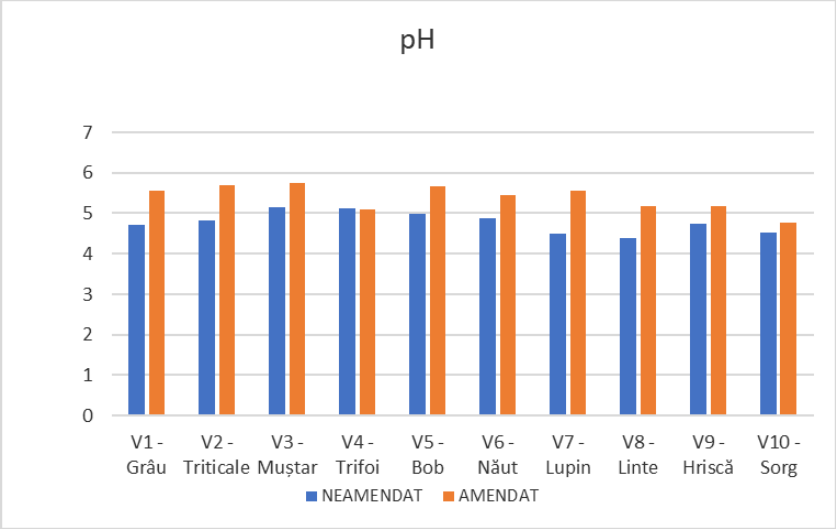


Fig. 13 Dynamics of Soil Reaction (pH) for V1-V10 plots (V1-Wheat, V2-Triticale, V3-Mustard, V4-Clover, V5-Faba bean, V6-Chickpea, V7-Lupin, V8-Lentil, V9-Buckwheat, V10-Sorghum) - Unlimed (blue) vs. Limed (orange)

The determination of actual soil acidity, conducted after the conclusion of the specific vegetation periods for each crop using the 1:2.5 (m/v) aqueous soil/solution suspension method, revealed clear differences between the experimental variants. Consequently, in the unlimed plots, the soil reaction was classified as strongly acidic for wheat, triticale, faba bean, chickpea, lupin, lentil, buckwheat, and sorghum, and as moderately acidic for mustard and clover. The application of calcium oxide 95% at a dose of 1 t/ha, serving as a maintenance or moderate correction treatment, partially neutralized the acidity, leading to an increase in pH values by more than 0.5 units in most of the limed variants.

This shifted the soil classification from strongly acidic to moderately acidic, with the exception of the sorghum plots, which remained in the strongly acidic category (Fig. 13). The application of calcium oxide contributes to the increase of soil pH, which can reduce the solubility and mobility of aluminum ions, particularly in acidic soils. This process mitigates Al-induced phytotoxicity, thereby protecting plant roots and enhancing their overall development (Gillespie et al., 2021). According to the classification framework for exchangeable Al content (Florea et al., 1987), the unlimed variants exhibited very low to low contents, whereas the limed variants recorded extremely low levels.

Plant Nutrient Accumulation

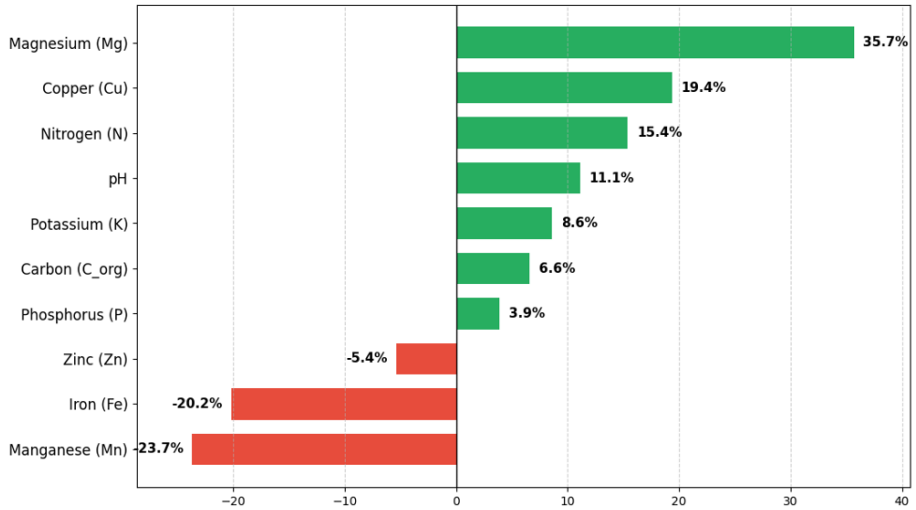


Fig. 14 Relative variation (%) of soil agrochemical parameters - Limed (green) vs. Unlimed (red)

The relative variation in soil agrochemical parameters between limed and unlimed plots (Fig. 14) also showed a modest increase in extractable copper, plausibly reflecting the soil's transition out of the strongly acidic range together with the complexing action of humic and fulvic acids from crop residues. By the interpretation limits for ammonium acetate-EDTA (pH 7.0) extractable micronutrients, the soil's supply status was low for zinc and high for copper and manganese. $CaCl_2$-extractable magnesium increased following amendment, likely reflecting several combined mechanisms: reduced Al^{3+} blockage of the adsorptive complex releasing Mg^{2+} (Lindsay, 1979); a possible dolomitic component of the amendment providing a direct Mg source (Fageria et al., 2010); recycling of Mg through decomposition of legume and deep-rooted crop residues (Marschner, 2012); and desorption of Mg^{2+} driven by the higher Ca^{2+} concentration on the exchange complex (Kabata-Pendias, 2011).

Because the pH increase achieved by this liming rate did not reach the 6-7 range generally considered optimal for nitrogen mineralization and plant nitrogen uptake (Ylivainio et al., 2024), exceptionally large gains in plant macronutrient content were not expected, and this was broadly confirmed by the plant-tissue data (Figure 13). In wheat, liming increased tissue concentrations of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, copper and zinc. In mustard and clover, by contrast, nitrogen, phosphorus and potassium concentrations decreased after liming - a pattern attributable to a combination of factors: the pH increase itself reducing the bioavailability of certain nutrient forms, reduced nitrogen-fixing activity in the legumes, a dilution effect from greater vegetative biomass, and secondary interactions with micronutrients (Chambliss & Kidder, 2003).

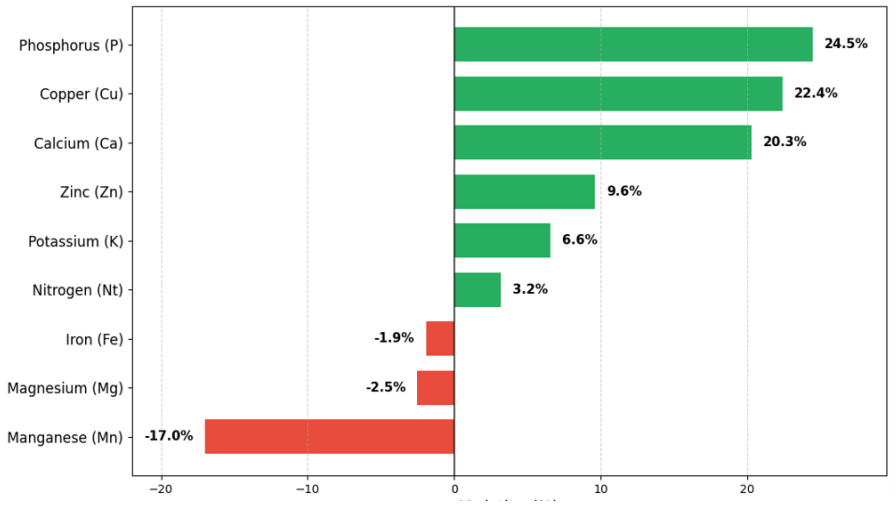


Fig. 15 Relative variation (%) of macro- and micronutrient assimilation in plant tissue - Limed (green) vs. Unlimed (red)

Phosphorus content increased in most limed plants, with values between 0.14% and 0.29% - concentrations around 0.2% that suggest phosphorus fertilization could still increase yield in several of the tested crops. Calcium content increased with liming in most crops; wheat and triticale grain in particular showed improved Ca content, with associated benefits for grain quality (Chambliss & Kidder, 2003). Magnesium followed a broadly similar pattern in wheat and triticale, increasing alongside pH amelioration, although excess Ca can in principle compete with Mg at the root uptake level. Across all samples, Mg concentrations in the unlimed soil ranged from 0.05% (wheat) to 0.41% (buckwheat), and in the limed variants from 0.09% (wheat, the lowest value recorded) to 0.33% (faba bean, the highest); most values fell within the 0.20-0.50% range generally considered typical, with deficiency expected below 0.10-0.15%.

For micronutrients, the relevant literature indicates that Cu, Mn, Fe, and Zn availability is highest between pH 5.5 and 6.5, and declines above pH 6.5 (Plaster, 2013). Since pH remained at or below 6.5 in every variant of every crop, the liming treatment is not expected to have compromised micronutrient nutrition, and the tissue data support this: copper concentrations were higher in the limed variants for most crops, consistent with the increase observed in soil-extractable Cu. Iron concentrations mostly fell within the 50–300 mg/kg range considered normal, though wheat and triticale showed values outside this range in places - worth monitoring for early deficiency symptoms, with micro-fertilizer correction (Zn, Cu, Mn, Fe) available if needed. Manganese values (typical range 20–1,500 mg/kg, most commonly 50–200 mg/kg) fell within the normal range for all crops and treatments. Zinc, which typically varies between 6 and 600 mg/kg depending on plant organ, variety, and growth stage, showed normal values (6–57 mg/kg) for most crops, without a consistent trend of the amendment altering tissue Zn content.

Conclusion

Application of the calcium oxide (CaO 95%) amendment increased soil pH by an average of 0.54 units, corresponding to an approximate 71.2% reduction in exchangeable acidity, and correspondingly reduced exchangeable aluminum from the "very low to low" to the "extremely low" category (Florea et al., 1987) - addressing what had been a major constraint on root development in the unlimed soil. Base saturation increased consistently across all ten crop variants (by up to 38.70%), and hydrolytic acidity decreased in parallel, indicating a clear improvement in soil trophicity and overall chemical fertility.

The amendment was also associated with higher humus content in the limed plots, suggesting a net positive effect on organic matter stabilization despite some evidence of accelerated residue mineralization. Because the pH increase achieved at this liming rate remained below the 6-7 range

generally considered optimal for nitrogen mineralization, its effect on plant-available nitrogen should be regarded as a plausible but not directly confirmed mechanism: the modest decline in total soil nitrogen observed in the limed plots is consistent with, but does not by itself prove, increased mineralization to NH_4^+/NO_3^- forms. Phosphorus, calcium and magnesium bioavailability, by contrast, showed clearer and more consistent gains under liming. Nutrient assimilation was markedly species-dependent. Deep-rooted cereals - wheat and triticale in particular - showed the most consistent gains in macronutrient uptake and also drove the largest changes in the soil exchange complex. Legume responses were more variable and were shaped by root exudation and by the activity of symbiotic nitrogen-fixing bacteria, which can locally acidify the rhizosphere even as the bulk soil is being limed; mustard and clover, notably, showed reduced N, P and K content after liming rather than the gains seen in the cereals.

Sorghum stands out as a further species-specific exception: despite receiving the same amendment, its soil remained strongly acidic after harvest, unlike every other tested crop, indicating that the applied rate was insufficient to fully correct acidity under this crop's specific plot conditions. Although rising soil pH generally tends to reduce micronutrient mobility, copper, zinc, manganese, and iron concentrations in plant tissue remained within the ranges considered normal for plant nutrition across essentially all crops and treatments, supporting the conclusion that the applied amendment rate did not induce micronutrient deficiencies.

Overall, these results support liming as an effective, low-risk practice for improving the chemical fertility of this acidic Luvisol, while underlining that a single fixed application rate does not correct acidity uniformly across contrasting crop species - as illustrated by the sorghum exception - and that legume responses in particular require closer attention. As this study covers a single agricultural year, a single amendment rate, and, based on the sampling design as reported, limited field replication, these conclusions should be confirmed through multi-year trials testing a range of liming rates and a fully replicated field design; such work would also allow the plant-available nitrogen response to be verified directly through NH_4^+/NO_3^- measurements rather than inferred from total-N changes alone.



Fig. 16 Aerial view of experimental field

Abstract

Soil acidity is one of the major constraints limiting crop productivity by reducing nutrient availability and increasing exchangeable aluminum toxicity. Liming is widely recognized as an effective strategy for improving the chemical fertility of acidic soils; however, crop-specific responses remain insufficiently documented under diversified cropping systems. This study evaluated the effects of calcium oxide (CaO 95%) amendment on soil chemical properties and the uptake of macro- and micronutrients by ten crop species, including legumes, cereals,

buckwheat, mustard and sweet sorghum, cultivated on an acidic Luvisol. Soil analyses included pH, organic matter, available phosphorus and potassium, exchangeable bases, hydrolytic acidity, cation exchange characteristics, exchangeable aluminum and mobile micronutrients. Plant tissues were analyzed for nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, copper, zinc, manganese and iron concentrations. Liming substantially improved soil chemical quality by increasing soil pH and base saturation while reducing hydrolytic acidity and exchangeable aluminum. Available phosphorus and potassium generally increased following amendment application, whereas changes in soil organic matter indicators were comparatively small. Plant nutrient acquisition exhibited marked species-specific responses. Wheat and triticale showed enhanced accumulation of several macroelements, particularly phosphorus, potassium, calcium, and magnesium, whereas legumes displayed more variable responses, reflecting differences in rhizosphere processes and biological nitrogen fixation. Despite the increase in soil pH, micronutrient concentrations in plant tissues generally remained within the ranges considered adequate for plant nutrition, indicating that the applied liming rate did not induce nutritional imbalances.

Keywords: acidic soil; liming; calcium oxide; exchangeable aluminum; base saturation; nutrient uptake;

References

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). The Nature and Properties of Soils (15th ed.). Pearson.

Chambliss, C. G., & Kidder, G. (2003). Fertilization and Liming for Forage Crops. University of Florida IFAS Extension. https://doi.org/10.32473/edis-ag179-2003

Csabai, J., Braun, B., Hörcsik, Z. T., Kolesznyk, A., & Irinyiné Oláh, K. (2022). Alternatív trágyaszerek és szerkezetjavító anyagok hatása a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira [Effects of alternative fertilizers and nutrient replenishers on soil physical and chemical properties]. In Z. Bujdosó (Ed.), XVIII. Nemzetközi Tudományos Napok [18th International Scientific Days]: A „zöld megállapodás" – Kihívások és lehetőségek [The "Green Deal" – Challenges and Opportunities]: Előadások és poszterek összefoglalói [Summaries of Presentations and Posters] (p. 34). Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Károly Róbert Campus.

Ejigu, M., et al. (2023). Nitrogen cycling and crop residue decomposition under different soil management and fertilization practices in acidic soils. Field Crops Research, 290, 108750. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108750

Fageria, N. K., & Baligar, V. C. (2008). Ameliorating soil acidity of tropical oxisols by liming for sustainable crop production. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 39(13–14), 1819–1846. https://doi.org/10.1080/00103620802135894

Fageria, N. K., Moreira, A., & Coelho, A. M. (2010). Yield and yield components of lowland rice as influenced by calcium and magnesium sources. Journal of Plant Nutrition, 33(14), 2115–2127. https://doi.org/10.1080/01904167.2010.519082

Florea, N., Munteanu, I., & Chirog, C. (1987). Metodologia elaborării pedologice a hărților (Vol. III). Institutul de Cercetări pentru Pedologie și Agrochimie (ICPA), București.

Gillespie, A. W., et al. (2021). Mechanisms of aluminum toxicity mitigation through liming in agricultural soils. Soil Science Society of America Journal, 85(4), 1120–1135. https://doi.org/10.1002/saj2.20230

Györgyiné Kovács, A., Tóth, G., Sipos, T., Csabai, J., Irinyiné Oláh, K., Kosztyuné Krajnyák, E., Szabó, B., & Henzsel, I. (2025). Effect of different sowing times, plant densities, and fertiliser doses on yield and crop elements of dry bean varieties (Phaseolus vulgaris L.). Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 24(3), 27–37. https://doi.org/10.24326/asphc.2025.5427

Haynes, R. J. (1983). Soil acidification induced by plant–soil interactions. Plant and Soil, 70(2), 143–169. https://doi.org/10.1007/BF02374753

Haynes, R. J., & Naidu, R. (1998). Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil acidification and soil-solution chemistry. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 51(2), 139–148. https://doi.org/10.1023/A:1009731921389

Hinsinger, P. (2001). Bioavailability of soil inorganic phosphorus in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: A review. Plant and Soil, 237(2), 173–195. https://doi.org/10.1023/A:1013351617532

Hinsinger, P., Plassard, C., Tang, C., & Jaillard, B. (2003). Origins of root-induced pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: A review. Plant and Soil, 248(1–2), 43–59. https://doi.org/10.1023/A:1022371130939

Kabata-Pendias, A. (2011). Trace Elements in Soils and Plants (4th ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/b10158

Kebede, F., & Dereje, M. (2017). Potassium dynamics and availability in acidic soils as influenced by liming. International Journal of Agronomy, 2017, 1–9. https://doi.org/10.1155/2017/4826189

Kosztyuné Krajnyák, E., Szabó, B., Csabai, J., Hörcsik, Z. T., Makszim Györgyné Nagy, T., Gyuláné Györgyi, G., Henzsel, I., & Pepó, P. (2023). Investigation of the effect of sowing time on one of the key crops of sustainable land use, the hairy vetch (Vicia villosa Roth.): Growth indicators and yield elements in Nyírség region of East Hungary. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment, 14(1), 14–27.

Liao, H., et al. (2020). Effects of liming on soil phosphorus fractions and bioavailability in acidic agricultural soils. Science of the Total Environment, 705, 135890. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135890

Lindsay, W. L. (1979). Chemical Equilibria in Soils. John Wiley & Sons.

Ma, Y., et al. (2022). Rhizosphere processes and their effect on exchangeable aluminum dynamics under varying pH conditions. Geoderma, 412, 115712. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115712

Marschner, H. (2012). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (3rd ed.). Academic Press. https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9

Methodology of Agrochemical Soil Analysis. (1981). ICPA (Research Institute for Soil Science and Agrochemistry), Bucharest.

Methodology for Evaluating Mineral Nutrition Status (Plant Analysis Methodology). (1980). Agricultural Research Publishing, Bucharest.

Mkhonza, N. P., et al. (2020). Soil pH correction stimulates microbial activity and nitrogen mineralization in acid soils. Applied Soil Ecology, 154, 103632. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103632

Olego, M. Á., et al. (2021). Aluminum solubility, mobility, and toxicity dynamics in acidic agricultural soils. Catena, 198, 105023. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.105023

Plaster, E. J. (2013). Soil Science and Management (6th ed.). Cengage Learning.

Sağlıker, H. A., Ş. Cenkseven, N. Kızıldağ, et al. 2018. "Is Parent Materialan Important Factor in Soil Carbon and Nitrogen Mineralization?" European Journal of Soil Biology 89: 45–50. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2018.11.002.

Szabó, B., Csabai, J., Kosztyuné Krajnyák, E., Irinyiné Oláh, K., Szabó, M., Varga, C., & Hoffmann, R. (2023). Karbamid, pétimészsó és pétisó műtrágyák hatása a napraforgó termésmennyiségére és olajtartalmára. Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok, 18(Különszám), 467–474. https://doi.org/10.14232/jtgf.2023.kulonszam.467-474

Tedone, L., et al. (2023). Organic carbon dynamics and humus stabilization following liming in agricultural soils. European Journal of Soil Science, 74(2), e13345. https://doi.org/10.1111/ejss.13345

Vágvölgyi, S., & Kosztyuné Krajnyák, E. (2025). Savanyú homoktalajok fenntartható hasznosításának agronómiai kihívásai a környezeti változások tükrében. In J. Csajbók (Ed.), Kihívások és megoldások a szántóföldi növénytermesztésben: Prof. Dr. Pepó Péter 70 éves (pp. 222–227). Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar.

Venugopal, A., et al. (2018). Long-term effects of fertilization and organic amendments on potassium uptake and forms in sorghum-cultivated soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 49(15), 1890–1902. https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1488421

von Uexküll, H. R., & Mutert, E. (1995). Global extent, development and economic impact of acid soils. Plant and Soil, 171(1), 1–15. https://doi.org/10.1007/BF00011307

Ylivainio, K., et al. (2024). Liming effects on nitrogen dynamics and macronutrient uptake in grass and legume cropping systems. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 128(1), 45–60. https://doi.org/10.1007/s10705-023-10312-y

Zahran, H. H. (1999). Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and an increasing global salinity. Microbiological Reviews, 63(4), 968–989. https://doi.org/10.1128/MMBR.63.4.968-989.1999

A TAKARMÁNYOZÁS ÉS AZ IMMUNRENDSZER ÖSSZEFÜGGÉSEINEK VIZSGÁLATA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A TEHENEK TŐGYGYULLADÁSÁRA

Vigh Szabolcs[1] *– Kazai Diána*[1]

[1] Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: vigh.szabolcs@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.33

Bevezetés

A tej- és tejtermékek fogyasztása az emberiség élelmezésében fontos mennyiségi és minőségi tényező. Energiatartalom alapján számolva a tejtermékek az emberiség által elfogyasztott táplálék 6-7%-át, a fehérjének a 12-15%-át teszik ki. További jelentősége a tejtermékeknek, hogy alkalmasak más, kevésbé kedvező összetételű élelmiszerek minőségének javítására és ezzel a táplálkozás kiegyensúlyozottabbá tételére. A sántaság és a szaporodásbiológiai problémák mellett a tőgygyulladás (masztitisz) a tehenek három fő betegsége közé tartozik, ami a tejtermelő telepek nyereségességét negatívan befolyásolja. Amíg a telep látja a klinikai tőgygyulladás (kezelések költsége; az értékesítésre nem kerülhető tej értéke) által okozott veszteségeket, addig a szubklinikai tőgygyulladás miatt bekövetkező veszteségeket nem. Ez utóbbi jelenti a nagyobb bevételkiesést. Célunk volt vizsgálni, hogy a takarmány beltartalmi értékeinek milyen hatása lehet a tőgygyulladásra, illetve hogyan hat a laktáció stádiuma a tőgyegészségügyi állapotra.

Irodalmi áttekintés

Az Európai Unió országaiban több mint 100 szarvasmarhafajtát tartanak és tenyésztenek, de csak 10 fajtának, illetve fajtacsoportnak van gazdasági jelentősége. A legnagyobb jelentőségű tejtermelő fajta Magyarországon, az EU-ban és világviszonylatban is a Holstein-fríz, így az Uniós tejtermelés legnagyobb részét is e fajta termelése adja, viszont a „minőségi" marhahús előállítására nem alkalmas. Az utóbbi évtizedben az állattartás jövedelmezőségének a romlása, az értékesítési gondok az állattartó gazdaságok és ezzel együtt az állatállomány jelentős csökkenését eredményezték (Blaskó, 2011). Az emlősállatok tejmirigyei által termelt egyedi összetételű és felépítésű tápláló folyadékot az állat szervezete már a magzat meglétekor el kezdi termelni, majd az utód világrahozatala után ezzel a folyadékkal táplálja (Balatoni, 1981).
A tej alkotórészei táplálkozásbiológiai szempontból rendkívül fontosak és nélkülözhetetlenek, ez adja a tej táplálóértékét. Ezen komponensek mennyisége és aránya állatfajonként változó. Nagyobb hányadát víz teszi ki, kisseb részét szárazanyag alkotja (zsír, fehérje, cukor és ásványi sók) (Holló et. al., 1996). A tej egyik legfontosabb alkotó eleme a lipidek. A tejzsír energiaforrás, melynek 1 grammja 38 kJ energiát hordoz, valamint oldószere a zsírban oldható A, D, E és K vitaminoknak. Jelentős továbbá azon esszenciális zsírsavak jelenléte, mely más tápanyagforrásból nem érhetők el. Tartalmaz még nitrogéntartalmú anyagokat, 95 %-ban fehérjéket, 5 %-ban nem fehérje anyagokat. Legfontosabb fehérjéi a kazein és a savófehérjék, fontosabb szénhidrátja a tejcukor (laktóz), de glükózt és más cukrokat is tartalmaz kisebb mennyiségben. Ásványianyag tartalmát tekintve sók alkotják, a kazeinbe, savófehérjékbe és egyéb vegyületekbe beépülve találhatjuk. A tej sóit a nátrium, kálium, kalcium, magnézium, szénsav, sósav, kénsav, foszfor és citromsav által képzet vegyületei alkotják. Ezen felül mikroelemeket is tartalmaz. Egyéb tejalkotók közé enzimek, lipáz, amiláz, proteáz, peroxidáz, kataláz, lizozim, foszfotázok, xantinoxidáz, vitaminok (A, D, E, K, B_1, B_2, B_6, B_{12} és PP-vitamin, a pantoténsav, a folsav, a H-vitamin, para-amino-benzon és a C-vitamin), szerves savak és színezőanyagok tartoznak (Merényi, 1996). Alkotóeleme közé tartozik még a szomatikus (testi) sejtek, ellenanyagok és a mikrobák, melyek szintén fontosak biológiai és táplálkozástani szempontból. Ezek az apró élőlények nagyon jól érzik magukat a tejben, könnyen szaporodnak, kiváló táptalaj a számukra, de ugyanakkor a tej minőségi romlását is okozhatják. A tej önmagában az állat vér- és nyirokrendszerén át nem fertőződik, viszont vannak betegségek, melyek

fertőződése a tőgyben végbemegy. Ilyen betegségek pl.: tőgygümőkór, a brucellózis és a ragadós száj-és körömfájás (Vahid, 2003). A szomatikus sejtek a tejképződés során keletkeznek a tőgyben, különböző szövetekből sejtleválások és sejtkivándorlások során. Ezeket a sejteket minden egészséges tejben megtalálhatjuk, viszont mikor a tehén szervezete megbetegszik (pl. tőgy), akkor ezen sejtes elemek mennyisége megnövekedhet (Simon et. al., 2000). A vérből is juthat a tejbe sejtes elem. Ezek legtöbbször vörösvérsejtek vagy fehérvérsejtek, és ha a számuk megnövekedik, az szintén emeli a szomatikus sejtszámot a tejben. Ilyenkor már tőgybetegségre is gyanakodhatunk, melynek kiszűrését masztiteszttel végezzük (Vahid, 2003).
Salsberg et. al. (1985) szerint a 3-4. laktációban a legtöbb a tőgygyulladások előfordulási aránya, ennél későbbi laktációban lényegesen kevesebb. Az átlagos sejtszám a 7-8. laktációig fokozatosan növekszik, majd csökken. Tőgygyulladásnak (masztitisznek) nevezzük a kérődző állatok és a kanca tejmirigyének gyulladását, melyet visszavezethetünk pl. mechanikai vagy szövetigazító hatású anyagok okozta sérülésekre, vagy túlnyomó többségben mikroorganizmusok által okozott gyulladásokra (Huszenicza Gy., 2000). A tőgygyulladás következtében megváltozik a tej normál állaga és színe. Amikor a tej pelyhes-túrós, vagy savós-véres, az emberi fogyasztásra nem lehet felhasználni, meg kell semmisíteni (Markus, 2001). Unger (1996) kimondja, hogy az egészséges tőgy által termelt tej szomatikus sejtszáma nem több, mint 100.000-150.000 sejt/ml. Hocevar (1993) kutatásai alapján kimondja, hogy 500.000 sejt/ml szomatikus sejtszámú elegytej esetén az állomány több mint 50 %-a szubklinikai tőgygyulladásban szenved. Funk et. al. (1982) szerint a szomatikus sejtszám alakulásában az első és a nyolcadik laktáció között 250.000 sejt/ml átlagérték emelkedést tapasztaltak (Simon et. al., 2000). A betegség kialakulásához fontos az állat ellenállóképessége, mely lehet öröklött tulajdonság, másrészt függ a tehén termelési közegének minőségétől is (környezeti feltételek, évszakok, tartáshigiénia) (Shutz et. al., 1994). Befolyásoló tényező lehet a tartástechnológiai feltételek közül a kemény padozat, a rövid állás, a hiányos és szennyezett alom, takarmányozási problémák, a kórokozókat ürítő és el nem különített beteg egyedek. A nem megfelelő fejési technológia során bekövetkezhet a beteg egyed után történő egészséges egyed fejése, mely által megtörténhet a fertőzés átadása (Markói, 1986). A tejtermelő tehenek egészségi állapota és termelési teljesítménye szoros összefüggésben áll a megfelelő tartástechnológiával, a takarmányozás minőségével és az energiaellátottságukkal. A megfelelő energia- és tápanyagszint biztosítása elengedhetetlen az optimális immunválasz fenntartásához és a különböző anyagcsere-betegségek, mint például a tőgygyulladás, a magzatburok visszatartás, a lábvégi betegségek, a májelfajulás (ketózis) és az acidózis megelőzéséhez. Az acidózis következtében kialakuló savós patairhagyulladás sántaságot eredményezhet, ami csökkenti az állat takarmányfelvételét, így energiahiányos állapotot idézhet elő, amely gyengíti az immunválaszt, növelve ezzel a tőgygyulladás kialakulásának kockázatát (INTERNET 1).
A takarmányozás minőségét alapvetően meghatározza a felhasznált tömegtakarmányok beltartalmi értéke és a takarmánytermő területek állapota. A gyepterületek fenntartható hasznosítása ezért nemcsak természetvédelmi, hanem állattenyésztési szempontból is kiemelt jelentőségű. A megfelelő gyepgazdálkodás hozzájárul a jó minőségű takarmány előállításához, ugyanakkor a gazdasági és természetvédelmi célok összehangolása elengedhetetlen a hosszú távon fenntartható gazdálkodáshoz (Forgó et al., 2009).
A takarmány minőségét azonban nemcsak a gazdálkodási gyakorlat, hanem a termesztési környezet állapota, így a talaj esetleges szennyezettsége is befolyásolhatja. A talajba kerülő szennyező anyagok módosíthatják a talaj mikrobiális közösségeinek működését és a baktériumok élettani jellemzőit; eltérő szennyezettségű területekről származó Bacillus törzsek zsírsavösszetételében például minőségi és mennyiségi változásokat mutattak ki (Halász et al., 2008). A talaj nehézfémterhelése emellett a növények elemtartalmára is hatással lehet, mivel a szennyezett területeken fejlődő növényekben magasabb réz-, cink- és ólomtartalom mérhető, mint a kontrollterületeken, bár a felvétel mértéke növényfajonként és növényi részenként eltérő (Halász et al., 2012). Mindez arra utal, hogy a takarmányozás értékelésekor az alapanyagok beltartalma mellett azok termőhelyi és környezeti hátterét is indokolt figyelembe venni.
Amennyiben a silókukorica beltartalmi értékei nem megfelelő, úgy takarmányozás esetén az energia- és tápanyagtartalom sem lesz kielégítő, az állat energiaszükséglete nem teljesül. A tranzíciós időszakban a tejelő tehenek negatív energiamérlegben vannak, ami jelentős hatással van az immunrendszer működésére. A negatív energiamérleg és a magas nem-észterifikált

zsírsavak koncentrációja gyengíti az immunválaszt, növelve ezzel a fertőzések iránti fogékonyságot. A túlzott szálastakarmány-ellátottság és az abrak hosszú távú etetése a szarvasmarhák bendőjében savas környezetet eredményezhet, ami károsan befolyásolja a tőgy egészségét. A tejsavtermelés növekedése a bendőben savas környezetet eredményezhet, ami károsan hat a tőgy egészségére. A fehérjetúladagolás következtében emelkedett szomatikus sejtszám és megnövekedett masztitisz előfordulás figyelhető meg. A takarmányozás minősége és az energiaellátottság közvetlen hatással van a tejtermelő tehenek immunrendszerére és a tőgygyulladás kialakulásának kockázatára. A megfelelő takarmányozás és energiaellátottság biztosítása alapvető fontosságú a tehenek egészségének megőrzésében és a termelési teljesítmény optimalizálásában. A tőgygyulladásnak két formáját különítjük el: a szubklinikai tőgygyulladást és a klinikai tőgygyulladást. Az előbbi esetben szabad szemmel nem láthatunk elváltozást, de megnő a tej szomatikus sejtszáma (somatic cell count, SCC), csökken a tejtermelés és megváltozik a tej beltartalma is, így több termelési veszteséget okozhat egy állományban, mint a klinikai tőgygyulladás. A klinikai tőgygyulladás esetén a tej szabad szemmel látható elváltozásokat mutat, a tőgy megduzzad, kipirul, meleggé és fájdalmassá válik, valamint az állat lázas, levert (Ózsvári, 2003) (INTERNET 2).

Anyag és módszer

A Szerencsi Mezőgazdasági Zrt. több állatfaj tenyésztésével foglalkozik, a sertés és a baromitenyésztés mellett a szarvasmarha ágazat egy kb. 400 db anyatehén és szaporulatából álló Charolais marhából és kb. 830 db Holstein-fríz tehénnel rendelkező tejelő szarvasmarhából áll. Az üzemben a RISKA irányítási rendszert használják, valamint Dayri Smart Chip rendszerű egyed azonosítót. Az ivarzás megfigyelő rendszer ENGS pedométeres rendszer.
Az állományszintű tőgyvizsgálat CMT-vel történik havonta kétszer, ilyenkor kerül osztályozásra a tehenek tőgybiológiai állapota, majd az eredmények néhány napon belül felvezetésre kerülnek a rendszerbe a nyomonkövethetőség érdekében. A tőgyvizsgálat a fejőházba érkező tehenek tőgyének fertőtlenítése után az első tejsugár kihúzásával kezdődik. A fejő szemrevételezéssel megállapítja a tej minőségét. A klinikai elváltozás jele a sűrű, összecsomósodott, savószerűvé vált tej, elszíneződés (véres, barna) vagy a tej kellemetlen szagának megjelenése. A fejő 2-3 ml tejet fej minden tőgynegyedből a masztiteszt tálca négy csészéjébe, majd 45º-os szögben elfordítja, hogy a felesleges tej kicsorogjon. A vizsgáló a tej mennyiségével megegyező Dosil reagenssel, körkörös mozdulatokkal elegyíti a mintákat. Az eredmények értékelése során a minták konzisztenciája alapján negatív, egy-, két- és háromkeresztes, valamint „K” eredményt mutathatnak, attól függően, hogy milyen mértékben vált kocsonyássá az adott minta a reagens hatására (1. táblázat).

1. táblázat: A masztiteszt elbírálása

Minősítés	**A tej-reagens elegye**
Negatív (-)	Állaga folyékony, elváltozás nincs benne.
Kettes (++)	Állagában kis nyálkás csomók jelennek meg
Hármas (+++)	Állagában több nyálkás csomót látunk, melyek kezdenek összeállni, de még folyékony
K (++++)	A keverék gyorsan megsűrűsödik, összeáll, de még folyékony marad.
K (Bekarikázva)	A keverék nyúlós, kocsonyás állagot vesz fel, nem folyékony, a próba edényben összeáll, tartalmaz fehér gennyszerű foltokat.

A klinikai tőgygyulladást mutató egyedek azonnal áthelyezésre kerülnek a betegistállóba, a tejük pedig megsemmisítésre kerül. Ebben az istállóban hámvédő takarmány kiegészítő etetése is történik, a további kezeléseket minden esetben az állatorvos határozza meg. Azok az állatok,

amelyeknek a masztiteszt alapján szubklinikai tőgygyulladása van, folyamatosan nyomon vannak követve, valamint tejmintavétel is történik ezekből az egyedekből, mely során steril mintavételi csőbe néhány tejsugarat fejnek. A mintavétel azon tőgy negyedből történik, amely begyulladt vagy magas szomatikus sejtszámú. A levett és számozott mintákat hozzárendelik az állathoz, majd fagyasztás után a NÉBIH laboratóriumba küldik mikrobiológiai és rezisztencia vizsgálatra.

A vizsgálatok 2020. december végétől 2021. decemberéig folytak a telepen dokumentált adatok feldolgozásával. Továbbá az AT Kft. által történt havi tejtermelés ellenőrzés során közölt karbamid értékek, magas karbamid terheltség, energiahiányos állapot, szomatikus sejtszám emelkedés és a tőgygyulladás számának növekedésének összefüggéseit vizsgáltuk.

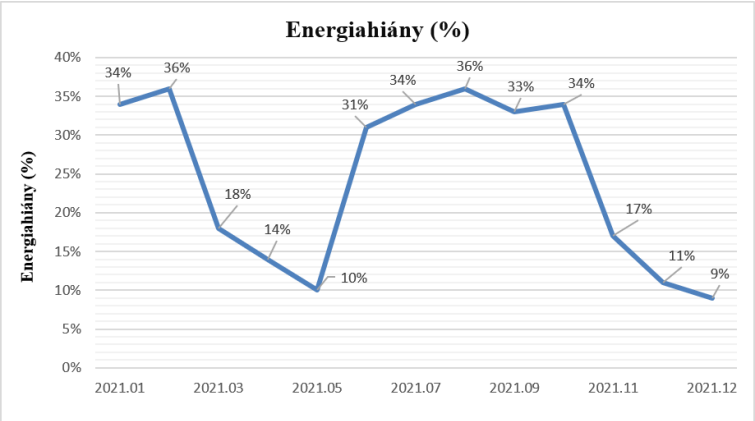
Eredmények és értékelésük

A telep takarmányozási állapota a 2021-es évben

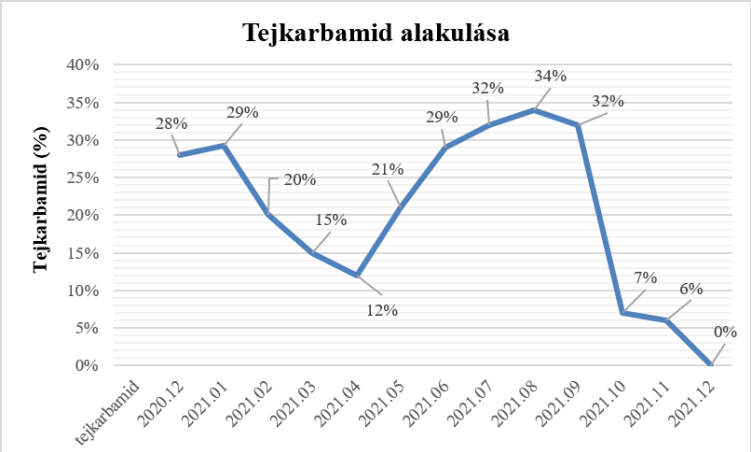
A Szerencsi Mezőgazdasági Zrt. tejtermelő tehenészetének a 2020-21-es takarmányozási év volt a legnehezebb az elmúlt időszakban. A 2022-23 takarmányozási év már sem a takarmány mennyiségben, sem a takarmány minőségben nem okozott problémát, hiszen a tömegtakarmány féleségeket olyan területre vetették, amelynek öntözése megoldható volt. A 2020. évi silókukorica szilázs-, valamint szenázsféleségek mennyisége és minősége határozta meg a 2021. év takarmányozását. A silókukorica szilázs esetében a tervezett szükséglettel szemben közel 300 vagonnal kevesebbet sikerült betakarítani (az éves szükséglet 800 vagon). Betakarításkor a szilázskukorica kényszerérett állapotban volt, felszáradásnak indult, ezáltal a szárazanyag tartalma 43% lett, míg a keményítőtartalma 22% (kg/ szárazanyagra vetítve). A szenázsféleségek tekintetében a rozs szenázs időbeni betakarítása a tavaszi esőzések miatt meghiúsult, a kalászt kihányta, a szára elszalmásodott, így egy 38 %-os szárazanyagtartalmú és alacsony, 11 %-os fehérje tartalmú szenázst sikerült betakarítani, amelynek az elvárt hozama a 140 q/ha helyett 65 q/ha volt. Az olaszperje szenázs esetében az első kaszálás szintén meghiúsult a tavaszi nagy mennyiségű csapadék miatt, így azt szénaként tudták betakarítani. A második és a harmadik kaszálás idejére pedig nem nőtt meg ideális méretre az aszály miatt. Ekkor a fehérjetartalma 14%, a szárazanyagtartalma pedig 28% volt.

A tehenek anyagforgalmi állapotának hatása az állomány tőgyegészségügyi állapotára

Az 1. és a 2. ábrán látható adatok összevetése alapján megállapítható, hogy a vizsgált időszakban a tejkarbamid-szint (urea) és az energiahiány hasonló tendenciát mutattak. Mindkét görbe íve szinte párhuzamosan változik, ami arra utal, hogy a két paraméter között szoros összefüggés áll fenn. Az év elején megfigyelhető magas karbamidszint és a jelentős energiahiány kezdetben még kontroll alatt tartható volt, azonban a nyári hónapokban jelentkező hőstressz jelentős mértékben súlyosbította az állomány anyagcsere-állapotát. A nyári hőstressz hatására az állatok takarmányfelvétele csökkent, ami tovább rontotta az energia-ellátottságot. Ennek következtében az energiahiányos állapot állandósult, amely rontotta a bendő fermentációját és a fehérjeemésztést. A tejkarbamid szintjének emelkedése ebben az esetben valószínűleg nem a fehérjetúletetés következménye volt, hanem sokkal inkább az energiahiányból eredő fehérjehasznosulási zavar jele. Amikor az állat nem jut elegendő energiához, a takarmányban lévő fehérjét nem képes hatékonyan hasznosítani a mikrobák révén a bendőben, mivel azok szaporodása és aktivitása jelentősen csökken.



1. ábra: Az energiahiány megoszlása az állományban



2. ábra: A tejkarbamid alakulása

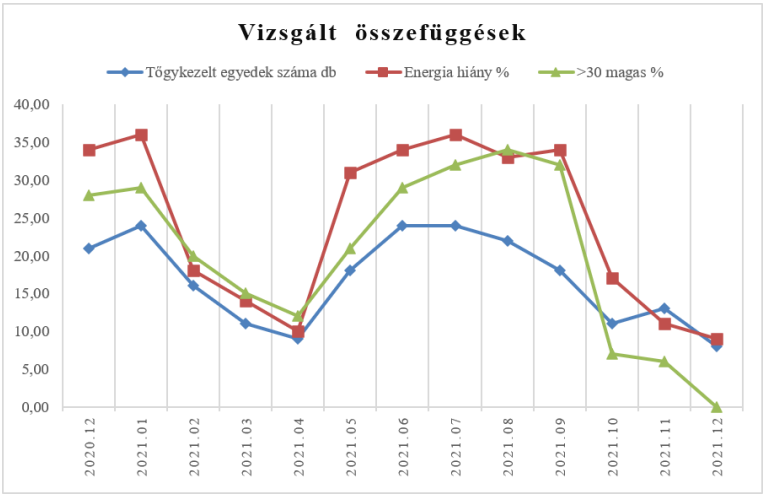
A mikrobafehérje képződés elmaradása miatt a takarmányfehérje ammóniává bomlik és a véráramba kerülve a májat terheli, majd karbamiddá alakul, amely végül megjelenik a tejben is. Ez az állapot hosszabb távon acidózis kialakulásához vezethet, mivel a bendő pH-értéke savas irányba tolódik el. A lecsökkent pH érték hatására a cellulolitikus baktériumok száma visszaesik, a rostbontás és az illózsírsavtermelés gyengül, ami tovább mélyíti az energiahiányt. Ezt a megállapítást jól tükrözi az 1-2. ábrán megfigyelhető szinkron görbemozgás. A tejkarbamid-szint és az energiahiány közötti kapcsolat alapján arra lehet következtetni, hogy a tejkarbamid nem elsősorban a túlzott fehérjebevitel, hanem az elégtelen energiaellátottság következménye volt. A nyári hőstressz felerősítette ezt az állapotot, amelynek egyik fő következménye lehetett a bendő működésének zavara és a fehérjehasznosulás romlása.



3. ábra A szomatikus sejtszám alakulása (ezer db/ml)

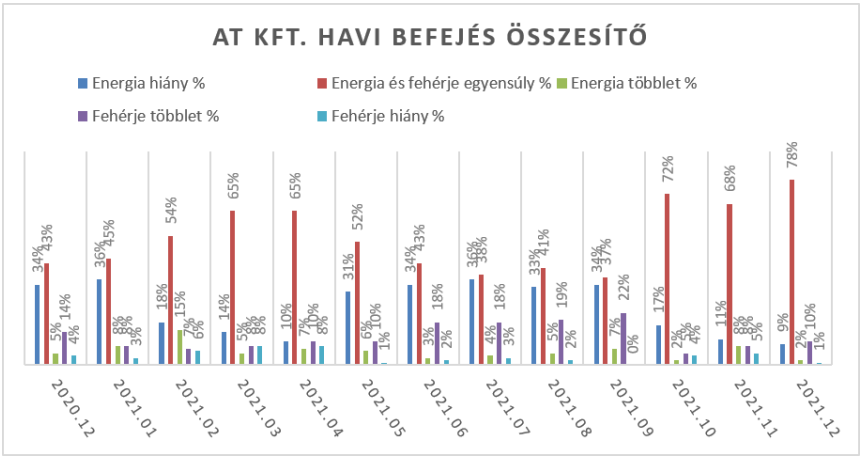
A 3. ábra alapján elmondható, hogy a vizsgált időszakban a szomatikus sejtszám (SCC – Somatic Cell Count) alakulása szoros összefüggést mutatott a tejkarbamid-szint és az energiahiány változásaival (1-2. ábra). A három paraméter értékei közel azonos párhuzamos görbén rajzolódtak ki, amely a takarmányozás minőségének és az anyagcsereállapot változásainak hatásait tükrözi az állomány egészségügyi státuszán keresztül. Az év elején bekövetkezett kiugró sejtszámszint (470 ezer db sejt/ml) a téli takarmányozás következtében kialakult energiahiányra vezethető vissza. Ebben az időszakban az állatok energiaellátottsága nem volt kielégítő, ami az immunrendszer működésének gyengüléséhez és a tőgyegészség romlásához vezetett. Mivel a fehérje-energia arány megbomlott és a fehérje hasznosulása nem volt megfelelő, ezért megnőtt a szervezet karbamidterhelése is. A magas karbamidszint egyértelmű indikátora annak, hogy a bendőben élő mikrobák működése zavart szenvedett, így a fehérje mikrobiális eredetű hasznosítása nem történt meg megfelelően. A nyári hónapokban jelentkező másodlagos sejtszámemelkedés már több tényező együttes hatásának eredménye. A tartósan magas külső hőmérséklet miatt kialakult hőstressz tovább csökkentette a takarmányfelvételt, súlyosbítva ezzel az energiahiányt. A hőstressz immunrendszert gyengítő hatása, valamint a megnövekedett sejtszint arra utal, hogy a tehenek természetes védekezőképessége jelentősen csökkent, ami hajlamosította őket a tőgygyulladás kialakulására. Az őszi hónapok beköszöntével, a külső környezeti stresszfaktorok csökkenésével és a takarmányozás fokozatos helyreállításával a szomatikus sejtszám ismét elfogadható szintre csökkent (268 ezer db sejt/ml), ami az állomány javuló anyagcsereállapotát és a tőgyegészség helyreállását tükrözi. Összességében megállapítható, hogy az SCC alakulása érzékenyen reagál az energiaellátottság szintjére és a takarmányozási egyensúly megbomlására. A karbamid- és energiaértékekkel való párhuzamos változása alapján jelen esetben egyértelmű a kapcsolat a sejtszám és a takarmányozás minősége, valamint az anyagcserezavarok között. A szomatikus sejtszám így nemcsak a tőgyegészség, hanem közvetetten a takarmányozás színvonalának indikátora is.

A 4. ábra alátámasztja az eddig leírtakat, miszerint minél magasabb az energia hiány, annál több a tőgykezelt, tőgygyulladt állatok száma. Amint az energia hiány csökken, azzal egyidejűleg csökken a tőgygyulladt egyedek száma is.



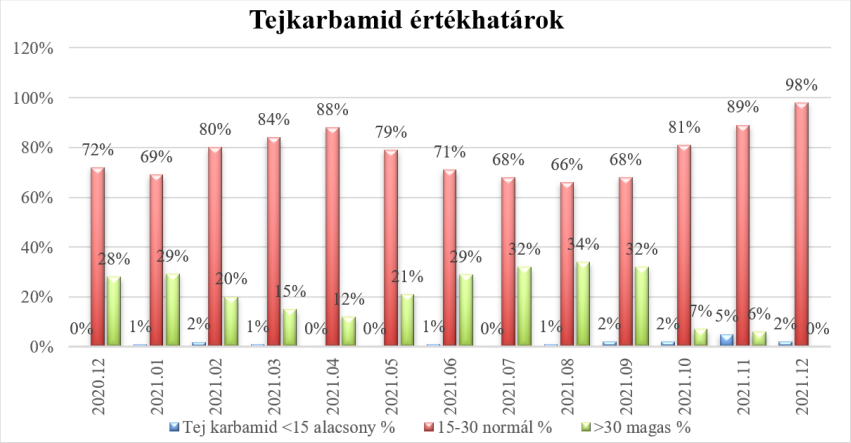
4. ábra: A vizsgált összefüggések

Az 5. ábrán látható, hogy 2021. februárjától jelentős emelkedés figyelhető meg az energiahiány és fehérjeegyensúly között, amely 2021. októberében (72%), illetve decemberében (78%) éri el a csúcspontját. Ez arra enged következtetni, hogy javult a takarmányozás minősége, amely hozzájárult a tejhozam optimalizálásához. Ezzel szemben az energia-és fehérjehiány az év folyamán jellemzően csökkenő tendenciát mutatott, amely szintén pozitív változásokra utal a takarmányozás tekintetében.



5. ábra: Az AT Kft. befejés összesítőjének eredményei

A 6. ábra adataiból kitűnik, hogy a vizsgált időszak túlnyomó részében a normál (15-30%) karbamidszinttel rendelkező egyedek aránya dominált, különösen 2021. októberétől decemberig, amikor ez az érték elérte a 98%-ot is. Ezzel szemben a magas tartományban (>30%) lévő egyedek aránya viszonylag alacsony volt, különösen az év végén, míg az alacsony (<15%) karbamidszinttel rendelkező állatok aránya minden hónapban alacsony értéket mutatott. A tejkarbamidszint emelkedése arra utalhat, hogy a takarmány túlzott fehérjetartalommal rendelkezik, ugyanakkor hosszú távon anyagforgalmi zavarokat is okozhat az állományban.



6. ábra: Tejkarbamid értékhatárok

A laktáció számának hatása a tőgy biológiai állapotára

2. táblázat: A tőgygyulladások előfordulása a laktáció száma szerint

Laktáció száma	Tej/kg		Szomatikus sejtszám (ezer db/ml)		Átlag laktációs napok száma	Tőgygyulladások előfordulása	
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás		db	%
1	27,9	9,1	1144	1580	83	320	58,8
2	30,1	12,4	1668	2013	97	138	25,4
3	33	13	1393	1643	81	55	10,1
3 <	35	20	1345	1326	66	31	5,7

A 2. táblázat adataiból láthatjuk, hogy a laktáció száma miként befolyásolta a tőgygyulladások számának előfordulását, hiszen míg az első laktációjú tehenek tőgygyulladásának előfordulása 58,8%, addig a 3-nál több laktációjú tehenek esetében mindössze 5,7% volt ez az érték. Azonban megfigyelhető, hogy az 1-3 laktációjú állatok átlagos laktációja 81-97 nap között alakult, addig a 3-nál többet teljesítő egyedeknél ez a szám 66 nap volt átlagosan. Az átlagos laktációs napokból láthatjuk, hogy azok az egyedek, amelyek 35 kg napi tej fölötti termelést mutatnak, azoknál hamarabb jelentkezett a tőgygyulladás (tehát a laktációs stádium korábbi szakaszánál), mint az 1-3 laktációjú állatoknál. A laktáció számának növekedésével emelkedik az átlag tej/kg mennyiség, ezáltal csökken a tőgygyulladások előfordulása is. A tej/kg a szórás tekintetében a legnagyobb a 3-nál több laktációjú egyedeknél 20 kg volt, míg a legkevesebb az első laktációjú teheneknél volt 9,1 kg. Az átlagos szomatikus sejtszám a 2. laktációjú tehenek esetében volt a legmagasabb, az első borjas teheneknél pedig a legalacsonyabb, viszont a 3. és annál több laktációjú egyedeknél ez az érték stagnálást mutatott. Az összes minta értékeléséből azt láthatjuk, hogy a tőgygyulladt állatok több, mint fele az elsőborjasoktól származott, majd ez a szám fokozatosan csökken a laktációs szám növekedésével.

A 3. táblázatban megfigyelhetjük, hogy a *Prototheca zopfii* által okozott megbetegedés az első laktációban viszonylag kevés százalékban (18,4%) fordult elő, viszont a második és az annál nagyobb laktációjú egyedeknél ez a szám megnövekedett (40-47,1%). A *CNS* (*Coaguláz-negatív Staphylococcusok*) előfordulása viszont épp az ellenkezőjét mutatja, hiszen az első laktációban megfertőzött egyedek aránya 44% volt. Ez az érték a laktációs szám növekedésével lecsökkent 20-24,2%-ra. Az *Escherichia coli* fertőzöttség a laktációs számok

csoportjaiban 9,1-12% között változott. A *Streptococcus uberis* okozta tőgygyulladások nagyobb hányada az első és a 3. laktációjú egyedeknél fordult elő (20-20,6%), míg a 2. és három feletti laktációjú állatoknál kevesebb előfordulást mutat (6-13,8%). A *Streptococcus uberis* jelenléte az *Escherichia* coli-hoz képest az 1-3. laktációban mindig magasabb százalékban mutatkozott, viszont a háromnál több laktációjú egyedeknél a *Escherichia coli* jelenléte a duplájára növekedett. Az egyéb kórokozók előfordulása a 3. laktációjú teheneknél kb. 4%-kal megnövekedett az egyes és a háromnál nagyobb laktációjú tehenekhez képest.

3. táblázat: A kórokozók előfordulása a laktáció száma alapján

Laktáció száma	***Prototheca zopfii***		***CNS***		***Streptococcus uberis***		***Escherichia coli***		**Egyéb kórokozók**	
	db	**%**	**db**	**%**	**db**	**%**	**db**	**%**	**db**	**%**
1	59	18,4	141	44	66	20,6	32	10	22	6,8
2	65	47,1	29	21	19	13,8	16	11,6	9	6,5
3	22	40	11	20	11	20	5	9,1	6	10,9
3<	14	42,4	8	24,2	2	6	4	12	2	6,4

A laktáció stádiumának hatása a tőgy biológiai állapotára

A 4. táblázatban a tőgygyulladások előfordulása a vizsgált egyedek (0-100 laktáció nap) több, mint a felénél mutatkozott (66,9%). A laktáció stádiumának növekedésével a betegség előfordulása nagy százalékban csökken. A szomatikus sejtszám átlagértékei a 300 napnál nagyobb laktáció stádiumú egyedeknél volt a legkisebb (650 ezer/ml). A legmagasabb értéket (1566 ezer/ml) a 200-300 közötti laktáció stádiumú egyedek produkálták, ezt követte a 100 nap alatti állatok, majd ez a szám ismét lecsökkent a 100-200. nap között (1161 ezer/ml). Az átlag tejtermelés tekintetében a legmagasabb érték a 100-200 nap között volt (30,7 kg/nap), majd ez a szám csökkenő tendenciát mutatott a laktációs nap növekedésével.

4. táblázat: A tőgygyulladás előfordulása a laktáció stádiuma szerint

Laktáció stádium (nap)	**Tej/kg**		**Szomatikus sejtszám (ezer db/ml)**		**Átlag laktációs napok száma**	**Tőgygyulladások előfordulása**	
	Átlag	**Szórás**	**Átlag**	**Szórás**		**db**	**%**
0-100	30,3	11,1	1365	1703	21	364	66,9
100-200	30,7	9,6	1161	1603	148	92	16,9
200-300	26	10	1566	2083	243	58	10,7
300 <	20	11	650	901	387	29	5,3

5. táblázat: A kórokozók előfordulása a laktáció stádiuma alapján

Laktáció stádium (nap)	*Prototheca zopfii*		*CNS*		*Streptococcus uberis*		*Eschericia coli*		Egyéb kórokozók	
	db	%	db	%	db	%	db	%	db	%
0-100	120	33	124	34,1	61	16,8	37	10,2	23	6,3
100-200	34	37	23	25	19	20,7	8	8,7	7	7,6
200-300	9	15,5	22	37,9	13	22	9	15,5	7	12
300 <	3	10,3	22	75,8	2	6,9	1	3,4	1	3,4

Az 5. táblázat érékelésekor láthatjuk, hogy a *Prototheca zopfii* által okozott megbetegedések száma 37 %-ban a 100-200 napos laktáció stádiumban volt a legmagasabb. Ez a szám fokozatosan csökkent a 200-300 nap között, majd a 300 nap feletti egyedeknél 10,3 %-ra mérséklődött. A *CNS* jelenléte 300 nap felett kiemelkedően magas százalékos megbetegedést okozott (75,8%), a legkevesebb előfordulást (25%) pedig a 100-200 nap között mutatott. Az *Escherichia coli* nagyobb előfordulását 200-300 nap között (15,5%) lehetett tapasztalni, 300 nap fölött viszont elenyésző jelenlétet mutatott (3,4%). A *Streptococcus uberis* megbetegedést okozó kórokozó a 200-300 nap közötti intervallumban volt a legmagasabb (22%). Egyéb kórokozók megjelenése 200-300 nap között emelkedést mutatott (12%). A 200-300 nap közötti intervallumban a prototheca és coli előfordulása egyenlő mértékben volt detektálható (15,5 %), míg a *CNS* előfordulása volt a legmagasabb (37,9%).

A napi termelt tej hatása a tőgy biológiai állapotára

A tőgygyulladások előfordulása a 30 kg fölötti napi termelésű egyedeknél volt a legmagasabb, majd ez a szám fokozatosan csökkent a tej/kg csökkenésével arányosan. Az átlag laktációs napokat figyelembe véve megállapítható, hogy 72 nap volt a 30 kg feletti termelt tejű teheneknél, míg a 20 kg alatt termelők esetében ez az átlagszám 137. Az átlagos szomatikus sejtszám értékelésénél szembetűnő, hogy azok az állatok, amelyek 20 tej/kg alatt teljesítettek, azoknál sokkal magasabb a sejtszám (2083 ezer db/ml)), mint a 30 tej/kg felett teljesítőknél (908 ezer db/ml). A szomatikus sejtszám értékeit és a tőgygyulladások számát nézve azt vehetjük észre, hogy amíg a tőgygyulladások előfordulása a 20 tej/kg alatti egyedeknél a legmagasabb (2083 ezer db/ml), addig a tőgygyulladások előfordulásában vezető napi 30 tej/kg feletti egyedeknél a legalacsonyabb (908 ezer/ml) (6. táblázat).

6. táblázat: A tőgygyulladás előfordulása a napi tej/kg alapján

Napi tej/kg	Tej/kg		Szomatikus sejtszám (ezer db/ml)		Átlag laktációs napok száma	Tőgygyulladások előfordulása	
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás		Átlag	Szórás
20 >	13,4	5,7	2083	2343	137	108	19,8
20-30	25,6	2,7	1464	1716	76	169	31
30 <	38	7	908	1204	72	267	49

A 7. táblázatban látható, hogy a *Prototheca zopfii* által okozott megbetegedés körülbelül egyenlő százalékban (30,5-35,5) fordult elő a napi tej/kg alapján bemutatott táblázatban. A *CNS* kórokozó jelenléte a tej/kg növekedésével fokozatos csökkenést eredményezett, viszont az is megállapítható, hogy az összes megbetegedések közül a legnagyobb érték (36,7-39,8%) ebben az esetben mutatkozott. A *Streptococcus uberis* által okozott megbetegedés a 30 tej/kg feletti egyedeknél volt a legmeghatározóbb (23,6%), míg az az alatti állatoknál alacsonyabb jelenlétet mutatott (13,6-13,8%). Az *Escherichia coli* jelenléte a 20 liter tej/kg alatti egyedeknél fordult elő nagyobb számban (11,1%).

7. táblázat: A kórokozók előfordulása a napi tej/kg alapján

Napi tej/kg	***Prototheca zopfii***		***CNS***		***Streptococcus uberis***		***Escherichia coli***		**Egyéb kórokozók**	
	db	**%**	**db**	**%**	**db**	**%**	**db**	**%**	**db**	**%**
20 >	33	30,5	43	39,8	15	13,8	12	11,1	5	4,6
20-30	60	35,5	62	36,7	23	13,6	13	7,7	11	3
30 <	82	30,7	85	31,8	63	23,6	17	6,4	20	7,5

A szomatikus sejtszám hatása a tőgy biológiai állapotára

A 8. táblázatban a szomatikus sejtszám által alkotott csoportok értékelése során elmondhatjuk, hogy a tej/kg csökkenésével növekedett a szomatikus sejtszám is. A 800 fölötti szomatikus sejtszámmal rendelkező egyedek a vizsgált minták 44,8%-át produkálták a tőgygyulladás előfordulásának tekintetében, míg a 400-800 közötti sejtszámmal rendelkezők csak 16,7%-ot. A 800 fölötti szomatikus sejtszám alakulás szórása igen magas (1851 ezer db/ml), az átlag laktációs napok száma a pedig a legalacsonyabb (76 nap) volt.

8. táblázat: A tőgygyulladások előfordulása a szomatikus sejtszám alapján

Szomatikus sejtszám (ezer db/ml)	**Tej/kg**		**Szomatikus sejtszám (ezer db/ml)**		**Átlag laktációs napok száma**	**Tőgygyulladás előfordulása**	
	Átlag	**Szórás**	**Átlag**	**Szórás**		**db**	**%**
400 >	30,8	11,6	131	106	89	209	38,4
400-800	29,9	11,1	586	106	106	91	16,7
800 <	28	10	2599	1851	76	244	44,8

A kórokozók jelenlétének alakulását a szomatikus sejtszám alapján a 9. táblázatban láthatjuk. *A Prototheca Zopfii* által okozott megbetegedések nagy százalékában (44,2%) a 800 feletti szomatikus sejtszámmal rendelkező egyedeknél fordultak elő, a sejtszám csökkenésével csökkent az előfordulásuk is. A *CNS* baktérium viszont az ellenkezőjét mutatta, mivel a megbetegedések közel a felét (49,2%) a 400 alatti szomatikus sejtszámmal rendelkező egyedeknél okozta. A sejtszám emelkedésével a százalékos jelenlétük is lecsökkent 22,5%-ra. Az *Escherichia coli* megjelenése nagyobb százalékban a 400 alatti tartományban fordult elő (13,4%), a sejtszám növekedésével csökkent (4,4%), majd a sejtszám növekedésével 9%-ra emelkedett. A *Prototheca zopfii* és a *Streptococcus uberis* a 400 alatti és 400-800 közötti

tartományában 14,8%-ban volt kimutatható, viszont a 800 feletti tartományban a *Prototheca zopfii* jelenléte közel a duplájára emelkedett (44,2%).

9. táblázat: A kórokozók előfordulása a szomatikus sejtszám alapján

Szomatikus sejtszám (ezer db/ml)	***Prototheca zopfii***		***CNS***		***Streptococcus uberis***		***Escherichia coli***		**Egyéb kórokozók**	
	db	**%**	**db**	**%**	**db**	**%**	**db**	**%**	**db**	**%**
400 >	31	14,8	103	49,2	31	14,8	28	13,4	16	7,7
400-800	26	23,8	33	36,3	21	23	4	4,4	7	7,7
800 <	108	44,2	55	22,5	44	18	22	9	15	6,1

Következtetések

A minőségi tej előállításához rendkívül fontos a haszonállat megfelelő egészségi állapota. Csak egy teljesen egészséges egyed adja a legjobb tejet. A minőségi feltételeket ismerve a legfontosabb az árutej előállításában a szomatikus sejtszámot a megengedett határok között tartani. A magas szomatikus sejtszám kialakulásában főként a baktériumok a felelősek. A vizsgált eredményekből, összefüggésekből kimutatható, hogy a bevizsgált első laktációjú egyedek több, mint felénél (58,8 %) jelent meg a masztitisz, majd ez az érték a laktáció növekedésével fokozatosan csökkent. Viszont a napi tej mennyiségének alakulását nézve azon állatok esetében, melyek meghaladták 3. laktációjukat, a megbetegedett egyedek átlagos laktációs napja a legkevesebb (66 nap) volt. Továbbá a laktáció szám alapján kategorizált csoportokban azt is kiemelhetjük, hogy az átlag laktációs napok száma 100 alatt volt, melyből arra is következtethetünk, hogy az ellés körüli energiahiány miatt sokkal fogékonyabbak lettek ezek az állatok a kórokozókkal szemben, ahogy ezen feltételezést Tóth (2005) és LeBlanc (2010) vizsgálatai is alátámasztják.
A kórokozók jelenléte és a laktáció száma alapján arra következtethetünk, hogy a *Prototheca zopfii* megjelenése az első laktációban nem volt kiemelkedő, viszont az egynél több laktációjú egyedeknél már nagy százalékban fordult elő, míg a *CNS* előfordulása éppen az ellenkezőjét mutatta. Mivel a *Prothotheca zopfii* okozta tőgygyulladás nagyobb kártétellel, magasabb szomatikus sejtszámmal és a tőgy szöveti károsodásával jár, ezért célszerű az ellene való védekezés. A 100 nap alatti laktációs stádiumban lévő állatok tőgygyulladásának előfordulása volt a legnagyobb (66,9%), az átlag laktációs napok száma pedig 21 nap volt. Így újra azt a következtetést vonhatjuk le, hogy igaz Tóth (2005) és LeBlanc (2010) azon állítása, hogy az ellés körüli időszakban a legnagyobb a fertőzések aránya.
Megállapítható továbbá, hogy a 0-200 napos laktációs stádiumban lévő állatoknál a *Prothotheca zopfii* előfordulása magasabb, mint a 200 fölött lévő egyedeknél. A *CNS* jelenléte nagyobb százalékban a laktáció végén fordult elő. A *Streptoccocus uberis* főként a 100-300 napos intervallumban jelent meg nagyobb számban. Azoknál az egyedeknél, ahol az átlagos tejtermelés 38 kg volt, ott a tőgygyulladások előfordulása 49 % volt, ez alapján elmondható, hogy minél magasabb az egyed tejtermelése annál inkább fogékonyabb a tőgygyulladásra.
A tej/kg alapján osztályozott állatoknál közel azonos mértékben volt kimutatható a *Prothotheca zopfii* jelenléte. A termelt tej mennyisége nem befolyásolta a kórokozók jelenlétét. A szomatikus sejtszám növekedésével csökkent a termelt tej mennyisége. Ebből arra következtethetünk, hogy a magas szomatikus sejtszám növekedés minőségi és mennyiségi romláshoz vezet, ahogy ezt Unger (1993) állította. A magas szomatikus sejtszám szintén összeköthető a laktációs napok számával, hiszen a 800 fölötti sejtszámmal rendelkező egyedek átlagos laktációs száma volt a legkevesebb (76 nap). A szomatikus sejtszám növekedésével egyaránt nőtt a kórokozók jelenléte is.

Összefoglalás

A tejhasznú szarvasmarhák egészségi állapotát és termelési teljesítményét alapvetően befolyásolja a takarmány beltartalmi értéke, különösen a tömegtakarmányok minősége. A vizsgálatok alátámasztották, hogy a nem megfelelő energiaellátottság, valamint a takarmányozási hibák következtében kialakuló anyagcserezavarok közvetlen hatással lehetnek a tőgy egészségi állapotára és a tej szomatikus sejtszámának alakulására. Az adatelemzések alapján egyértelmű összefüggés mutatkozott az energiahiány, a megemelkedett karbamidszint, a tőgygyulladásos esetek, valamint a szomatikus sejtszám értékei között. Az energiaellátottság hiánya különösen az ellés utáni időszakban jelentős kockázati tényező, mivel ebben az időszakban a tehenek immunrendszere gyengül, így fogékonyabbá válnak a különböző fertőzésekkel szemben. A gyakori tőgygyulladások nem csupán egészségügyi kockázatot jelentenek, de jelentős gazdasági veszteségekhez is vezetnek, mind a kieső tejtermelés, mind a megnövekedett kezelési költségek révén. A kutatás során megfigyelt tendenciák szerint a masztitisz előfordulása legnagyobb arányban az első laktációs teheneknél volt kimutatható (58,8%). A laktáció előrehaladtával ez az arány csökkent, ugyanakkor a három vagy annál több laktációval rendelkező egyedeknél a megbetegedett tehenek átlagos laktációs napja jóval alacsonyabbnak bizonyult (66 nap), ami arra utal, hogy a betegség korai stádiumban jelentkezik. Az adatok arra engednek következtetni, hogy a frissen ellett tehenek a legérzékenyebbek az energiahiányból adódó immunrendszeri gyengülésre és a tőgygyulladások kialakulására. Kiemelendő továbbá, hogy a vizsgált állományban a *Prothotheca zopfii* nevű algás eredetű kórokozó volt a leggyakoribb és a legnagyobb károkat okozó ágens. Leginkább a nagy tejtermelésű (>30 kg/nap) és a többlaktációs állatokat érintette, ahol magas szomatikus sejtszámmal párosult a kórokozó jelenléte. Mindez megerősíti, hogy a takarmányozás, az állattartási körülmények, valamint a fejéstechnológia fejlesztése elengedhetetlen a fertőzések visszaszorítása és az állomány egészségének megőrzése érdekében.

Kulcsszavak: szarvasmarha, masztitisz, szomatikus sejtszám, takarmányozás

Irodalom

Balatoni, M., Keting, F. (1981). Tejipari kézikönyv. Mezőgazdasági kiadó. Budapest, 73-74.

Blaskó B. (2011). World importance and present tendencies of dairy sector. APSTRACT: Applied Studies in Agribusiness and Commerce, 05(3-4), 119-124.
https://doi.org/10.22004/ag.econ.104683

Forgó, I., Barna, S., Tóth, Cs., Vágvölgyi S. (2009). A gyepgazdálkodás problémái, természetvédelem vagy gazdálkodás. Gyepgazdálkodási Közlemények 7: 31–34.
https://doi.org/10.55725/gygk/2009/7/1-2/10269

Funk, D.A., Freeman, A. E., Berger P.J. (1982). Environmental and physiological factors affecting mastitis at drying of and postcalving. J. Dairy Sci., 65(8), 1258-1268.
https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(82)82339-4

Halász, J. L., Szathmáry, M., Tóth, M. D., Dinya, Z., & Balázsy, S. (2008). Effect of pollution in the fatty acid composition of soil *Bacillus* strains. *Cereal Research Communications, 36*(Suppl.), 1827–1830.

Halász, J. L., Balázsy, S., Kolesnyk, A., & Krausz, E. (2012). The metal uptake of plants on the landfill sites in Bereg County. *Studia Universitatis "Vasile Goldiş", Seria Ştiinţele Vieţii, 22*(2), 217–223.

Hocevar, J. (1993). Somatic cell count as a total for detecing subclinical mastitis in cows kept in stables. Prvi Slovenski Veteinarski Kongres.Portoroz,18-20 November, 1993.(1), 71-76.

Holló, I., Márkó J., Stefler, J., Wolf, Gy. (1996). Állattenyésztés 4. Szarvasmarha tenyésztés Tejgazdaságtan. Agrárszakoktatási Intézet, Budapest, 178-179, 184-185.

Huszenicza, Gy., Albert, M. (2000). A különböző mikrobák okozta Tőgygyulladások In: Simon F.-Szita G.- Merényi I.: Tőgyegészség és tehéntej minőség, Budapest, Mezőgazda Kiadó, 187-214.

LeBlanc, S. (2010): Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period. Journal of Reproduction and Development, 56 (suppl.). 29–35.

https://doi.org/10.1262/jrd.1056S29

Markói, B.(szerk.) (1986). Állategészségügyi és higiéniai ismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest,1-820.

Márkus, G. (2001). Tejelő tehenek tőgygyulladása II. Mezőhír, 10.

Merényi, I., Lengyel, Z. (1996). Tejgazdasági kézikönyv, Budapest 116- 134

Ózsvári, L. (2003). A tőgygyulladásról számokban Magyar Mezőgazdaság 58(38) 22-23, 2.

Salsberg, E., Meek, A. H., Martin, S. W. (1985). Somatic cell counts Associated factors and relationship to production. Can. J. Comp. Med. Ottawa, Ont., 48(3) 251-257.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6478296/

Shutz, M.M., Van Raden, P.M., Wiggans G.R. (1994). Genetic Variation in Lactation Means of Somatic Cell Scores for Six Breeds of Dairy Cattle Journal of Dairy Science.Volume 77(1) 284-293.
https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)76953-8

Simon, F., Szita, G., Merényi, I. (2000). Tőgyegészség és tehéntej minőség. Mezőgazda kiadó, Budapest, 1-316.

Tóth, A. (2005). Útmutató a szárazon állás időszakának megszervezésére. Holstein Magazin. II. évf, 54-57.

Unger, A. (1996). A nyers tej korszerű minősítésének tudományos megalapozása, gyakorlati bevezetés és a minőség alakulása Magyarországon. Egyetemi doktori értekezés. Pannon ATE, Mosonmagyaróvár, 1-135.

Unger, A. (1993). Tejtermelési és tejhigiéniai ismerete. Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kiadványa, Mosonmagyaróvár, 1-32.

Vahid, Y., Kóbori, J. (2003). Korszerű Tejtermelés és Feldolgozás. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 57-60.

Internet 1: https://dairy.osu.edu/newsletter/buckeye-dairy-news/volume-12-issue-4/energy-balance-cows-and-mastitis-potential-linkages?utm_source=chatgpt.com

Internet 2: https://www.agproud.com/articles/28109-metabolic-factors-affecting-the-immune-system-of-the-transition-dairy-cow?utm_source=chatgpt.com

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN NUTRITION AND THE IMMUNE SYSTEM, WITH SPECIAL REGARD TO MASTITIS IN DAIRY COWS

[1]Szabolcs Vigh, [1]Diana Kazai

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
vigh.szabolcs@nye.hu

Summary

The health status and productive performance of dairy cattle are fundamentally influenced by the nutritional value of the feed, particularly the quality of roughage. Studies have confirmed that inadequate energy supply and metabolic disorders resulting from feeding errors can directly impact udder health and the somatic cell count (SCC) of milk. Data analyses revealed a clear correlation between energy deficiency, elevated urea levels, mastitis cases, and somatic cell count values. A deficit in energy supply is a significant risk factor, especially in the postpartum period, as cows' immune systems weaken during this time, making them more susceptible to various infections. Frequent mastitis cases pose not only a health risk but also lead to substantial economic losses through both lost milk production and increased treatment costs. According to the tendencies observed during the research, the incidence of mastitis was highest among first-lactation cows (58.8%). As lactation progressed, this proportion decreased; however, in individuals with three or more lactations, the average days in milk (DIM) for affected cows proved to be much lower (66 days), suggesting that the disease manifests at an early stage. The data indicate that fresh cows are the most sensitive to immune suppression resulting from energy deficiency and the development of mastitis. Furthermore, it should be highlighted that in the examined herd, the algal pathogen *Prototheca zopfii* was the most common agent causing the greatest damage. It primarily affected high-yielding (>30 kg/day) and multi-lactation animals, where the presence of the pathogen was coupled with high somatic cell counts. All of this confirms that improving nutrition, housing conditions, and milking technology is essential to suppress infections and maintain herd health.

Keywords: cattle, mastitis, somatic cell count, feeding

SZABOLCS-SZATMÁR-BEREG VÁRMEGYÉBEN TALÁLHATÓ NÉHÁNY VADÁSZTÁRSASÁG GAZDASÁGI HELYZETÉNEK ELEMZÉSE

Vigh Szabolcs[1] *– Veres Boglárka*[1]

[1] Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b., e-mail: vigh.szabolcs@nye.hu

https://doi.org/10.71066/FTTMK.2.34

Bevezetés

Az utóbbi évek gazdasági helyzete a vadgazdálkodásra is alaposan rányomta bélyegét, különös tekintettel annak pénzügyi szektorára. A vadgazdálkodás nem a vadászat számára keretet adó szaktevékenység összegző neve, hanem a gazdaságnak egy olyan ágazata, mely része a vidék gazdálkodásának, a vidék fejlesztésének egyik hajtóereje. Minden olyan döntés, meghatározás, mely ezen ágazattal kapcsolatos, az ágazat gazdasági eredményeire és pénzügyi feltételeire is átfogó befolyással bír. A hazai vadgazdálkodás a legtöbb évet pozitív gazdasági adatokkal zárta, hosszútávon nyereségesnek látszik, viszont az elmúlt években rengeteg tényező nehezítette a vadásztársaságok bevételszerzési lehetőségeit. Megemlíthetjük a COVID-19 miatt visszaeső külföldi (jellemzően német, osztrák, olasz és V4-es vendégkör) bérvadászati lehetőségektől kezdve, a tagok, ezzel a tagdíjak csökkenő tendenciáján át a 2000-es évek óta hanyatló gímszarvasállományt, de említésre méltó árnyoldal az egyre inkább bonyolódó külföldi vadhúspiaci nehézségek is. A fiatalabb generáció egyre erőteljesebb urbanizálódása és társadalmi szemléletének átalakulása sem kedvez a vadászhagyományok megőrzésének és továbbvitelének. A felsoroltakon kívül számos negatív tényező indokolttá teszi a vadgazdálkodás, mint gazdasági ágazat aktuális működési struktúrájának átértékelését, fejlesztési alternatívák szorgalmazását, ugyanis hazánk rendelkezik olyannyira értékes, nagybecsű vadállománnyal, mely által alkalmas befektetés arra, hogy megfelelően irányított igazgatás és piaci munka mellett, hosszú távon további sikereket érhessen el. Célkitűzésünk, hogy a gazdasági szempontból némileg mellőzött vadgazdálkodás gazdasági helyzetét lokálisan, megyénk valamennyi szegletére lebontva, felülvizsgálva elemezzük, és fejlesztési lehetőségekre tegyünk javaslatot. Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegye három vadásztársaságának gazdasági, statisztikai adatait használtuk fel.

Irodalmi áttekintés

A mára kialakult modern vadászati tevékenység az emberiséggel együtt fejlődött, módosult, munkálatainak sora többször gyarapodott, illetve szűkült, mire jelenbeli formájára csiszolódott. Maylein (2006) elmélete szerint a vadászat az ember evolúciójának terméke lehetett, nem pedig az evolúció elindításának lökete, tehát amiképpen fejlődött az emberi társadalom, a módszerek, a technológiák, úgy követte azt a vadászat is.

Az 1996. évi LV. a vad védelméről, a vadgazdálkodásról, valamint a vadászatról szóló törvény (továbbiakban Vtv.) 59. §-a deklarálja a vadász fogalmát, melynek értelmében vadászati tevékenységet folytathat minden olyan természetes személy, aki érvényes vadászjegy vagy vadászati engedély birtokában van. Kiegészíti továbbá azzal, hogy vadászlőfegyverrel történő vadászat esetén annak tartási engedélyével, ragadozó madárral történő vadászat esetén a természetvédelmi hatóság által kiállított ragadozó madár tartására feljogosító engedéllyel, vadászíjjal való vadászat esetén feljogosító kiegészítő vizsgával, magyar agárral történő vadászat esetén agarászatra feljogosító kiegészítő vizsgával rendelkezik (INTERNET 1).

A vadászati jog Magyarország történetében hosszú és változatos fejlődésen ment keresztül. Már a honfoglalás idején is különböző jogok illették a törzsfőket és egyéb nemeseket, majd számos szabályozást intéztek a középkorban is, előkészítve a mai, modern állam szoros keretek közé felépített vadászathoz való jogát. A vadászat miképpen történő kivitelezésére a korai időkből jelentős mennyiségű és érdemes feljegyzés nem lelhető fel. Csekély történelmi forrásokat alapul véve azonban azzal tisztában vagyunk, hogy már a honfoglaláskori férfiaknak is az egyik

legfontosabb tevékenysége volt. A vadak húsával, prémjével nem csak saját igényeiket tudták fedezni, de az útbaeső, később szomszédos népekkel a kereskedelem tárgyává tették. Ezekben az időkben a közösségek minden szabad tagja gyakorolhatta a vadászatot. Ahogy azonban a vadállomány fogyatkozónak indult, őseink felismerték, hogy korlátozásokra van szükség, és ezzel egyidőben megszületett hazánk orvvadászatának fogalma is (Gyurcsó et. al., 2023).

Magyarországon a vad az állam tulajdonát képezi, a Vtv.-ben szereplő határozata alapján azonban engedélyezi a vadászatra jogosult egyénnek, hogy rendelkezzen a vad fölött. A vadászat joga és az adott földhöz tartozó tulajdonjog nem különíthető el. A föld tulajdonosa a fent említett törvény határozatainak keretén belül kell hogy gyakorolja vadászati jogát. Egyéni, szuverén vadászati jog során vadászati joggal élésnek kvalifikálható, ha a vadászatra illetékes személy privát vadászterületén önmaga vadászik, esetleg általa résztvevő vadász részére nyújt vadászat gyakorlását biztosító alkalmat. Ezen kívül, írásbeli szerződés alapján, ellenszolgáltatás mellett más vadászoktat, illetve vadásztársaságokat juttat vadászati lehetőséghez, megszabva a vadászható fajú és számú vadakat (INTERNET 1). Jogi oldalról vizsgálva a vadásztársaság (legtöbb esetben) egyesületi formában működő jogi személy, mely egy rendkívül komplex szabályzattal rendelkezik, és számos jogszabályra támaszkodik alapítása és működése során (Bezdán, 2013). A vadásztársaság megnevezés alatt a törvény egy olyan egyesületet értelmez, melynek összes tagja kimondottan sportvadászati célból kíván az egyesület kötelékébe lépni, illetve az egyesület minden tagja, kivétel nélkül rendelkezik a vadászat gyakorlására feljogosító okmányokkal (INTERNET 1).

A vadásztársaságok megalakulásának elsődleges célkitűzése a vadászat, mint sporttevékenység működtetése, az aktuálisan érvényben lévő jogszabályok, illetve kulturált, társadalmi értékeket figyelembe vevő magatartás keretében. Továbbiakban céljai között szerepelhetnek egyebek is, a hatályban lévő természetvédelmi jogi szabályozás alapján pedig még elvárás is a természet, a vadállomány védelmezése, az emellett történő hatékony fellépés (Zwillinger, 2016).

A vadászati tevékenységet folytatók számára nem csak jogilag, de környezetgazdálkodási, illetve humánus szempontokból is kötelesség a természeti értékek megőrzése, a fenntarthatóság és természetszerű vadgazdálkodás alkalmazása, ez jelenti ugyanis a modern társadalmak hosszútávú fenntarthatóságának, ökológiai egyensúlyának kulcsát (Мельников, 2007). A vadásztársaság köteles a területén folytatott vadgazdálkodást és vadászati tevékenységet a mező és erdőgazdálkodás érdekeivel, valamint a környezet és természetvédelemmel összhangban megvalósítani, tagjai részére vadászati lehetőséget biztosítani. Köteles a vad életmódja révén keletkező károk megelőzése érdekében a szükséges intézkedéseket (mint például a vad elriasztása vagy vadkárelhárító vadászatok tartása) megtenni (INTERNET 2).

A vadászat és a vadgazdálkodás egymással kölcsönhatásban lévő, egymást kiegészítő tevékenységek, egyik a másik nélkül nem működhet. Vadgazdálkodás alatt ugyanis a vadállomány igazgatását, szabályozását, illetve annak állományának és élőhelyének védelmét értjük. A tervszerűen folytatott gazdálkodás ugyanis tekintettel van a vadásztársaság területén végzett egyéb gazdasági tevékenységekre, a vadak élőhelyére és annak védelmének kritériumaira, a vadállomány hosszútávú fennmaradására, mely alapján megállapítható, mennyire is komplex feladat, ami széleskörű szaktudást igényel. A vadásztársaságok és vadászatra jogosult személyek tervszerű vadgazdálkodásra való kötelezettségét törvény írja elő. Ennek értelmében kötelesek a vadállomány megfelelő élőhelyének biztosítására, a vadállomány ésszerű kiaknázására és annak fenntartható módon történő hasznosítására. Vadgazdálkodási tevékenységüket szükségszerűen kell összehangolniuk a vadászterületen folyó egyéb gazdasági tevékenységekkel, például különböző mezőgazdasági munkálatokkal. Az eddig tárgyalt összetett feladatok eredményességéhez vadgazdálkodási tervek létrehozása elengedhetetlen. Az éves tervek tartalmazzák fajonként levadászható létszámot, a vadászterületre vadászat céljából mesterségesen telepített fajok darabszámát, apróvadak gyérítésének tervét, a vadászat eszközeit, illetve ütemét. Az Agrárminisztérium Országos Vadgazdálkodási Adattárat üzemeltet, mely országos szinten, vadászterületekre és különböző körzetekre lebontva számontartja a hazai vadgazdálkodás adatait, rögzíti annak változásait. Ezen adatok alapján a magyarországi vadgazdálkodásról naprakész

következtetéseket lehet levonni, minőségi romlás esetén pedig irányelveket meghatározni a fejlesztés érdekében (Ésikné, 2020).

Anyag és módszer

Vizsgálataink során a Nyírmadai Egyetértés Vadásztársaság, a Tarpai Földtulajdonosok Vadásztársaság és a Csengeri Földtulajdonosok Aranyfácán Vadászegyesület pénzügyeinek kezelésének hatékonyságát vetettük össze. A három vadászegyesület lokációjának alapján került kiválasztásra, ugyanis területük lefedi a Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegye különböző pontjait. Ennek megvalósításához alapos kutatómunkát kellett végeztünk, felkeresve az adott vadásztársaságok vezetőit. A kutatómunka során először fel kellett térképezni, hogy a vadásztársaságok milyen földrajzi és egyéb természeti adottságokkal, erőforrásokkal rendelkeznek, ugyanis legnagyobb mértékben ezen tényezők befolyásolják tevékenységük eredményességét, amelyek a bevételüket is meghatározzák. Ezen az úton elindulva történt a bevételek és a kiadások összehasonlító vizsgálata, először az adott vadásztársaságon belül, majd pedig valamennyijük pénzügyi adatait összevetve.

A vadásztársaságok gazdálkodása

Az adott vadásztársaságok vagyonukkal önállóan gazdálkodnak, tartozásaiért saját vagyonukkal felelnek. A tagok – a tagdíj és az esetlegesen előírt vagyoni hozzájárulás megfizetésén felül – a vadásztársaság tartozásaiért saját vagyonukkal nem felelnek. A vadásztársaságok alapító okiratai alapján a vadásztársaságok bevételei származhatnak: a közgyűlés által a rendes tagokra megállapított éves tagdíjakból (ezen összeg megfizetésére a vadásztársaságok Házi Szabályzata határozza meg a részletes szabályokat), a közgyűlés által meghatározva, a rendes tagok felé alkalmanként megállapított, befizetendő vagyoni hozzájárulásokból, az alapcél szerinti tevékenységből származó bevételekből, az alapcélú tevékenységgel szorosan összefüggő, gazdasági/vállalkozási tevékenységből befolyó összegekből, hitelekből, kölcsönökből, adományokból és egyéb bevételekből.

A vadásztársaság költségei lehetnek: az alapcél szerinti tevékenységekhez és azok gazdasági/vállalkozási tevékenységéhez közvetlenül kapcsolódó költségek (pl. vadetetés, emberi erőforrások költségei), a vadásztársaság működtetéséhez nélkülözhetetlen költségek és egyéb kiadások. A vadásztársaság költségeinek elemzésénél az egyszerűség és átláthatóság kedvéért anyagi jellegű, személyi jellegű és egyéb költségeket különböztetek meg, mivel a vadásztársaságuk maguk is ilyen formában fogalmazták meg éves költségvetésüket.

A Nyírmadai Egyetértés Vadásztársaság

Az 1970-es évek végén alakult Nyírmadai Egyetértés Vadásztársaság, mely a felső-tiszavidéki vadgazdálkodási tájegységben helyezkedik el. Székhelye 4565 Pusztadobos, Petőfi út 36. (Vadászház). Az M3 autópálya utolsó lehajtója éppen ezen a terület közepébe csatlakozik. Vadászterületük nagysága 7655 ha, ebből Vásárosnamény 635 ha, Nyírmada 2144 ha, Pusztadobos 1483 ha, Ilk 573 ha, Gemzse 389 ha, Nyírparasznya 590 ha, Nagydobos 1053 ha és Nyírkarász 798 ha tesznek ki. A terület 96,7%-a magántulajdon, további 2,9% állami tulajdon, míg 0,4% egyéb jellegű terület. A tagok száma 20 fő, közülük hivatásos vadász 2 fő. A vadászterületük az Északkelet-Nyírség kistáj szélhordta homokkal fedett hordalékkúp síkságán helyezkedik el. A felszíne észak, északkelet felé lejt, az átlagos lejtésszög 3% alatti. A terület északi és középső része alacsony hullámos síksági, déli része közepes magasságú tagolt síksági típusba sorolható. A tengerszint felett magasság átlagosan 135 méter (Pócsi, 2008). A vadászterület 59,7%-a mezőgazdasági művelés alatt áll, a szántóföldi növénytermesztésbe vont terület nagysága 37,4%. A szántókon a kapás kultúrák dominálnak, ezek közül is legfőképpen a kukorica, a napraforgó, a dohány és a burgonya. Jelentős területet foglalnak el zártkertek, bekerített gyümölcsösök, illetve telepített erdők. Vadászterületén megtalálható a vaddisznó, a róka, a nyúl, a fácán, a réce, az őz, a gímszarvas.

A Tarpai Földtulajdonosok Vadásztársaság

A második vizsgált vadásztársaság a Tarpai Földtulajdonosok Vadásztársaság, melynek székhelye 4931 Tarpa, Rákóczi út 2/C. A vadásztársaság a Beregi-síkságon fekszik, melyet igen hosszú vonalon az ukrán-magyar államhatár, a Tisza folyó, valamint a települések közötti műutak határolnak. Területének pontos nagyságát kérésemre nem tudták meghatározni, ugyanis ezen a környéken rengeteg az elszórtan fekvő természetvédelmi és tájvédelmi terület, melyek területén mezőgazdasági és vadászati tevékenység folytatása nyilvánvalóan tilos, ám Tarpa, Gulács, Tivadar, Beregsurány, Hetefejércse és Márokpapi határterületei biztosan a vadásztársaság lefedettsége alá tartoznak – ez becslések szerint 8000 ha-t jelent. Területe biológiailag rendkívül színes, mivel mocsarak, őstölgyesek, nádasok, rekettyések tarkítják. Domborzatilag legnagyobb része síkság, csak Tarpa község határában emelkedik ki a 154 m magas Tarpai-hegy, a kis vulkáni kúp a beregszászi hegyek előhírnökeként. Magyar viszonylatokon belül is igazi vadászparadicsomnak számít a vadásztársaság egész területe: a muflon kivételével minden vadászható vadfajnak ad otthont. Az egyesület területén számos emlékezetes vadászati élmény és kiemelkedő trófea született. A tagok száma jelenleg 42 fő.

A Csengeri Földtulajdonosok Aranyfácán Vadásztársaság

A Csengeri Földtulajdonosok Aranyfácán Vadászegyesületének működési területe a Szatmári-síkságon, a román határ szomszédságában található, a Szamos folyó bal partján, mintegy 3800 ha-on, és magába foglalja Csenger, Csengerújfalu, Ura és Pátyod települések határát. Székhelye 4765 Csenger, Béke utca 43. A terület geomorfológiai szempontból tökéletes síkság, a magasságkülönbségek elenyésző mértékűek. 20 %-a erdős terület, fasor, 80%-a pedig mezőgazdasági jellegű – főleg szántóföldi növénykultúráknak teret adó terület, ebből kifolyólag inkább apróvad van jelen ezen a területen, ők jelentik a vadásztársaság fő profilját, de a vadászmester elmondása alapján évről-évre növekszik a vaddisznó- és gímszarvasállomány is, így napjainkban és a jövőre való tekintettel is inkább ebbe az irányba szeretnének orientálódni. A vadászegyesület területén jelenleg 28 magasles található, mindegyiknél szóró, sózó és itató áll rendelkezésre. A Szamos folyó természetes határvonaluk, s mivel nincsen más természetes vízforrás a területen, különösen nagy erőforrásokat igényel az ivóvízről való gondoskodás. A tagok száma jelenleg 28 fő.

Eredmények és értékelésük

A vadásztársaságok bevételei

A vadásztársaságok 2023-as évi gazdasági jellegű adatait vizsgáltuk. A bevételek meghatározására már a vadásztársaságok felkeresése előtt pontos tervezetet, szempontokat állítottunk fel, így az alapító okiratuk és a szakirodalmak felhasználásával sikeresen felvázoltam, hogy a vadásztársaságok bevételei milyen erőforrásokból származhatnak. Ennek alapján, illetve a vadásztársaságok költségvetéseit összevetve létrehoztam néhány fontos szempontot, melyek értékelése alapján vizsgálni szeretném a vadásztársaságok következő inputjait: az értékesítés nettó árbevételét (trófea, vadhús), a tagdíjakból származó bevételeket, a támogatásokból származó bevételeket, valamint az adományokból származó/egyéb bevételeket.

Nyírmadai Egyetértés Vadásztársaság

A Nyírmadai Egyetértés Vadásztársaság kimagaslóan szép összeget, mintegy 11.515.000 Ft-ot ért el 2023-ban az értékesítésből származó nettó árbevétel. Ezt követik az állami támogatásokból származó bevételek, melyek pontos összege tavaly 5 millió Ft volt. A tagdíjakból származó bevétel 1.920.000 Ft-ot volt. Ennél a vadásztársaságnál jelentős bevétel származott az adományokból is, összesen 430.000 Ft-ot sikerült összegyűjteniük (1. táblázat). A vadásztársaság összes nettó bevétele mintegy 18.865.000 Ft volt.

Tarpai Földtulajdonosok Vadásztársaság

A tarpai székhelyű vadásztársaság 2023-as évi költségvetése alapján a nyírmadaihoz hasonló, megyei szinten jelentős összegű, mintegy 10.888.000 Ft-os értékesítésből származó nettó jövedelemmel zárták az évet. A második legmagasabb érték a tagdíjakból származó bevételek,

melyek teljes összege 3.185.000 Ft volt. Ez az összeg a vizsgált vadásztársaságok közül messze a legjobb érték. Ezen kívül különféle adományokból származott 150.000 Ft bevételük. A tarpai vadásztársaság a 2023 évben ugyanis semmiféle állami támogatást nem nyert el (1. táblázat). Az éves nettó árbevételük összesen 14.223.000 Ft volt.

1. táblázat: A három vizsgált vadásztársaság 2023. évi bevételeinek összehasonlítása

	Vadsztársaság		
	Nyírmadai Egyetértés Vadásztársaság	**Tarpai Földtulajdonosok Vadásztársaság**	**Csengeri Földtulajdonosok Aranyfácán Vadásztársaság**
Értékesítésből származó nettó árbevétel (Ft)	11.515.000	10.888.000	2.200.000
Tagdíjakból származó bevételek (Ft)	1.920.000	3.185.000	5.040.000
Támogatásokból származó bevételek (Ft)	5.000.000	-	-
Adományokból származó bevételek (Ft)	430.000	150.000	-
Összesen (Ft)	18.865.000	14.223.000	7.240.000

Csengeri Földtulajdonosok Aranyfácán Vadásztársaság

A csengeri illetőségű vadásztársaság 2023. évi költségvetéséből kiderült, hogy legtöbb bevétele a tagdíjak beszedéséből származik, mintegy 5.000.040 Ft értékben, és csak ezt követi az értékesítésből származó nettó árbevétel 2.200.000 Ft. A vadásztársaság az elmúlt évben nem nyert el állami támogatást, illetve adományokban sem részesült (1. táblázat). A Csengeri Földtulajdonosok Aranyfácán Vadásztársaság 2023. évi összes nettó árbevétele mintegy 7.240.000 Ft volt.

A vizsgált vadásztársaságok 2023. tárgyévi árbevételének összehasonlító táblázatából kitűnik, hogy a legmagasabb éves árbevétellel a Nyírmadai Egyetértés Vadásztársaság rendelkezett (1. táblázat). A vadászmesterrel való konzultáció után megtudtuk, hogy a vadásztársaság energiát és anyagi javakat nem sajnálva fektetett szakmailag felkészült emberi erőforrásokba. Ezen adatok tükröződnek az elnyert pályázatok mértékéből, illetve az értékesítésből származó bevétel nagysága is a helyes vadgazdálkodási eljárások eredménye, mellyel európai viszonylatban is egyedülálló vadállományt sikerült létrehozniuk. A 2. táblázatban is jól látható ennek pozitív pénzügyi következménye.

2. táblázat: A vadásztársaságok 2023. évi értékesítésből származó nettó árbevételeinek összehasonlítása

	Értékesítésből származó nettó árbevétel megoszlása (2023)		
	Trófeákból származó bevétel (Ft)	Vadhús értékesítéséből származó bevétel (Ft)	Összesen (Ft)
Nyírmadai vadásztársaság	9.300.000	2.215.000	11.515.000
Tarpai vadásztársaság	8.900.000	1.988.000	10.888.000
Csengeri vadásztársaság	1.600.000	600.000	2.200.000

A Tarpai Földtulajdonosok vadásztársasága nem sokkal marad le a nyírmadai vadásztársaság után, sőt, a tagdíjakból származó bevétele jóval, pontosan fogalmazva 1.265.000 Ft-tal meghaladja a másikét. A vadászmester szerint ezt a kimagasló eredményt a lefedett terület turisztikai jellegének kihasználásával sikerült véghez vinni. A festői környezet és a környék lakóinak vendégszeretete határon innen és túlról számos vendégvadászt csalogatott a térséghez, a vendégek elhelyezéséről ugyanis egy vadászház, illetve a Huszti-farm gondoskodik. A kistáj hagyományainak megfelelően rengeteg helyi és környékbeli egyesületi tagot számolhatnak.

A Csengeri Földtulajdonosok Aranyfácán Vadásztársaság területi és gazdasági jellegű adataiból is megállapítható, hogy a többi vizsgálat alá vetett vadásztársasághoz képest egy jóval kisebb társulatról beszélünk – ennek ellenére tagdíjakból származó bevétele magasan a másik kettő fölött helyezkedik el. A nyírmadai egyesületét 3.120.000 Ft-tal, a tarpaiét 1.855.000 Ft-tal haladja meg. Ebben az esetben is a tájjellegű hagyományőrzést fedeztem fel. A vadászmester elmondása alapján a vadásztársaságnál is rengeteg a bel- és külföldi vendégvadászt fogadnak, ebben a tekintetben szoros kapcsolatot ápolnak a Tarpai Földtulajdonosok Vadásztársaságával. Az apróvadra való vadászat ugyanis a környéken kevés vadásztársaság profilján szerepel – főleg ilyen egyedülálló apróvad-faunával –, hiszen a tarpai vadásztársaság „elszívja" a különleges nagyvadra érkező vadászokat, ezen tevékenységük pedig lefedi az apróvadra vadászni kívánó vadászokat.

A vadásztársaságok kiadásai

A vadásztársaságok éves kiadásainál anyag- és személyi jellegű, illetve egyéb költségeket vettem figyelembe, a szempontok ilyen módon való meghatározása ugyanis lefed minden olyan ráfordítást és fogyasztást, melyek egy vadásztársaság működése során előfordulhatnak. A továbbiakban anyagjellegű költségek alatt a vadtakarmány-szükséglet összegét, a vadgazdálkodáshoz, illetve vadászati tevékenység optimális működtetéséhez szükséges eszközöket, tárgyakat, míg a személyi jellegű költségek alatt a hivatásos vadászmester éves fizetését, illetve egyéb emberi erőforrásokra (mezőgazdasági jellegű munkák, pályázatírás stb.) egy év alatt kifizetett összegeket értjük.

Nyírmadai Egyetértés Vadásztársaság

A 2023. évi költségvetéséből kitűnik, hogy összes évi kiadása 16.922.000 Ft volt (3. táblázat). 2023-ban anyagjellegű költségeik rúgtak a legmagasabbra. Ennek miértjére azt a választ kaptam, hogy a vadásztársaság az erőforrásait igyekszik a helyes vadgazdálkodási folyamatok ellátására visszaforgatni, illetve műszaki-technikai, valamint idegenforgalmi jellegű

fejlesztéseket létrehozni. Utóbbi fejlesztések közé tartozik a pusztadobosi vadászház folyamatosan zajló felújítása, korszerűsítése, hiszen a többnyire Belgiumból, Spanyolországból, Németországból stb. érkező vendégeket arra érdemes helyen illik elszállásolni. A vendégfogadáson kívül itt zajlanak a közgyűlések, a vadászat előtti és utáni gyülekezők is, így a mindennapi élethez is méltóvá kellett varázsolni a régi vadászházat. Anyagjellegű fejlesztésekre vonatkozóan azt is megtudtam, hogy rengeteg erőforrást vont el a vadászterület dél-nyugati részén elhelyezkedő Csokaly-tó és környékének rendbetétele. Az egykor kiváló horgászparadicsom a Vajai-főfolyás egy felduzzasztott része (Pócsi, 2008), azonban az elmúlt évek alatt többször gazdát cserélt, hol kiszáradt, hol újra feltöltődött, majd újra kiszáradt, s már évek óta ebben az állapotban tengődött. Az elburjánzott nyárasok, akácosok jelentős mértékű erdőgazdálkodási munkákat igényeltek. Ezen felül a vadásztársaság ellátta a dúvadirtási feladatokat, gondoskodott az elhanyagolt terület vadetetéséről- és itatásáról is. Utóbbit a dagonyák folyamatos mélyítésével igyekeznek támogatni. Mindenféle anyagjellegű költséget összevetve a kiadások mértéke 2023-ban évben a vadásztársaságnál 9.600.000 Ft-ot tettek ki. A személyi jellegű ráfordítások esetükben a hivatásos vadász éves fizetését, illetve egyéb munkákra felkért (pl. pályázatírás, erdőgazdálkodási szakemberek) emberi erőforrások adott munkáért elvégzett bérét jelenti. A személyi jellegű költségek a vadásztársaságnál az elmúlt évben 6.722.000 forintnyi összeg voltak Az egyéb jellegű költségek 670.000 Ft-ot tettek ki.

Tarpai Földtulajdonosok Vadásztársaság

A Tarpai Földtulajdonosok Vadásztársaság 2023-as költségvetése alapján összes kiadásuk 14.345.000 Ft-ra rúgott. A szóban forgó vadásztársaságnál is az anyagjellegű költségek a legmagasabbak, összesen mintegy 8.203.000 Ft (3. táblázat). A szokásos vadetetésen, vadgazdálkodási folyamatok gördülékeny fenntartásának költségein kívül meglepő volt a tarpai vadásztársaság újonnan létrejött problémája. Történetesen a vadásztársaság határait nagy részben szeli a zöldhatár, az ukrán-magyar államhatár. A szomszédos Kárpátalján pedig 2022. augusztus 5-től a Regionális Védelmi Tanács az ukrán-orosz háború miatti hadiállapotra hivatkozva betiltotta a vadászatot Kárpátalja egész területére vonatkozóan (INTERNET 3). A határon túli vadászok jogosultsága lecsökkent a vadetetésre- és itatásra, illetve néhány orvvadász feltartóztatására, továbbá vadászati tevékenységeket abszolút nem láthatnak el. Ennek eredményeképpen a szomszédos, már ukrán területeken fekvő települések vadgazdálkodása valósággal „elburjánzott", s nagymértékű vadállomány érkezett, és érkezik folyamatosan a zöldhatáron keresztül Magyarország területére, melyek onnantól kezdve a tarpai vadásztársaság fennhatósága alá tartoznak. Az amúgy is magas kárpátaljai rókaállomány hazánkba vándorlásával nagymértékben pusztítja az apróvadállományt, illetve a magántulajdonban álló porták baromfiállományát is. Az meglévő nagyszámú vadállomány mellé ez igen nagy kihívást jelent a vadásztársaság számára, ráadásul – ugyan még példa nem akadt rá –, tartanak az esetlegesen behozott veszettség-fertőzéstől is. Másik nagy problémájuk szintén az ukrán-orosz háború hatása, ugyanis megannyi hadköteles korú férfi próbál illegális módon átjutni szintén a zöldhatáron keresztül. A menekültek azonban a szántókban, gyümölcsösökben rengeteg kárt tettek, ezzel a földtulajdonosoknak tetemes anyagi veszteséget, akár terméskiesést is okozva. Az ukrán oldalon – a határon való átjutáshoz érvényes állatútlevél hiányában – útjukra engedett és hazánk területére vándorolt kisállatok nagymértékű pusztítást végeznek az apróvad-állományon, ami miatt a fácánok száma drasztikusan lecsökkent. A vadászmester elmondása szerint a Tisza rendszeres áradása, medréből való kiöntése is súlyos anyagi jellegű költségeket von maga után minden évben. A 2023-as személyi jellegű költségek a Tarpai Földtulajdonosok Vadásztársaságánál 4.571.000 Ft voltak. Ezek lefedik a vadászmester éves bérét, illetve egyéb mezőgazdasági munkák elvégzése után járó fizetéseket. Egyéb jellegű költségek 1.571.000 Ft-ot tettek ki 2023-ban.

Csengeri Földtulajdonosok Aranyfácán Vadásztársaság

A Csengeri Földtulajdonosok Aranyfácán Vadásztársaság 2023. tárgyévi összes kiadása a tavalyi évi költségvetésük alapján 5.980.000 Ft volt (3. táblázat). Az anyagjellegű ráfordításaik 1.080.000 Ft-ra tehetők, ebbe beletartoznak a vadetetéshez szükséges

takarmányok – elmondásuk alapján tavalyi évben közel 100 q kukoricát vásároltak –, illetve egyéb, a helyes vadgazdálkodást elősegítő tevékenységek összege. A nyírmadai és tarpai vadásztársaságokhoz hasonlóan természeti – az aszályt leszámítva –, társadalmi vagy egyéb eredetű problémák nem érintették a vadásztársaságot, különösebb nagyobb kiadásaik nem akadtak a 2023-as évben. A személyi jellegű költségeik 2023-ban 4.900.000 Ft-ra rúgtak, értelemszerűen ez az összeg a vadászmester fizetését és az egyéb mezőgazdasági jellegű munkákért fizetett bért tartalmazzák. Egyéb költségeik 2023-ban a vadásztársaságnak nem akadtak.

3. táblázat: A vadásztársaságok 2023. évi kiadásainak megoszlása

	A vadásztársaságok 2023. évi kiadásai			
	Anyagjellegű költségek (Ft)	**Személyi jellegű költségek (Ft)**	**Egyéb (Ft)**	**Összesen (Ft)**
Nyírmadai vadásztársaság	9.600.000	6.722.000	670.000	16.922.000
Tarpai vadásztársaság	8.203.000	4.571.000	1.571.000	14.345.000
Csengeri vadásztársaság	1.080.000	4.900.000	-	5.980.000

Összességében a vizsgált vadásztársaságok összes inputját és outputját összevetve kitűnik (4. táblázat), hogy sajnálatos módon a 2023-as évet mindhárom vadásztársaság veszteségesen zárta. Arányaiban a legnagyobb anyagi veszteséget a Csengeri Földtulajdonosok Aranyfácán Vadászegyesülete szenvedte el, hiszen kiadásaik az elmúlt évben 2,71-szeres értékben haladták meg a bevételeiket. Nem elhanyagolható a veszteség a másik két vadásztársaság esetében sem. A nyírmadai vadásztársaság kiadásai 1,4-szerese a bevételeknek, míg a tarpai vadásztársaság esetében ez az érték 1,3. Ilyen mértékű gazdasági jellegű kiesést hosszútávon egyetlen vadásztársaság sem engedhet meg magának. A vadásztársaságoknak minél hamarabb ki kell küszöbölni az ily mértékű kiadásokat felemésztő problémákat, illetve bevételeiket tovább kell növelniük. Ezen feladatok megoldására a tanult vadgazdálkodási és gazdasági ismeretek birtokában körültekintő utánajárás után alapos javaslattételi sort dolgoztunk ki.

4. táblázat: A bevételek és a kiadások aránya a vizsgált vadásztársaságoknál

	Összes bevétel (Ft)	**Összes kiadás (Ft)**	**Bevételek és kiadások aránya (%)**
Nyírmada vadásztársaság	11.515.000	16.922.000	68,05
Tarpai vadásztársaság	10.888.000	14.345.000	75,90
Csengeri vadásztársaság	2 200.000	5.980.000	36,79

Következtetések

A nyírmadai vadásztársaság 2023-as évét ugyan veszteségesen zárta, vizsgálódásom során megállapítottam, hogy gazdaságilag a fejlődés útjára lépett. A vadászház felújításával, a Csokaly-

tó rendbetételével, műszaki fejlesztésekkel, támogatások elnyerésével és jól képzett munkaerők alkalmazásával úgy gondolom, megfelelő hosszútávú intézkedéseket vittek véghez, melyek a jövőben meghozzák hatásukat a bevételek-kiadások mérlegének optimálisra billentéséhez.
A tarpai vadásztársaság az elmúlt évet ugyan szintén veszteségesen zárta, a vizsgált vadásztársaságok közül az ő mutatójuk volt a legkiemelkedőbb. A kutatómunkám során azt állapítottam meg, hogy hirtelen kellett új problémákkal szembenézniük, melyek feleméstették az egyébként optimális összegű bevételt, és segítség híján egyedül nem tudott megbirkózni ezekkel a problémákkal. A vadászturizmus szempontjából a vadásztársaság évek óta rendkívül jó úton jár. A vendégeket a tarpai Huszti-farm, a vadászház, illetve számos vendéglátóegység szállásolja el, és a helyi vadászkultúra mellett a beregi és szatmári ételeket, néphagyományokat is örömmel mutatják be vendégeiknek. Rendszeresen szerveznek közösségi programokat, közös sütés-főzéseket nem csak vadásztársaságon belül, de azon kívül is, a környező falvak lakosságát is bevonva. Ezen vendégszerető emberek körébe pedig biztosan visszatér még legalább egyszer minden vendégük.
Eredményeink rámutatnak arra is, hogy a vadgazdálkodás gazdasági fenntarthatósága csak akkor biztosítható hosszú távon, ha a természetvédelmi és gazdasági szempontok megfelelő egyensúlyban vannak. A természetvédelmi előírások betartása mellett olyan gazdálkodási megoldásokra van szükség, amelyek egyaránt szolgálják a vadállomány megőrzését és a vadásztársaságok gazdasági stabilitását. Hasonló következtetésre jutott Forgó et al. (2009) is, akik a gyepgazdálkodás vizsgálata során hangsúlyozták, hogy a természetvédelem és a gazdálkodás céljai nem egymással szemben álló, hanem összehangolandó szempontok.
A csengeri vadásztársaság egyesülete zárta a legrosszabban a 2023-as évet gazdasági szempontból, hiszen kiadásaik 2,71-szeres értékben meghaladták a bevételeiket, annak ellenére, hogy különösen nagyobb problémákkal nem kellett szembenézniük.
Általánosságban elmondható, hogy a kiadások csökkentését és bevételek növelését számos oldalról meg lehet közelíteni. Fontos tényező napjainkban a marketing és a PR beépítése a mindennapokba, ugyanis nem mindegyik vadásztársaság rendelkezik 2023-ban webes felülettel vagy social media profillal sem, vagy csak néhány általános információ, újságcikk érhető el róluk az interneten. Ahhoz, hogy a tagok és a vendégek száma növekedjen, minél hamarabb fel kell lépni ezellen a probléma ellen, így hamarabb elérhetővé válna a fiatalabb korosztály is. Elengedhetetlen az állami és Európai Uniós támogatások, az elérhető pályázatok folyamatos monitorozása, szakértővel, szaktanácsadóval való folyamatos konzultáció, aki felméri a vadásztársaság lehetőségeit a pályázatok elnyerésének céljából. A magasabb bevétel-generálás érdekében meg kellene emelni a tagdíjak összegét, valamint nagyobb hangsúly kellene fektetni a nagyvadállomány menedzselésébe, azok minőségébe, hiszen magasabb áron értékesíthetők.
További prioritás lehetne a közösségi rendezvények, események gyakoribb megszervezése, a turisztikai jellegű fejlesztések szorgalmazása, nemzetközi színvonalú vadászház létrehozása és szorosabb kapcsolatkialakítás más vadásztársaságokkal, komplett vadászati csomagok szervezése, mely különböző pihenési szempontokat is biztosít a Szatmár-Bereg értékeinek megismeréséhez az ide látogató vadászoknak.

Összefoglalás

A vadászok munkája messze túlmutat a vad elejtésén, mivel kulcsszerepet játszanak az ökológiai egyensúly fenntartásában, a természetvédelemben és vidéki közösségekben is. A populációszabályozás során a vadászok segítenek abban, hogy a vadlétszám ne szaporodjon túl, ezzel elkerülve a mezőgazdaságban, erdőkben elkövetett károkat, illetve különböző betegségeket is, mint például a veszettség, az afrikai sertéspestis vagy különböző szarvasagancs elváltozások. Az élőhelykezelés és természetvédelem során gyakran telepítenek itatókat, sózókat és gondozzák a vadak előhelyét. Ez a tevékenységük nem csak a vadászható, hanem minden fajra jótékony hatással van. Egy ilyen módon jól karbantartott vadászterület biodiverzitása sokszor magasabb, mint egy kezeletlen, elhanyagolt élőhelyé. A vadászatból származó hús helyi, természetes és antibiotikummentes élelmiszerforrás, ráadásul az elejtett vad teljes egészében feldolgozásra kerülhet. A vadászat továbbá évezredes hagyománya a magyar vidék kultúrájának, számos ünnep, gasztronómiai esemény kapcsolódik hozzá szorosan, ebben pedig a vadászegyesületek valódi közösségformáló erőt képviselnek.

Vizsgálataink során arra a meglepő eredményre jutottunk, hogy 2023-ban minden, a kutatásban résztvevő vármegyei vadásztársaság veszteségesen zárt. A vadgazdálkodási szakemberek hiába végzik oly lelkiismeretesen a munkájukat, a természeti károkkal, társadalmi, politikai hatásokkal és a piaci árakkal nem mindig tudnak segítség nélkül megbirkózni.

Kulcsszavak: vadgazdálkodás, fenntarthatóság, gazdasági elemzés

Irodalom

Bezdán, A. J. (2013). A vadászati jog, annak gyakorlása és a vadásztársaságok, doktori értekezés, Szegedi Tudományegyetem

Forgó, I., Barna, S., Tóth, Cs., Vágvölgyi S. (2009). A gyepgazdálkodás problémái, természetvédelem vagy gazdálkodás. Gyepgazdálkodási Közlemények 7: 31–34.
https://doi.org/10.55725/gygk/2009/7/1-2/10269

Ésikné, Kocserha B. (2020). A vadásztársaságok működésének jogi és gazdasági aspektusai, Miskolci Egyetem Állam- és Jogtudományi Kar

Gyurcsó, A., Kasza, Gy., Ózsvári, L. (2023). Az illegális vadászat elleni jogi szabályozás és a vadvédelem története Magyarországon, Állatorvostudományi Egyetem, Budapest
https://doi.org/10.56385/magyallorv.2023.05.297-308

Maylein, K. F. (2006). Die Jagd: Funktion und Raum Ursachen, Prozesse und Wirkungen funktionalen Wandels der Jagd, Universität Konstanz, Geisteswissenschaftliche Sektion, Fachbereich Geschichte und Soziologie

Мелиников, ВВ., Мелиников, ВК. (2007). Управление охотничьим хозяйством или охотой, Департмент охотничьего хозяйства Минсельхоза РФ., Москва

Pócsi, Sz. (2008). Nyírmada helynevei, Debreceni Egyetem, Magyar Nyelvészeti Tanszék

Zwillinger, D. L. (2016). Vadásztársaságok alapítása, működése, Miskolci Egyetem Állam- és Jogtudományi Kar

Internet 1. https://jogkodex.hu/jsz/vtv_1996_55_torveny_8967254
Internet 2. https://omvk.hu/jogszabalyok/
Internet 3. https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/mislivske-gospodarstvo-main

ECONOMIC ANALYSIS OF SELECTED HUNTING ASSOCIATIONS IN SZABOLCS-SZATMÁR-BEREG COUNTY

[1]Szabolcs Vigh, [1]Boglárka Veres

[1]University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
H-4400 Nyíregyháza, Sóstói Str. 31/b.
vigh.szabolcs@nye.hu

Summary

The work of hunters extends far beyond the harvesting of game, as they play a crucial role in maintaining ecological balance, nature conservation, and supporting rural communities. Through population control, hunters help prevent wildlife overpopulation, thereby mitigating damages to agriculture and forestry, as well as curbing the spread of various diseases such as rabies, African swine fever, or different antler deformities.
In terms of habitat management and nature conservation, they frequently install watering points and salt licks, while actively managing wildlife habitats. These activities benefit not only harvestable game but all co-occurring species. Consequently, the biodiversity of a well-maintained hunting ground is often higher than that of an unmanaged, neglected habitat. Furthermore, game meat derived from hunting serves as a local, natural, and antibiotic-free food source, with the harvested game being fully utilized. Hunting is also a millennial tradition within the culture of the Hungarian countryside, closely tied to numerous festivals and gastronomic events, wherein hunting associations represent a genuine community-building force.
Through our investigations, we arrived at the surprising conclusion that in 2023, every county hunting association participating in the study closed the financial year with a deficit. Despite wildlife management professionals performing their duties with the utmost conscientiousness, they cannot always cope with natural damages, socio-political impacts, and market prices without external assistance.

Keywords: wildlife management, sustainability, economic analysis