



Diverzitás minden szinten

A magyar növénynevelők eredményei
az ökonemesítéstől a génszerkesztésig

XXXII. Növénynevelési
Tudományos Nap

Összefoglalók

Budapest, 2026. március 17.

Diverzitás minden szinten

*A magyar növénynevelők eredményei
az ökonemesítéstől a génszerkesztésig*

*XXXII. Növénynevelési
Tudományos Nap*

Összefoglalók

2026

A kiadvány a XXXII. Növénynevelési Nap alkalmából készült.

A Magyar Tudományos Akadémia Székháza
Budapest, 2026. március 17.

A szerkesztőbizottság tagjai:

Bóna Lajos, Mészáros Klára, Molnár István, Pauk János, Polgár Zsolt, Vida Gyula

A kötetben megjelent konferenciák lektoráltak.

Kiadja:

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont

Felelős szerkesztő:

Vida Gyula

Borítófotó:

Vida Gyula

Szöveggondozó:

Puskás Katalin

ISBN 978-963-8351-60-9

A konferencia szponzorai:



Magyar Tudományos Akadémia



Anton Paar Hungary Kft.



Carl Zeiss Technika Kft.



Diagnosticum Zrt.



Food&Mill Instruments Kft.



PloTech-Hungary Kft.

TARTALOMJEGYZÉK

Vida Gyula: Előszó.....	6
Balázs Ervin: Köszöntő	7
<i>PLENÁRIS ELŐADÁSOK</i>	8
Divéki Zoltán: Az NGT-k aktuális szabályozási helyzete Európában és a világban.....	9
Drexler Dóra, Györéné Kis Gyöngyi: Az ökológiai vetőmag- és növénynevelés helyzete az Európai Unióban	16
Molnár Zsuzsa: A növénynevelés gazdasági hatása.....	23
Matuz János: 75 éves az MTA Növénynevelési Bizottsága: az első két évtized (1949–1968)	27
Pauk János, Óvári Judit: A Magyar Növénynevelők Egyesületének 2025. évi aktualitásai: eredmények, kitüntetések, megemlékezések.....	30
Mendel Ákos: A jövő kajszfajtái	32
<i>SZEKCIÓ-ELŐADÁSOK</i>	33
Mesterházy Ákos: A magyar gabonanemesítés újjászervezése.....	34
Nagypál Barnabás, Szabados-Oláh Anett: Csemegekukorica-nemesítés a ZKI-ban	35
Cséplő Mónika, Puskás Katalin, Mikó Péter, Vida Gyula: A martonvásári durumbúza-nemesítés eredményei az elmúlt évtizedben.....	40
Tömösközi Sándor, Jaksics Edina, Juhászné Szentmiklóssy Marietta Klaudia, Tóth Viola, Vida Gyula, Mikó Péter, Rakszegi Marianna: Tönkölybúza-genotípusok összetételi és reológiai jellemzése	41
Kutasy Erika Tünde, Csajbók József, Bekir Bytyqi, Virág István Csaba, Forgács Fanni Zsuzsa: Zab (<i>Avena sativa</i> L.) genotípusok termésstabilitásának értékelése a Hajdúsági-löszháton.....	42
Heszky László, Matuz János: 100 éve született Bócsa Iván akadémikus, növénynevelő .	43
Varga Jenő, Kollányi Gábor, Kollányi Ágnes: Új csipkebogyófajta, a 'Fertődi parázs' a MATE KERTI GYKK Fertődi Kutatóállomásáról	46
Rama Adi Pratama, Vida Gyula, Bányai Judit, Cséplő Mónika, Makádi Marianna, Varga Balázs, Uhrin Andrea, Mészáros Klára: Studying the spatial and temporal yield stability of barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.) cultivars.....	47
Balog Emese, Mikó Péter, Borbélyné Hunyadi Éva, Drexler Dóra: ÖMKi-VSZT-Nébih öko posztregisztrációs fajtateszt-hálózat az ökológiaivetőmag-használat előmozdításáért	48
Polgár Zsolt, Wolf István: Rezisztens fajták előnye és szükségessége a burgonyatermesztésben	49
Puskás Katalin, Cséplő Mónika, Pance Miklós Álmos, Vida Gyula: Az Mv Hombár búzafajta tartós lisztharmat-ellenállóságának SNP-alapú térképezése.....	50
Kovács Blanka, Joszt-Takács Nóra: A klímaváltozás hatása a kukorica gazdaságilag jelentős kórokozóinak előfordulására az állami fajtaelismerésben	51

Mészáros Klára, Jeny Jose, Cséplő Mónika, Bányai Judit, Pál Magda, Bakonyi József, Sági László, Éva Csaba: <i>Pyrenophora teres</i> f. <i>teres</i> elleni védekezési mechanizmusok vizsgálata árpában.....	57
Molnár Csilla Éva, Cseke Klára, Koltay András, Lados Botond Boldizsár, Majsai Erika, Köbölkuti Zoltán Attila, Nagy László: A körispusztulással szemben ellenálló szaporítóanyag-források kialakításának megalapozása	58
Nagy Dániel, Pauk János, Lantos Csaba: A Gabonakutató őszibúza-fajtáinak fenotípusos változása szigorú vízmegvonás hatására	59
Valkovszki Noémi Júlia, Szalóki Tímea Pálma, Székely Árpád, Dézsi András, Kolozsvári Ildikó, Kepenyes Zoltán, Hudák Roland, Vincze Viktor, Kun Ágnes, Túri Norbert, Gombos Béla, Bodnár Károly, Bozán Csaba, Jancsó Mihály: Előzetes eredmények a Békés és Csongrád-Csanád vármegyéből begyűjtött <i>Allium sativum</i> L. tájváltozatok öntözési reakciójáról.....	60
Tóthné Hortó Annamária, Preininger Éva Ágnes, Rétfalvi Tamás, Sipos György, Felföldi Tamás, Kollányi Gábor, Kirilla Zoltán, Szabó Luca Krisztina, Kutasi József: A málna-gubacsszúnyog (<i>Lasioptera rubi</i>), a málnavessző-szúnyog (<i>Thomasiniana theobaldi</i>) és a málna-karcsúdíszbogár (<i>Agrilus aurichalceus</i>) gubacsaiból és lárváikból izolált endofita baktériumtörzsek által kibocsátott illékony szerves vegyületek hatása bodza (<i>Sambucus nigra</i>) hajtástenyészetekre <i>in vitro</i>	64
Kis András, Polgári Dávid, Mohammad Ali, Sepsi Adél, Vámos Zsigmond, Sági László, Havelda Zoltán: A búza nyommentes genomszerkesztése lisztharmat-rezisztencia létrehozása céljából.....	65
Éva Csaba, Jeny Jose, Tetiana Kyrpa, Zana Lika, Hamow Kamirán Áron, Bozsó Zoltán, Bakonyi József, Bánfalvi Zsófia, Balázs Ervin, Sági László: Burgonya kórokozó-ellenállóságában szerepet játszó gének elmutálása CRISPR/Cas genomeditálással	66
Hidvégi Norbert, Molnár István, Gulyás Andrea: Epigenetikai újraprogramozás egy búza-árpa addíciós vonalban	67
Villányi Vanda, Karsai-Rektenwald Flóra, Bánfalvi Zsófia: Az <i>StCDF1</i> gén szerepének vizsgálata a tetraploid 'Désirée' burgonyafajtában	68
Csajbók József, Gaganetz Dániel, Virág István Csaba, Kutasy Erika: Kukorica (<i>Zea mays</i> L.) genotípusok fotoszintézis-paraméterei, transzspirációja és vízfelhasználási hatékonysága kedvező évjáratban	69
Meier Orsolya, Szatmári Patrik, Fári Miklós Gábor, Koroknai Judit, Tóth Csaba, Veres Szilvia, Domokos-Szabolcsy Éva: Vertikális rendszerű búzafű mikroözönség-előállítás eltérő fényviszonyok között: múlt, jelen és jövő	70
Frank Krisztián, Mátyás Kinga Klára, Nagy Erzsébet, Polgár Zsolt, Taller János, Wolf István: Magyar burgonya (<i>Solanum tuberosum</i>) genotípusok kloroplasztiszgenomja.....	71
Spitkó Tamás, Csepregi-Heilmann Eszter, Szóke Csaba, Berzy Tamás: Hordozható fotometriás készülékek felhasználása a kukorica termésbecslésében	72
Kruppa Klaudia, Türkösi Edina, Szakács Éva, Fatemeh Gholizadeh, Gaál Eszter, Ivanizs László, Hidvégi Norbert, Gulyás Andrea, Lángné Molnár Márta, Molnár István: Évelő vad fajok bevonása a kenyérbúza biotikus és abiotikus stresszel szembeni toleranciájának javítására	73

Pance Miklós Álmos, Uhrin Andrea, Molnár István, Puskás Katalin, Cséplő Mónika, Mikó Péter: 6B/6G monoszómás szubsztitúciós vonalak a búza (<i>Triticum aestivum</i> L.) nemesítésben.....	74
Ivanizs László, Csepregi-Heilmann Eszter, Zsolnai Attila, Molnár István, Marton L. Csaba, Spitkó Tamás: A hidegtűrést befolyásoló genomi régiók vizsgálata egy diverz kukoricagyűjteményben.....	75
Lantos Csaba, Awoke Wasae, Feigl Gábor, Szabó Dominik, Pauk János: Genotípusfüggőség mérséklése közönséges búza (<i>Triticum aestivum</i> L.) <i>in vitro</i> portoktenyésztésben	76
Ördögh Máté, Kovács Etelka: Növényi hormonok hatása teahibrid 'Sophia Loren' rózsafajta <i>in vitro</i> szaporításakor és gyökeresítésekor	77
Horváth Sándor, Pletenyik Zoltán, Horváth Bence Kirilla Zoltán, Preininger Éva: A hosszúdugványos vegetatív szaporítási módszer újragondolása az erdészeti növénynemesítésben	82
Uhrin Andrea, Kruppa Klaudia, Türkösi Edina, Cséplő Mónika, Pance Miklós Álmos, Vida Gyula, Molnár István, Mikó Péter: Búza × <i>Dasypyrum villosum</i> hibridek komplex molekuláris és agronómiai vizsgálata.....	83
Bencze Ágnes, Pance Miklós Álmos, Mikó Péter: <i>Triticum timopheevii</i> génbanki tételek termőképességének vizsgálata.....	84
POSZTEREK	85
Bányai Judit, Balassa György, Cséplő Mónika, Mészáros Klára, Mikó Péter: UAV-alapú fenotipizáló rendszer alkalmazása a martonvásári kalászos gabonák nemesítésében.....	86
Behán Tamás, Kovács Szilvia, Tóth Endre György, György Zsuzsanna: Hazai húsos som (<i>Cornus mas</i> L.) populációk genetikai diverzitása SSR-markerek alapján	88
Bódi Zoltán, Albrecht László, Ácsné Szekeres Dóra, Sziegl Péter, Zilahi András, Szeleczi Attila, Bíró János, Kovács Attila: Ment-e a Syngenta napraforgók által a hazai termésátlag elébb?	90
Deák Tamás, Bodor-Pesti Péter, Oláh Róbert, Leander Hörmann, Florian Hammer, Richard Schmidt, Luca Masiero, Nyitrai Sárdy Diána: Szőlőültetvények stresszállapotának értékelése RGB-alapú vegetációs indexek, valamint NDVI és PRI alkalmazásával.....	91
Diellza Dresha Kastrati, Szabó Zoltán, Tóth Zoltán: Resistance against Tomato Brown Rugose Fruit virus in wild <i>Solanum</i> species.....	93
Domokos-Szabolcsy Éva, Makleit Péter, Kaszás László, Kovács Zoltán, Veres Szilvia: Potenciális növénykondicionáló szerek alkalmazása uborka (<i>Cucumis sativus</i>) hidropóniás termesztése során.....	94
Fatemeh Gholizadeh, Sylva Prerostová, Pál Magda, Benczúr Kinga, Hamow Kamirán Á., Majláth Imre, Kun József, Gyenesei Attila, Urbán Péter, Szalai Gabriella, Radomíra Vanková, Janda Tibor: Study of shoot-root signalling in rice during cold stress	95
Fatemeh Gholizadeh, Janda Tibor, Molnár István, Kruppa Klaudia, Türkösi Edina: Genotípusfüggő sótűrési mechanizmusok búza- <i>Thinopyrum</i> introgressziós vonalakban iontranszportergének és csíranövény-vizsgálatok alapján.....	96

Ficzek Gitta, Kozák Antal, Béres Csenge, Mali-Gáspár Edit, Máté Mónika: 'Remény' a homoktövis-termesztésben – az első hazai nemesítésű homoktövisfajta gyümölcsminőségi tulajdonságai.....	101
Hanász Alexandra, Mandler-Drienyovszki Nóra: Nemesítési célú szelekció pohánkában (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench) PEG 6000 indukálta ozmotikus stressz alkalmazásával	102
Holló Benjamin, Kovács Zsófia, Kende Zoltán, Tarnawa Ákos: Nitrogéntápanyag-utánpótlás optimalizálása őszi búza esetén drónalapú multispektrális képalkotás segítségével.....	103
Horotán Katalin, Kovács Dezső, Orlóci László, Táborská Jana, Kisvarga Szilvia: Élő dísznövények városi alkalmassága szennyezett talajokon: szelekciós célok és értékelési szempontok.....	110
Jóvér János, Kiss Bence Dávid, Andreas Knüfer, Fazekas Miklós: Cirokgenotípusok SNP-alapú molekuláris fingerprint vizsgálata.....	112
Kerekes Adrienn, Halász Júlia, Baktay Borbála, Hegedűs Attila: A tápiószelei génbank fügegenotípusainak genetikai diverzitásvizsgálata SSR-markerekkel	113
Kiss Tibor, Horváth D. Ádám, Cseh András, Karsai Ildikó: A <i>PPD-B1</i> és a <i>VRN-A1</i> génkópiaszám-variánsok hatása a <i>PPD-D1</i> gén nappalhossz-érzékenyen és -érzékeny alléljaira kenyérbúzában	115
Kovács Attila, Virginie Mirleau-Thebaud, Csikász Tamás Sándor: Új gyakorlati eredmények napraforgóban, a hamuszürke szárcorhadás (<i>Macrophomina phaseolina</i> Tassi) kórokozóval szembeni ellenálló képességet meghatározó tényezőkről	117
Kovács Dezső, Horotán Katalin, Orlóci László, Kisvarga Szilvia, Mosonyi István Dániel, Sütöriné Diószegi Magdolna: Díszcserjék várostűrőse kombinált stresszterhelés alatt: szelekciós célok és indikátorok	119
Kovács Zsófia, Csilléry Gábor, Pápai Bánk, Tóth-Lencsés Andrea Kitti, Bedő Janka, Daoud G. Hussein, Holló Benjamin, Szőke Antal, Juhász Ákos, Veres Anikó: Genotípus- és hőmérsékletfüggő változások a lila és zöld cseresznyepaprika-termések polifenolos vegyületprofiljában tárolás során	121
Köbölkuti Zoltán Attila, Cseke Klára, Lados Botond Boldizsár, Bereczki Katalin, Takács Roland, Toldi Valter, Benke Attila: Genomikától a génexpresszióig: integrált molekuláris vizsgálatok nyárfajokban	125
Mali-Gáspár Edit, Simon Gergely, Ficzek Gitta: Húsos som (<i>Cornus mas</i> L.) genotípusok antioxidáns tulajdonságainak vizsgálata.....	126
Mendelné Pászti Edina, Bujdosó Géza, Gideon Sikwah Narteh, Szabó Zoltán, Mendel Ákos: Mortality of apricot rootstocks and scions	128
Pápai Bánk, Csilléry Gábor, Syeda Mahjabin Tabassum, Jaspher Ogwal, Bedő Janka, Tóth-Lencsés Andrea Kitti, Szőke Antal, Veres Anikó, Kovács Zsófia: Foto- és gravitropizmus <i>in vitro</i> vizsgálata és a szár lignintartalmának meghatározása <i>pfi</i> paprika-mutánsokban.....	129

Rakszegi Marianna, Tóth Viola, Jaksics Edina, Szentmiklóssy Marietta Klaudia, Vida Gyula, Mikó Péter, Cseh András, Tömösközi Sándor, Karsai Ildikó: Genetikai összefüggések a tönkölybúza (<i>Triticum aestivum</i> ssp. <i>spelta</i>) rostkomponensei és az SNP-markerek között	134
Somogyi Eszter, Kis Petra, Honfi Balázs, Horváthné Fekete Evelin, Áy Zoltán, Baktay Borbála: Génbanki paradicsomtételek vizsgálata SSR-markerekkel	135
Szatmári Patrik, Meier Orsolya, Fári Miklós Gábor, Tóth Csaba, Veres Szilvia, Domokos-Szabolcsy Éva: Paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) mikroöld-előállítás és fajták szerinti összehasonlító értékelés a növények tömege és magassága alapján.....	137
Szőri Virág, Szamosi Csaba, Velichka Todorova, Petrőczy Marietta: Bolgár eredetű <i>Verticillium</i> sp. rezisztenciaforrások vizsgálata paprikában (<i>Capsicum annuum</i>) Magyarországon begyűjtött izolátummal szemben	138
Tóth Zoltán Gábor, Bánfalvi Zsófia: <i>StGI-StFKF1</i> interakció vizsgálata a 'Désirée' burgonyafajtában és <i>GIGANTEA</i> -mutánsaiban	140
Tóth-Lencsés Andrea Kitti, Bosnyák Boglárka, Bedő Janka, Kovács Zsófia, Pápai Bánk, Szőke Antal, Gyulai Gábor, Kiss Erzsébet, Veres Anikó: Csemegeszőlő-fajták elemzése SSR-markerrel	142
Tóth-Tarnawa Veronika, Hamad Ahmed Ali, Tarnawa Ákos, Polgári Dávid: Egyéves kalászos gabonák évelő rozssal alkotott amfiploidjainak előzetes fenológiai vizsgálata .	143
Turcsán Mihály, Ambrózi János, Gyurkó Adrienn, Baktay Borbála, Király Ildikó: Génbankban őrzött almatételek genetikai vizsgálata mikroszatellit-alapú markerezéssel	148
Zatykó Lajos, Moórné Andrea, Török László, Csilléry Gábor, Kis Krisztiánné, Gyúrosné Margit, Bodor Zsófia, Taller Dénes, Szőri Virág, Szamosi Csaba: A paprikalisztharmat-rezisztencianemesítés eredményei: a 'Sultessa F ₁ ' káphiaibrid bemutatása	154
FOTÓK.....	156

ELŐSZÓ

Vida Gyula

az MTA Agrártudományok Osztálya Növénynemesítési Tudományos Bizottságának elnöke

A 2026. évben kettős jubileumot ünnepelünk. A hazai tudomány fellegvára, a Magyar Tudományos Akadémia alapításának 200. évfordulójára emlékezünk. Az évforduló megünneplése egy éven keresztül tart, és minden hónapban az akadémia más-más osztálya mutatkozhat be. Az Agrártudományok Osztályáé a március hónap, ennek köszönhető, hogy ebben az évben e történelmi falak között tarthattuk rendezvényünket. Ugyanakkor kevesek számára ismert tény – és ennek felderítésében elvülhetetlen érdemet szerzett Matuz János kollégánk –, hogy az MTA Növénynemesítési Tudományos Bizottsága, e konferencia főszervezője, 75 évvel ezelőtt kezdett működni. Ez a 75 év sok sikert hozott a tudományterületünknek, de az utóbbi években komoly problémák látszanak a hazai növénynemesítésben. Előző rendezvényünket Debrecenben tartottuk, ahol a plenáris ülésen görcső alá vettük a különböző területek helyzetét. A szántóföldi és a gyümölcsnemesítés területéről kevés sikerről hallhattunk, előadóink kutatóintézetek, telephelyek és nemesítési programok megszűnéséről vagy olyan szintű átszervezéséről számoltak be, ami már csaknem teljesen lehetetlenné teszi a munka folytatását. A zöldségtermesztés sikeressége azonban még adhat némi reményt. Láthattuk, hogy nem elég a növénytermesztők elszántsága és lelkesedése, ha ez nem párosul a vezetés támogatásával, kiváló menedzsmenttel és megfelelő motivációval, a siker egyáltalán nem garantálható. Ha az együttműködés az elkötelezett nemesítők és az intézményvezetők között nincs meg vagy akadozik, annak rövidesen az innovációs tevékenység látja kárát, emellett a szakmai utánpótlás, a fiatalok bevonása is nehézkessé válik.

Idén a plenáris előadások témájául a „szélsőségek” bemutatását választottuk, annak áttekintését, hogy meddig terjed a tudományterületünk. Ezek egyike a precíziós nemesítés. E terület és főként a szabályozás kérdése rendkívül aktuális, hiszen egy sokéves procedúra a végéhez közeledik, hamarosan az Európai Unió Tanácsa és Parlamentje elé kerül a rendelettervezet végleges szövege. Divéki Zoltán, a HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont főigazgató-helyettese bemutatta, hogy miként áll a módszer elfogadottsága a világ különböző országaiban, mi várható az Európai Unióban, és – ami egyelőre még meglehetősen bizonytalan – a hazai helyzetre is próbált rávilágítani. Az utóbbi években jelentős fejlődés következett be az ökológiai nemesítés módszertani fejlesztése és szabályozása területén is. Drexler Dóra, az Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet ügyvezetője ismertette e terület specialitásait. A két téma bizonyítja, hogy mennyire változatos kutatási területet fed le a növénytermesztés. Mindig is érdekelt, hogy a növénytermesztést miként látják kívülről, egyéb tudományterületek kutatói. Tavalay a társadalomtudomány képviselője osztotta meg gondolatait velünk, ebben az évben pedig Molnár Zsuzsa, az Agrárközgazdasági Intézet osztályvezetője elemezte a növénytermesztés ökonómiai hatását.

A korábban jelzett nehézségek ellenére a résztvevők száma meghaladta a 150-et. Az előadások összetétele is rendkívül változatos volt, hiszen a klasszikus nemesítési kutatásokat ismertető beszámolók mellett a terület háttérét támogató kutatásokról is hallhattunk. Egyre nagyobb számban jelennek meg a molekuláris technikákon alapuló eredmények, de már több precíziós nemesítéssel kapcsolatos előadás is elhangzott. Ezek bizonyítják, hogy a hazai kutatások versenyben vannak a nemzetközi vetélytársakéval. Több prezentáció is foglalkozott az előnemesítési eredményekkel, ez a terület egészen biztosan a világ élmezőnyéhez tartozik hazánkban. A növényfajok sokszínűsége is elkápráztató, a szántóföldi növények, zöldségfélék és gyümölcsök mellett a dísnövények és a fák is megjelentek az előadások és posztterek témáiban.

KÖSZÖNTŐ

Balázs Ervin

az MTA Agrártudományok Osztályának elnöke

A 200 éves fennállását ünneplő Magyar Tudományos Akadémia ünnepi rendezvényeinek sorában az egyik jelentős konferencia a XXXII. Növénynemesítési Tudományos Nap, amelyet a tudomány hazai fellelegvárában tartanak. Nem is lehetne méltóbb színhelye ennek a konferenciának, mint az MTA patinás épülete.

A teljesség igénye nélkül soroljuk kiemelkedő nemesítőink nevét, akiknek korszakos alkotásokat köszönhet a hálás utókor: Pap Endre, Kiss Árpád, Barabás Zoltán, Bócsa Iván, Mathiasz János, Mohácsy Mátyás, Balázs Sándor, Kozma Pál, Lelley János, Jánossy Andor, Porpácz Aladár, Kurnik Ernő, Márkus Ferenc, akik nemesítőink aranykönyvében szerepelnek. E tudományos közösséget formáló munkát a napjainkban élő kiemelkedő nemesítőink folytatják.

A növénynemesítés kitartó, szorgalmas munka eredménye, amely egy-egy szabadalmaztatott és sikeres új növényfajta termesztését jelenti nemcsak hazánkban, hanem a Kárpát-medencén is túlmutató piaci részesedésekben. Napjaink nemesítőinek számos olyan fokozódó környezeti kihívással is szembe kell nézniük, mint a szárazságtűrés, sőt, néhány növényfaj esetében a hidegtűrés, valamint a biotikus és abiotikus stresszeknek is ellenálló fajták termesztésének igénye. Ezt a munkát nagyban segíti a nemesítést támogató új technológiák alkalmazása, mint a drónos fenotipizálás, járványgócok meghatározása és ezek végtelen felhasználási lehetőségei. A nemesítés meghatározó korszakait jellemző technikák, mint a mutációs nemesítés, a hibrid vigor jelenségének felismerése és bevezetése, a hazai génbankok létrehozása és a begyűjtött tételek jellemzése a genetikai potenciál felhasználása érdekében.

A növénynemesítést sem kerülték el a molekuláris biológia forradalmának vívmányai a géntechnológia kutatási céljainak megoldásában, és az elkerülhetetlen genetikailag módosított élő szervezetek elterjedése és térhódítása, amelyet ma már egy még hatékonyabb technika, a génszerkesztés is segít, és biztosít óriási lehetőségeket.

Természetesen nem felejtkezhetünk el az ökológiai nemesítés jelentőségéről sem, amely többek között a régi magyar fajtákban rejlő biológiai potenciál kihasználására építve végzi – a társadalom részéről is felmerülő igénynek megfelelően – e körbe tartozó technikák alkalmazását.

A nemesítési paletta széles, és a mai konferencia mindezekről beszámol, amihez sok sikert és eredményes továbbgondolkodást kívánok!

PLENÁRIS ELŐADÁSOK

AZ NGT-K AKTUÁLIS SZABÁLYOZÁSI HELYZETE EURÓPÁBAN ÉS A VILÁGBAN

Divéki Zoltán

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Martonvásár

MTA 2025 ÉVIG A MAGYAR TUDOMÁNYOK AKADEMIA

Az NGT-k aktuális szabályozási helyzete Európában és a világban

Divéki Zoltán

főigazgató-helyettes, HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont

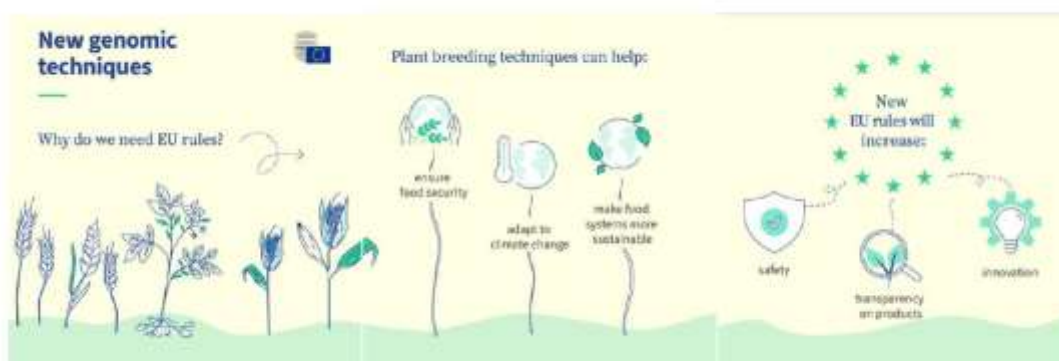
2026. március 17.

MTA-HU



Miért lett az NGT-k szabályozása fontos?

- Gyorsabb nemesítés, több céltulajdonság, alacsonyabb belépési küszöb
- Elővigyázatosság vs arányosság; kimutathatóság és végrehajtás
- Zöld átállási célok: ellenállóság növelése, inputcsökkentés, minőség javítás
- Időben széthúzódó nemzetközi engedélyezések → kereskedelmi kockázat



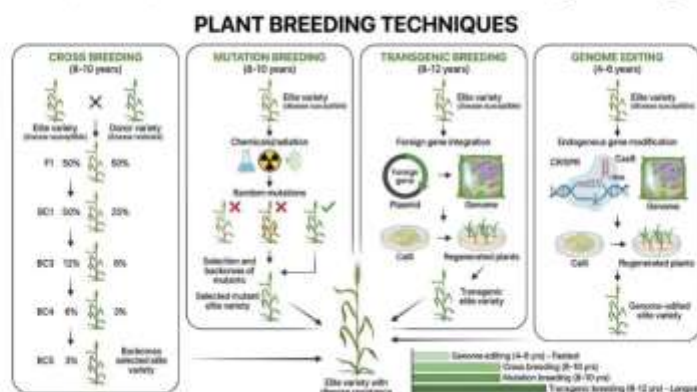
- 2009/41/EK: zárt rendszerű felhasználás → tagállami hatáskör, Magyarországon GMO hatóság az Agrárminisztérium és az NNGYK
- 2001/18/EK: szándékos kibocsátás, esetre szabott (case-by-case) környezeti kockázatértékelés
- 1829/2003/EK: GM élelmiszer/takarmány – EFSA központi kockázatértékelés
- 1830/2003/EK: nyomonkövethetőség és címkézés



- GMO (2001/18/EK irányelv): „olyan szervezet, az ember kivételével, amelyben a genetikai anyagot olyan módon változtatták meg, amely nem fordulna elő a természetben párosodás, illetve természetes rekombináció útján.”
- Mentésülnek: mutagenézis; sejtfúzió olyan szervezetek esetében, amelyek genetikai anyaga hagyományos termesztési módszerekkel is kicserélhető → indoklás: hagyományosan használtak, a biztonságosságról számos adat
- New Genomic Techniques (NGT): a 2001 után megjelent génmódosítási technikák gyűjtőfogalma, pl. ciszgenézis, intragenézis, irányított mutagenézis



- Hagyományos nemesítés: rekombináció + szelekció → hosszú idő
- Mutagenézis: gyorsabb, több új tulajdonság → nem szándékolt módosítások „takarítása”
- Transzgenesis: új kombináció nem keresztezhető fajból → klasszikus GMO
- NGT (CRISPR, TALEN, bázis szerkesztés): célzott változtatás(ok), gyakran idegen DNS nélkül



- A Bíróság kimondta: az „új mutagenézis” technikákkal előállított szervezetek a GMO-jog hatálya alá esnek
- A mutagenézis történelmi mentessége nem terjeszthető ki automatikusan az új technikákra
- Következmény: teljes GMO-eljárás elvben akkor is, ha nincs idegen DNS



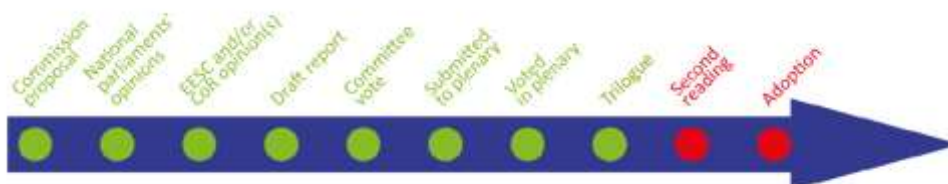
- Következtetés: a jelenlegi EU-s GMO-jog nem arányos sok célzott mutagenézissel és ciszgenézissel előállított termékénél
- Végrehajtási nehézségek: sok esetben nincs megbízható detektálási/azonosítási módszer az NGT-ekre
- Az új technikák hozzájárulhatnak a Green Deal / Farm to Fork / Biodiverzitási célokhoz
- A tanulmány alapján többszörös hatásvizsgálat + társadalmi egyeztetés után jogalkotási javaslat készült



IN THIS BRIEFING

- > Introduction
- > The study in a nutshell
- > Main conclusions of the study
- > The European Parliament and the Council
- > Stakeholders' reactions
- > Developments in other international organisations
- > Outlook

- 2023.07.05 – Bizottsági javaslat COM(2023) 411
- 2025.12.03 – politikai megállapodás a trilógusban
- 2025.12.19 – Európai Tanács minősített többség a kompromisszum mögött
- 2026.01.28 – Európai Parlament ENVI Bizottság: a megállapodás jóváhagyása
- 2026.05.18 – tervezett EP plenáris végzavazás
- Életbe lép 2 év múlva + előtte és utána további jogalkotói feladatok



- Csak célzott mutagenézissel + ciszgenézissel (intragenézist is beleértve) és ezek kombinációival előállított növények
- + az őket tartalmazó vagy belőlük álló termékek + az őket tartalmazó, belőlük álló vagy belőlük előállított élelmiszerek és takarmányok
- Feltétel: a végtermék genetikai anyaga csak a nemesítési génállományból származhat, nem keresztezhető fajból nem. Embriómentes, indukált poliploidia és híd-keresztelés megengedett.
- Lex specialis: ahol nincs speciális szabály, ott a GMO-jog marad az alapértelmezett, pl. összes állat és mikroorganizmus



- Mindenekelőtt azt kell bizonyítani, hogy megfelel-e az NGT definíciónak
- Az NGT1-et gyakorlatilag egyenértékűnek tekinti a hagyományos úton nemesített növényekkel. A termesztésre nincs tagállami kimaradási lehetőség (opt-out)
- NGT1 akkor, ha megfelel a rendelet I. Mellékletében megfogalmazott molekuláris követelményeknek ÉS nem fejez ki az I.a. Mellékletben listázott tulajdonságot (jelenleg: herbicid tolerancia és inszekticid anyagok termelése)
- NGT1 marad az NGT1 növények utódja AKKOR HA nem tartalmaz olyan új módosítást ami már nem NGT1. Fontos következmény: hagyományos keresztezéssel halmozhatók (stacking) a különféle NGT1-es tulajdonságok, az utód NGT1 marad
- Minden más NGT2 kategóriába kerül. Ezek hagyományos GMO-nak minősülnek, de könnyítésekkel és ösztönzőkkel az engedélyezésben.



- Célzott mutagenézis esetén fehérje kódoló régióként **legfeljebb három** az alábbiakból:
 - legfeljebb 20 nt cseréje vagy beillesztése
 - akárhány nt törlése
- Ciszgenézis esetén az alábbiakból bármelyik:
 - nemesítési génállományból származó folytonos szakaszok beillesztése
 - régiók cseréje nemesítési génállományból származó folytonos szakaszokkal
 - saját folytonos szakaszok megfordítása vagy áthelyezése
- AKKOR HA
 - ez már a nemesítési génállományban meglévő szekvenciához vezet VAGY
 - nem szakít meg létező gént és nem hoz létre kiméra fehérjét
- A fentiekből összesen **legfeljebb 20** egyedi módosítás engedélyezett monoploid genomonként

- A hitelesítés célja: a molekuláris feltételeknek való megfelelés igazolása, nem klasszikus kockázatelemzés
- Két beadási pont: (i) szántóföldi kísérletek előtt a nemzeti hatóságnál; (ii) forgalomba hozatal esetén az EFSA-nál
- Átláthatóság: azonosító szám → visszakereshető nyilvános adatbázisban
- Szaporító anyag kötelező jelölése: „cat 1 NGT” + azonosító, DE a belőle készült termékek már nem!
- A kérelmező nyilatkozik az érvényben lévő szabadalmakról, de nem kizáró ok



- Továbbra is a GMO-jog hatálya alatt marad
- Kockázatelemzés: könnyítési lehetőség, esetre szabott adatkövetelmények
- Detektálás: ha a DNS alapú módszer nem kivitelezhető, adaptált megfelelési megoldás lehetséges
- Környezeti monitoring: alapértelmezett, de indokolt esetben elhagyható
- NGT₂ termesztésére a tagállami opt-out lehetősége megmarad; a koexistencia intézkedések nem kötelezően harmonizáltak (pl. izolációs távolság)



- NGT₂ ösztönzők fenntarthatóságot segítő tulajdonságok esetén (stressz tolerancia, megnövelt terméshozam, javított táplálkozási jellemzők): gyorsított EFSA eljárás + beadás előtti tanácsadás
- NGT₂ KKV-ösztönzők: díj elengedés, szélesebb körű beadás előtti tanácsadás
- Ökogaikodás: NGT₁ és NGT₂ egyaránt tiltott
- NGT₁ véletlenszerű / technikailag elkerülhetetlen jelenléte ökogaikodási rendszerben nem jelent automatikus nem-megfelelést
- Speciális földrajzi helyzetekben célzott tagállami intézkedések lehetségesek az NGT₁-ek nem kívánt jelenlétének elkerülésére



- Nincs általános szabadalmi tilalom az NGT-növényekre
- NGT₁ esetén a hitelesítés során szabadalmi transzparencia jelenik meg
- Az Európai Bizottság vizsgálja kell a szabadalmak és licenszek hatását a piacra és az innovációra
- Tisztázni kell, hogy a szabadalmak mellett milyen mozgástere marad a nemesítőknek → hol kezdődik a szabadalomtörés kockázata
- Cél: a KKV-nemesítők hozzáféréseinek javítása és a gazdálkodói vetőmag-visszafogási jogok védelme
- EU-s magatartási kódex készül a tisztességesebb licenszelés érdekében



- EU: továbbra is alapvetően folyamat-alapú megközelítés
- USA: USDA-APHIS SECURE – számos „hagyományoshoz hasonló” tulajdonságot kifejező génszerkesztett növény kaphat kivételt („Confirmation of Exemption”)
- Kanada: Plants with Novel Traits-logika – a szabályozás az új tulajdonságtól függ, nem az alkalmazott technológiától
- Argentína / Brazília: esetre szabott konzultáció; az idegen DNS vagy új genetikai kombináció jelenléte a döntő
- → **Következmény:** ugyanaz a növény az egyik országban kvázi hagyományos, a másokban GMO-szerűen szabályozott lehet. Ez gyorsítja az amerikai kontinensen a piacra jutást, de növeli az EU-val való engedélyezési fáziseltolódást.



- Egyesült Királyság: külön precision breeding út, arányosított kockázatértékelési követelmények ha hagyományos módszerekkel is elő lehetett volna állítani
- Japán: notification/consultation rendszer, különösen akkor, ha nem marad idegen DNS a végtermékben
- Kína: MARA biosafety tanúsítvány rendszer; 2024-től génszerkesztett rizs, búza, kukorica és szója előretörése
- Közös trend: gyorsuló szabályozási nyitás, de országonként nagyon eltérő intézményi megoldásokkal
- Gyakorlati hatás: innovációs verseny, eltérő transzparencia- és címkézési logikák
- Stratégiai következmény: növekvő globális engedélyezési fáziseltolódás és az importban növekvő LLP (low level presence) esélye



Engedélyezett NGT-k a piacon

 Sicilian High GABA High GABA content for blood pressure regulation Tomato Sanytech Seed / Univ. of Tsukuba Japan 2020 (Notified) / 2021 (Market)	 Calyno™ High Oleic Acid; reduced saturated fat Soybean Calysto, Inc. (now Cibus) USA 2019 (Market Introduction)	 Conscious Greens™ Reduced pungency/bitterness Mustard Greens Pairwise USA 2023 (Market Launch)	 Neotrait High Fiber Increased amylose/fiber content Wheat Newcrop Technologies Argentina / Chile 2025 (Approved/Exempt)	 Embrapa Drought Tolerant Enhanced abiotic stress resilience Soybean Embrapa (Brazilian Agr. Res. Corp.) Brazil 2023 (Approved/Exempt)
 118-9-15 Improved grain quality (mutation of Wx gene) Rice Suzhou Qi-Biotech / Jiangsu Academy China 2024 (Safety Certificate)	 INTA Non-Browning Reduced PPO activity to prevent browning Potato INTA (Argentina) Argentina 2024 (Approved/Exempt)	 KN-NL4-2 Improved yield traits via ZmNL4 mutation Corn Wene Biotech / Huachong Agr. Univ. China 2024 (Safety Certificate)	 TaALS-4 Herbicide tolerance (targeted ALS mutation) Wheat Suzhou Qi-Biotech China 2024 (Safety Certificate)	 GDM Low Sugar Reduced raffinose/stachyose Soybean GDM (Argentina/Columbia) Colombia 2023 (Approved/Exempt)

Magyar vonatkozások

- Magyarország alkotmányos kiindulópontja: GMO-mentes mezőgazdaság
- 2023-ban a magyar Országgyűlés indokolt véleményt küldött az NGT rendelet akkori állapotához. A parlament fő kifogásai:
 - sérül a szubszidiaritás, mert szűkül a tagállami döntési mozgástér
 - a javaslat nem biztosít termelési opt-outot az NGT1-re
 - az NGT1 deregulációját aránytalannak tartotta, mert nem előzné meg kockázátértékelés, és nem járna teljes jelöléssel/nyomonkövetéssel → élelmiszerláncban elveszik a kontroll
 - az NGT1/NGT2 elhatárolást a parlament szerint nem tudományos, hanem szakpolitikai alapú kategorizálás támasztja alá
- **Kulcskérdés:** hogyan lesz összeegyeztethető az innováció és versenyképesség támogatása (→ az NGT1-ek könnyített útja egyben lehetőség is) a GMO-mentességi politikával és a tagállami döntési autonómiával.

MTA
Magyar Tudományos Akadémia

Köszönöm a figyelmet!

MTA



AZ ÖKOLÓGIAI VETŐMAG- ÉS NÖVÉNYNEVELÉS HELYZETE AZ EURÓPAI UNIÓBAN

Drexler Dóra, Györéné Kis Gyöngyi

Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet (ÖMKi), Budapest

Mi az a bio = öko = organikus?

Az ökológiai gazdálkodás jogszabályi előírásai (2018/848 EU rendelet) szerint előállított, ellenőrzött és tanúsított termék tekinthető bioterméknek.

Az ökológiai gazdálkodás olyan **fenntartható mezőgazdasági forma**, amely a termelés során a **helyi erőforrásokat** és a **természetes folyamatokat** részesíti előnyben a külső adalékokkal és **természetidegen anyagokkal szemben**.

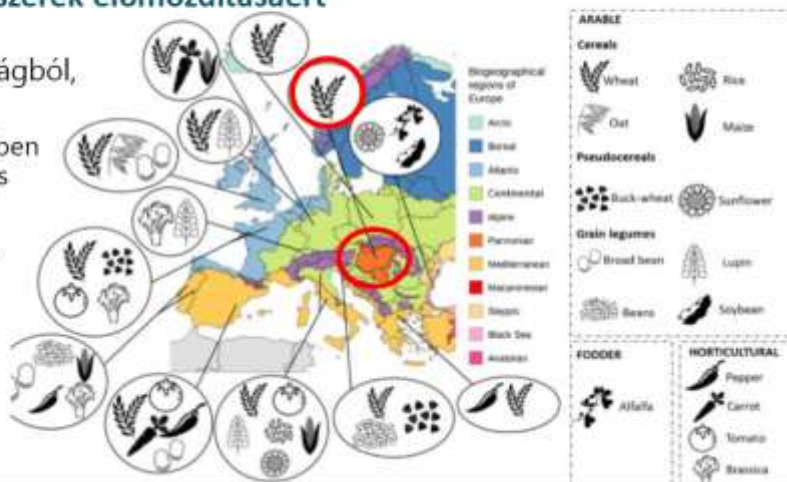


LiveSeeding projekt



Ökológiai vetőmag és ökológiai növénynevelés a fenntartható és sokszínű európai élelmiszerrendszerek előmozdításáért

- 37 partner 15 EU országból, UK, Svájc
- Horizon Europe** keretében finanszírozott innovációs intézkedés
- 2022. okt. - 2026. szept.



Vetőmagágazat Európában



Európai Unió vetőmagágazat¹

Foglalkoztatottak száma: ≈ 52 000 fő	Éves K+F ráfordítás: akár az árbevétel 20%-a	Kutató- és nemesítő- állomások száma: 750
--	---	--

Az ökológiai vetőmagpiac jelenleg:
az ökológiai gazdálkodásban felhasznált vetőmagoknak csak kb. 50%-a minősített ökológiai vetőmag + gazdálkodói visszavetett vetőmag

Európai Unió vetőmagpiac

Vetőmagpiac forgalmi értéke: ≈ 10 milliárd euró*	Feldolgozott mezőgazdasági termékek értéke: 1 000 milliárd euró	Mezőgazdasági termékek farm-gate (termelői kapu) értéke: 100 milliárd euró
--	---	--

+ termelő által visszatartott vetőmag (farm-saved seed)
+ közösségi vetőmagcsere

Az ökológiai vetőmagpiac jövője (2030 év vége):
- 2018/848-as EU ökológiai rendelet és „Farm to Fork” stratégia
- 100% ökológiai vetőmag
- 25% ökológiai művelésű mezőgazdasági terület
- Az ökológiai vetőmag aránya a teljes vetőmagpiacon % részarányú



¹ növényi szaporítóanyag-ellenőrző adatok (plant reproductive material – PRM)
*Forrás: OECD (2018): Concentration in Seed Markets: Potential Effects and Policy Responses

Ökológiai vetőmag jelentősége



A ökológiai termelés biztonságát a kiváló minőségű ökológiai vetőmag garantálja, amelyet **ökológiai körülmények között szaporítottak**, az ökológiai gazdálkodási rendszerhez alkalmazkodott fajtákat használva.

EU 2018/848 öko rendelet alapján engedélyezett növényi szaporítóanyagok:

1) Ökológiai szaporítóanyagok:

- Ökológiai termelésre alkalmas ökológiai fajta**, ökológiai körülmények között nemesített és szaporított, genetikailag a konvencionális fajtánál változatosabb fajták
- Ökológiai heterogén anyag**, ökológiai körülmények között előállított, rendkívül változatos genetikai összetételű és megjelenésű szaporítóanyag
- Saját gazdaságból származó növényi szaporítóanyag**
- Ökológiai körülmények között szaporított konvencionális fajták**, a nemesítés konvencionális körülmények között zajlik, a szaporítás pedig ökológiai körülmények között történik legalább egy generáción keresztül

2) Átállási szaporítóanyagok

3) Csávázatlan konvencionális vetőmag



Ökológiai (bio) élelmiszerpiac 2024-ben az EU-ban

18.1 millió hektár
ökológiaileg művelt terület az EU-ban

0,7 %-os területi növekedés az EU-ban (2023/2024)

Az EU-ban az **ökotermelők** száma növekszik: **438 447 fő**



49,5 milliárd euró-t tesz ki az **ökotermékek eladási forgalma** az EU-ban

A 3 legnagyobb ökológiai mezőgazdasági **területtel** rendelkező ország: **ES, FR, IT**

A legnagyobb ökológiai (bio) élelmiszerpiaccal rendelkező országok: **DE, FR, IT**

3,6 %-os ökológiai (bio) élelmiszerpiaci növekedés az EU-ban



Forrás: FIBL & IFODAM – The World of Organic Agriculture 2026

Az öko vetőmagok kínálata és kereslete Európában

Az ökológiai gazdálkodás területe növekszik (a „Farm-to-Fork” stratégia célja 2030-ra 25 %, de 15 % tűnik reálisnak).

A vegetatív szaporítóanyagokat a 2018/848 EU ökológiai rendelete szabályozza.

Általánosságban elmondható, hogy öko vetőmagok és szaporítóanyagok piaca egyenletes növekedést mutat.

Az EU ökológiai vetőmagpiacának **forgalmi értéke** 2019-ben körülbelül **300 millió euró** volt (EK).*



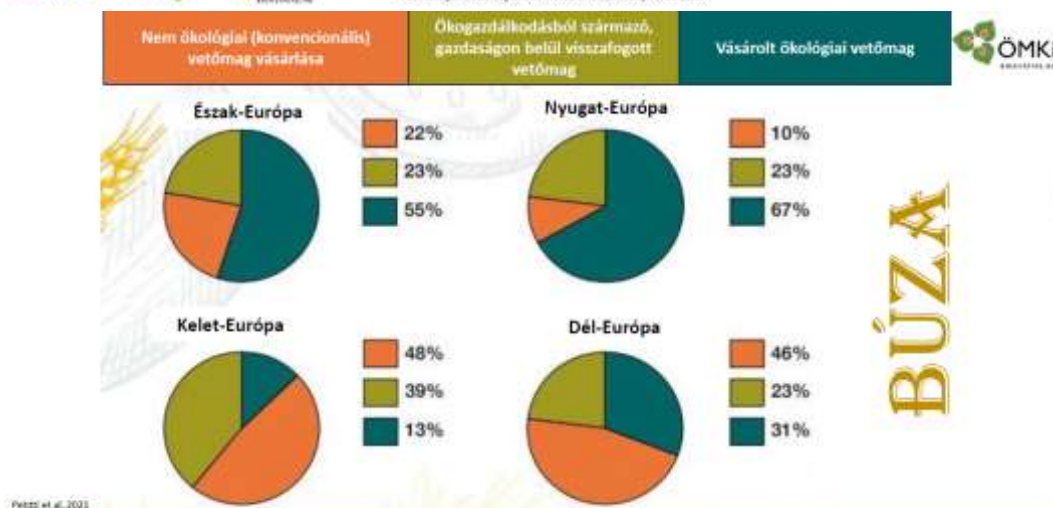
2036-ra az ökológiai gazdálkodásban **kizárólag ökológiai vetőmagokat** szabad használni.

Szigorúbb szabályok a nem ökológiai vetőmagokra vonatkozó derogáció (eltérés) megadására.

Egyes növénykultúrák és régiók esetében még mindig **nagy hiányosságok** vannak az ökológiai vetőmagok kínálatában.



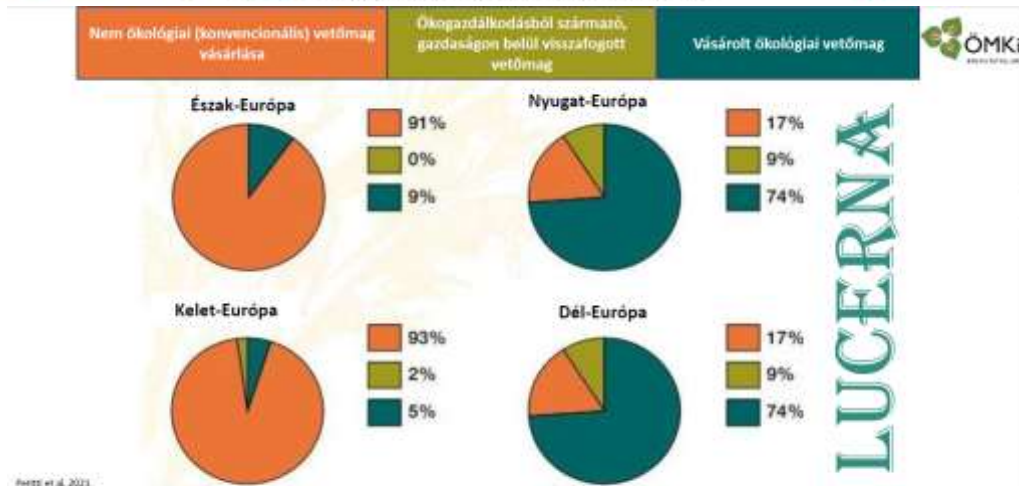
*Az ökológiai vetőmagok (révisekben növények) átlagos adatai.



Funded by the European Union, the Swiss State Secretariat for Education, Research and Innovation (SER) and UK Research and Innovation (UKRI). Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or SER, nor SER or UKRI.



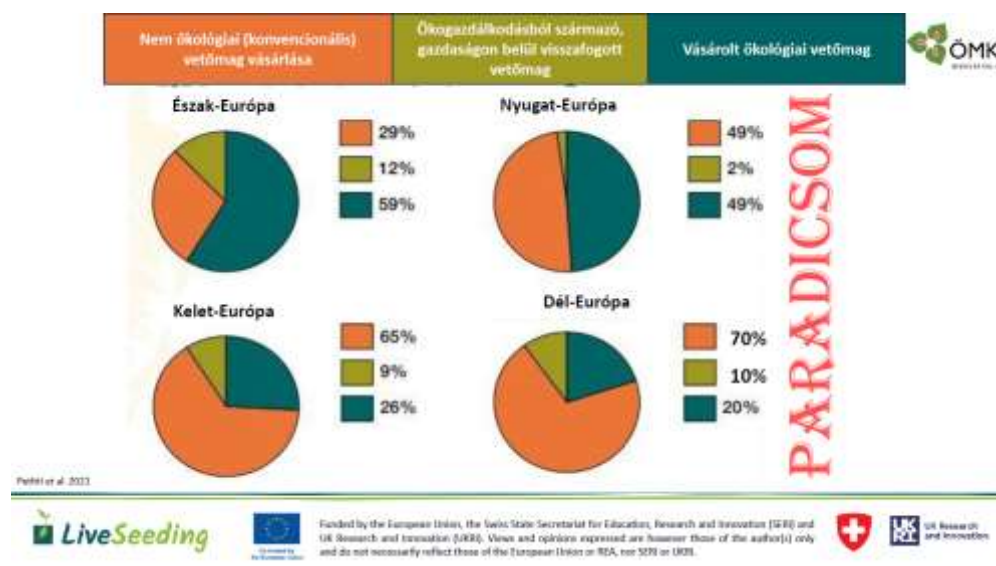
UK Research and Innovation



Funded by the European Union, the Swiss State Secretariat for Education, Research and Innovation (SER) and UK Research and Innovation (UKRI). Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or SER, nor SER or UKRI.



UK Research and Innovation



Az öko vetőmag-előállítás szükségletei

Kisvállalkozások / kezdeményezések:

- jelentős igény mutatkozik képzésre, piaci átláthatóságra, vetőmagtisztítási és -tárolási kapacitásra, pénzügyi támogatásra, valamint vállalkozásfejlesztésre.

Az ökológiai ágazatba „újonnan belépő” nagyobb vállalatok:

nehézségek a léptéknövelésben és szervezeti működésben

- olyan gazdálkodók megtalálása, akik nyitottak és megfelelő szakmai felkészültséggel rendelkeznek ökológiai körülmények közötti vetőmag-szaporításra
- ökológiai tanúsítás, vetőmagkezelés, kártevő- és kórokozók kezelése

Fontos, hogy a gazdálkodók igényeinek megfelelő fajták kerüljenek forgalomba.

- Például a közép-európai országokban a konstans zöldségfajták piaci részesedése mindössze 1–3%. Ez jó belépési lehetőség lehet, de tartósan részipiaci szegmens maradhat.



Schäffer, 2020

Gabona On-farm fajtatesztek, 2012-től



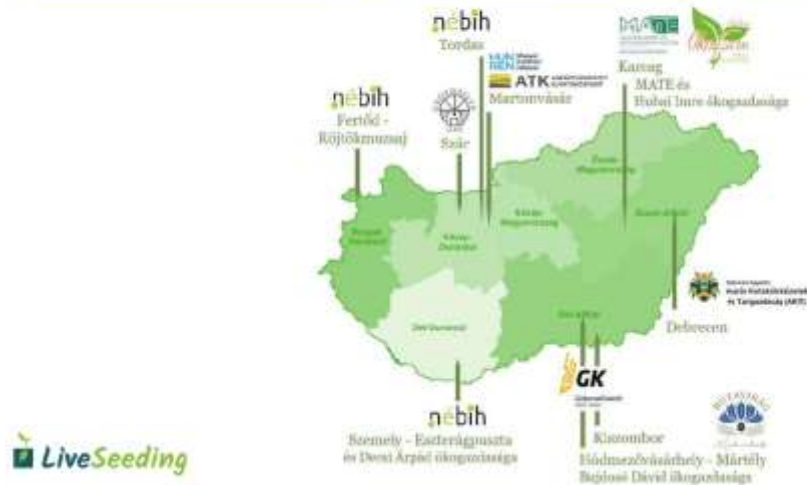
51 helyszínen

- Őszi búza
- Tönkölty
- Tönke és Alakor fajtatesztek 2012-től

7 helyszínen

- ÖMKI-VSZT-NÉBIH kispárcellás fajtatesztek 2020-tól

ÖMKi-VSZT-NÉBIH Ökológiai posztregisztrációs fajtateszt hálózat



Mi is az ökológiai nemesítés?



- **Konvencionális nemesítés:** A *status quo*, ahol a szelekció konvencionális (nem ökológiai) gazdálkodási feltételek mellett történik, csávázás, gyomirtó szerek és optimális tápanyag-ellátás alkalmazásával.
- **Nemesítés az ökológiai gazdálkodás számára:** „termékorientált”, a nemesítési célok az ökológiai ágazat igényeihez igazodnak (pl. betegség ellenállóság, gyomfajtotolerancia), egyes szelekciós lépések ökológiai körülmények között is végrehajthatók.
- **Ökológiai nemesítés:** „folyamatorientált”, minden nemesítési tevékenység (keresztezés, szelekció, fenntartás és szaporítás) tanúsított ökológiai feltételek mellett zajlik.

Az ökológiai nemesítés során alkalmazott összes technikát nyilvánosságra kell hozni, és azoknak meg kell felelniük az IFOAM állásfoglalásának (2017), amely kifejezetten kizárja a GMO-kat, az NGT-ket (géntechnológiai megoldásokat).



Az IFOAM GMO definíciója



A **géntechnológiai eljárások** egy sor modern biotechnológiai eljárás, amely magában foglalja a következőket:

- In vitro, ex vivo, in vivo nukleinsav-technikák, beleértve a rekombinációs dezoxiribonukleinsavat (DNS), ribonukleinsavat
- (RNS) és a nukleinsav sejtekbe vagy sejtstruktúrákba való bejuttatását; vagy
- DNS vagy RNS vagy bármely molekuláris komponens szerkesztése, megváltoztatása, módosítása, törlése vagy hozzáadása, amely közvetlenül vagy közvetve befolyásolja azok mikro- vagy makroszerkezetét vagy funkcióját (pl. a génkifejeződés epigenetikus módosításai vagy más eszközök révén); vagy
- sejtek fúziója; amely nem a hagyományos nevelés és szelekció során alkalmazott technika.



Ökológiai növénynevelési piac

A ökológiai növénynevelés jelenlegi **költségigényei** becslések szerint legalább **100 millió euró**t tesznek ki évente.

Az ökológiai növénynevelés az öko vetőmagpiac egy megalapozott **rés**piaci szegmense.



A legtöbb növénynevelési kezdeményezés **Németországban, Svájcban, Ausztriában és Hollandiában** van.

A rendelkezésre álló források évente körülbelül **10 %-kal** folyamatosan **növekednek**, és a fent említett négy ország esetében a teljes összeg 4–5 millió euróra becsülhető.

Az ökológiai gazdálkodásban használt **fajták többsége** még mindig a **konvencionális növénynevelés eredménye**, még akkor is, ha a magokat ökológiai módszerekkel állítják elő.



Ökológiai növénynevelés európai hálózata

- Állásfoglalás az ökológiai növénynevelésről (Európai Konzorcium az Ökológiai Növénynevelésért, ECO-PB): [link](#)
- IFOAM állásfoglalás: A nevelési technikák összeegyeztetése az ökológiai rendszerekkel: [link](#)
- Az ökológiai rendeletben szereplő jogi meghatározások (ökológiai növénynevelés, ökológiai fajta) teljes körű végrehajtásához még részletes kidolgozásukra van szükség >>Az ECO-PB javaslatot készített erre vonatkozóan.



<https://www.biobreeding.org/breeding.html>



Az ökológiai növénytermesztési kezdeményezések irányítási és finanszírozási modellje



Összefoglalás



Az ökológiai vetőmag és növénytermesztés egyre fontosabb szerepet játszik az Európai Unió agrárpolitikájában.

A jelenlegi szakpolitikai folyamatok három fő irányba mutatnak:

- 2036-ra teljes átállás öko vetőmag használatra az ökológiai gazdálkodásban
- Vetőmag-szabályozás reformja (PRM), amely nagyobb teret kíván adni a genetikai diverzitásnak
- Ökológiai növénytermesztés egyre fontosabb prioritássá válik.

→ Várható eredmény: ellenállóbb, fenntarthatóbb és változatosabb európai mezőgazdaság



Funded by the European Union, the Swiss State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI) and UK Research and Innovation (UKRI). Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or REA, nor SERI or UKRI.



UK Research and Innovation

A NÖVÉNYTERMESZTÉS GAZDASÁGI HATÁSA

Molnár Zsuzsa

Agrárközgazdasági Intézet, Budapest

MTA



Nemesítési trendek mozgatórugói

Globális és lokális kihívások:

- a népesség növekedése – növekvő élelmiszerigény;
- a vízigény növekedése és a vízhozáférési nehézségek;
- a művelhető terület korlátozottsága;
- a klímaváltozással járó hőmérséklet-emelkedés és az időjárási szélsőségek sűrűsödése;
- valamint a kártevők és kórokozók fokozódó jelenléte.

Forrás: Jorjusch, P. The global need for plant breeding innovation. *Transgenic Res* 28 (Suppl 2), 81–86 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11248-019-00136-1>; Euroseeds (2020). Euroseeds brochure. 2020. január 9. <https://www.euroseeds.eu/wp-content/uploads/2020/01/20-0007-Euroseeds-annual-report-structure.pdf>; ENSZ Fenntartható Fejlesztési célok <https://sdgs.un.org/indicators>

MTA



Nemesítési trendek

Főbb elvárások a növénytermesztéssel szemben:

- környezetileg és társadalmilag is **fenntartható** termelés megvalósíthatósága;
- a klímaváltozás ellenére is **stabil és magas hozamot** biztosító fajták/hibridek fejlesztése, amelyek kisebb területet és **kevesebb inputot** (műtrágya, növényvédőszer) igényelnek és a talaj zsarolása nélkül maximálisan hasznosítják a rendelkezésre álló vízkészletet és a tápanyagokat;
- egészséges, **tápláló, jól tárolható** növényi alapanyagok előállítása;
- a genetikai diverzitás megőrzése, **biodiverzitás** növelése;
- mindez a legújabb nemesítési technológiák és eszközök alkalmazásával a **munkahelyek, a tudás, a versenyképesség és a növekedés** megőrzése érdekében.

Termelői preferencia a fajta/hibridválasztás és a szaporítóanyagvásárlás során:

1. elérhető hozam; 
2. minősítés (fémzárolás);
3. ár;
4. beltartalmi érték;
5. származás (hazai vagy külföldi vállalat által nemesített);
6. kapcsolt szolgáltatás.

Forrás: Jorjusch, P. The global need for plant breeding innovation. *Transgenic Res* 28 (Suppl 2), 81–86 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11248-019-00136-1>; Euroseeds (2020). Euroseeds brochure. 2020. január 9. <https://www.euroseeds.eu/wp-content/uploads/2020/01/20-0007-Euroseeds-annual-report-structure.pdf>; ENSZ Fenntartható Fejlesztési célok <https://sdgs.un.org/indicators>; AKI



Módszertan

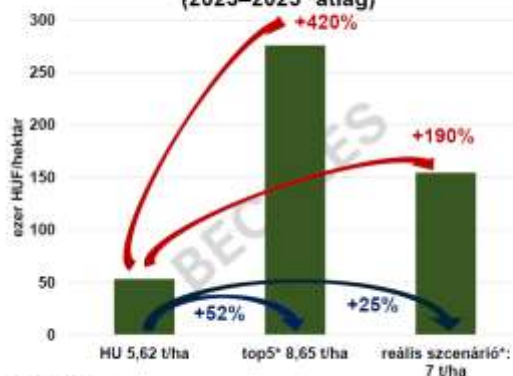
- Vizsgált növény: málymai búza
- Valós adatokon alapuló modellszámítások és érzékenységvizsgálat
- Magyarázóváltozó: hozam (*ceteris paribus*); a legnépszerűbb búzafajták (top5) hozama
- Eredményváltozók: hektáronkénti ágazati eredmény, ártermelés árbevétele, export mennyiség és érték, területigény, liszttermelés és -fogyasztás
- Felhasznált adat- és információforrások (2023–2025 évekre vonatkozóan):
 - Nébih: kalászosok fajtakísérleti koordinációs értekezletének anyagai;
 - GOSZ-VSZT-NAK: posztregisztrációs kísérletek eredményei;
 - FADN: ágazati költség-jövedelem adatok;
 - KSH: terület, hozam, termelés, MSZR.
- A bemutatott eredmények teoretikus kalkulációkon alapulnak, ideális időjárási és ideális termőhelyi adottságokat, valamint a technológiai fegyver maximális betartását feltételező becslések, amelyek célja a hozamban, mint legfontosabb nemesítési célban, rejlő potenciál demonstrálása!

MTA KAPITE

MTA

KAPITE

Búza modellszámítások – termelői szint

A búzatermelés ágazati eredményének^{1,2} változása
(2023–2025^b átlag)

¹ Földművelés ágazati
² Társaságok közötti
^b Becslés
 Forrás: KSH, GDSZ, VSZT-NMK, AKO PÁRK, AKO FADK, NEMK alapján AKO kalkuláció

	HUF/hektár
HU 5,62 t/ha	53 ezer
top5* 8,65 t/ha	275 ezer
reális szcenárió*: 7 t/ha	155 ezer

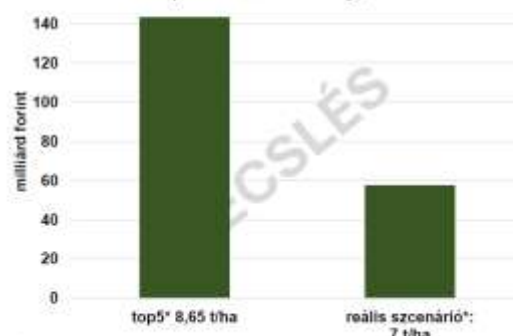
*Ideális időjárási és ideális termőhelyi adottságokat, valamint a technológiai fegyver maximális betartását feltételező becslés.



MTA

KAPITE

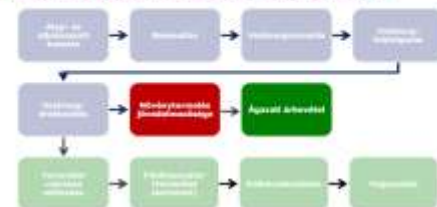
Búza modellszámítások – nemzetgazdasági szint I

Az árubúzatermelés¹ többlet termelési értéke
(2023–2025^b átlag)

¹ Árubúza: az az, amelynek célja a piacra kerülés, 70%-os részarányt a teljes szántóföldterületen.
^b Becslés
 Forrás: KSH, GDSZ, VSZT-NMK, AKO PÁRK, AKO FADK, NEMK alapján AKO kalkuláció

	Búzatermelés kibocsátásához való hozzájárulás	Növénytermesztési és kertészeti termelés kibocsátásához való hozzájárulás
top5* 8,65 t/ha	31%	6%
reális szcenárió*: 7 t/ha	13%	2%

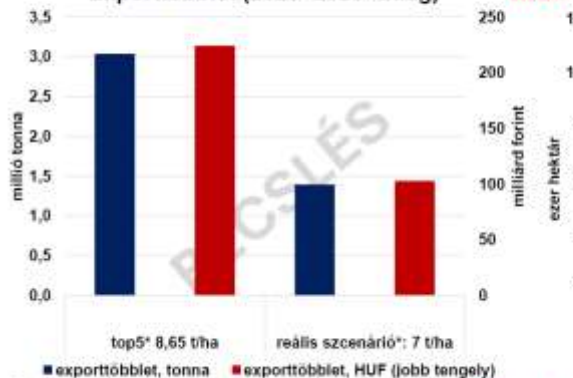
*Ideális időjárási és ideális termőhelyi adottságokat, valamint a technológiai fegyver maximális betartását feltételező becslés.



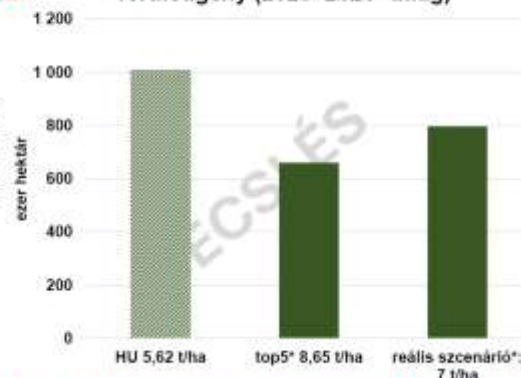
MTA

KAPITE

Búza modellszámítások – nemzetgazdasági szint II

Exporttöbblet (2023–2025^b átlag)

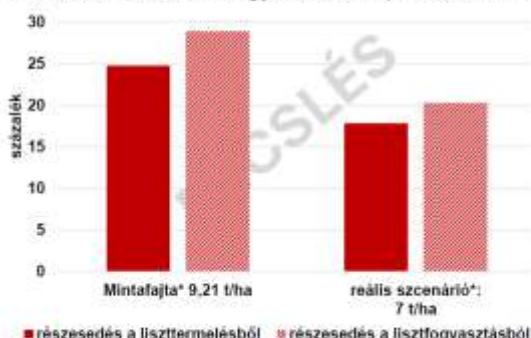
^b Becslés
¹ Árubúza: az az, amelynek célja a piacra kerülés, 70%-os részarányt a teljes szántóföldterületen.
 Forrás: KSH, GDSZ, VSZT-NMK, AKO PÁRK, AKO FADK, NEMK alapján AKO kalkuláció

Területigény (2023–2025^b átlag)

*Ideális időjárási és ideális termőhelyi adottságokat, valamint a technológiai fegyver maximális betartását feltételező becslés.

Búza modellszámítások – nemzetgazdasági szint III

Egy jól prosperáló búzafajta részesedése a liszttermelésből és –fogyasztásból (2023–2025^b átlag)



2. 國際化

² *Chrysomelidae* (Coleoptera).

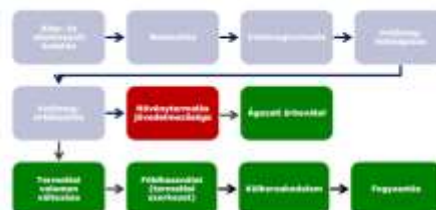
topór: regnőpáncsárkó fejének szuperfőrétege/fejének szuperfőrétege/az állomány

Formák: KSH, GOSZ-VSZT-NAK, ANO PÁR, ANO PÁRN, Némén alapján ANO kétszámú

Kalkulációhoz használt információk:

- malmibúza-fajta:
 - 2. a hozamrangsorban (9,21 tonna/hektár)
 - 4. legnagyobb szaporítótérülettel rendelkezik (~900 hektár)
- 75%-os kiöltés figyelembevétele

***Ideális időjárás és ideális termőhelyi adottságokat, valamint a technológiai fegyverem maximális betartását feltételező becslés.**



MTA

A növénynemesítés hatása – nemzetközi kitekintés



Forde, Isabelle, B. = Carlsburg, M (2021): The socio-economic and environmental values of goat breeding in the EU and for selected EU member states. *IFFA Research* <https://iffa.research.univie.ac.at/publications/2021/05/iffa-research-the-socio-economic-and-environmental-values-of-goat-breeding-in-the-eu/>

Köszönöm a figyelmet!

MTA



75 ÉVES AZ MTA NÖVÉNYNEVELÉSI BIZOTTSÁGA: AZ ELSŐ KÉT ÉVTIZED (1949–1968)

Matuz János

Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

Az MTA elmúlt 200 éve során a növénytermesztéssel vagy növényneveléssel foglalkozó tudósok közül 1949-ig csak két olyan tag volt, aki növényneveléssel is foglalkozott: Kerpely Kálmán (1922) és Surányi János (1945). Az MTA újjászervezésével egy időben, 1949-ben hozták létre Martonvásáron az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetét. 1949. október 31-én kezdte meg működését az MTA Biológiai és Agrártudományok Osztálya. 1951. december 22-én a biológusok és az agrárkutatók külön osztályt alapítottak, és létrejött a Biológiai Tudományok Osztálya és az Agrártudományok Osztálya.

Az Agrártudományok Osztályát Marek József akadémikus vezette, az osztálytitkári teendőket pedig Somos András akadémikus látta el. Az Agrártudományi Osztályon 13 főbizottság volt, kb. 200 fő (akadémikusok, egyetemi tanárok, kutató- és kísérleti intézetek vezetői, állattenyésztők, növénytermesztők, nevelítők stb.) vett részt a munkájában.

A Nevelítési Bizottság 1951. április 18-án alakult meg, Sedlmayr Kurt MTA levelező tag (1951) volt az elnöke, és Rajháthy Tibor a titkára. Az 1952. december 15-i jegyzőkönyv szerint a Növénynevelési Állandó Bizottság elnöke Sedlmayr Kurt a növénynevelés professzora és titkára Rajháthy Tibor volt, a tagok Györfy Barna, Kurnik Ernő, Lelley János, Bálint Andor, Solt Jenő, Rieger Béla és Vigh Lajos voltak. Obermayer Ernő akadémikus, fűszerpaprika- és rizsnevelítő, Jánossy Andor, Rédei György, Beke Ferenc, Pap Endre, Rajki Sándor, Bócsa Iván, Kovács András 1953-ban csatlakozott az osztályhoz, majd 1954-ben Porpáczy Aladár akadémikus. A mezőgazdasági kutatóintézetek létrehozásával a neveléssel is több intézmény foglalkozott.

Az 1950-es évek elején a bizottság fő célkitűzései a következők voltak:

- különböző növények nevelésének értékelése,
- nevelítés fejlődésének elősegítése,
- kutatómunka koordinálása,
- tudományos rendezvények szervezése,
- a magyar növénynevelés kiemelkedő alakjai emlékének megőrzése,
- szakkérdésekben az állami és társadalmi szervek munkájának (pl. 5 éves tervek) segítése,
- kísérleti intézetek meglátogatása, munkájuk értékelése.

A növénynevelés különböző eredményeit, problémáit a bizottsági üléseken vagy az Agrárosztály felolvasóülésein vitatták meg. A bizottság tagjai gyakran ülészttek, pl. a kéziratárban levő dokumentumok szerint 1953-ban január kivételével minden hónapban tartottak ülést. Sokféle témával foglalkoztak, és áttekintették az előző években folytatott munkájukat is. Például 1951–1952-ben meglátogatták és értékelték a Gyapotkutató Intézet, a Kisvárdai Kísérleti Gazdaság és a Tápiószelei Kísérleti Gazdaság tevékenységét. A megvitatott fontosabb tudományos témák: 1. a micsurini módszerek nevelésben való alkalmazásának problémái, 2. a szakaszos fejlődés kérdései. Mindkét területen Sedlmayr Kurt, Beke Ferenc és Kurnik Ernő „végeztek fontosabb munkát”, ahogy a jelentés írja.

Az 1950–1960-as években a bizottság számos témát vitatott meg. 1953: rezisztencia-nevelítés, kukorica heterózisa, *Kultúrflóra* kiadvány elindítása. 1957: tápiószelei intézet. 1958: kandidátusi követelmények, vitaülés a rizs bruzonebetegségéről. 1959: ülés Martonvásáron és Kompolton, a búza, a lucerna és a burgonya nevelése, a hímsterilitás genetikai alapjai és

felhasználása. 1960: terméslemezés, kísérleti hiba, szelekció biometriai alapjai, összefüggés-vizsgálatok. 1961: cukorrépa-nemesítés, nyugati országok növénynemesítése, tápiószelei kísérletek. 1962: beszámoló a szófiai Heterózis Konferenciáról és az Osztrák Nemesítők Egyesületének rendezvényéről, aspiránsok beszámolója, a KGST cukorrépa-konferencia szervezése. 1963: beszámoló a swalöfi Búzanemesítési és Genetikai Konferenciáról. 1964: ankét a magasabb rendű növények mutációiról, 100 Éves a Magyar Mezőgazdasági Növénynemesítés Emlékülés. 1966: a nemesítés nemzetközi kapcsolata, a martonvásári intézet kutatási programja, gödöllői növénynemesítési tanszék beszámolója. 1967: „Mezőgazdasági növények nemesítése” könyvbemutató, az USA kukoricánemesítése, az 1968. évi kompolti Növénynemesítési Vándorgyűlés előkészítése.

1968-ig a Növénynemesítési Bizottság vezetői a következők voltak:

Időszak	Elnök	Titkár
1951–1956	Sedlmayr Kurt	Rajháthy Tibor
1957–1964	Bálint Andor	Kovács István
1965–1967	Bálint Andor	Szalay Dezső
1967–1973	Mészöly Gyula	Szalay Dezső

A Növénynemesítési Tudományos Bizottság e két évtizedének áttekintése azt igazolja, hogy a növénynemesítés is helyet kapott az akadémia tudományos tevékenységében. Amíg 1949 előtt a Magyar Tudományos Akadémiának csak két olyan tagja volt, aki növénynemesítéssel is foglalkozott (Kerpely Kálmán dohánynemesítés, Surányi János szemes cirok), napjainkra ez 22-re emelkedett.

Az MTA 3386 tagja közül a következő 22 tag szerepel növénynemesítőként:

Elhunytak:

Barabás Zoltán (1926–1993) agrármérnök (levelező tag 1985); cirok, búza
 Bócsa Iván (1926–2007) agrobotanikus (levelező tag 1990, rendes tag 1995); lucerna, kender, koronafürt
 Györffy Béla (1928–2002) agrármérnök, növénytermesztés (levelező tag 1987, rendes tag 1993); kukorica
 Jánossy Andor (1908–1975) agrármérnök, agrobotanikus (levelező tag 1970); árpa, lucerna, vörös here, bíbor here
 Keresztesi Béla (1922–2001) erdőmérnök (levelező tag 1973, rendes tag 1982); akácfa
 Kerpely Kálmán (1864–1940) agrármérnök, agrokémikus, növénynemesítő (levelező tag 1922); dohány
 Kozma Pál (1920–2004) kertészmérnök, ampelológus (levelező tag 1967, rendes tag 1973); szőlő
 Kurnik Ernő (1913–2008) agrármérnök, növénynemesítő (levelező tag 1970, rendes tag 1976); kukorica, napraforgó, ricinus, őszi káposztarepce, csicseriborsó, szárazborsó, szója
 Mészöly Gyula (1910–1974) agrármérnök, növénynemesítő (levelező tag 1967, rendes tag 1973); paradicsom
 Obermayer Ernő (1888–1969) vegyészmérnök, agrármérnök (levelező tag 1953); fűszerpaprika, rizs
 Pap Endre (1896–1991) nagy-britanniai magyar agrármérnök, növénynemesítő (külső tag 1990); kukorica
 Porpáczy Aladár (1903–1965) kertészmérnök (levelező tag 1954); szamóca, málna, szeder, málna, dió, ribizske
 Rajki Sándor (1921–2007) agrármérnök, növénynemesítő (levelező tag 1976, rendes tag 1990); búza

Sedlmayr Kurt (1900–1965) osztrák származású agrobotanikus, növénynyemesítő (levelező tag 1951, rendes tag 1953; tagsága megszűnt 1958; rendes tagsága visszaállítva 1989); cukorrépa, cikória

Somos András (1911–1996) kertészmérnök (levelező tag 1949, rendes tag 1955); étkezési paprika

Surányi János (1886–1965) agrármérnök (levelező tag 1945–1949, levelező tag újraválasztva 1954, rendes tag 1960); cirokfélék

Tamássy István (1924–1995) kertészmérnök, növénynyemesítő (levelező tag 1973, rendes tag 1979); sárgadinnye, görögdinnye, csemegekukorica, alma, kajszihibrid, mogoró, őszibarack, mandula, szőlő

Élők:

Bedő Zoltán (1951) agrármérnök, növénynyemesítő (levelező tag 2004, rendes tag 2010); búza, durumbúza, árpa, tritikálé, zab, tönköly

Dudits Dénes (1943) agrármérnök, biotechnológus (levelező tag 1990, rendes tag 1995); energiapálinka

Heszky László (1945) agrármérnök, növénygenetikus, növénynyemesítő, biotechnológus (levelező tag 1998, rendes tag 2004); rizs

Mesterházy Ákos (1945) agrármérnök, növénynyemesítő, biotikusstressz-rezisztencia kutatása (levelező tag 2007, rendes tag 2013); búza

Veisz Ottó (1955) agrármérnök, növénynyemesítő, abiotikusstressz-rezisztencia kutatása (levelező tag 2019, rendes tag 2025); zab, búza, durumbúza

Felhasznált irodalom:

Frank J. (1999): Növénynyemesítési Bizottság. In: Kovács Ferenc (szerk.) *Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya 50 éve (1949–1999)*. Agroinform Kiadó, Budapest. 251–259.

MTA Növénynyemesítési Bizottság iratai (1952–1967), MTA levéltár.

A MAGYAR NÖVÉNYNEVELÍTŐK EGYESÜLETÉNEK 2025. ÉVI AKTUALITÁSAI: EREDMÉNYEK, KITÜNTETÉSEK, MEGEMLÉKEZÉSEK

Pauk János, Óvári Judit

Magyar Növénynevelítők Egyesülete, Szeged

Egyesületünk 2025-ben 277 nevelítő tagot számlált, amelyből 206-an aktív tagok, ami azt jelenti, ők folyamatosan rendezték tagdíjukat, és aktívan részt vettek az MNE munkájában. Sajnos 71-en voltak, akik tagnyilvántartásukkal elmaradtak (nyugdíjazás, költözés stb.), és még az új évben is kapcsolattartási hiányuk van. Tagjaink harmincat meghaladó munkahelyen, vállalkozásnál dolgoznak, amelyek négy különböző szektorhoz tartoznak. Legtöbbször a MATE Agrárcsoport (alapítványi) és a HUN-REN alkalmazásában állnak, de sok kollégánk dolgozik egyetemi szervezetben (pl. SZTE, PE stb.), és jelentős tagjaink száma, akik magánnevelítőknél (pl. Orosco Kft., Kruppa-Mag Kft. stb.) vannak alkalmazásban.

Rövid számvetést adva, a 2025-ös évben a magyar növénynevelítés jelentős átalakuláson, átszervezésen esett át, ami sok esetben a nevelítőhelyek csökkenéséhez, zsugorodásához vezetett. Az átalakulások lényegi eleme – pozitívan fogalmazva – a racionalizálás, aminek eredője legtöbbször esetben a ráfordítás hiánya volt. Sajnos ez összefügg azzal a gazdasági ténnyel is, hogy a hazánkban jelen lévő világcégek egyre nagyobb piacot birtokolnak, és ennek gazdasági árnyékában a magyar fajták vetőmagjának hazánkban egyre kisebb piaca van. Sajnos exportlehetőségeink is inkább szűkültek, mint bővültek. Bár vannak területek, ahol előrelépés van, pl. kertészeti fajok. Mindezek tükrében látható, hogy a magyar növénynevelítés az elmúlt években, évtizedekben fokozatosan visszaszorult – fontos fajokban alig vannak vagy már nincsenek magyar fajták a piacon. Ennek következtében tisztán látszik, hogy a nemzetközi versenyt a magyar nevelítés csak nagy veszteségekkel éli túl. Nevelítésünk piacképességét csak partneri összefogással, erkölcsi és gazdasági támogatással tudnánk előmozdítani. Ez irányba tett erőfeszítéseink eddig nem jártak sikerrel.

Miközben átalakulási nehézségekkel küzd szinte minden része a magyar növénynevelítésnek, általános szakmai problémákba is beleütköztünk. Számunkra a magyar vetőmag a hazai nevelítési alapanyagból, magyar tulajdonú nevelítő cégeknél előállított és forgalmazott vetőmagot jelenti. Ebben az esetben az innovációból származó anyagi előny száz százalékban magyar cégeknél marad. Ha ezt növelni tudnánk, és megfelelő forgalmazást elérnénk, a magyar nevelítés nem lenne pénzügyi zavarban. Úgy látjuk, a magyar növénynevelítés napjainkra egyedül maradt, miközben a versenytársaink jelentős ráfordítással komoly szakmai versenyben vannak velünk. A magyar növénynevelítés felíveléséhez komoly partnerekre és jó megoldásokra van szükség, különben a nagyszerű hagyományokkal rendelkező ágazat elsüllyed a jelentős nemzetközi nyomás alatt. Miközben minden magyar nevelítő nagyon fontosnak látja a nemzetközi kapcsolatokat, ennek árnyékában nem veszíthetjük el saját nemzeti értékeinket.

Az egyesületnek a 2025. évben 10 különböző rendezvénye volt, ezek az alkalmak honlapunkon (www.plantbreeders.hu) jól követhetők voltak, így itt részletesen nem térünk ki rájuk. Az előadás további részében ppt-bemutatóban mutattuk be a 2025-ben elismerésben részesült kollégákat. A magyar nevelítők legjelentősebb szakmai díját, a Fleischmann Rudolf-díjat négy kollégánk kapta meg az elmúlt évben. Dr. Berzy Tamás (Martonvásár) és Domján Gergely Sándor (Városföld) mint növénytermesztők, dr. Csizmadia László borsó- és dr. Szél Sándor kukoricanevelítőként nyerték el az Agrárminisztérium által adományozott értékes díjat. A Magyar Érdemrend parancsnoki kereszt polgári tagozat kitüntetésben részesült prof. Gyuricza Csaba, a MATE rektora. Sulyok Tamás, Magyarország köztársasági elnöke a Magyar Arany Érdemkereszt kitüntetést adományozta dr. Baktay Borbála főigazgató asszonynak, a

hazai génbank vezetőjének. Az elnök úr a Magyar Ezüst Érdemkereszt kitüntetés adományozta dr. Zatykó Lajos paprikanemesítő kollégánknak. A Magyar Érdemrend tisztikereszt polgári tagozat kitüntetés vehetett át prof. Pepó Péter, a Debreceni Egyetem egyetemi tanára. A 2024. Év Kertésze díjat nyerte el prof. Hrotkó Károly egyetemi tanár, aki a díjat szintén ebben az évben vette át. Benyóné dr. György Zsuzsanna, a MATE Genetika és Biotechnológia Intézetének egyetemi tanára miniszteri elismerő oklevélben részesült.

Fontos nemzetközi tudományos díjat, a Carlotta Awardot nyerte el dr. Kruppa Klaudia Olaszországban, amely a fiatal női kutatók tudományos és szakmai fejlődését elismerő díj. Az Életfa Emlékplakett ezüst fokozatát adományozta az agrárminiszter prof. Mesterházy Ákos akadémikusnak. A bronz fokozatot pedig Feczák János, az Agroszemek Kft. ügyvezető igazgatója kapta meg.

Életük jeles évfordulójához érkező, kiemelkedő nemesítő teljesítményt elért kollégáknak egyesületünk az MNE Kerámia Plakettjét adományozza. Ebben az évben a 80. életévét betöltő Barabits Elemér nyerte el a díjat, amely Tóth Magdolna keramikusművész alkotása. Az MNE nagyon szép bronz emlékművet két kollégánknak adtuk át: dr. Nemeskéri Eszternek, aki ebben az évben védte meg MTA doktori értekezését, és a kiváló paprikanemesítő Ruskó Józsefnek, a Duna-R Kft. cégtulajdonosának.

Nagy öröm, hogy a magyar növénynevelés viszonylag nehéz időszakában díjalapításra is sor kerülhetett. Az MNE elnökhelyettese, a Kruppa-Mag Kft. tulajdonosa és nemesítője 2025-ben egy nagyon dekoratív és értékes díjat alapított, a Táncoló Kalász díjat. A díjat azok kaphatják meg, akik a magyar nemesítésért életteljesítményük alapján sokat tettek. Ebben az évben a díjat két kollégánk nyerte el: a keszthelyi egyetem tanára, dr. Hoffmann Borbála és táplánszentkereszt nemesítő kollégánk, Falusi János.

Minden kedves kitüntetett kollégánknak őszinte szívvel gratulálunk, és munkájukban további szép sikereket kívánunk.

Sajnos néhányan földi útjukat elhagyták, tőlük fájdalommal búcsúztunk. Ebben az évben hunyt el Wolf István burgonyanemesítő és dr. Szalay Ferenc, egykori makói igazgató és hagymanemesítő. A Nébih jogelődjénél dolgozott évtizedekig Szürke Jánosné Rádi Éva, aki szintén ebben az évben hagyott itt bennünket. Már az új évben kaptuk a szomorú hírt prof. Jolánkai Márton haláláról. Isten nyugalommal nyugosztalja kedves elhunyt kollégáinkat.

A nemesítő-utánpótlás szempontjából nagy öröm, hogy ebben az évben már ötödik alkalommal írhattuk ki az „Év Ifjú Nemesítője” pályázatot. A három beérkező pályaművet az MNE vezetősége pontozással értékelte. Nemesítői és tudományos paraméterek alapján (pontozásos értékelés) az MNE vezetősége Mendel Ákos nemesítő kollégánknak ítélte oda a díjat. A jutalom 250 ezer Ft és a XXXII. Növénynevelési Tudományos Napon elhangzott bemutatkozó előadás volt.

Abban bízunk, hogy a sok nehézséget megélt magyar növénynevelő társadalom továbbra is megtartja vitalitását, és az elődök eredményeihez méltó alkotásokkal gazdagítja a magyar mezőgazdaság genetikai hátterét a jövőben is.

Az MNE tagsága köszöni, hogy a 2025. évi egyesületi munkát az MTA (TTT-34/2025) és az AM (PTKF-482/3/2025) pályázatok 800 ezer Ft, illetve 1 millió Ft pénzügyi támogatással segítették.

A JÖVŐ KAJSZIFAJTÁI

Mendel Ákos
az Év Ifjú Nemesítője, 2025

*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet,
Gyümölcsstermesztési Kutatóközpont, Ceglédi Kutatóállomás, Cegléd*

Dr. Mendel Ákos kutatói pályája a magyar kajsziarack-nemesítés szolgálatában áll, munkássága pedig méltó folytatása annak a több évtizedes tudományos és gyakorlati örökségnek, amely a ceglédi kajsziarackat nemzetközileg is elismertté tette. Tevékenységében a hagyományok tisztelete és az innováció iránti elkötelezettség egységben jelenik meg, lehetővé téve, hogy a múlt értékeire építve korszerű válaszokat adjon a jelen és a jövő kihívásaira.

Kutatásainak középpontjában a kajsziarack genetikai erőforrásainak megőrzése és tudatos hasznosítása áll. A ceglédi génbank és fajtagyűjtemény gondozásával és fejlesztésével olyan egyedülálló tudásbázist hoz létre és működtet, amely alapját képezi a klímaváltozáshoz alkalmazkodó nemesítési stratégiák kidolgozásának. A többéves, részletes megfigyelésekre épülő vizsgálatok révén képes azonosítani azokat a genotípusokat, amelyek kiemelkedő stressztűrő képességükkel a jövő fajtáinak alapjául szolgálhatnak.

Nemesítési tevékenységét a hosszú távú gondolkodás, a tudatos genetikai építkezés és a gyakorlati hasznosíthatóság iránti elkötelezettség jellemzi. Elődei szellemi örökségét továbbvívve olyan fajták létrehozásán dolgozik, amelyek a kiváló gyümölcsminőséget a fokozott alkalmazkodóképességgel ötvözik. Ennek kézzelfogható eredménye a 'Gönci 83' és a 'Mária Magdolna' fajták állami elismerése, amelyek a klímaváltozás kihívásaira adott sikeres tudományos válaszokként értelmezhetők.

Dr. Mendel Ákos munkássága túlmutat az új fajták előállításán: több ezer hibrid vizsgálatával, korszerű molekuláris módszerek alkalmazásával és komplex termesztéstechnológiai kísérletek beállításával a kajsziarack termesztés fenntarthatóságának alapjait erősíti. Aktív hazai és nemzetközi együttműködései hozzájárulnak ahhoz, hogy kutatási eredményei gyorsan és hatékonyan hasznosuljanak a gyakorlatban.

Kiemelkedő jelentőségű oktatói és utánpótlás-nevelő tevékenysége is: elhivatottan dolgozik azon, hogy a tudományos ismeretek és a gyakorlati tapasztalatok a következő generációk számára is hozzáférhetővé váljanak. Munkájával nemcsak tudást ad át, hanem szemléletet is formál, biztosítva a hazai növénynemesítés folytonosságát.

Dr. Mendel Ákos kutatói életműve példát mutat arra, miként válhat a tudományos elkötelezettség, a kitartó munka és a szakmai alázat a nemzeti agrárkultúra fejlődésének meghatározó erejévé. Eredményei nemcsak a jelen kihívásaira adnak választ, hanem a magyar kajsziarack-termesztés jövőjét is megalapozzák.

SZEKCIÓ-ELŐADÁSOK

A MAGYAR GABONANEMESÍTÉS ÚJJÁSZERVEZÉSE

Mesterházy Ákos

Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

A magyar gabonanemesítés súlyos válságban van. A magyar fajták kiszorulása a köztermesztésből látványos. Pedig a melegedő éghajlathoz és szárazságtűréshez jobb lenne nagyobb arányban a hazai fajta. Az elmúlt 20 évben a fejlődő világ gabonatermelése 2-3-szorosára nőtt, tömegarubóság van, alacsony árakkal. A megtermelt gabona átlagosan 25%-a toxinszennyezett. Mi a mennyiség növelése okán felszámoltuk búzában a prémium minőségi termelést, ennek ellenére az ötéves átlagok nem sokkal jobbak, mint az 1985–90 közöttiek (átlag 5 t/ha körül). A növénytermesztés a termőképességet nagyjából 40%-ban használja ki. A búzatermés 60-90%-a ún. fehérjehiányos „takarmánybúza”, de ennek sem jó. Ezzel párhuzamosan az alkalmazkodóképesség alig javult valamit, a fajták túlnyomó része most is egy vagy több fontos betegséggel szemben fogékony, a hő- és aszálytűrés elégtelensége miatt nagyon megnőtt az aflatoxinszennyezés, főként kukoricában, de a betegség már búzában is fellépett. Ma a hazai búzafajta-szortimentben malomipari vélemény szerint nincs olyan magyar fajta, amelyik megbízható prémium minőséget tudna adni. Exportra viszont ilyen kellene. Ez szuverenitási probléma.

A magyar gabonatermelés vesztesége (mennyiség és minőség) a nemzetközi átlagadatok alapján 14,5 millió tonna. Ennek fele nagyjából menthető, ez 7,25 millió t egészséges és jó minőségű termést jelent. Ez 100.000 Ft/t áron 725 milliárd Ft plusz termelési értéket jelent évente a 15-20 éves végrehajtott program végén. Ezen felül az élelmiszeripar és kereskedelem révén további kb. 1450 milliárd Ft nemzetgazdasági többletbevétel keletkezik. Ennek a veszteségcsökkentésnek nagyjából a fele a növénytermesztés körébe tartozik. Azt gondolom, hogy hiába van a toxin mennyisége határérték alatt, ha gyenge a technológiai minőség, jó árat nem lehet elérni. Hiába jó vagy kiváló a minőség, ha a toxintartalom határérték felett van. A versenyképes gabonatermelésnek mindkét tulajdonságcsoporthoz egyszerre kell figyelni.

A fentiek alapján az eddigiekkel szemben sokkal jobb alkalmazkodóképességű fajtákra lesz szükség (toxikus és nem toxikus gombás betegségek, hő-, pH-, szárazságtűrés, esetleg sótűrés alapkövetelmény), és a terméknek a lehető legnagyobb arányban kiváló minőséget kell adni, bármilyen felhasználási irányban. Ehhez a nemesítést és a kutatást egy programmá kell összevonni. A Nébihet fel kell készíteni a nagyobb és szélesebb körű feladatok ellátására. Gabonánál és a többi növénynél is a 15-20 termőhelyes vizsgálatra kell visszaállni. A Nébihet adott rezisztenciagének vagy más fontos tulajdonságok genetikai hátterének vizsgálatára fel kell készíteni. A Nébih-vizsgálatok kutatási hátterének feladatát célszerű az egyetemekhez kötni. A növényvédelmi és agronómiai tanszékeket pedig olyan vizsgálatok elvégzésével kell megbízni, amelyek a fajták és hibridek növénytermesztési értékét vizsgálják, és olyan talajművelési eljárásokat dolgoznak ki, amelyekkel a talaj tápanyag-szolgáltató képességét és vízgazdálkodását fajtákra is optimalizálni lehet, és ezáltal nagyobb terméseket lehet kisebb termésingadozással elérni. A fenntartható és olcsó növényvédelmi eljárások kidolgozása igen fontos. Az optimális tárolási feltételek biztosítása nélkül megoldás nem lesz.

Ma a magyar gabonatőzsde nem működik. Bécsben, Milánóban és Bolognában igen, ott a javító minőség ára akár 40-60%-kal is magasabb lehet, mint a malmi minőségé. Az euro-minőségnek meg ára sincs. E probléma megoldása nélkül Magyarországon biztosan nem lesz minőségi- és prémiumbúza-termelés, a minőségi búzára több odafigyelés kell, szigorúbb a technológia. Akinek lényegesen nagyobb jövedelem kell, annak érdemes befektetni, de csak akkor, ha a felvásárlási anarchiát meg tudjuk szüntetni. A kérdés, hogy ez az anarchia kinek kedvez.

CSEMEGEKUKORICA-NEMESÍTÉS A ZKI-BAN

NAGYPÁL BARNABÁS, SZABADOS-OLÁH ANETT

Zöldségtermesztési Kutató Intézet Zrt., Kecskemét

A ZKI új csemegekukorica-nemesítési programjának elindítása magába foglalja az új szellemi termékek létrehozása mellett az új növényi genetika létrehozását is. A nemesítési program eredményeképpen olyan új beltenyésztett vonalakat és hibrideket hozunk létre, amelyek a magyarországi ökológiai viszonyokhoz jól alkalmazkodnak.

A nemesítési programban olyan modern és hagyományos genetikai bázist használunk fel, ami megfelelő alapot nyújt a korszerű beltenyésztett vonalak létrehozásához, amelyekből olyan modern szuperédes (*sh2*) és édes (*su*) csemegekukorica-hibrideket lehet létrehozni, amelyek a közép- és kelet-európai klimatikus viszonyokhoz jól képesek adaptálódni. A szigorú szelekciós kritériumoknak köszönhetően jó kórtani ellenálló képességgel, kiváló beltartalmi paraméterekkel fognak rendelkezni. A szelekcióhoz a *per se* módszeren kívül molekuláris biológiai módszereket is fogunk használni. A szelekcióban kiemelt szerepe van a jó agronómiai (tőszám, sűrítettség, szárerősség, gyökérerősség) és kórtani tulajdonságoknak (MDMV-, üszögrezisztencia), valamint a kiváló beltartalmi paramétereknek. Ezenkívül kiemelten fontos a konzervipari feldolgozáshoz megfelelő csőfenotípus kialakítása (csőalak, -méret, szemsorszám, szemhosszúság).

Az általunk elvégzett kísérleteknek köszönhetően az új genotípusok mellé modern vetőmag-előállítási és végtermékre vonatkozó agrotechnikai ajánlásokat is tudunk majd adni.

Kulcsszavak: csemegekukorica, nemesítés, MDMV, modern vetőmag

SWEETCORN BREEDING IN ZKI

B. NAGYPÁL, A. OLÁH-SZABADOS

ZKI Research Institute of Vegetable Production Ltd., Kecskemét

The launch of a new domestic sweet corn breeding program includes the creation of new intellectual products as well as the creation of new plant genetics. As a result of the breeding program, new inbred lines and hybrids will be created that are bred for the Hungarian ecological environment.

In the breeding program, we use a modern and traditional genetic base that provides an appropriate basis for the creation of modern inbred lines, from which modern supersweet (*sh2*) and normal sugary (*su*) sweet corn hybrids can be created that are well adapted to the climatic conditions of Central and Eastern Europe. They will have good disease resistance and excellent nutritional value thanks to the strict selection criteria. In addition to the *per se* method, we will also use molecular biological methods for selection. Good agronomic properties (plant density, stem strength, root strength), pathological properties (MDMV, corn smut resistance) and excellent technological quality parameters play a prominent role in the selection. In addition, the development of a corn cob phenotype suitable for industrial processing (shape, size, grain number, grain length) is of paramount importance.

But in addition to this, we will also be able to provide modern agrotechnical recommendations for seed production and the final product in addition to the new varieties thanks to the experiments carried out.

Key words: sweetcorn, breeding, MDMV, modern seed

Bevezetés

A csemegekukorica a takarmánykukoricához képest viszonylag későn jelent meg Európában: termesztése 1779-ben indult meg Bagnell Richárd közvetítésével (Somos 1967). Elsőként Spanyolországban honosodott meg, majd innen terjedt tovább Franciaországba, Olaszországba és Görögországba. Észak-Amerikában szintén csak a XVIII. század végétől kezdték termesztetni (Nonecke 1989). Az első írásos említés 1801-ből származik, amely a csemegekukoricára jellemző ráncos vetőmagot is leírta (Sturtevant 1872). A nemesítés fejlődése a XIX–XX. században felgyorsult, megjelenésükkel a hibridek – különösen az 1933-ban bevezetett 'Golden Cross Bantam' – lehetővé tették az egyöntetű érésen alapuló gépi betakarítást. A későbbi nemesítés egyik meghatározó fajtája a 'Jubilee' volt, amely évtizedeken át vezető szerepet töltött be a feldolgozóiparban (Marshall és Tracy 2003).

Anyag és módszer

A ZKI csemegekukorica-nemesítési programjában a heterózisnemesítés módszerét alkalmazzuk, amelynek célja a genetikailag eltérő beltenyésztett vonalak keresztezésével a hibrid utódok teljesítményének maximalizálása. A nemesítési folyamat során a tömegszelekció egyik módosított formáját, az úgynevezett *ear-to-row* módszert is alkalmazzuk.

Az elmúlt években egy DH (*Doubled Haploid*, kettős haploid) nemesítési programot is elindítottunk. A DH-technológia bevezetésének elsődleges célja a beltenyésztett vonalak előállításának jelentős felgyorsítása, valamint a genetikai homogenitás gyors és megbízható elérése.

A hagyományos nemesítési eljárások során a beltenyésztett vonalak kialakítása több egymást követő öntermékenyítési ciklust igényel, amely akár 6-8 évet is igénybe vehet. Ezzel szemben a DH-technológia lehetővé teszi, hogy egyetlen generáció alatt teljesen homozigóta, genetikailag stabil beltenyésztett vonalakat állítsunk elő. Ez különösen nagy jelentőséggel bír a hibridnemesítésben, ahol a vonalak genetikai tisztasága és egységessége alapvető követelmény.

A nemesítési programban a kísérlet beállításának helyszínéül a ZKI saját földterülete szolgál, generációgyorsításra kontra szezonális tenyészkertetet használunk Chilében és Mexikóban.

Nemesítési célkitűzéseink a termésmennyiség és szemkihozatal mellett a növények biotikus- és abiotikusstressz-rezisztenciájára fókuszálnak, amelyben kulcsszerepet tölt be az MDMV-vel (*Maize Dwarf Mosaic Virus*) szembeni rezisztencia. Az MDMV gazdasági következményei a csemegekukoricára nézve mélyrehatóak. A vírus felfedezése óta a termés hozamok történelmileg akár 70%-os veszteséget is elszenvedtek világszerte, elsősorban a lassú növekedés, a rossz csőminőség és a korai vírusfertőzésekkel összefüggő késleltetett érés miatt (Kannan et al. 2018).

Hibrid-összehasonlító kísérleteinket három helyszínen, Kecskeméten, Cibakházán és Hajdúszoboszlón vetjük, több ismétlésben.

Eredmények

A populációk létrehozását követően több egymást követő öntermékenyítési ciklus során történik a beltenyésztett vonalak kialakítása. A folyamat célja a genetikai homogenitás növelése és a kedvező tulajdonságok rögzítése (1. táblázat).

A H/DH-nemesítésünk anyai, parentális haploid indukálás alapján történik, amikor az indukciós program után a haploid egyedeket kiválogatva, csírákorban megtörténik a kromoszómák duplikálása. Így egy év, de két generáció alatt új, tiszta vonalakat kapunk, amelyeket tovább tudunk alkalmazni a keresztezési kísérleteinkben.

1. táblázat Csemegekukoricában alkalmazott heterózisnemesítés lépései

Ciklusok	Generáció	Munkaelmélet	Munkaművelet	Eredmény
0. ciklus	F1	Populáció-előállítás	Hibrid-öntermékenyítés; Vonalkeresztezés	1 cső, 200-300 mag
1. ciklus	S0	Öntermékenyítés	Szelekció	200 növényből 15-20 cső kiemelése
2. ciklus	S1	Öntermékenyítés	Szelekció	Ear-to-row – soronként 1-2 cső megtartása
3. ciklus	S2	Öntermékenyítés	Szelekció	Ear-to-row – soronként 1-2 cső megtartása
4. ciklus	S3	Öntermékenyítés	Szelekció, MAS	Ear-to-row – soronként 1-2 cső megtartása
5. ciklus	S4	Hibrid létrehozása	Top-cross, kézi keresztezés	Vonalszaporítás (8-10 cső); hibridből legalább 1000-1500 mag kell (8-10 cső)
6. ciklus	S5 (kész, stabil vonal)	Hibrid tesztelése	Kisparcellás kísérlet (4 sor, 3 ismétlés)	Vonalszaporítás
7. ciklus		Sikeressé hibrid szaporítása fajtabejelentéshez	Kisparcellás kísérlet (4 sor, 3 ismétlés)	Szülővonalak szaporítása (B lépcső); Hibridvetőmag-előállítás bejelentésre és termékfejlesztési kísérletekhez
8. ciklus		Fajtabejelentés két év kísérleti eredménye alapján	Termékfejlesztés	Szülővonalak szaporítása vetőmag-előállításhoz (C lépcső); Hibridvetőmag-előállítás üzemi kísérlethez
9. ciklus		Vetőmag-előállítás	Üzemi kísérlet (0,5-1 hektár)	
10. ciklus		Vetőmag-értékesítés		

A csemegekukorica-nemesítő programunkban eddig 688 szuperédes (*sh2*) és 225 normálédes (*su*) befejezett vonalat állítottunk elő (2. táblázat), amelyek zöme szuperédes genetikai hátterű.

2. táblázat A programban előállított beltenyésztett vonalak

Termőhely	<i>sh2</i> (db)	<i>su</i> (db)
2024 Chile	212	53
2024 Tenyészkert	174	74
2025 Chile	56	38
2025 Tenyészkert	188	16
2026 Chile	58	44

2024-ben 145 *sh2*-hibridet és 26 *su*-hibridet teszteltünk két helyszínen, Kecskeméten és a Hajdúságban. Ezekből a hibridekből nyolc ígéretes szuperédes hibridet szelektáltunk, amelyek az *advance* státuszba kerültek. Illetve kiválasztottunk 1 normálédes és 23 szuperédes hibridet, amelyeket a következő években újabb kísérletekben értékelünk. A 2025. évben a 2024-ben szelektált 8 hibridet előállítottuk Mexikóban, ezekből 5 hibridet nagyparcellás kísérletben vizsgáltunk Cibakházán (3. táblázat). Itt a kontroll fajta átlageredménye 60 hektár viszonylatában 12,5 t/ha volt, amit a mi hibridjeink lényegesen felülmúltak. A hibridek konzervipari feldolgozását a Kecskeméti Konzervgyárban végeztük el. A hibridek terméseredménye,

kihozatala és minőségi tulajdonságai alapján 3 hibridet választottunk ki. Ezek a 159-es, a 170-es és a 243-as nemesítési kódú hibridek, amelyeket 2026-ban nagyobb területen, több helyszínen tervezünk kipróbálni.

3. táblázat A kiválasztott hibridek nagyparcellás eredményei

Fajta	Sor (gépalj)	Terület	Súly/ha	Összsúly	Cső (db)	Szemkihozatal	Nedvesség	Refrakció
159	36 (6)	1,27 ha	16220	20600 kg	25	55,25%	76,92%	16,1
170	54 (9)	1,9 ha	15789	30000 kg	28	49,30%	77,58%	13,3
179	36 (6)	1,27 ha	15748	20000 kg	30	47,65%	74,62%	15,8
236	36 (6)	1,17 ha	12393	14500 kg	24	47,00%	76,89%	15,7
243	24 (4)	1,05 ha	14761	15500 kg	27	48,50%	77,21%	17,1

A hibridjeinkből készült konzerveket kétszer minőségpróbának vetettük alá (4. táblázat). A vizsgálat során öt kontroll konzervipari hibridből készült konzervhez hasonlítottuk a saját hibridjeinkből készült konzerveket a késztermék színe, illata, íze, állománya és a szemek egyöntetősége alapján, amely kritériumok nélkülözhetetlenek a minőségi konzerv gyártásához. Minden paramétert egyesével pontoztunk 1-től 10-ig (10 a legjobb), majd a két, egymástól 4 hónap eltéréssel történt vizsgálat és nyolc különböző tesztelő érzékszervi pontjai alapján átlagot vontunk. Ez alapján is megerősödött a szelekciónk helyes útja.

4. táblázat A kiválasztott hibridek konzervipariminőség-ellenőrzése

Fajtakód	Genotípus	Szín	Illat	Íz	Állomány	Szem egyöntetősége
1.	Kontroll 1	4,500	3,000	5,000	5,500	6,875
2.	159	3,250	5,750	5,750	6,625	5,875
3.	Kontroll 2	6,750	5,625	6,125	6,625	7,000
4.	170	5,125	4,750	5,625	5,500	4,750
5.	Kontroll 3	4,750	4,625	7,250	7,125	5,000
6.	179	6,750	4,250	4,500	4,625	5,000
5.	Kontroll 4	7,875	4,625	4,375	4,875	6,875
6.	236	5,875	5,500	5,750	6,500	5,625
7.	Kontroll 5	7,625	4,375	3,000	5,250	6,875
8.	243	7,375	5,000	5,500	7,000	6,375

2025-ben jelentősen növeltük a tesztelt hibridek számát. Ebben az évben 466 szuperédes és 67 normálédes hibrid értékelése történt. A szelekció során 9 szuperédes és 3 normálédes hibridet választottunk ki, amelyek a következő tesztelési szakaszba kerültek. Ezeket a kiemelkedő teljesítményű hibrideket Mexikóban állítottuk elő. A 2025. évben 57 szuperédes és 12 normálédes hibridet választottunk a 2026-os ismételt tesztelésre.

A csemegekukorica-piacon jelentős konkurenciával kell számolni az új hibridjeinknek. A legfontosabb versenytársak mindegyike amerikai egyesült államokbeli vagy ausztrál nemesítő-programokból „táplálkozik”. De fajtáink megjelenése a kereskedelemben az egész Kárpát-medencére és Kelet-Európára, a későbbiekben az egész világ piacaira kaput nyithat.

Irodalom

- Kannan, M., Ismail, I., Bunawan, H. (2018): Maize Dwarf Mosaic Virus: From genome to disease management. *Viruses*, **10**, 492.
- Marshall, S.W., Tracy, W.F. (2003): Sweet corn. In: Smith, C. W. et al. (eds.) *Corn: Origin, History, Technology, and Production*. Wiley, Hoboken, NJ. 976 pp.
- Nonecke, I.L. (1989): Vegetable Production. Van Nostrand Reinhold, New York. 658 pp.
- Somos, A. (1967): Zöldségtermesztés. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó. 250 pp.
- Sturtevant, E.L. (1872): Sweet corn and its varieties. *Annual Report of the New York Agricultural Experiment Station*.

A MARTONVÁSÁRI DURUMBÚZA-NEMESÍTÉS EREDMÉNYEI AZ ELMÚLT ÉVTIZEDBEN

**Cséplő Mónika, Puskás Katalin, Rakszegi Marianna, Mészáros Klára, Bányai Judit,
Uhrin Andrea, Bencze Ágnes, György Márton, Pance Álmos, Varga Balázs, Mikó Péter,
Vida Gyula**

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A fogyasztási szokások átalakulása miatt a durumbúza iránt világszerte nő az érdeklődés. Nagy fehérjetartalma és kiváló minőségű, különleges sikérszerkezete miatt is a száraztésztagyártás tökéletes alapanyaga. Az erős sikérváz a feldolgozás, majd a főzés során képes visszatartani a hidratálódó keményítőszemcséket, így a tészta felszíne nem lesz ragacsos, alakját stabilan megőrzi. A durum dara, az ún. szemolina nagy mennyiségű sárga pigmentet (karotinoidokat) tartalmaz, ami a tésztakészítési és főzési tulajdonságokat nem vagy csak igen kis mértékben befolyásolja, ugyanakkor a tojás felhasználása nélkül készített tészta esztétikai értékét, szalmonellamentességét, tárolhatóságát és ezen keresztül értékesíthetőségét, exportálhatóságát alapvetően meghatározza. A durumbúza eredetileg a mediterrán országok gabonája volt. Az első valódi őszi típusú fajtákat durum- és kenyérbúza keresztezésével hozták létre. Martonvásáron 1982-ben indult el a durumbúza-nemesítési program dr. Szunics László vezetésével, amelynek célja a hazai teleket jól tűrő és a feldolgozóipar számára megfelelő alapanyagot biztosító őszi fajták előállításának volt. Azóta összesen 19 fajta kapott állami elismerést, ezek közül nyolcat az elmúlt tíz évben minősítettek.

Az elismert új fajták átlagos termése 6,8 t/ha, ami 12%-kal volt több, mint a hivatalos standard fajták átlaga. A legnagyobb termést 2025-ben az ugyanebben az évben elismert 'Mv Verdoro' fajtánál mértük, 9,85 t/ha, a fungiciddal védett kísérletben. Az új elismert fajták télállósága és állóképessége kiváló. Többéves, több termőhelyes kísérleteink szerint egy vagy több kórokozóval szemben is ellenállóak. A vizsgált fajták és törzsek sikerindexe az elmúlt tíz év átlaga alapján 64,03 volt. Az új elismert fajták a Cubbada-féle osztályozás alapján a jó - nagyon jó (GI = 66–85), az 'Mv Pilledur' és az 'Mv Trilladur' több évben a kiváló (GI > 85) osztályba tartoztak. Az 'Mv Masnidur' és az 'Mv Trilladur' sárgapigment-tartalma az elismerésük évében kiugróan magas volt. Eddigi eredményeink alapján elmondhatjuk, hogy a célirányos nemesítésnek köszönhetően a stabil nagy termés és a kiváló tésztaipari minőség is elérhető több martonvásári nemesítésű durumbúzafajtában.

A kutatás a TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

TÖNKÖLYBÚZA-GENOTÍPUSOK ÖSSZETÉTELI ÉS REOLÓGIAI JELLEMZÉSE

**Tömösközi Sándor¹, Jaksics Edina¹, Juhászné Szentmiklóssy Marietta Klaudia¹,
Tóth Viola², Vida Gyula², Mikó Péter², Rakszegi Marianna²**

¹*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar,
Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és
Élelmiszerminőség Kutatócsoport, Budapest*

²*HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár*

A tönkölybúza termesztési, táplálkozási és technológiai minőségével kapcsolatban számos állítás fogalmazódik meg. Ilyenek többek között az értékeőbb összetétel, egészségre gyakorolt kedvező hatások, egyes élelmiszer-biztonsági kérdések. Részben ezekre alapozva – illetve a termesztés és feldolgozás költségei miatt is – a tönkölyös termékek ára is magasabb. A biokémiai, genetikai, összetételi, táplálkozási és technológiai szempontból is széles körben jellemzett modern búzával szemben a tönkölybúza esetében kevés információ áll rendelkezésünkre. Ráadásul a fellelhető információk összehasonlítása sem egyszerű a vizsgált minták, fajták eltérő száma, genetikai háttere, valamint a különböző lisztek és vizsgálati módszerek alkalmazása miatt.

A HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetével közösen megvalósított négyéves projektünk egyik fő célja nagyszámú konvencionális és ökológiai körülmények között is termesztett tönkölybúza- és kenyérbúzaminták összetételi és technológiai tulajdonságainak összehasonlítása volt. Az általános beltartalmi összetétel tanulmányozása mellett kiemelten foglalkoztunk az egészségtámogató élelmi rost összetétele és az antioxidáns-tartalom vizsgálatával, valamint a rövid láncú szénhidrátok (benne az élelmiszer-biztonsági kockázatot jelentő FODMAP-komponensek) jellemzésével. A technológiai jellemzők vizsgálata során elemeztük a viszkozitási és a dagasztási tulajdonságokat, továbbá kis mintaigényű módszerekkel meghatároztuk a sütési minőséget is. Emellett sor került a lisztek és a próbapipók makromolekuláris szintű jellemzésére. Tanulmányoztuk a mért összetételi és technológiai paraméterek genetikai tényezőkből (fajta, törzs), illetve környezeti hatásokból (évjárat, ökológiai és hagyományos termesztési rendszer) eredő változékonyságát is.

Eredményeink alapján a tönkölybúzáknak nagy átlagban valamivel magasabb fehérje-, ezen belül gliadintartalommal rendelkeznek, mint a közönséges búzáknak, ugyanakkor rosttartalmuk szignifikánsan alacsonyabb. A különbség elsősorban az arabinoxilántartalmukban mutatkozik meg, míg a rövid láncú szénhidrát összetételében csak kis eltérések mutatkoztak. Az antioxidánsok mennyiségében nem volt jelentős eltérés a két alfaj között. A tönkölybúza dagasztási tulajdonságai sem tértek el jelentősen a közönséges búzáétól. Nagyobb mértékű változékonyságot a keményítő- és szénhidrátfüggő viszkozus tulajdonságokban, valamint a sütési minőségben találtunk. Bizonyítottuk, hogy a tönkölybúzaminták esetében a termesztési módszernek jelentős hatása van a technológiai tulajdonságok alakulására, ugyanakkor a változás mértéke és iránya a minta genotípusától és az évjáratától is függ.

A bemutatott kutatómunka kapcsolódik „A tönkölybúzában rejlő genetikai, összetételi és feldolgozóipari lehetőségek feltárása” című OTKA 135211 és OTKA 135343 pályázat, valamint a TKP2021-EGA-02 és a TKP2021-NKTA-06 programok szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A kutatások a Gabonatudományi Infrastruktúra Hálózat (3-110-H) eszközeivel valósultak meg.

ZAB (*Avena sativa* L.) GENOTÍPUSOK TERMÉSSZABILITÁSÁNAK ÉRTÉKELÉSE A HAJDÚSÁGI-LŐSZHÁTON

Kutasy Erika Tünde¹, Csajbók József¹, Bekir Bytyqi^{1,2}, Virág István Csaba¹,
Forgács Fanni Zsuzsa¹

¹Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Növénytermesztési, Nemesítési és Növénytechnológiai Intézet, Debrecen

²University of Prishtina, Faculty of Agriculture and Veterinary, Department of Food
Technology and Biotechnology, Prishtina, Republic of Kosovo

A zab (*Avena sativa* L.) abrak- és tömegtakarmánnyként, valamint élelmezési szempontból is jelentős gabonaféle. Magas biológiai értékű fehérjéje (avenin), kedvező zsírsavösszetétele, valamint élelmirost- (β -glükán) és antioxidáns-tartalma miatt nélkülözhetetlen az egészséges étrendben. Az egyre szélsőségesebb klimatikus viszonyok mellett a megfelelő fajtaválasztás és a termesztéstechnológia fejlesztése kiemelten fontos az abiotikus stresszhatások mérséklése és a termésingadozás csökkentése érdekében. Kutatásunk célja hazai nemesítésű őszi- és tavaszizab-genotípusok termőképességének és termésstabilitásának vizsgálata volt. Kerestük azokat az agrotechnikai lehetőségeket, amelyek szignifikánsan befolyásolják a zab produktivitását és alkalmazkodóképességét. Kutatásaink a szilícium- és kén-lombtrágyakezelések terméseredményre, a zab alkalmazkodóképességére gyakorolt hatásának felmérésére, értékelésére irányultak.

A kisparcellás szántóföldi fajta-összehasonlító kísérletet a Debreceni Egyetem bemutatókertjében állítottuk be csernozjom talajon, három ismétlésben, 12 m²-es parcellákon. A vizsgálatok öt évjáratot (2021–2025) öleltek fel, amelyek klimatikus adottságaikat tekintve jelentős különbségeket mutattak. A tenyészidőszak vízellátottságának értékelése érdekében kiszámoltuk a kísérleti években a módosított Pálfai-féle aszályindexet (PaDI), és ez alapján az alábbi aszálykategóriákba soroltuk a vizsgált évjáratokat: enyhe aszály (2023), mérsékelt aszály (2024), közepes erősségű aszály (2021, 2025) és súlyos aszály (2022). A kezelések között kontroll, szilícium, kén, illetve kombinált szilícium+kén tápelemeket tartalmazó levéltrágya szerepelt. A lombtrágyákat három fenológiai stádiumban juttattuk ki (BBCH13, BBCH37, BBCH73). A genotípusok és a kezelések termésstabilitásra gyakorolt hatásának értékelésére stabilitásanalízist végeztünk.

Eredményeink szerint – a csapadékos 2023. év kivételével – az őszi- és tavaszizab-genotípusok termésszintje meghaladta a tavaszi fajtákét, a terméstöbbség a súlyosan aszályos évben 31%-ot ért el. A Si+S-kezelés őszi- és tavaszizab-fajtáknál jelentősen javította a termésstabilitást. A Si-kezelés kedvező feltételek mellett növelte a termést, azonban száraz évjáratban önmagában nem volt hatásos. A tavaszi zab esetében a Si- és S-kezelések a termésstabilitást nem befolyásolták jelentősen. A Hajdúságban, csernozjom talajon az 'Mv Hópehely', 'Mv Istráng' és 'GK Arany' őszi, valamint az 'Mv Ménes', 'Mv Szellő', 'Lota' és 'Panna' tavaszi fajták termésszintje és termésstabilitása bizonyult kedvezőnek. Az eredmények alapján az őszi zab termesztése a klimatikus kockázatok mellett is biztonságosabb alternatívát jelenthet, és a Si+S-kezelések hozzájárulhatnak a termésingadozás mérsékléséhez.

A Kulturális és Innovációs Minisztérium KDP-2023 kódszámú Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának az NKFI Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. Megvalósult a Debreceni Egyetem Publikációs Tudománytámogatási Programjának támogatásával.

100 ÉVE SZÜLETETT BÓCSA IVÁN AKADÉMIKUS, NÖVÉNYNEVELÍTŐ 1926–2007

HESZKY LÁSZLÓ¹, MATUZ JÁNOS²

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

²Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

Bócsa Iván, Széchenyi-díjas akadémikus, kutatóprofesszor, a hazai klasszikus növénynevelítők nagy és eredményes generációjának egyik utolsó képviselője 100 évvel ezelőtt, 1926-ban született. A budapesti agrár egyetemen avatták mezőgazdasági mérnökké 1948-ban. Ezután a Kompolti Kutatóintézetbe került növénynevelítőnek, ahol haláláig, csaknem 59 éven át megszakítás nélkül dolgozott. Ő nemzetközileg is kiemelkedőt alkotott a kender, a lucerna és a koronafürt nevelítésében. Létrehozta az egylaki kendert, majd a 95%-ban nőgyedből álló 'UNIKO' uniszexuális kendert. Az első államilag elismert heterózis hibrid kender is ('B-7'), és egy sárga szárú kenderfajta is az ő nevéhez fűződik. Lucernából sikerült egy szaponinmentes, valamint *Verticillium*-, *Fusarium*-rezisztens fajtákat nevelítenie. Meghonosította és nevelítette a tarka koronafürtöt. Foglalkozott az őszi búkköny, a baltacím és az őszi búza nevelítésével is.

Kulcsszavak: nevelítés, kender, lucerna, koronafürt, őszi búza

IVÁN BÓCSA, ACADEMICIAN, PLANT BREEDER, BORN 100 YEARS AGO
1926–2007

L. HESZKY¹, J. MATUZ²

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő

²Cereal Research Non-profit Ltd., Szeged

Iván Bócsa, Széchenyi Prize-winner academician, research professor, one of the last representatives of the great and successful generation of Hungarian classical plant breeders, was born 100 years ago in 1926. He was initiated as an agricultural engineer at the Budapest Agricultural University in 1948. He then joined the Kompolti Research Institute as a plant breeder, where he worked uninterruptedly for almost 59 years until his death. He was also internationally prominent in the breeding of hemp (*Cannabis sativa*), alfalfa (*Medicago sativa*) and crown vetch (*Coronilla varia*). He created the monogamous hemp, then the 'UNIKO' unisexual hemp, which consists of 95% female individuals. The first state-recognized heterosis hybrid hemp ('B-7') and a yellow-stemmed hemp variety are also associated with his name. He managed to breed a saponin-free and *Verticillium* and *Fusarium*-resistant variety from alfalfa. He introduced and bred the crown vetch. He also worked on the breeding of winter vetch (*Vicia villosa*), common sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) and winter wheat (*Triticum aestivum*).

Keywords: breeding, hemp, alfalfa, crown vetch, winter wheat

Bócsa Iván 1926. július 9-én született Aradon. Édesapja, Bócsa Antal tisztviselőként dolgozott, édesanyja Blaskovits Vilma volt. Középiskolai tanulmányait 1940-ben Bukarestben kezdte, majd miután a család 1941-ben áttelepült Magyarországra, a budapesti Werbőczy István Gimnáziumban folytatta, ahol 1944-ben érettségizett. 1944-től 1948-ig a budapesti agrár egyetem hallgatója volt, ahol Barabás Zoltán és Király Zoltán – későbbi barátai és akadémikus társai – évfolyamtársai voltak. A mezőgazdasági mérnöki oklevél megszerzése után, 1948 nyarán Kompoltra került gyakornoknak, majd 1949 februárjában a növénynevelítő Fleischmann Rudolf közvetlen munkatársa lett Kompolton, ahol haláláig, csaknem 59 éven át megszakítás nélkül dolgozott. 1950-ben felsőfokú növénynevelítő tanfolyamot végzett. Fleischmann Rudolf az utolsó sok növénnyel foglalkozó nevelítők közé tartozott, ezért a mellette töltött két év alatt a fiatal Bócsa Iván csaknem minden kompolti növényfaj nevelítésével megismerkedett. Fleischmann halála (1950) után Bócsa, akkor még kezdő

nemesítőként, a kender- és a lucernanemesítés feladatát kapta. Tehetségét bizonyítja, hogy ezekből a kis és nemesítési szempontból nehéz növényekben is nemzetközileg figyelemre méltó eredményeket tudott elérni.

A kendernevelésben először rekonstruálta az 'F-kender'-t (Fleischmann-kender), majd előállította a 'Kompolti' fajtát, amely 1955-ben kapott állami elismerést. Ez a fajta tekinthető jelenleg a leghosszabb ideje (71 éve) köztermesztésben lévő magyar fajtának az összes hazai kultúrnövény közül. Az egykori kender Európában harmadikként sikerült előállítani. Ez a változat azonban csak egy közbeeső sikeres lépés volt a végső célhoz, amit a 95%-ban nőgyedből álló kenderfajta előállítása jelentett. Ez volt az 'UNIKO' kender, amelynek F₁-állománya hatalmas magtermésével tűnt ki, és F₂ nemzedékét használták fel rostipari célra. Ezt az addig nem létező kenderformát uniszexuális kendernek nevezte el. Természetesen a heterózishatás kihasználása sem került el figyelmét, és az első államilag elismert heterózis hibrid kenderfajta ('B-7') is az ő nevéhez fűződik. Mindig is kedvelte a különleges feladatokat és célokat, így nemesített egy sárga szárú, államilag elismert kenderfajtát is.

A lucernanemesítés során hamar felismerte, hogy a lucerna autotetraploid jellegéből adódóan a kiváló magyar tájfajták termőképességében a hagyományos nemesítéssel különösebb előrehaladást nem lehet elérni. Nemzetközi együttműködés keretein belül kezdeményezte a rezisztencianemesítést, aminek eredményeképpen előbb *Verticillium*-, majd *Fusarium*-rezisztens fajtákat állított elő. A kenderhez hasonló speciális kihívást jelentett számára az egygyomrúaknál a szójafehérje pótlását lucernafehérjével lehetővé tevő fajta előállítása. Munkatársaival sikerült előállítani a világon napjainkig is egyedülálló szaponinmentes lucernafajtát, a 'Szapko'-t (1987).

A tarka koronafürtöt az 1970-es években vezette be a magyar mezőgazdaságba. A honosítás mellett kidolgozta a termesztéstechnológiát is az új növényfajhoz, amely a lucerna után a legnagyobb terméspotenciálú és kiváló beltartalmú évelő pillangós takarmánynövényünk lehetne. Három szabadalom is fűződik nevéhez: 1. Szaponinmentes fehérjekoncentrátum előállítása lucernából (1984), 2. 'Szapko' lucerna (1988), 3. Fehérvirágú tarka koronafürt (1992).

Számos államilag elismert növényfajta nemesítője is. Lucernafajtái: 'Vertibenda' (1973), 'Verko' (1978), 'Szapko' (1987). Kenderfajtái: 'Kompolti' (1954), 'B-7' hibrid (1954), 'UNIKO-B' (1965), 'Kompolti sárga szárú' (1971), 'Kompolti hibrid TC' (1983), 'Panoráma' (1983), 'Fibriko' (1989). Egyéb fajtái: 'F' őszi bükköny (1954), 'Mátra' baltacím (1969), 'Kompolti' tarka koronafürt (1983), 'Kompolti 3' őszi búza (1990). Ő kezdeményezte a 'Rivoli' (1977), az 'FD-5' (1985) francia ősibúza-fajták, továbbá az ugyancsak francia 'Michka' tavaszi árpa (1994) és a 'Gofie' őszi árpa honosítását (1996). Az új fajok hazai honosítása még utolsó éveiben foglalkoztatta. 2004-ben tenyészkertjében lelkesen mutatta be a külföldi szárazságtűrő növényeket: a bölényfüvet (*Bouteloua dactyloides*), az óriás tarackbúzát (*Elymus giganteus*), a csicseriborsó-csüdfüvet (*Astragalus cicer*) és másokat.

Emellett tudományos alkotásai is jelentősek. Szakmai publikációinak száma közel háromszáz, amelyből nyolcvanöt német, angol, olasz és francia nyelven írt tudományos dolgozat. Továbbá tizenkét könyv és könyvrészlet szerzője, amelyek közül kiemelkednek a *Kultúrflóra* kötetei a kenderről, a lucernáról és a koronafürről, valamint a Fleischmann-monográfia. A kenderről írt kézikönyve (2004) Európában és Amerikában is megjelent. 1969-től 2006-ig szakterületünk egyetlen magyar nyelvű tudományos lapja, a *Növénytermelés* felelős szerkesztője volt. A korábban gyenge-közepes lapból egy nemzetközileg ismert és elismert lapot fejlesztett.

A biológiai tudományok kandidátusa fokozatot 1957-ben a *Kísérletek magyar egykori kenderfajta előállítására* című értekezésével nyerte el. A tudományok (MTA) doktora fokozatot 1974-ben szerezte meg *Különleges célkitűzések megvalósítása a kender nemesítésében* című doktori értekezésével. A Magyar Tudományos Akadémia 1990-ben levelező tagjává, majd 1995-ben rendes tagjává választotta. Akadémiai székfoglaló előadásának címe *Nemesítés a lucerna antinutritív anyagai ellen* volt. A Magyar Tudományos

Akadémia szakterületi munkáiban is részt vállalt, tagja volt a Tudományetikai, a Magyar Nyelvi, a Gyepgazdálkodási és a Növénynevelési Bizottságoknak és az MTA Miskolci Területi Bizottságának. Három évig volt az MTA Növénynevelő Bizottságának elnöke, azt követően haláláig tiszteletbeli elnöke.

Folyamatosan küzdött azért, hogy a társadalom a növénynevelők munkáját megismerje. Például: a nevelőmunka elismerését jelentő, 1968-ban alapított Fleischmann Rudolf-émlékplakettet az agrárminisztérium 1978 és 1991 között ismeretlen okból nem adta ki, azonban Bócsa Iván akadémikus közbenjárására a 2/1992. (I. 27.) FM-rendelettel egy új korszak kezdődött a plakett történetében. Ezután az emlékplakett neve Fleischmann Rudolf-díj lett. Bócsa Iván javaslatára 1992 óta az agrárminisztérium a Fleischmann-díjjal minden évben kitünteti a legkiválóbb növénynevelőket és növénytermesztőket.

Széles körű nemzetközi munkásságot fejtett ki, főleg Európában az Európai Növénynevelők Nemzetközi Szervezetén, az EUCARPIA-n belül mint a magyar nemzeti bizottsága elnöke, majd nemzeti képviselő, és e szervezet Takarmány és Lucerna Szekciójában is működött. Tagja volt az International Association on Mechanization of Field Experiments (IAMFE) magyar nemzeti bizottságának és a Német Növénynevelők Szövetségének.

Fél évszázados eredményes kutatómunkáját 1973-ban Fleischmann Rudolf-émlékplakettel, 1977-ben Akadémiai Díjjal, 1991-ben Eötvös Loránd-díjjal, 1996-ban a Magyar Köztársasági Érdemrend kiskeresztjével, 1997-ben Széchenyi-díjjal és 2004-ben MAB-émlékéremmel ismerték el. A Nyugat-magyarországi Egyetem és a Szent István Egyetem címzetes tanára, a Szent István Egyetem tiszteletbeli doktora volt.

Nagy veszteség érte a hazai növénynevelő társadalmat, amikor 2007. május 4-én meghalt Bócsa Iván, Széchenyi-díjas akadémikus, kutatóprofesszor, a hazai klasszikus növénynevelők nagy és eredményes generációjának egyik utolsó képviselője. Ő nemzetközileg is kiemelkedő alkotott a kender, a lucerna és a koronafűt nevelésében. Alkotó szelleme tovább él munkatársaiban és tanítványaiban, valamint a magyar és európai növénynevelőkben, növénygenetikusokban és növénytermesztőkben.

ÚJ CSIPKEBOGYÓFAJTA, A 'FERTŐDI PARÁZS' A MATE KERTI GYKK FERTŐDI KUTATÓÁLLOMÁSÁRÓL

Varga Jenő, Kollányi Gábor, Kollányi Ágnes

*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet,
Gyümölcskutató Központ, Fertődi Kutatóállomás, Fertőd*

Kutatásaink a 2000-es évektől indultak. Az új fajtajelöltek kiválasztásában kezdetben dr. Porpáczy Aladár munkásságát kell említeni, aki a németországi ('PiRo 3'), a szlovákiai ('Kárpátia') fajtákból és hazai szelekciókból származó tételekből indította megfigyeléseit. Később a csipkebogyóval kapcsolatos vizsgálatokat Kollányi Gábor folytatta, aki egy nemes rózsa után visszamaradt alany magoncpopulációjából emelt ki egy kiváló adottságokkal és kedvező gyümölcsparaméterekkel rendelkező fajtát, a 'Fertődi parázs'-t (F. 9312-08/36) *Rosa canina* L. cv. 'Hipensis'. A fajta előállítás, a szelekció kezdete 2008-ra tehető, amikor egy magvetésből induló állományt kezdtünk vizsgálni. Kezdetben lisztharmatra és erős növekedési erélyre fókuszáltunk, amelyek ismeretében a vetett állományból 10 db-ot emeltünk ki, folyamatos megfigyelés mellett. A szelekció alapja a kiváló tulajdonságok mellett a szaporíthatóság volt, hiszen a fajták, begyűjtések nagy részét ez idáig sem dugványról, sem mikroszaporítással nem tudtuk megújítani, felszaporítani. A 'Fertődi parázs' áttörést jelentett ezen a ponton, hiszen laboratóriumban eredményesen szaporítható, mindemellett termés-mennyisége kiváló (4-7 kg/tő), hajtásai pedig túlnyomórészt tüskementesek.

Fontosabb morfológiai bélyegek:

A bogyó nagy méretű, megnyúlt körte alakú, piros, sötétpiros színű. Átlagos hosszúsága 28 mm, szélessége 15 mm, tömege pedig 2,67 g. Kifejezetten magas, mintegy 38%-os a húsos kupa aránya, így a felhasználható alapanyag mennyisége magasabb, mint a hagyományos, gömbölyded csipkebogyótípusoké. Virágzása középidejűen május hónapra tehető, késői érésű, szeptember harmadik dekádja körül szedhető, koncentrált érésű. C-vitamin-tartalma 218 mg / 100 g. Egyéves vesszőkön és 2-3 éves termőgallyakon terem, az idősebb gallyakon a termés elaprózódik. Beltartalmi értékei kedvezőek, C-vitamin-tartalma elmarad a termesztésben elterjedt *Rosa canina* és a *Rosa pomifera* típusoktól, β -karotin-tartalma viszont kimagasló.

Előnyös tulajdonság a szinte tüskementes vessző, ami lényegesen könnyebb betakarítást eredményez. Nemcsak a kézi szedés biztonságosabb, de a kíméletesebb gépesítésnek is nagyobb tér nyílik. Bokormagassága általában 2-3 méter, bókáló hajtásrendszerrel, ami szintén elősegítheti az ültetvényekben alkalmazható betakarítási technológiák fejlesztését. Levélhossz: 6-11 cm, egy összetett levél 5-7 levélkéből áll.

Lisztharmattal szemben toleráns, fiatal korban érzékeny. A mikroszaporítást követően, az üvegházi edzés alatt figyeltünk meg enyhe fertőzödést, szabadföldön viszont nem jelentkeztek a tünetek. Diplokarponos levélfoltosságra kissé fogékony. Biotermesztésbe könnyen beilleszthető, a termesztési körülményekhez jól alkalmazkodik.

STUDYING THE SPATIAL AND TEMPORAL YIELD STABILITY OF BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) CULTIVARS

Rama Adi Pratama¹, Vida Gyula¹, Bányai Judit¹, Cséplő Mónika¹, Makádi Marianna², Varga Balázs¹, Uhrin Andrea¹, Mészáros Klára¹

¹HUN-REN Centre for Agricultural Research, Agricultural Institute, Martonvásár

²University of Debrecen, Institutes for Agricultural Research and Educational Farm, Research Institute of Nyíregyháza, Basic and Applied Research Unit of Nyíregyháza, Department of Soil Biology and Soil Utilization, Nyíregyháza

Barley is one of the oldest cultivated cereal species and the fourth largest in terms of area produced in the world. It is one of the cereals best adapted to environmental conditions, and consequently it has a wide geographical distribution. The stability of agricultural systems is crucial for adapting to climate change. One of the fundamental aspects of breeding is the selection of genotypes that are able to adapt to changing environmental conditions, therefore, increasing the yield stability of new varieties, which makes the production more predictable.

In this experiment, we aimed to investigate the abiotic stress tolerance of six winter barley varieties ('KWS Meridian', 'Mv Initium', 'Mv Tectus', 'Mv Cerberus', 'Mv Aliduna' and 'Mv Fata') via characterization of a) the yield stability of the cultivars in three-location trial system (MV, LP, PE) between 2017–2025; b) and to study the selection capacity of different locations.

'Mv Tectus' achieved the highest average yield (9.2 t/ha), showing exceptional performance in high-potential environments like 2021_LP (13.6 t/ha) and 2024_FUN (12.8 t/ha). Based on the AMMI2 biplot analysis revealed that although a genotype may have a high average yield, its actual performances are strongly influenced by specific locations. 'Mv Aliduna' (9.1 t/ha) and 'KWS Meridian' (9.0 t/ha) also maintained high mean yields above the population average of 8.9 t/ha. Both varieties six-year reached the biggest amount of yield among the tested varieties which prove to be their strong performer. These genotypes exhibit greater stability than 'Mv Tectus'. Although 'Mv Fata' (8.8 t/ha) proved to be one of the poorest performers, it showed the highest stability. 'Mv Initium' (8.7 t/ha) and 'Mv Cerberus' (8.8 t/ha) require specific environments to achieve high yields.

Each location differs in the capacity of selection pressure. High-Yield Environments, such as 2021_LP and 2020_MV make it possible to all genotypes to realize their maximum yield potential therefore its suitable for selecting high yielding types. In contrast, Low-Interaction Environments, characterized by low WAAS values. These environments do not impose strong pressure on the tested genotypes, therefore are considered as "representative". Conversely, environments such as 2023_MV and 2025_FUN are located far from the axis, indicating they impose unique selection pressures and strongly differentiate the genotypes.

Project no. TKP2021-NKTA-06 has been implemented with the support provided by the Ministry of Innovation and Technology of Hungary from the National Research, Development and Innovation Fund, financed under the TKP2021-NKTA funding scheme.

ÖMKI-VSZT-NÉBIH ÖKO POSZTREGISZTRÁCIÓS FAJTATESZTEK HÁLÓZATA AZ ÖKOLÓGIAI VETŐMAG-HASZNÁLAT ELŐMOZDÍTÁSÁÉRT

Balog Emese¹, Mikó Péter², Borbélyné Hunyadi Éva¹, Drexler Dóra¹

¹Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet, Budapest

²HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

Összhangban az Európai Zöld Megállapodás célkitűzéseivel és az EU 2018/848 ökörendelet elvárásaival, az ÖMKi-VSZT-Nébih ökológiai fajtatesztek hálózata is azon dolgozik, hogy elősegítse az ökológiai művelés alá vont területek arányának növelését, valamint az ökológiai alapanyagok és termékek piaci részesedésének bővülését. A vetőmag-derogációk 2036-ra történő kivezetése még tovább sürgeti a munkát, hiszen kötelező előírássá válik, hogy az ökológiai termelés ökológiai vetőmaggal kezdődjön. E cél elérésének legfontosabb eszköze a fémzárolt ökológiai vetőmag használata, illetve a hazai ökológiai vetőmag-előállítás és -forgalmazás ösztönzése, amit ökológiai fajtakísérleteken keresztül, a fajtatulajdonosokkal szoros együttműködésben valósítunk meg.

A folyamat első lépése a Vetőmag Szövetség Szakmaközi Szervezet és Terméktanács (VSZT) Ökológiai Vetőmag Munkacsoportjának 2020-as újjáalakulása volt, ahol olyan feladatok kerültek napirendre, mint a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (Nébih) által üzemeltetett ökovetőmagok adatbázisának fejlesztése, az öko fajtatesztelő hálózat kialakítása és az öko-fajtanemesítés előmozdítása. A rendeletek előírásai mellett az ökológiai vetőmagok használata és a keresleti oldal lehetőségeit nagyban meghatározó kínálat fejlesztése a munkacsoport tagjainak mindig is közös érdeke volt.

Így indult útjára az öko posztregisztrációs fajtatesztelő hálózat, amely a VSZT támogatásával és a Nébih Növényfajta-kísérleti Állomásainak (Fertőd-Rőjtökmuzsaj, Szalánta-Eszterárgpuszta, Tordas) közreműködésével 2020 óta közel 50 őszi búza-, több tönkölybúza- és őszi tritikálé-fajtát tesztelt, a vizsgálatok az utóbbi években őszi takarmányborsó, szója, legújabban pedig őszi árpa fajtáival egészültek ki. A VSZT és Nébih mellett az országos lefedettségű hálózatban részt vesz még a HUN-REN ATK MGI, a Debreceni Egyetem AKIT (Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet, Nyíregyházi Kutatóintézet), a szegedi Gabonakutató Nonprofit Kft. (MATE Agrárcsoport Kft.), továbbá ökológiai gazdálkodók, név szerint a szári Csoroszlya Farm, Szemelyen Decsi Árpád, valamint a mártélyi Búzavirág Kisbirtok.

A fajtákat a VSZT Ökológiai Vetőmag Munkacsoportjának tagságát alkotó nemesítők és vetőmag-forgalmazó cégek nevezik a kísérlethálózatba. Saját tapasztalataikra, a piaci keresletre és korábbi évek eredményeire hagyatkozva döntenek el, hogy mely fajtákat érdemes tesztelni ökológiai körülmények között, és rendelkeznek olyan stabilitással, ellenálló képességgel és magas beltartalmi értékekkel, amik javasolhatóvá tehetik őket az ökotermesztésre. Őszi és tavaszi munkacsoport-értekezletek és fajtabemutatók alkalmával értékeljük a kísérletbe vont fajtákat, eredményeinket pedig évente közzéteszük a kísérleti koordinációt ellátó Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet (ÖMKi) [weboldalán](#), ahol részletesen beszámolunk a fajták teljesítőképességéről.

A hálózat tagjai úttörő módon vesznek részt ebben a küldetésben, mivel a kezdeményezés egyedülálló és nélkülözhetetlen az ökológiai ágazat fejlődésében. Eredményeivel gyakorlati segítséget nyújt a hazai, ökológiai és extenzív gazdálkodást folytató termelőknek, hogy megtalálják a termőhelyükhöz leginkább alkalmazkodó, megbízható teljesítményt nyújtó fajtákat.

A kutatás Magyarország Kormánya és az Európai Unió társfinanszírozásával valósult meg.

REZISZTENS FAJTÁK ELŐNYE ÉS SZÜKSÉGSÉGE A BURGONYATERMESZTÉSBEN

Polgár Zsolt, Wolf István[†]

MATE Agrárcsoport Kft., Keszthely

A burgonya az egész világon az egyik legfontosabb alapélelmiszer. Sikerét egységnyi területre eső magas termőképességének, magas tápértékének, sokszínű felhasználhatóságának, széles ökológiai alkalmazkodóképességének és jól gépesíthető termesztésének köszönheti. Magyarországon azonban az utóbbi három évtizedben a burgonyatermesztés a korábbi évekhez hasonlítva közel 90%-kal csökkent. A termőterület alig haladja meg a 7000 hektárt. A burgonyafogyasztás 40%-a már importból származik.

A burgonya versenyképes, jövedelmező termesztését számos kórokozó, kártevő, és Magyarországon a növény abiotikus stresszre való érzékenysége különösen megnehezíti. A burgonya számára optimális az lenne, ha a tenyészidőszakban a napi átlaghőmérséklet 15-16 °C, a természetes csapadékösszeg pedig legalább 300 mm lenne, „egyenletes” eloszlásban. Plusz 25 °C felett (hőségnapokon) a burgonya fotoszintetikus aktivitása jelentősen lecsökken. Vízhányban, egyenetlen vízellátás mellett pedig csökken az értékesíthető, piacképes termés mennyisége (árukihozatali arány), romlik a termés minősége. Amennyiben az abiotikus stressz valamely kórokozó, pl. vírusok vagy fuzárium fertőzésekkel párosul, úgy a termésvesztés érzékeny fajtáknál nagyon jelentős lehet.

A burgonyatermesztés visszaszorulásaért a közismert gazdaságpolitikai okokon túl (elhízázott privatizáció, területfelaprózódás, magas áfa, öntözés nehézségei stb.) elsősorban a termelőknek a fajtaváltáshoz való konzervatív hozzáállása (ragaszkodás a megszokott külföldi stresszérzékeny fajtákhoz) és a rezisztens fajták vetőgumójának szűkös rendelkezésre állása okolható.

A burgonyatermesztés költségtényezői közt a legnagyobb tétel a vetőgumóé. Ennek értéke és aránya fajtától, szaporulati foktól és a termesztéstechnológiától függően elérheti az 1-1,5 millió Ft/ha-t, illetve a 35-50%-ot. Érthető, ha ezen legnagyobb költségtényezőn próbálnak a termelők takarékoskodni, pl. saját „vetőgumó” visszaültetésével. Ilyenkor az önköltségi ár jelenik meg vetőgumóköltséggént, ami kb. 70%-os megtakarítást eredményez. Többszöri visszaültetésre azonban egyáltalán nem javasolhatók azok a fajták, amelyek nem rendelkeznek magas vírusrezisztenciával (pl. PVY, PVM, PLRV). A folyamatosan csökkenő termőterület közel 70%-án máig mégis ilyen fajtákat termesztnek. Az importként beérkező elit és I. fokú vetőburgonya eleve nem vírusmentes (van belső fertőzési forrás), ami a tenyészidőszak alatt tovább fertőződik. Az első termesztési év termésvesztése általában 10% körüli, a visszaültetetté azonban akár 25-40%-os is lehet az egészségeshez képest, azonos szintű egyéb input ráfordítás mellett. A vírusrezisztens hazai fajták azonban több, akár négy-öt éven át is visszaültethetők, kellő szakmai ismeret alkalmazása mellett, jelentős leromlás és termésvesztés nélkül.

A 2025-ös év termelési és piaci körülményei (magyarországi aszály, EU-szintű túltermelési válság, étkezésburgonya-árak bezuhanása) számos termelőnél igen jelentős gazdasági veszteséget okoztak.

Biotikus és abiotikus stresszekkel szemben összetett rezisztenciával rendelkező fajták termesztésének számos előnye van: csak lassan romlanak le, ezért vetőgumójuk több éven át használható; növényvédelmi költségük némileg alacsonyabb, ezzel csökkenthető az önköltség, nő a jövedelmezőség; termesztésükkel kisebb a környezet vegyszerterhelése, javul az élelmiszer-biztonság.

AZ 'MV HOMBÁR' BÚZAJAJTA TARTÓS LISZTHARMAT-ELLENÁLLÓSÁGÁNAK SNP-ALAPÚ TÉRKÉPEZÉSE

Puskás Katalin, Cséplő Mónika, Pance Miklós Álmos, Vida Gyula

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A szántóföldi búzatermesztés szinte elkerülhetetlen velejárója a lisztharmatgomba megjelenése a növények levelein a vegetációs időszak valamely szakaszában. A fertőzés súlyossága növényvédő szerekkel mérsékelhető, a rezisztencianemesítők célja azonban elsődlegesen az, hogy a fajták képesek legyenek a bennük genetikailag kódolt védekezési mechanizmussal meggátolni a betegség kialakulását. A kórokozó-populáció gyors változásának következménye, hogy a nagy hatású gének akár néhány év alatt elveszíthetik a hatékonyságukat. Az 'Mv Hombár' őszi búza lisztharmattal szembeni ellenállósága már több mint két évtizede bizonyul tartósnak, fiatal- és felnőttkorban egyaránt hatékony védelmet biztosít.

A vizsgálat növényi alapjául az előzetesen már tanulmányozott, 'Ukrainka' (fogékony szülő) és 'Mv Hombár' búzafajták keresztezésével létrehozott populáció és annak fenotípusos eredményei szolgáltak (Komáromi *et al.* 2016). Az SNP-alapú, részletekbe menő genetikai térképezéssel célunk az volt, hogy olyan markert azonosítsunk, amely a 2A kromoszóma hosszú karján leírt *PmHo* génhez közelebbi pozícióban helyezkedik el, összehasonlítva a DArT-markerekkel. A kapcsolt öröklődés lehetőségét biztosíthat új, génspecifikus marker tervezésére, és így arra, hogy molekuláris alapokra helyezzük az 'Mv Hombár' tartós lisztharmat-ellenállóságának átvitelét a jövő búzafajtaiba. A genotipizáláshoz 80 utódtrószet választottunk ki, amelyek 2AL kapcsoltságai csoportjában az előzetes, DArT- és SSR-markereken alapuló térképezés különféle öröklődési mintázatot tárt fel. Az SNP-elemzést az SGS Institut Fresenius GmbH (Traitgenetics Section, Németország) szolgáltatta, Illumina Infinium 25K Wheat Array módszerrel.

A populációban heterogenitást kimutató közel 8 ezer marker közül, kizárva az egyezőket, 1610 marker adatainak a felhasználásával végeztük el a kapcsoltságai csoportok kialakítását és az ellenállóság genetikai térképezését. A búzagenom 2260 cM-es szakaszát fedte le a kapcsoltságai térkép, amely a korábbinak kb. kétszerese, képviselve minden kromoszóma rövid és hosszú karját egyaránt. A nagyobb lefedettség olyan genetikai régiókat is feltárt, amelyek előzőleg rejtve maradtak. Ennek eredményeként a tulajdonság elemzésével az 'Mv Hombár' búzafajtában a lisztharmat-ellenállóság elsődleges helyét a 7A kromoszóma hosszú karján azonosítottuk. A lokusz a fiatal- és a felnőttkori rezisztencia esetében is meghatározó szerepet tölt be, a fenotípusos varianciát minden vizsgált adatsor esetében 80% körüli mértékben magyarázta, 26 és 31 közötti LOD-értékekkel.

Irodalom:

Komáromi, J., Jankovics, T., Fábrián, A., Puskás, K., Zhang, Z., Zhang, M., Li, H., Jäger, K., Láng, L., Vida, G. (2016): Powdery mildew resistance in wheat cultivar Mv Hombár is conferred by a new gene, *PmHo*. *Phytopathology*, **106**, 1326–1334.

A kutatás a TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A KUKORICA GAZDASÁGILAG JELENTŐS KÓROKOZÓINAK ELŐFORDULÁSÁRA AZ ÁLLAMI FAJTAELISMERÉSBEN

KOVÁCS BLANKA, JOSZT-TAKÁCS NÓRA

Nébih, Szántóföldi Fajtakísérleti Osztály, Budapest

A kukorica állami fajtaelismerése során minden évben vizsgáljuk a hibridek betegség-ellenállóságát, így folyamatosan rendelkezésre állnak adataink arról, hogy az egyes kórokozók mely régiókban, milyen mértékben okoznak fertőzést. Jelen tanulmányban a legjelentősebb kórokozó-csoportok nagymértékű fertőzöttségére vonatkozó eredményeit mutatjuk be (kiemelve egy-egy évből), felhívva a figyelmet arra, hogy a korábban is hangsúlyos betegségek megjelenésére továbbra is számítani kell. Emellett egyre nagyobb kockázatot jelentenek azok a kórokozók is, amelyek a száraz, meleg környezeti feltételekhez alkalmazkodva, a klímaváltozás következtében egyre gyakoribbá válnak. Összességében a klímaváltozás hatása a szárazabb és melegebb időjárás gyakoriságának növekedésével jellemezhető, amely fokozódó abiotikus stressznek teszi ki a kukoricát. Az időjárás a szártőkorhadást okozó fuzáriumfajok mellett egyre gyakrabban teremti meg a *Macrophomina phaseolina* számára is a fertőzés feltételeit. A melegedő klíma a rovarkártétel fokozódását is előrevetíti, ami közvetve növeli a fuzáriumos fertőzöttség kockázatát. A *Fusarium*-fajok mellett az *Aspergillus*-fajok szántóföldi jelenléte is egyre gyakoribb.

Kulcsszavak: kukorica, klímaváltozás, kórokozók, *Fusarium*, *Macrophomina phaseolina*, *Aspergillus*, fajtakísérlet

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE OCCURRENCE OF ECONOMICALLY SIGNIFICANT MAIZE PATHOGENS IN THE NATIONAL VARIETY REGISTRATION SYSTEM

B. KOVÁCS, N. JOSZT-TAKÁCS

Nébih, Field Variety Testing Department, Budapest

During the national maize variety registration process, the disease resistance of hybrids is evaluated annually, providing a comprehensive dataset on the regional occurrence and severity of economically important pathogens. In this study, we present results on high-level infections caused by the major pathogen groups. We highlight that the reoccurrence of long-recognized, high-impact diseases remains consistent across years, while the significance of pathogens adapted to warm and dry environmental conditions is increasing under changing climate patterns. Climate change in Central Europe characterized by more frequent warm and dry periods exposes maize to increasing abiotic stress, creating favorable conditions not only for *Fusarium* species but also for the emergence and spread of *Macrophomina phaseolina*. A warming climate is also expected to exacerbate insect damage, indirectly raising the risk of *Fusarium* infections. In parallel, the field occurrence of *Aspergillus* species has become more frequent, posing new challenges for plant pathology assessments and breeding programs.

Key words: maize, climate change, *Fusarium*, *Macrophomina phaseolina*, *Aspergillus*, disease resistance, variety testing

Bevezetés

A kukorica világszerte az egyik legfontosabb szántóföldi növény, amely magas hő- és fényigényével, valamint viszonylag jó szárazságtűrésével jellemezhető. Az elmúlt években a klímaváltozás következtében a hőösszeg növekedése és a szélsőséges csapadéeloszlás megváltozott mintázata jelentős hatást gyakorolt a kukorica ökológiájára és kórokozóinak dinamikájára. Ezek a klimatikus tényezők különösen befolyásolják a kórokozók megjelenését, mivel a hőmérséklet és páratartalom a fertőzés és a mikotoxintermelés fő meghatározó tényezői (Focker et al. 2023).

A kukoricát érintő gomba kórokozók eltérő környezeti igényekkel rendelkeznek, amelyekre a klímaváltozás eltérő módon hat:

A golyvásüszög (*Ustilago maydis*) melegkedvelő kórokozó, amely leginkább sérült növényi szöveteken keresztül fertőz. Az elmúlt évek tapasztalatai szerint a golyvásüszög-fertőzöttség visszaszorult, amely összefüggésben állhat azzal, hogy a modern hibridek ellenállóbbak. Azonban Schwarz et al. (2026) vizsgálataikban azt tapasztalták, hogy az *Ustilago maydis* a melegebb környezeti feltételeket kedveli, már egy minimális hőmérséklet-változás is fokozta a betegség tüneteit, míg egy rövid hőhullám nagymértékben fokozta a tumorképződést és felgyorsította a betegség kialakulását. A globális felmelegedés intenzívebb betegséglefolyást eredményezhet.

A gyökér- és szártőkorhadást okozó *Fusarium*-fajok és az ugyancsak szártőkorhadást okozó *Macrophomina phaseolina* a meleg-száraz időjárást kedvelik (Janić Hajnal et al. 2023).

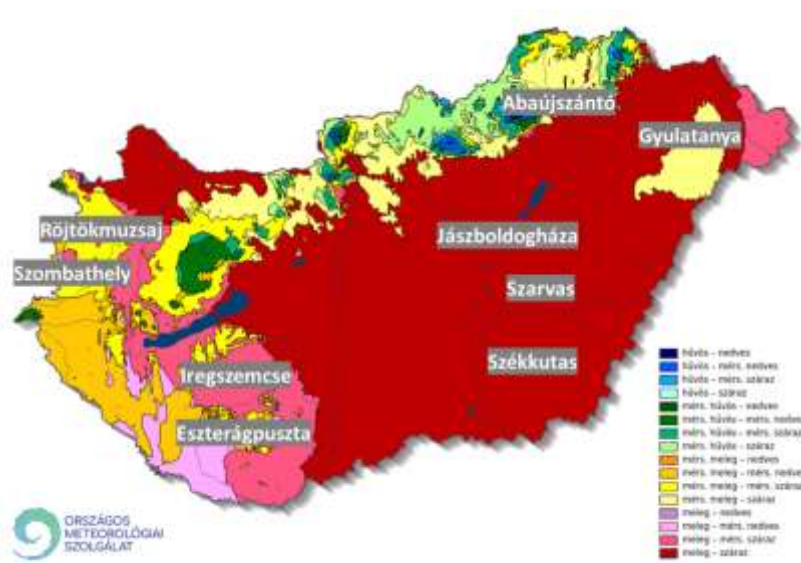
A három, kukorica vonatkozásában legfontosabb mikotoxintermelő gombacsoport – *Aspergillus flavus*, *Fusarium verticillioides* és *Fusarium graminearum* – együttes előfordulása és interakciója különösen fontos az élelmiszer- és takarmánybiztonság szempontjából. E kettő közötti kölcsönhatások világpiaci és európai kontextusban is fokozott kockázatot jelentenek, és a kotoxikáció előfordulása növekvő tendenciát mutat (Mesterházy 2024). A csőpenészedést okozó *Fusarium*-fajok (elsősorban *F. graminearum* és *F. verticillioides*) környezeti igényei eltérők. A *F. graminearum* a meleg, csapadékos virágzási időszakot kedveli, míg a *F. verticillioides* inkább a meleg, száraz környezetben fertőz erősebben. Ezért a hibridek csőpenészes fertőzöttsége nagyban függ az adott évjárat meteorológiai viszonyaitól (Logrieco et al. 2002, Czembor et al. 2024). A *Fusarium*-fajok előfordulásának és a mikotoxinprofiloknak a vizsgálata rámutat arra, hogy az egyes mikotoxinok előfordulási gyakorisága évről évre és földrajzilag is eltérő lehet az évjárat klimatikus jellemzői szerint (Janić Hajnal et al. 2023). A *Fusarium graminearum*, *F. verticillioides* és *Aspergillus flavus* elleni ellenállóság genetikai háttere sokszor poligén és komplex, és a tünetek súlyossága alapján önmagában nem lehet élelmiszer-biztonsági következtetést levonni, ezért a nemesítés során minden egyes faj kórokozó és toxintermelési profilját külön kell értékelni (Mesterházy 2024).

Anyag és Módszer

A vizsgálat helye:

A betegség-ellenállósági vizsgálatokat kispácellás gazdaságiérték-vizsgálat céljából beállított kísérletekben végeztük el a Nébih országos fajtakísérleti hálózatában. A Fajtakísérleti Állomások az ország különböző éghajlati zónáiban találhatók (1. ábra). A kísérleti parcellák növényállományát nem részesítettük fungicides védelemben, a tápanyag-utánpótlás, a vegyszeres gyomirtás és az inszekticides védelem okszerűen valósult meg. A hazai kórokozónyomás értelmezéséhez elengedhetetlen annak megértése, hogy a fajtakísérletek milyen éghajlati háttérrel zajlanak. A következő ábra szemlélteti a kísérletek helyszíneinek klimatikus különbségeit, amelyek meghatározzák az adott évjáratban érvényesülő betegségnyomást.

1. ábra A Nébih Fajtakísérleti Állomásainak éghajlati adottságai
(Péczy György 2022 nyomán)



Az ábrán jól látható, hogy a kísérleti állomások között szélsőséges eltérések találhatók a hő- és csapadékviszonyokban, ami magyarázza, hogy egyes kórokozók (pl. *Macrophomina phaseolina*) elsősorban a melegebb, szárazabb régiókban jelennek meg, míg mások (pl. *Fusarium graminearum*) inkább a csapadékosabb klímájú területeken okoznak számottevő kárt.

A vizsgálat módszere:

A szártőkorhadást a növény szárak 2. internódiumának nyomásvizsgálatával állapítottuk meg. A puha szárat vizuális tünetek alapján értékeltük, és a fuzáriumos betegséget mutató növények számát feljegyeztük. A szártőfertőzöttség gyakoriságát az összes tőszám ismeretében db%-ban fejeztük ki (fertőzött db%). A csőpenészedés felvételezésekor a megbetegedés gyakoriságát határoztuk meg az összes cső és a penészgyeppel borított cső darabszámának ismeretében (fertőzött db%).

A toxintartalom a Nébih Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság akkreditált Analitikai Nemzeti Referencia Laboratóriumában került meghatározásra Evidence Investigator Myco 7 vizsgálattal, amely Randox Biochip alaptermékkel rendelkezik, és rögzített, különböző mikotoxinokra specifikus antitesteket tartalmaz. Kompetitív kemilumineszcens immunoassay-t használ a szűrés során, így egyetlen mintából egy időben több toxin kvantitatív meghatározására alkalmas.

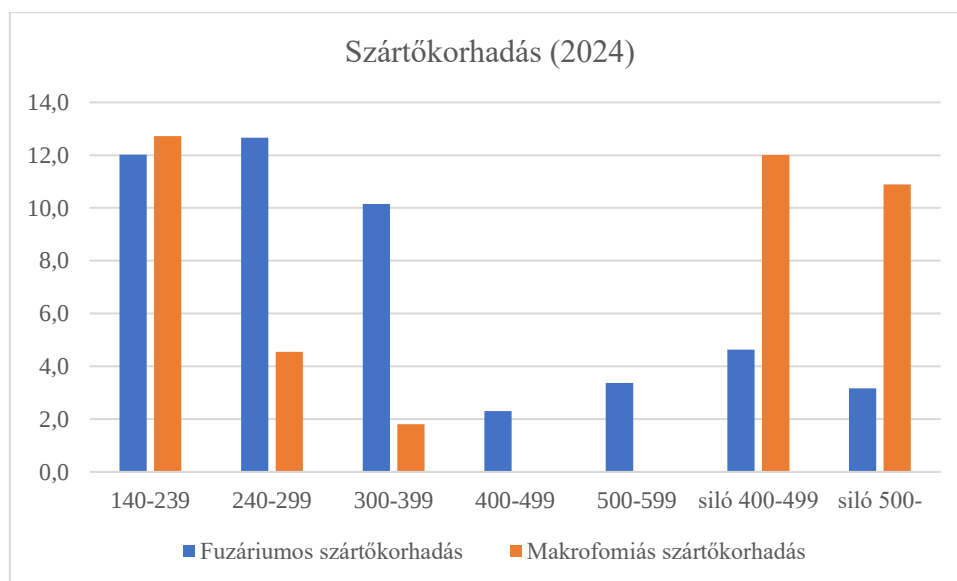
Eredmények

Az állami fajtaelismerés során minden évben felvételezéseket végzünk a gazdaságiérték-vizsgálatok, illetve a növénykórtaniérték-vizsgálatok céljából beállított kukorica-fajtakísérletekben.

Golyvásüszög-fertőzöttséget az utóbbi 10 év vonatkozásában csak elvétve, leggyakrabban silókukorica-kísérletekben tapasztalunk.

A szártőkorhadást okozó fajok megjelenése különösen érzékeny indikátora a klimatikus stresszeknek. A 2024. évben tapasztalt hő- és szárazságstressz hatására *Fusarium*- és *Macrophomina*-fertőzés is fellépett. A 2. ábra éréscsoportonként mutatja be a két kórokozó fertőzöttségi szintjeit.

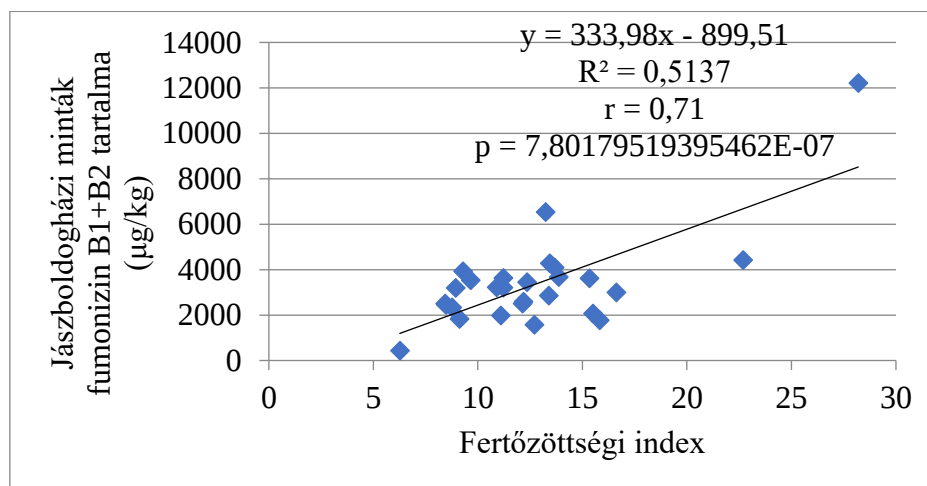
2. ábra Fuzáriumos és makrofominás szártőkorhadás fertőzöttségi kísérleti átlagok éréscsoportonként 2024-ben



A 2024. évben Röjtökmuzsajon fuzárium okozta szártőkorhadást tapasztaltunk minden éréscsoportban, továbbá Iregszemcsén megjelent az ugyancsak melegigényes makrofomina is, nagymértékű szártőkorhadást okozva a szuperkorai, igen korai és korai éréscsoportokban.

A csőpenészedés esetén nem csupán a fertőzöttségi gyakoriság, hanem a toxintermelés is meghatározza az élelmiszer-biztonsági kockázatot. A 3. ábra egy konkrét helyszínen, Jászboldogháza 2021-es adatai alapján mutatja be, hogyan kapcsolódik össze a fuzáriumos fertőzöttség mértéke a fumonizinszennyezettséggel.

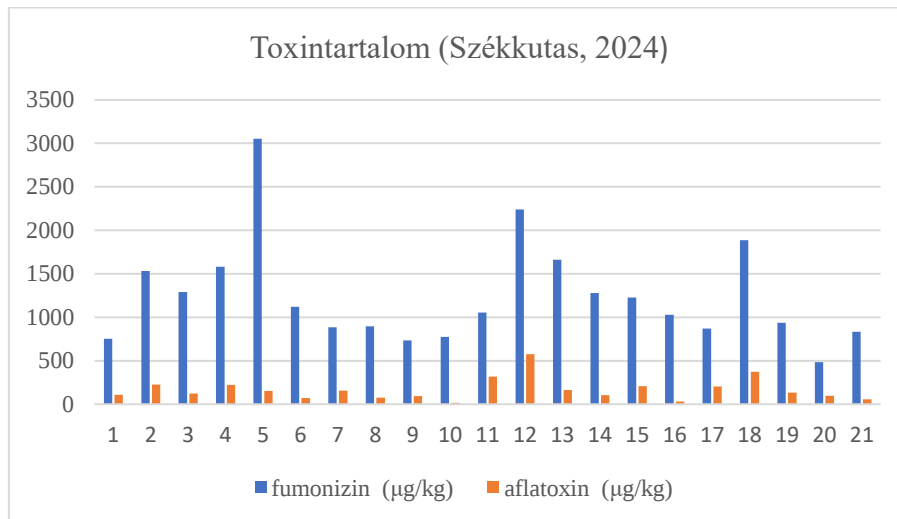
3. ábra Jászboldogházi csőminták fuzáriumos fertőzöttsége és fumonizintartalma közötti kapcsolat 2021-ben



A 3. ábrán a fumonizin B1 és B2 toxin értékei és a fertőzöttségi index kapcsolatát mutatjuk be. A Pearson korrelációs koefficiens értéke: 0,71, ami szoros kapcsolatnak felel meg. A szoros pozitív korreláció azt jelzi, hogy a magasabb fertőzöttségi indexet nagyobb toxinkoncentrációk kísérték. Ez összhangban áll a nemzetközi szakirodalomban közöltekkel, amely szerint a *Fusarium verticillioides* jelenléte és a fumonizintermelés intenzitása között erős összefüggés mutatkozik. Ugyanakkor ez a kapcsolat évről-évre változhat, mivel a toxintermelés érzékeny a környezeti feltételekre, különösen a hőmérsékletre és páratartalomra.

A 2024-es tenyészidőszak meleg, tartósan száraz időjárása kedvezett az aflatoxintermelő *Aspergillus flavus* megjelenésének is. A székkutasi állomás adatai különösen hangsúlyosak ebből a szempontból, mivel az évjárat extrém toxinkockázatot eredményezett. Az alábbi ábra a különböző hibridek toxinterhelését mutatja be.

4. ábra Székkutasi csőminták toxintartalma 2024-ben



A Székkutasi Fajtakísérleti Állomáson 2024-ben magas toxinszennyezettséget mértünk, különösen magas volt a minták aflatoxintartalma. A szennyezettség hibridtől függetlenül magas volt, a legalacsonyabb toxintartalom is a megengedett aflatoxin-határérték többszöröse volt. A rendkívül magas aflatoxinértékek arra utalnak, hogy a 2024-es évjárat kifejezetten kedvezett az *Aspergillus*-fertőzésnek. Ez az eredmény különösen aggasztó, hiszen az aflatoxinok már kis mennyiségben is jelentős élelmiszer- és takarmánybiztonsági kockázatot jelentenek. Az, hogy a legalacsonyabb érték is többszöröse volt a határértéknek, azt mutatja, hogy a hibridszintű különbségek szerepe kisebb volt, mint az évjárat extrém környezeti hatása.

Összefoglalás

Összességében a klímaváltozás hatása a szárazabb és melegebb időjárás gyakoriságának növekedésével jellemezhető (Jacob *et al.* 2014). Egyre nagyobb abiotikus stressznek van kitéve a kukorica (Ceglar *et al.* 2019). Az aszály- és hőstressztűrés kiemelt figyelmet érdemel a növénynevelési programokban (Ceccarelli *et al.* 2010, Chapman *et al.* 2012, Hammer *et al.* 2020). A szárazság okozta stressz az egyik legnagyobb kockázati tényező, amely növeli a szártőkorhadás kialakulásának a veszélyét is (Dodd 1980). A fuzáriumos szártőkorhadás mellett számítani kell a kukoricában a makrofominás szártőkorhadás megjelenésére is.

Az éghajlatváltozás, a melegedő időjárás hatására várható a rovarkártétel súlyosbodása is, ami növeli a fuzáriumos fertőzöttség kialakulásának a kockázatát, továbbá azoknak a *Fusarium*-fajoknak az elterjedését is lehetővé teszi, amelyek alkalmazkodni tudnak a megváltozott időjárási körülményekhez (Hakala *et al.* 2011, Miedaner és Juroszek 2021). A *Fusarium*-fajok mellett az *Aspergillus*-fajok is megjelennek a szántóföldön.

Az állami fajtaelismerés során továbbra is kiemelt jelentőséggel bírnak azok a kórokozók, amelyek esetében a hibridek nagymértékű fogékonysága kizáró kritériumnak számít. Emellett azonban a növénykórtani érték vizsgálataiban egyre nagyobb figyelmet kell fordítani azokra a kórokozókra is, amelyek előfordulását és kártételét a klímaváltozás következtében egyre gyakrabban tapasztaljuk.

Irodalom

- Ceccarelli, S., Grando, S., Maatougui, M., Michael, M., Slash, M., Haghtparast, R. et al. (2010): Plant breeding and climate changes. *The Journal of Agricultural Science*, **148**, 627–637.
- Ceglar, A., Zampieri, M., Toreti, A., Dentener, F. (2019): Observed northward migration of agro-climate zones in Europe will further accelerate under climate change. *Earth's Future*, **7**, 1088–1101.
- Chapman, S.C., Chakraborty, S., Dreccer, M.F., Howden, S.M. (2012): Plant adaptation to climate change – opportunities and priorities in breeding. *Crop & Pasture Science*, **63**, 251–268.
- Czembor, E., Frasiński, S., Urbaniak, M., Waśkiewicz, A., Czembor, J.H., Stępień, Ł. (2024): *Fusarium* species shifts in maize grain as a response to climatic changes in Poland. *Agriculture*, **14**(10), 1793.
- Dodd, J.L. (1980): The role of plant stresses in development of corn stalk rot. *Plant Disease*, **64**, 533–537.
- Focker, M.F., van Eupen, M., Verweij, P., Liu, C., van Haren, C., van der Fels-Klerx, H.J. (2023): Effects of climate change on areas suitable for maize cultivation and aflatoxin contamination in Europe. *Toxins*, **15**(10), 599.
- Hakala, K., Hannukkala, A.O., Huusela-Veistola, E., Jalli, M., Peltonensainio, P. (2011): Pests and diseases in a changing climate: A major challenge for Finnish crop production. *Agricultural and Food Science*, **20**, 3–14.
- Hammer, G.L., McLean, G., Oosterom, E., Chapman, S., Zheng, B., Wu, A. (2020): Designing crops for adaptation to the drought and high-temperature risks anticipated in future climates. *Crop Science*, **60**, 605–621.
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O.B., Bouwer, L.M. et al. (2014): Euro-cordex: New high-resolution climate change projections for European Impact research. *Regional Environmental Change*, **14**, 562–578.
- Janić Hajnal, E., Kos, J., Radić, B., Anić, M., Radović, R., Kudumija, N., Vulić, A., Đekić, S., Pleadin, J. (2023): Impact of climate changes on the natural prevalence of *Fusarium* mycotoxins in maize harvested in Serbia and Croatia. *Foods*, **12**(5), 1002.
- Mesterházy, A. (2024): Food safety aspects of breeding maize to multi-resistance against the major (*Fusarium graminearum*, *F. verticillioides*, *Aspergillus flavus*) and minor toxigenic fungi (*Fusarium* spp.) as well as to toxin accumulation, trends, and solutions — A review. *Journal of Fungi*, **10**(1), 40.
- Miedaner T., Juroszek P. (2021): Global warming and increasing maize cultivation demand comprehensive efforts in disease and insect resistance breeding in north-western Europe. *Plant Pathology*, **70**, 1032–1046.
- Schwarz, C.G., Hartmann, F., Zier, C., van der Linde, C. (2026): Characterization of the maize–*Ustilago maydis* interaction in a warming climate. *Journal of Experimental Botany*, **77**(4), 1293–1308.

***Pyrenophora teres* f. *teres* ELLENI VÉDEKEZÉSI MECHANIZMUSOK VIZSGÁLATA ÁRPÁBAN**

**Mészáros Klára¹, Jeny Jose¹, Cséplő Mónika¹, Bányai Judit¹, Pál Magda¹,
Bakonyi József², Sági László¹, Éva Csaba¹**

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet, Budapest

A *Pyrenophora teres* f. *teres* (PTT) az árpa egyik legfontosabb kórokozója, amely jelentős terméseszkénést okozhat. A nemesítés célja jól adaptálódó ellenálló fajták létrehozása, amelyek termesztése lehetővé teszi a gombaölő szerek használatának csökkentését, ezért környezetkímélő és a növénytermesztés leggazdaságosabb módja. A rezisztencia genetikai hátterének megismerése lehetővé teszi a nemesítés hatékonyságának fokozását.

Asszociációs vizsgálattal több szignifikáns SNP-t azonosítottunk. A legerősebb hatása a 3H kromoszómán elhelyezkedő JHI_Hv50k-2016-183207 markerlokuszhoz volt, ahol egy WAK1 kináz gént és egy PR5 rezisztenciagént azonosítottunk. A WAK1 gén terminális régiójában található A/T mutáció szorosan összefügg a fajták fogékonyságával vagy ellenállóságával. A gyenge terminációjú, timint hordozó fajtákban a hozzá közel elhelyezkedő PR5 gén expressziója is megnőtt PTT-fertőzés hatására, míg az erősen terminálódó genotípusokban ez nem figyelhető meg.

A PTT elleni rezisztencia hormonális szabályozásában az ORA59 AP2/ERF (APETALA2/Ethylene-Responsive Transcription Factor) családba tartozó gén szerepét bizonyítottuk. Az ORA59 gén pozitív szabályozó hatását mutattuk ki két WRKY TF-nál és a RING-H2 finger protein ATL60-nál a fertőzés korai szakaszában. Az AP1 transzkripciós faktor esetén az expresszió az utolsó mintavételi időpontig, 15. napig nőtt, ami a rezisztencia hosszú távú fenntartásában betöltött szerepére utal. Egy lipáz génexpressziója a fertőzés teljes időtartama alatt az ORA-mutánsban volt a legmagasabb. A vizsgálatokba két rezisztens fajtát vontunk be, az 'Arda'-t és az 'Antonellá'-t. Néhány vizsgált gén esetén a két árpafajtában eltérő génexpressziós változásokat tapasztaltunk. A chloramphenicol acetyltransferase-like (HORVU.MOREX.r3.3HG0312240) gén expressziója az 'Arda' fajtában alacsony volt, de az 'Antonellá'-ban a fertőzést követő második napon 7,5-szerese, míg az 5. napon 5-szöröse volt a génexpresszió, mint az ORA59-mutáns vonalban. Az eredmények azt sugallják, hogy az 'Arda' és az 'Antonella' árpafajtákban más védekezési mechanizmus aktiválódik. Ennek tisztázására mikroszkópos vizsgálatot végeztünk a gombát festő WGA- és a kallózt festő anilinkék festésekkel. A fertőzést követő harmadik napon az 'Antonella' fajtában jelentős kallózfelhalmozódás volt megfigyelhető, amelynek következtében nem tudott a gomba behatolni a növényi sejtbe. Az 'Arda' szövetébe behatolt ugyan a gomba, de a fertőzött sejtek fala jelentősen megvastagodott, ezért a gomba nem tudott továbbjutni a szomszédos sejtekbe. A mikroszkópos vizsgálatok az ORA59-mutáns vonalban mutatták ki a legnagyobb fertőzöttséget. Eredményeink alapján elmondható, hogy az 'Arda' és 'Antonella' fajták PTT-vel szembeni ellenállóságának hátterében feltételezhetően eltérő védekezési stratégia áll.

A kutatásaink a TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA és az RRF-2.3.1-21-2022-00007 Agrár-biotechnológia és precíziós nemesítés az élelmiszerbiztonságért pályázati programok finanszírozásában valósultak meg.

A KÖRISPUSTULÁSSAL SZEMBEN ELLENÁLLÓ SZAPORÍTÓANYAG-FORRÁSOK KIALAKÍTÁSÁNAK MEGALAPOZÁSA

Molnár Csilla Éva¹, Cseke Klára¹, Koltay András², Lados Botond Boldizsár¹,
Majsai Erika², Köbölkuti Zoltán Attila¹, Nagy László¹

¹Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Nemesítési Osztály

²Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály

A körispustulást okozó, ázsiai eredetű invazív tömlősgomba, a *Hymenoscyphus fraxineus* (*Chalara fraxinea*) ([T. Kowalski] Baral, Queloz & Hosoya) az 1990-es években jelent meg Európában, és rohamosan el is terjedt az egész kontinensen. Hazánkban 2008-ban azonosították, érzékeny károkat okozva a magas kőris (*Fraxinus excelsior* L.) és a keskenylevelű kőris (*Fraxinus angustifolia* Vahl) állományokban. A kórokozó terepen nem kontrollálható, továbbá nem valószínűsíthető, hogy hatékony vegyszeres védekezés valaha is megoldható lesz extenzív, erdei körülmények között. A fertőzött állományokban kis számban, de rendre fellelhető tünetmentes egyedek jelenléte kihasználható változatosságra utal a fogékonyság tekintetében. Az érintett fajok esetében járható út szelektált, ellenálló genotípusokból kialakított mesterséges populációk létrehozása, és ezek szaporítóanyagának kijuttatása azokra a területekre, ahol a kőrisek sem ökológiai, sem ökonómiai szempontból nem nélkülözhetők.

A toleránsnak tűnő egyedek szelekciója, a mesterséges populációk összeállítása során törekszünk arra, hogy ezek a természetes populációkkal összevethető mértékű változatosságot hordozzanak, illetve a még fellelhető genetikai struktúrákat megfelelően reprezentálják. Közel 120 tünetmentes egyeden sejtmagi SSR markerek (FEMSATL04, FEMSATL10, FEMSATL11, FEMSATL19, M2-30(a), ASH7867, Fp14665, Fp18437, Fp20456, Fp21064, FREX10, FREX11, FREX14, FREX18, FREX25, FREX31) alkalmazásával elvégzett vizsgálataink eredményei arra mutatnak, hogy ezek a markerek alkalmasak a genotípusok egyedi azonosítására, a kétes morfológiájú egyedek fajazonosságának ellenőrzésére, illetve – a kis mintaszám ellenére is – használhatóak lesznek földrajzi mintázat kimutatásában. A hazai kőriseseket illetően még nem rendelkezünk diverzitásadatokkal, de a mintákon kimutatott diverzitás szakirodalmi összevetésben magasnak mondható.

A kutatás a TKP2021-NKTA-43 azonosítójú „ErdőLab” projekt keretében, az Innovációs és Technológiai Minisztérium (jogutód: Kulturális és Innovációs Minisztérium) Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

A GABONAKUTATÓ ŐSZIBÚZA-FAJTÁINAK FENOTÍPUSOS VÁLTOZÁSA SZIGORÚ VÍZMEGVONÁS HATÁSÁRA

Nagy Dániel, Pauk János, Lantos Csaba

Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

A vízhiány természetesen limitáló hatásáról mostanában sokat beszélünk. Még több szó esik a globális klímaváltozásról, ami a Kárpát-medence fokozatos elsivatagosodását vizionálja. Ezen jelenségek fokozott kutatási aktivitásra ösztönzik a nemesítést, genetika, élettan, rezisztencia és agrotechnika területén dolgozó szakembereket annak érdekében, hogy feltárják a haszonnövényekben rejlő alkalmazkodási potenciált (alkalmazkodóképesség, tolerancia, technológia stb.). A létrejövő alap- és alkalmazott kutatási eredmények a növénynevelésben keresztül beépülnek az új fajtákba és termesztési technológiákba.

Az üvegházi szigorú vízmegvonási kísérlet eredményeit mutatjuk be, amelybe a Gabonakutató Kft. teljes őszi búza-portfólióját bevontuk. Célunk az volt, hogy a szárazság esetén fellépő többféle stressz (vízhiány, hősokk, káros sugárzások stb.) közül a vízhiányt „emeljük ki”, és ennek hatását vizsgáljuk meg búzafajtáinkon. A kísérletet két független évben (2023 és 2024), kontrollált körülmények között üvegházban, cserepekben, tavaszi nevelési ciklusban állítottuk be. A résztvevő GK-fajták a következők voltak: 'Arató', 'Bagó', 'Bakony', 'Börzsöny', 'Csanád', 'Csillag', 'Déva', 'Hortobágy', 'Kolozs', 'Körös', 'Magvető', 'Megyer', 'Pilis', 'Szatmár', 'Szereda', 'Szilárd', 'Zete' (a fajtaneveknél az ismétlődés elkerülésére a „GK” rövidítést elhagytuk).

A kísérletben a búza húsz különböző terméskialakító tulajdonságának fenotípusos változását mértünk és elemeztünk. Azt vizsgáltuk, hogy a különböző terméskialakító tényezők hogyan változnak jelentős vízmegvonás hatására. A kontroll – amihez viszonyítottunk – minden esetben a fajta jól öntözött (vízkap. 60%) növényegyedei voltak, míg a vízmegvonásban csökkentett víznormával öntöztünk. Előadásunkban csak négy, termesztési szempontból fontos változóra tértünk ki: a kalászosodási időre, a növénymagasságra, valamint a főkalász- és az összes szemtermés tömegére.

A szigorú vízmegvonás hatására a legnagyobb szárrövidüléssel (24 és 19 cm) a 'Szatmár' és a 'Bagó' fajták reagáltak, míg a 'Szereda' csak 5,5 cm-rel csökkentette növénymagasságát. A vízmegvonási stressz a búzanövényekben a koraiság irányába csökkentette a kalászosodási időt. Két búzafajta, a 'Pilis' és a 'Körös' kalászosodási idejét 3,6 nappal korábbra hozta. Ebben a fontos jellemzőben a legkevesbé érzékenyek a 'Hortobágy', 'Déva' és 'Kolozs' fajták voltak: 0,25, 0,5, 0,75 nap csökkenéssel. A további tizenkettő őszi búza-fajta 1-2 nappal korábbi kalászosodási idővel reagált a vízmegvonásra. A főkalász szemtömegének változásával a legérzékenyebben a 'Hortobágy' és a 'Magvető' fajták reagáltak, míg a legtoleránsabb két fajta a 'Déva' és a 'Zete' volt. A növények összes szemtermése is jelentős változással reagált a vízmegvonásra. Jól öntözött viszonyok között, nem meglepő módon, a 'Hortobágy', a 'Csillag', a 'Bagó', a 'Pilis', és az 'Arató' szerepelt a legjobban, növényenként 5 g vagy ez feletti szemterméssel (szárazanyagot mértünk). Vízmegvonás hatására a kapott szemterméstömeg a fajták között kiegyenlítődött, de a vízmegvonás hatására mért termésnövekedés a fajták között jelentős volt. Legkisebb veszteséget a 'Szereda', a 'Zete', a 'Börzsöny' és a 'Kolozs' mutatta. Ez a négy fajta tekinthető toleránsnak, mivel vízmegvonásra ezek veszítettek legkevesebbet szemtermésükből.

A kutatásokat az OTKA K-138416 pályázat támogatta.

ELŐZETES EREDMÉNYEK A BÉKÉS ÉS CSONGRÁD-CSANÁD VÁRMEGYÉBŐL BEGYŰJTÖTT *Allium sativum* L. TÁJVÁLTOZATOK ÖNTÖZÉSI REAKCIÓJÁRÓL

VALKOVSKI NOÉMI JÚLIA¹, SZALÓKI TÍMEA PÁLMA¹, SZÉKELY ÁRPÁD¹,
DÉZSI ANDRÁS¹, KOLOZSVÁRI ILDIKÓ³, KEPENYES ZOLTÁN²,
HUDÁK ROLAND², VINCZE VIKTOR², KUN ÁGNES¹, TÚRI NORBERT¹,
GOMBOS BÉLA², BODNÁR KÁROLY², BOZÁN CSABA¹, JANCÓS MIHÁLY¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet,
Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont, Szarvas

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet,
Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszék, Szarvas

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet, Szarvas

A magyar nagyüzemi fokhagymatermesztésből mára kiszorultak a hazai fajták, hiszen számos vírus járult hozzá a köztermesztésű fajták leromlásához, alacsony hozamához. Azonban a külföldi (francia, olasz) fajták termesztése is csak intenzív öntözés és tápanyag-utánpótlás mellett eredményez gazdasági hasznot. Az Interreg RoHu00244 Genomics pályázat lehetővé tette, hogy Békés és Csongrád-Csanád vármegyéből begyűjtsük a kisgazdaságokban még fellelhető, helyi klímához és talajadottságokhoz jól alkalmazkodott *Allium*-tájszavakat. Jelen tanulmány a begyűjtött tíz fokhagyma-tájszavak közül kettőt emel ki, amelyek előnyös termesztési tulajdonságokat mutattak. Az öntözési kísérletet a MATE KÖTI ÖVKI szarvasi Liziméter Telepén állítottuk be véletlen blokk elrendezésben és kompenzációs liziméterekben. A tenyészidőszak során három öntözési kezelést (1: öntözött, idénynorma 45 mm; 2: öntözetlen, csak természetes csapadék; 3: korlátlan vízutánpótlás, az elpárologtatott vízmennyiség napi pótlása) alkalmaztunk, és két fokhagyma-tájszavak ('Maroslele', 'Dobozi') SPAD-értékét, valamint a betakarításkori hagymatest magasságát (cm), hagymatest átmérőjét (cm), hagymatest tömegét (g) és fejenkénti gerezdszámát (db) mértük. A 'Dobozi' fokhagyma-tájszavatról biztosan tudjuk, hogy az elmúlt 50 év tudatos kistermelői szelekciós nemesítésének végterméke. Eredményeink alapján bizonyítani tudtuk, hogy a 'Maroslele' tájszavak esetében az öntözésnek statisztikailag bizonyítható pozitív hatása van a hagymatest magasságára (1: 3,51±0,30^{ab}; 2: 3,24±0,43^a; 3: 3,63±0,49^b), átmérőjére (1: 3,97±0,40^b; 2: 3,52±0,54^a; 3: 4,21±0,53^b), tömegére (1: 25,64±4,79^{ab}; 2: 21,12±7,93^a; 3: 26,64±9,90^b) és gerezdszámára (1: 3,97±0,40^b; 2: 3,52±0,54^a; 3: 4,21±0,53^b) is. A 'Dobozi' tájszavak esetében az öntözési kezelések között nem találtunk statisztikailag igazolható különbségeket. Azonban minden értékmérő tulajdonságnál magasabb értékeket kaptunk a 'Dobozi' tájszavak esetében, mint a 'Maroslele'-nél. A 'Dobozi' változat nem öntözött körülmények között is nagyobb fejtömeggel (31,68±3,55^B) rendelkezik, mint a 'Maroslele' változat (21,12±7,93^A). A tájszavak *in situ* megőrzését az ÖVKI Liziméter Telepén megkezdtük. További vizsgálatokat végzünk rajtuk a 2026-os évben is, hogy biztosabban javasolhassuk a 'Dobozi' fokhagyma-tájszavakat extenzív termesztésre és génbanki megőrzésre az előnyös értékmérő tulajdonságai alapján.

Kulcsszavak: fokhagyma, öntözés, liziméter, párologtatás, génmegőrzés

PRELIMINARY RESULTS ON THE IRRIGATION RESPONSE OF *Allium sativum* L. LANDRACES COLLECTED FROM BÉKÉS AND CSONGRÁD-CSANÁD COUNTIES

N.J. VALKOVSKI¹, T.P. SZALÓKI¹, Á. SZÉKELY¹, A. DÉZSI², I. KOLOZSVÁRI³, Z. KEPENYES²,
R. HUDÁK², V. VINCZE², Á. KUN¹, N. TÚRI¹, B. GOMBOS², K. BODNÁR², CS. BOZÁN¹, M. JANCÓS¹

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Environmental Sciences, Research Center for Irrigation and Water Management, Szarvas

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Environmental Sciences, Department of Irrigation and Land Improvement, Szarvas

³Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Agronomy, Szarvas

In large-scale Hungarian garlic production, local varieties have largely disappeared. The decline and low yield of the formerly cultivated Hungarian varieties are mainly due to the presence of several viruses. However, the cultivation of foreign (mainly French and Italian) varieties is also profitable only under intensive irrigation and adequate nutrient supply. The Interreg RoHu00244_Genomics project enabled the collection of *Allium* landraces from smallholder farms in Békés and Csongrád-Csanád counties. These landraces have adapted well to the local climate and soil conditions. The present study highlights two of the ten collected garlic landraces, both of which exhibited particularly favourable agronomic traits. The irrigation experiment was carried out at the Lysimeter Station of the MATE IES ÖVKI in Szarvas using randomized block design and compensation lysimeters. During the growing season, we applied three irrigation treatments (1: irrigated, seasonal norm of 45 mm; 2: unirrigated, only natural precipitation; 3: unlimited water supply, daily replenishment of evaporated water) and two garlic landraces ('Maroslele', 'Dobozi') were measured, as well as the height of the head at harvest (cm), head diameter (cm), bulb weight (g), and number of cloves per head (pcs). The 'Dobozi' landrace is known to be the result of fifty years of selection carried out by local small-scale growers. Based on our results, we were able to prove that, in the case of the 'Maroslele' landrace, irrigation has a statistically proven positive effect on height (1: 3.51 ± 0.30^{ab} ; 2: 3.24 ± 0.43^a ; 3: 3.63 ± 0.49^b), diameter (1: 3.97 ± 0.40^b ; 2: 3.52 ± 0.54^a ; 3: 4.21 ± 0.53^b), weight (1: 25.64 ± 4.79^{ab} ; 2: 21.12 ± 7.93^a ; 3: 26.64 ± 9.90^b) and number of cloves (1: 3.97 ± 0.40^b ; 2: 3.52 ± 0.54^a ; 3: 4.21 ± 0.53^b). For the 'Dobozi' landrace, no statistically significant differences were detected among the irrigation treatments. However, we obtained higher values for all measured characteristics in the case of the 'Dobozi' variant than in the case of 'Maroslele'. The 'Dobozi' variant (31.68 ± 3.55^b) has a higher head weight than the 'Maroslele' variant (21.12 ± 7.93^a) even under non-irrigated conditions. *In situ* conservation of the landraces has been initiated at the ÖVKI Lysimeter Station. Further evaluations will be carried out in 2026 to strengthen the background for recommending the 'Dobozi' garlic landrace for extensive cultivation and for long-term gene bank conservation, given its favourable agronomic and value-determining traits.

Key words: garlic, irrigation, lysimeter, evapotranspiration, gene preservation

Bevezetés

A fokhagyma Közép- és Nyugat-Ázsiában őshonos. De már a honfoglaló őseink is ismerték és fogyasztották. Hazánkban a vöröshagyma után a második legfontosabb hagymafaj. Makó környékén, Bács-Kiskun vármegyében és Békés vármegyében termesztik nagyobb területen. Elsősorban vegetatív úton, gerezdről szaporítják, mivel általában nem nevel csíráképes magot (Szalay 1994, Helyes 2007).

Az elmúlt közel 30 évben a hazai fokhagyma-termőfelület és -terméshozam is jelentősen csökkent. 1997-ben volt a legnagyobb fokhagymával hasznosított területünk: 2235 hektár, amelyről közel 20 ezer tonna termés került betakarításra. A legkevesebb termőterülettel 2010-ben rendelkezünk: 602 hektáron 4171 tonna fokhagymát termesztettek. 2024-ben 627 hektárról 7770 tonna fokhagymát takarítottak be (KSH 2026). Az országos termésátlag 6,5 t/ha-ról 9 t/ha-ra növekedett 2022-re, de még így is jelentősen elmarad Üzbegisztán, Egyiptom és Kína eredményeitől. A hazánkban termelt fokhagyma 90-95%-át hazánkban értékesítik. Évente 500-700 tonna fokhagyma kerül az exportpiacokra. Ma leginkább a nagyüzemi technológiával dolgozó, egybefüggő nagy termőfelülettel rendelkező termesztek uralják az ágazatot, akik a megfelelő válogatást, tárolást követően piacképes árut képesek előállítani. A tárolókapacitás még mindig kevés, ezért a hazai fogyasztókat nem lehet a teljes évben ellátni. A kínai és spanyol fokhagyma jelentős versenytársa a magyarnak a téli hónapokban, amikor a magyar már elfogyott. Az európai piacokon francia és gyengébb minőségű török fokhagyma is megjelenik, ami hazánkba is kerülhet (Tóth-Kurmai et al. 2023). A külföldi élvonal 15-20 t/ha-os hozama hazánkban csak intenzív termesztéssel érhető el, amihez feltétlenül szükséges a vírusmentes szaporítóanyag, amely nehezen érhető el a hazai fajták esetében, hiszen számos vírus fertőzheti a fokhagymát (Klukáčková et al. 2007). Az öntözés, a megfelelő fajta termesztése, továbbá a szaktudás, az okszerű tápanyag-gazdálkodás és növényvédelem szintén fontos pillére a sikeres termesztésnek. Hazánkban a versenyképes termelést tovább javíthatja a munkaerőhiányt ellensúlyozó gépesítés, amellyel kedvezőbb önköltséget lehet elérni. Mivel a fokhagyma telepítése, betakarítása, szárítása, tisztítása és válogatása is megfelelően gépesíthető, ezért a helyes gépválasztással csökkenthető a kézimunkaigény a termesztés és feldolgozás, áruvá

készítés alkalmával. Ma hazánkban az alacsony gépesítettség, a munkaerőhiány és a termés-fokozó anyagok, növényvédő szerek magas ára együttesen eredményezik az alacsony hozamot. Az exportpiacokon a jó minőségű hazai fokhagymára nagy igény lenne, azonban ehhez versenyképes termelésre is szükség lenne (Tóth-Kurmai et al. 2023, Petcov et al. 2026).

Anyag és módszer

A kísérletünk növényanyagát a Genomics_ROHU (ROHU00244) pályázat támogatásával begyűjtött 10 fokhagyma-tájváltozatból kettő, a 'Maroslele' és a 'Dobozi' tájváltozat adta. A 'Maroslele' tájváltozatot egy kondorosi kistermelő hozta Marosleléről 5 éve, míg a 'Dobozi' tájváltozatról biztosan tudjuk, hogy az elmúlt 50 év tudatos kistermelői szelekciós nemesítésének eredménye.

A kísérletünk helyszíne Szarvason a MATE ÖVKI Liziméter Telep volt. A szaporítóanyag telepítését 2025. március 10-én kezdtük meg 25×10 cm-es térállásra. Talajmintákat 2025. április 9-én vettünk 0-30 cm mélységből ($n = 3$). Az öntözővíz a közeli Szarvas-Békésszent-andrási Holt-Körösből származott. A víz összetétele alapján kiválóan alkalmas öntözésre (pH: 7,21, EC: 367,00 mg/dm³, összes N: 2,57 mg/dm³, összes P: 0,07 mg/dm³, összes lebegőanyag: 19 mg/dm³, Na: 28,80 mg/dm³, összes K: 2,77 mg/dm³).

Az öntözés hatását vizsgáltuk meg három kezelésben (1: öntözött, idénynorma 45 mm; 2: öntöztelen, csak természetes csapadék; 3: korlátlan vízutánpótlás [ET], az elpárologtatott vízmennyiség napi pótlása) a két fokhagyma-tájváltozat ('Maroslele', 'Dobozi') mikroparcelláin (véletlen blokk elrendezés, 3 méter/sor, 3 ismétlés).

A vizsgált növényparaméterek a SPAD-érték, a betakarításkori hagymatest-magasság (cm), a hagymatestátmérő (cm), a hagymatesttömeg (g) és a fejenkénti gerezdszám (db) voltak.

A SPAD-értékek mérését (Konica Minolta SPAD-502) az állományban június 4–6. között végeztük. Az öntöztelen területeken július 4-ére, az öntözés mellett július 16-ára, a korlátlan vízbiztosítás esetén pedig július 23-ára vált betakarításra alkalmassá a fokhagyma, ekkor végeztük el a további méréseket.

Az összes fokhagymafejet lemértük, így ismétlésenként 29-30 adattal dolgozhattunk. A hagymafej magasságát és átmérőjét (cm) tolómérővel, a friss hagymatest tömegét (g) CAS 25 mérleggel mértük meg.

Az eredmények értékeléséhez MS Excel 2012 és IBM SPSS 27 programokat alkalmaztunk. A kiugró értékektől megtisztítottuk az adatsorokat. A paraméterek varianciáit ($p = 0,05$) a három öntözési kezelésben egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) hasonlítottuk össze. A *post hoc* teszt során Tukey-tesztet alkalmazhattunk.

Eredmények

Eredményeink alapján bizonyítani tudtuk, hogy a 'Maroslele' tájváltozat esetében az öntözésnek statisztikailag bizonyíthatóan pozitív hatása van a hagymatest magasságára (1: 3,51±0,30^{ab}; 2: 3,24±0,43^a; 3: 3,63±0,49^b), átmérőjére (1: 3,97±0,40^b; 2: 3,52±0,54^a; 3: 4,21±0,53^b), tömegére (1: 25,64±4,79^{ab}; 2: 21,12±7,93^a; 3: 26,64±9,90^b) és a gerezdek számára (1: 3,97±0,40^b; 2: 3,52±0,54^a; 3: 4,21±0,53^b) is (1. táblázat).

A 'Dobozi' tájváltozat esetében az öntözési kezelések között nem találtunk statisztikailag igazolható különbségeket. Azonban minden értékmérő tulajdonságánál magasabb értékeket kaptunk, mint a 'Maroslele' azonos paraméterei esetében. Sőt, a 'Dobozi' változat a nem öntözött körülmények között is nagyobb fejtömeggel (31,68±3,55^B) rendelkezett, mint a 'Maroslele' változat legmagasabb értéke (1. táblázat).

A tájváltozatok *in situ* megőrzését a MATE ÖVKI Liziméter Telepen megkezdtük. További vizsgálatokat végzünk rajtuk a 2026-os évben is, hogy az előnyös értékmérő tulajdonságai alapján biztosabban javasolhassuk a 'Dobozi' fokhagyma-tájváltozatot extenzív termesztésre és génbanki megőrzésre.

1. táblázat Fokhagyma-tájtípusok ('Maroslele' és 'Dobozi') öntözési kezelésekre adott reakciói (Szarvas, 2025)

	Öntözött	'Maroslele' Öntözetlen	ET	Öntözött	'Dobozi' Öntözetlen	ET
SPAD-érték	65,44±2,18 ^{aA}	61,93±4,31 ^{aA}	64,62±3,70 ^{aA}	66,61±2,39 ^{aA}	63,99±4,76 ^{aA}	64,38±4,82 ^{aA}
Hagymatest magassága (cm)	3,51±0,30 ^{abA}	3,24±0,43 ^{aA}	3,63±0,49 ^{ba}	4,39±0,26 ^{bb}	3,72±0,27 ^{aB}	3,71±0,32 ^{aA}
Hagymatest átmérője (cm)	3,97±0,40 ^{ba}	3,52±0,54 ^{aA}	4,21±0,53 ^{ba}	4,51±0,35 ^{aB}	4,39±0,24 ^{aB}	4,42±0,46 ^{aA}
Hagymatest tömege (g)	25,64±4,97 ^{abA}	21,12±7,93 ^{aA}	26,64±9,90 ^{ba}	35,27±4,04 ^{aB}	31,68±3,55 ^{aB}	32,70±8,56 ^{aB}
Gerezdek száma (db)	16,00±1,58 ^{ba}	13,70±3,41 ^{aA}	13,93±1,87 ^{aA}	17,71±1,99 ^{bb}	14,10±3,12 ^{aA}	15,43±2,32 ^{aB}

Jelmagyarázat: a kisbetűk (a, ab, b) egy fajtán belül jelölik az öntözési kezelések közötti szignifikáns különbségeket, a nagybetűk (A, B) azonos öntözési kezelés mellett a fajták közötti szignifikáns különbségeket jelölik; ET: korlátlan vízutánpótlás.

Köszönetnyilvánítás

A kutatásokat a Genomics_ROHU (ROHU 00244) projekt támogatta.

Irodalom

- Helyes, L. (2007): Fokhagyma. In: Csorbainé Gógán A. (ed.) *Zöldségtermesztés*. Szent István University, Gödöllő. 253–254.
- Klukáčková, J., Navrátil, M., Duchoslav, M. (2007): Natural infection of garlic (*Allium sativum* L.) by viruses in the Czech Republic. *Journal of Plant Diseases and Protection*, **114**, 97–100.
- Petcov, A.A., Dincu, A.M., Orboi, M.D., Valkovszki, N.J., Bodnár, K. (2026): A hagyma- és fokhagymatermesztés története és jelentősége Romániában és Magyarországon. In: Petcov et al. *Helyi hagyma- és fokhagymafajták termesztésének és genetikai hátterének vizsgálata a román-magyar határon átnyúló régióban, amely az Interreg VI-A Románia-Magyarország Program keretében támogatott*. Agro-Assistance Kft. ISBN: 978-615-02-6157-7. 12–14.
- Szalay, F. (1994): Fokhagyma. In: Balázs S. (ed): *Zöldségtermesztők kézikönyve*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 618–621.
- Tóth-Kurmai, V., Apáti, F., Kelemen, P., Varga, I., Gubacsi, Z., Takács, F., Sebesta, P. Nagypéter, S., Fodor, Z., Sidlovits, D., Mártonffy, B., Kozák, A.A., Kovács, A.V. (2023): *Vöröshagyma*. FruitVeB Bulletin zöldség gyümölcs ágazati jelentés 2013–2022, FruitVeB Magyar Zöldség-Gyümölcs Szakmaközi Szervezet, Budapest. 97.
- KSH (Központi Statisztikai Hivatal, 2026): Fontosabb zöldségfélék termésmennyisége [tonna]. Online: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0016.html

A MÁLNA-GUBACSSZÚNYOG (*Lasioptera rubi*), A MÁLNAVESSZŐSZÚNYOG (*Thomasiniana theobaldi*) ÉS A MÁLNA-KARCSÚDÍSZBOGÁR (*Agrilus aurichalceus*) GUBACSAIBÓL ÉS LÁRVÁIBÓL IZOLÁLT ENDOFITA BAKTÉRIUMTÖRZSEK ÁLTAL KIBOCSÁTOTT ILLÉKONY SZERVES VEGYÜLETEK HATÁSA BODZA (*Sambucus nigra*) HAJTÁSTENYÉSZETEKRE *in vitro*

Tóthné Hortó Annamária¹, Preininger Éva Ágnes², Rétfalvi Tamás⁵, Sipos György⁵, Felföldi Tamás³, Kollányi Gábor⁴, Kirilla Zoltán², Szabó Luca Krisztina², Kutasi József⁴

¹MATE Növénytudományi Doktori Iskola, Gödöllő

²MATE Kertészettudományi Intézet, Gyümölcstermesztési Kutatóközpont, Budapest, ³Sarród

⁴Eötvös Loránd Tudományegyetem, Mikrobiológiai Tanszék, Budapest

⁵Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Természetvédelmi Intézet, Sopron

⁵Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdő- és Természeti Erőforrás-gazdálkodási Intézet, Sopron

A holobiontkonceptió szerint a növényi levél-, szár- és gyökérszövetekben általánosan megtalálható *Phyllobacterium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Microbacterium*, *Pantoea* vagy *Herbaspirillum* baktériumok a magasabb rendű növényekben és felületükön élve növekedésserkentő hatásúak az általuk kibocsátott illékony szerves anyagok (Volatile Organic Compounds, VOCs) miatt. Ezért a málna-gubacsszúnyog (*Lasioptera rubi*), a málnavessző-szúnyog (*Thomasiniana theobaldi*) és a málna-karcsúdíszbogár (*Agrilus aurichalceus*) gubacsaiból és lárváiból izolált endofita baktériumtörzsek hatását vizsgáltuk bodza (*Sambucus nigra*) hajtástenyészetek fejlődésére, egymástól fizikailag elkülönítve, de közös gáztérben. Mértük a növényi biomassa növekményét, így a feltételezett VOC-vegyületek indukciós kapacitását, valamint a kibocsátott VOC-vegyületeket SPME-GC-MS analitikai módszerrel. A málna gubacsaiból és a lárvákból felületi fertőtlenített körülmények között a baktériumokat izoláltuk, majd a 16S rRNS génszekvencia-elemzése alapján azonosítottuk. A Petri-csészékben felszaporított baktériumtenyészeteket a mikroszaporított bodzahajtások közé helyeztük *in vitro* fedetlenül, majd hermetikusan lezártuk. 30 nap után megvizsgáltuk a baktériumtörzsek pozitív vagy gátló hatását: a növények méretét, szaporodási rátáját, a szaporulatok méretét, a hajtások esetleges kalluszosodását. Eredményeink szerint az izolált mintegy 20 törzs közül az MG/H2 törzsnél világoszöld levéllemezt és kismértékű kalluszosodást figyeltünk meg, sok oldalhajtással. A DL/5/2-es törzsnél sárgás színű, juvenilis leveleket tapasztaltunk, törekenyebb főszárral, nagyobb mértékű kalluszosodással. Az MG/P2 törzs hatására élénkebb zöld színű levéllemezt figyeltünk meg a hajtásokon, a főszár viszont jelentősen megnyúlt az oldalhajtásokhoz képest. Az MG/P3-as törzsnél nagy fokú hajtásképződést és sok oldalhajtást figyeltünk meg. Itt a növekedés mértéke szignifikánsan mérhető volt. A DL/5/1/2 törzsnél hamar előregedő alsó leveleket tapasztaltunk, nagy fokú kalluszosodási és mérsékelt szaporodási képességgel. A DL/6/1 törzsnél szignifikánsan nagyobb volt az eredeti főhajtás szárrésze, amit a növényi biomassa mérése is igazolt. Megállapítható, hogy a növényi növekedést serkentő VOC-ok kibocsátásában a DL/6/1-es, a DL/5/2-es és az MG/P3-as törzs bizonyult a leghatékonyabbnak, míg a DL/5/1/2-es törzsnél meglepő volt a gátló hatású VOC-kibocsátás. Az *in vitro* tenyészek légköréből vett gázminták gázkromatográfiás vizsgálatai folyamatban vannak, és az előzetes eredmények igen biztatóak, jelezve, hogy nagyszámú VOC-vegyületet sikeresen izoláltak és detektáltak.

A BÚZA NYOMMENTES GENOMSZERKESZTÉSE LISZTHARMAT-REZISZTENCIA LÉTREHOZÁSA CÉLJÁBÓL

Kis András¹, Polgári Dávid^{2,3}, Mohammad Ali¹, Sepsi Adél³, Vámos Zsigmond¹,
Sági László³, Havelda Zoltán¹

¹MATE Genetika és Biotechnológia Intézet, Gödöllő

²MATE Növénytermesztési-tudományok Intézet, Gödöllő

³HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A modern mezőgazdaság előtt álló kihívások – mint az éghajlatváltozás, a népességnövekedés és az erőforrások szűkössége – megkövetelik, hogy a növénytermesztés minden rendelkezésre álló eszközt összehangoltan használjon. A genomszerkesztés (pl. a CRISPR/Cas9 technológia) korunk egyik leginnovatívabb vívmánya, ami nem helyettesíti, hanem precíziós eszközként kiegészíti vagy felgyorsítja a hagyományos nemesítési eljárásokat. Az Európai Unióban jelenleg fordulat zajlik a genomszerkesztés jogi szabályozásában, ami megnyithatja az utat az új genomikai technikák (NGT) előtt.

A génszerkesztés leghatékonyabb kivitelezési módja, ha a DNS hasításáért felelős Cas-fehérje és a célszekvenciát kijelölő guide RNS génjeit beépítik, és konstitutívan működtetik a növényi genomban, majd a mutáció(k) előállítását követően eltávolítják azokat. A génátvitel során azonban kisebb DNS-szakaszok is beépülhetnek a kromoszómákba, amelyek azonosítása nehézkes és költséges, vagy esetleg más, nem kívánt tulajdonságokat is létrehozhatnak. Az EU irányelve, hogy az NGT-1 kategóriába sorolt növényeket (amelyekre nem vonatkoznak majd a szigorú GMO-szabályok) úgy állítsák elő, hogy a végtermékben ne maradjon idegen DNS. Ennek elérésére kutatócsoportunk kidolgozott és szabadalmaztatott egy búza × árpa (*Hordeum vulgare* L.) keresztezésre alapozott búzagenom-szerkesztési eljárást, amelynek során a végrehajtó géneket (Cas9 és guide RNS) az árpagenomra, mint hordozóra, helyezzük el. A hibrid növényben indukált, specifikus genomi mutációk létrejöttét követően búzával történő visszakeresztezéssel, a szegregációt kihasználva állítjuk elő az árpagenomtól és transzgenektől mentes, mutáns búzavonalat.

Egy Proof of Concept kísérletben búzalisztharmat (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) rezisztencia kialakítása érdekében egy, a *TaMlo* homeoallélokra tervezett guide RNS-sel sikeresen hozunk létre mutációkat 'Mv Magdaléna kr1' genotípusban. A mutáns F₁ hibridet *in vitro* felszaporítottuk, majd búzával visszakereszteltük. Az F₁BC₁ nemzedékben csak teljes búza- és árpa-kromoszómakészletű hibrideket kaptunk, amelyek hímsterilnek bizonyultak, ezért további visszakereszteezést hajtottunk végre vad típusú búzával. Az F₁BC₂ nemzedékben két növényről összesen 69 utódot neveltünk fel, amelyek random számban és eloszlásban tartalmazták a különböző árpakromoszómákat. Négy növényben nem volt jelen árpakromoszóma, és ezek közül kettő növény tartalmazott mutációkat a *TaMlo* génekben. A homozigóta mutánsok kiválasztását követően a jövőben tervezzük azok üvegházi és – amennyiben a jogszabályok megengedik – szabadföldi tesztelését a lisztharmat-rezisztenciára vonatkozóan.

A kutatásokat az NKFIH (FK-134264, STARTING-152387, Nemzeti Laboratóriumok Program [RRF-2.3.1-21-2022-00007]), a MATE (KKP és KKCSF, PoC pályázatok) és a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00599/22) támogatta.

BURGONYA KÓROKOZÓ-ELLENÁLLÓSÁGÁBAN SZEREPET JÁTSZÓ GÉNEK ELMUTÁLÁSA CRISPR/CAS GENOMEDITÁLÁSSAL

Éva Csaba¹, Jeny Jose¹, Tetiana Kyrpa¹, Zana Lika¹, Hamow Kamirán Áron¹,
Bozsó Zoltán², Bakonyi József², Bánfalvi Zsófia³, Balázs Ervin¹, Sági László¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet, Budapest

³MATE Genetika és Biotechnológia Intézet, Gödöllő

A burgonya (*Solanum tuberosum* L.) fontos élelmisznőnővényünk, termesztését azonban több kórokozó veszélyezteti. A *Ralstonia solanacearum* (Rs) egy nagyon változatos és hatékony biotróf növényi kórokozó, amelynek a burgonya az egyik fő tápnővénye, és baktériumos hervadást okoz. A Rs ma már Európában is jelen van és elterjedt, de karantén-kórokozónak minősül. Az Oomycetes *Phytophthora infestans* (Pi) közel obligát hemibiotróf kórokozónak számít természetes és szántóföldi környezetben is. Az általa okozott burgonyavész az egyik legpusztítóbb burgonyabetegségnek tartják világszerte. Ezeknek a fertőzéseknek a kimenetele a kórokozó virulenciafaktorain, illetve a növény rezisztencia- és érzékenységi génein múlik. Az érzékenységi gének olyan gazdafehérjéket kódolnak, amelyek a kórokozó behatolását és növekedését segítve létrehozzák a kórokozó-gazda kompatibilitást. Kevés burgonyafajtát ismerünk, ami rezisztens a fenti kórokozók (Rs, Pi) ellen, de új rezisztenciák kialakítása során támaszkodhatunk a velük kapott tapasztalatokra (érzékenységi gének expressziója csökken a fertőzés során). Elméletünk szerint a burgonya ellenálló képessége javítható fontos kártevői, a Rs és Pi ellen az érzékenységi gének kiütésével.

A választott módszerünk a CRISPR/Cas genomeditálás. Ennek megvalósításaként hagyományosan stabil, transzgenikus növényt állítanak elő, ahol a transzgenek (itt Cas9 és sgRNS) terméke mutálja, üti ki a megcélzott saját burgonyagént. A módszerrel hasznos tapasztalatokat szereztünk, és már több modell- és hazai burgonyafajtán ('Désirée', 'Balatoni Rózsa', 'Botond') is sikerrel alkalmaztuk. Ugyanakkor a transzgenek jelenléte jogi és társadalmi bonyodalmakat okoz, ezért képezzük magunkat, saját munkákban, illetve külföldi tartózkodás során tanultuk a Cas9/sgRNS által alkotott ribonukleoprotein komplex bejuttatásán alapuló transzgenmentes genomeditálást is.

Eredményeink többségét eddig a stabil transzgenes CRISPR/Cas9 genomeditálással értük el. A barnulási enzimek, a polifenol-oxidázok kódoló génjének elmutálása csökkentette a burgonya barnulását, ami egy gyakran használt minőségjavítási praktika. Adataink ugyanakkor ennek a megközelítésnek az árára hívják fel figyelmet, hiszen a burgonya fogékonyabb lett a Rs baktériumos fertőzésre. Érzékenységi génjelöltjeink közül a kalmodulinszerű fehérjék, a DMR6 szalicilsavbontó enzim génje és az miR396 mikro-RNS kiütésének hatására is változott a burgonya rezisztenciája Rs és/vagy Pi kórokozókkal szemben. A legelőrehaladottabb állapotban az miR396-os munka van, ahol a mutáció a Rs-mal szembeni rezisztencia növekedését, de a Pi-szal szembeni ellenállóság csökkenését okozta, és PCR- és transzkriptom-adatok alapján valószínű magyarázatot is tudunk adni az eredményre (proteázinhibitorok expressziójának növekedése). Munkánk folytatásához forrásra van szükség. Amennyiben ezt megkapjuk, akkor a jövőben GMO-mentes és kórokozó-ellenálló burgonyagenotípusokkal fogjuk tudni szolgálni a hazai burgonyanevelést.

A kutatásokat az OTKA NKFI K-132829 és az ATK-MATE 0205K0035P pályázat, valamint a Nemzeti Laboratórium Program (száma: RRF-2.3.1-21-2022-00007) támogatta.

EPIGENETIKAI ÚJRAPROGRAMOZÁS EGY BÚZA-ÁRPA ADDÍCIÓS VONALBAN

Hidvégi Norbert, Molnár István, Gulyás Andrea

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A globális élelmezésbiztonság fenntartása és a klímaváltozás okozta abiotikus, illetve biotikus stresszfaktorok mérséklése a modern növénynevelés legfőbb kihívásai közé tartozik. A hexaploid kenyérbúza (*Triticum aestivum*) genetikai diverzitása növelhető interspecifikus hibridizáció segítségével, például az árpából (*Hordeum vulgare*) származó kromatinállomány beépítésével. A távoli genomok egyesítése azonban gyakran egy ún. „genomikai sokkot” idéz elő, amelyet gyors genetikai és epigenetikai átrendeződés jellemez a genomikai inkompatibilitás leküzdése érdekében. Mindez módosíthatja az idegen és a recipiens genom génjeinek kifejeződését. Az epigenetikai szabályozás főbb típusai közé tartoznak a hisztonmódosulások, a nemkódoló RNS-ek közvetítette folyamatok, a kromatinszerkezet-átalakulások és a DNS-metiláció. Vizsgálatunkban a DNS-metilációra koncentráltunk, amely növényekben három szekvenciakörnyezetben (CpG, CHG, CHH) zajlik, és jelentős szerepet játszik a génexpresszió szabályozásában. Míg a promoterre lokalizált metiláció általában gátolja a génaktivitást, a géntestek CpG-metilációja stabil génexpresszióval jár; a nem-CG-metiláció elsősorban a transzpozonok és ismétlődő elemek inaktíválására szolgál. A hibrid genomok DNS-metilációs kölcsönhatásai kevésbé ismertek. Kutatásunk célja egy búza-árpa 7H addíciós vonal és szülői genotípusainak epigenomikai térképezése, különös tekintettel a metilációs mintázatok és az epigenetikai stabilitás vizsgálatára.

A kísérlet során egy stabil búza-árpa 7H addíciós vonalat, valamint a szülői genotípusokat ('Mv9kr1' őszi búza és 'Igri' őszi árpa) vizsgáltuk. A levélmintákat a 4 °C-on, kontrollált körülmények között vernalizált kis növényekből a 6. héten vettük. Az epigenetikai térképezéshez RRBS szekvenálást alkalmaztunk, amely *MspI* restrikciós enzimmel dúsította a CpG-gazdag genomi régiókat. A könyvtárakat Illumina NextSeq 2000 platformon szekvenáltuk.

A technikai validáció kimagasló, 96% feletti biszulfites konverziós hatékonyságot és robusztus biológiai reprodukálhatóságot (CpG átlagos $r = 0,906$) igazolt. Az adatok elemzése egy korábban ismeretlen „aszimmetrikus epigenom-átrendeződés” modellt tárt fel. A recipiens búzagenom makroszinten stabil maradt (összesített CpG-csökkenés 3,3%), de a differenciálisan szabályozott régiókban kiterjedt hipometilációt (–12,5%) szenvedett el. Ez a hipometiláció a GSEA (*Gene Set Enrichment Analysis*) alapján a fenilpropanoid-bioszintézis, az immunválasz és a stresszadaptáció célzott aktivációjával párosult. Ezzel szemben az idegen 7H árpakromoszóma a csendesítés érdekében globálisan hipermetilálódott (CpG +3,0%, CHH +9,8%). Ugyanakkor a 7H kromoszóma mikroszinten 58 gén drasztikus demetilációját (CpG –33,1%) tapasztaltuk. Ez a DNS-metilációs változás az abszcizinsav (ABA) jelátvitelt, az autofágia és a sejtfalszintézis folyamatait érintette. Ezek a mélyreható ismeretek új távlatokat nyitnak a modern, klímaadaptív növénynevelésben. A jövőben a CRISPR-Cas9-alapú epigenom-szerkesztési technológiák alkalmazása a demetilált lokuszok (pl. a GSO2 vagy az ABA-szabályozó régiók) epigenetikai „újraírására” vagy a ROS1a/RdDM útvonalak átmeneti gátlására áttörést hozhat a hibridinkompatibilitás leküzdésében és a stabil, magas hozamú klímareziliens kalászos gabonák előállításában.

Kísérleteinket a martonvásári kiváló kutatási infrastruktúra (KI3-133-E), az NKFIH (ADVANCED150531, TKP2021-NKTA-06), a HUN-REN ATK Fiatal Kutatói pályázat és az EU Horizon Europe COUSIN (Nr. 101135314) projekt támogatja.

AZ *StCDF1* GÉN SZEREPÉNEK VIZSGÁLATA A TETRAPLOID 'DÉSIRÉE' BURGONYAFAJTÁBAN

Villányi Vanda, Karsai-Rektenwald Flóra, Bánfalvi Zsófia

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Gödöllő

A burgonya világszerte az egyik legjelentősebb élelmisznőnövény, termésmennyisége megközelíti az évi 400 millió tonnát. A termesztett burgonyafajták gazdasági értéke és termesztetősége összefügg a gumóképzés megindulásának idejével, amelyet – közvetve – az *StCDF1* gén működése határoz meg. Az *StCDF1* emellett számos más, például a vegetatív fejlődéssel kapcsolatos gén működését is befolyásolja.

Az *StCDF1* gén 'Désirée' burgonyafajtában betöltött szerepének vizsgálatára célzott mutagenézist végeztünk az *StCDF1* génben. A mutagenézis után kiválasztott, hat mutáns vonalat fenotipizáltuk, a mutáns allélok szekvenciáit elemeztük, és leveleikben az *StCDF1* gén expresszióját RT-qPCR-mérésekkel összehasonlítottuk a vad típusával. Az *in vitro* szaporítás után a C.8 és C.9 számú mutáns vonalak hosszanti növekedése erőteljesebb, míg a C.15, C.33 és C.50 vonalak növekedése gyengébb volt a kontroll 'Désirée' növényekéhez viszonyítva. A C.8 és C.9 vonalak intenzívebb növekedése az üvegházban cserépbe kiültetett növények esetében is fennmaradt. A C.8 vonalra emellett jellemző volt a levélerek mentén feltűnő világoszöld elszíneződés, ami összhangban volt azzal, hogy az *StCDF1* expressziója ezen a területen magas. Ebből arra következtettünk, hogy ebben a mutáns vonalban az *StCDF1* működésbeli változása hatással lehet a kloroplasztizok mennyiségére vagy a klorofill-bioszintézisre. Minden mutáns vonalra jellemző volt, hogy a levelek fejlődése később a kontrollhoz képest. Az összetett levelek a fejlődés során csak később alakultak ki, mint a vad típusú 'Désirée'-ben, és ezzel összhangban a vegetációs periódusuk vége is későbbre tolódott. A gumófejlődés üteme némileg eltért a vonalak között: a C.9, C.33 és a C.50 vonalak a többitől eltérően, később kezdték el fejleszteni a gumót, és azok később kezdtek csírázni, mint a kontroll növényekéi. Ennek megfelelően a belőlük fejlődő új növények vegetációs periódusa később indult és valamivel tovább is tartott, mint a többi vonalé. A gumókból tárolás során fejlődő csírák hossza és elágazásuk mértéke is jellegzetesen eltért a vonalak között. Mindezekből arra következtettünk, hogy az *StCDF1* gén nemcsak a gumók fejlődését, de azok csírázását is befolyásolja. Vonalainkban a 3' nem transzlált régióra terveztük a guide RNS-eket, majd azt kerestük, hogy a régióban keletkező mutációk megváltoztatják-e a *CDF1* gén expresszióját. Többféle primerkombinációval is megvizsgálva azt találtuk, hogy bizonyos vonalakban a génexpresszió szignifikánsan megváltozott. A C.8 és a C.5 vonalak esetében alacsonyabb volt a *CDF1* expressziója a kontroll növényekéhez képest. Üvegházban nevelt növények esetében a C.9 és a C.33 vonalakban, *in vitro* növényeknél a C.53 vonalban volt magasabb a *CDF1* expressziója. Ennek a három vonalnak a magasabb *CDF1*-expressziója összhangban volt a gumófejlődés késleltetett megindulásával. A mutáns allélok szekvenciáinak elemzése során arra a következtetésre jutottunk, hogy mind a fenotípusban, mind a génexpresszióban megjelenő különbségek nemcsak a deléciók méretére és a mutáns allélok számára vezethetők vissza, hanem arra is, hogy mely vad allélok szekvenciáját változtattuk meg.

A kutatást az NKFIH (K_146328) támogatta.

KUKORICA (*Zea mays* L.) GENOTÍPUSOK FOTOSZINTÉZIS-PARAMÉTEREI, TRANZSPIRÁCIÓJA ÉS VÍZFELHASZNÁLÁSI HATÉKONYSÁGA KEDVEZŐ ÉVJÁRATBAN

Csajbók József, Gaganetz Dániel, Virág István Csaba, Kutasy Erika

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Debrecen

A Debreceni Egyetem AKIT Látóképi Kísérleti Telepén, a Hajdúsági-löszháton, szántóföldi kisparcellás kísérletben végeztünk vizsgálatokat, hat kukoricagenotípust ('KWS Kashmir', 'P0023', 'P0216', 'DKC4351', 'SY Batanga', 'Mv Kadricorn') bevonva, a kukorica számára kedvező vízellátottságúnak tekinthető 2020-as tenyészidőszakban. Arra kerestünk választ, vajon azonosíthatók-e különbségek a kukoricagenotípusok között, a fotoszintézis-paraméterek és vízhasznosítás tekintetében, kedvező évjáratban is. Az április és szeptember közötti időszakban lehullott csapadék összege 442,3 mm volt, amely 112,5 mm-rel haladta meg a 30 éves átlagot. A TET:PET arány 81,5%, míg a módosított Pálfi-féle aszályindex $2,2\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ mm}$ értéket mutatott; mindkét mutató aszálymentes évjáratra utal. Ugyanakkor a tenyészidőszak átlaghőmérséklete Látóképen $16,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt, ami $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal alacsonyabb a 30 éves átlagnál ($17,7\text{ }^{\circ}\text{C}$), ez a kukorica fejlődése szempontjából kedvezőtlennek tekinthető.

A tenyészidőszak során négy alkalommal végeztünk fotoszintézis-méréseket június 10. és augusztus 31. között. A nettó asszimilációs ráta elemzése $p = 5\%$ szinten minden mérési időpontban szignifikáns különbségeket mutatott a vizsgált kukoricagenotípusok között. A legnagyobb nettó asszimilációs értékeket valamennyi genotípus esetében július 9-én, míg a legkisebbeket augusztus 31-én mértük. A 'P0023' (FAO 450) genotípus levelein minden időpontban magasabb nettó asszimilációs rátát regisztráltunk a többi genotípushoz képest. A kedvező vízellátottság ellenére a nettó fotoszintézis intenzitása a csúcspont idején is csupán $28,95 \pm 2,13$ és $34,56 \pm 4,51\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ között alakult, ami kukorica esetében közepes értéknek tekinthető. Ennek hátterében feltehetően a csapadékos időjárással együtt jelentkező viszonylag alacsony hőmérséklet állt.

A transzspiráció vizsgálata szintén $p = 5\%$ szinten szignifikáns különbségeket igazolt a genotípusok között minden mérési időpontban. A legnagyobb transzspirációs értékeket augusztus 6-án mértük, kivéve a 'P0023' és a 'SY Batanga' genotípusokat, amelyeknél a második mérési időpontban (július 9.) volt intenzívebb a transzspiráció.

Az első két mérési időpontban a genotípusok között nem mutatkozott szignifikáns eltérés a vízfelhasználási hatékonyság (WUE) tekintetében. A genotípusok átlagában a legnagyobb transzspirációval jellemezhető augusztus 6-i méréskor adódott a legalacsonyabb WUE-érték. Magasabb vízhasznosítási hatékonyságot július 9-én és augusztus 31-én regisztráltunk, azonban eltérő okok következtében. Július 9-én az intenzív fotoszintézis mérsékelt transzspirációval párosult, míg augusztus 31-én a kissé csökkenő nettó asszimiláció mellett rendkívül alacsony transzspiráció eredményezett kedvezőbb vízhasznosítást. A tenyészidő során a 'SY Batanga' genotípus WUE-értéke ($28,82 \pm 3,27$ - $37,98 \pm 1,51\text{ kg CO}_2 / \text{m}^3\text{ H}_2\text{O}$) változott a legkisebb mértékben, míg a legnagyobb ingadozást a 'P0023' genotípus mutatta, ahol az értékek $36,06 \pm 2,33$ és $60,06 \pm 7,13\text{ kg CO}_2 / \text{m}^3\text{ H}_2\text{O}$ között alakultak. A WUE értékei nagyon hasonló lefutást mutattak, mint a nettó asszimilációs ráta. A fenti eredmények azt mutatják, hogy a vízhasznosítást elsősorban nem a transzspiráció, hanem a fotoszintézis intenzitása határozta meg.

A kutatásokat a GINOP-2.2.1-15-2016-00021 projekt támogatta.

VERTIKÁLIS RENDSZERŰ BÚZAFŰMIKROZÖLDSÉG-ELŐÁLLÍTÁS ELTÉRŐ FÉNYVISZONYOK KÖZÖTT: MÚLT, JELEN ÉS JÖVŐ

**Meier Orsolya, Szatmári Patrik, Fári Miklós Gábor, Koroknai Judit, Tóth Csaba,
Veres Szilvia, Domokos-Szabolcsy Éva**

*Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Alkalmazott Növénybiológiai Intézet, Debrecen*

A vertikális rendszerű növénytermesztés gondolata nem a XXI. század innovációja: gyökerei a XX. század első feléig nyúlnak vissza. Közel egy évszázaddal ezelőtt Ereky Károly – a biotechnológia atyja, az akkori magyar közlekedési miniszter – beszámolt egy amerikai fejlesztésű, gázzal fűtött fűtermelő berendezésről, amely téli időszakban mesterséges körülmények között állított elő fiatal zöldtakarmányt a tojótúrák termelésének fokozására. A technológiai fejlődés hamarosan Európában is megjelent: 1928–1933 között a Berliini Egyetem Növényélettani Intézetében és Grossbeerenben olyan növénynevelési kísérletek zajlottak, amelyek már a napfény pótlására is irányultak. Az 1936-os mezőgazdasági kiállításon bemutatott német csíráztató szekrény, valamint a londoni „Cabinet Culture” rendszer – amelyről Ráskay László számolt be 1936-ban – a föld nélküli, hidropóniás termesztés korai példái voltak. A dr. Hitchin Thomas és V. C. Dashwood angol kutatók által kidolgozott, többszintes, polcos elrendezésű rendszer víziója szerint „ezer hold helyett száz polc” jelenthette a jövő nagybirtokát. A jelen kutatásai e történeti előzményekre épülnek. A Debreceni Egyetemen kialakított, visszaforgatott vízzel működő, zárt hidropóniás rendszerben búzafű mikroökoszisztémát neveltünk horizontális állványon, reverz ozmózissal előállított víz alkalmazásával. A kísérlet során hét, egyenként ~ 1 cm vetésvastagságú tálcát vizsgáltunk eltérő fényviszonyok között: három tálca teljes sötétben ($0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), négy tálca alacsony intenzitású fotoszintetikusan aktív sugárzás mellett ($11\text{--}25 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Kéthetes nevelést követően összehasonlítottuk a fényen és sötétben termesztett búzafű biomasszatömegét, a kipréselt zöldlét és a visszamaradó rost mennyiségét. Eredményeink rávilágítanak arra, hogy a fénykezelés nemcsak a morfológiai paramétereket, hanem a feldolgozható frakciók arányát is befolyásolja, ami élelmiszeri és funkcionális élelmiszeripari szempontból is jelentős. A HUNOR Magyar Űrhajós Program Vitapric alprogramjában a búza kiemelt szerepet kapott: Kapu Tibor növénynevelési kísérletében a Nemzetközi Űrállomás fedélzetén, általános megvilágítás mellett nevelt búzafűvek túlnőtték a rendelkezésre álló teret, jelezve a rendszer adaptív potenciálját. Az analitikai vizsgálatok folyamatban vannak. A jövő vertikális búzatermesztése szempontjából kulcsfontosságú a genetikai háttér, különösen a törpe, rövid tenyészidejű fajták, mint az 'USU-Apogee' és az 'USU-Perigee', amelyek zárt rendszerekben optimalizált növekedést tesznek lehetővé. A jövő perspektíváját a bioregeneratív élettámogató rendszerek (BLSS), a *seed-to-seed* koncepció, valamint az épületintegrált mezőgazdaság (BIA) jelenti. A múlt innovációi, a jelen kísérleti eredményei és az ürelettani alkalmazások iránya egyaránt azt jelzik, hogy a vertikális rendszerű búzafűtermesztés nem csupán agrártechnológiai alternatíva, hanem a fenntartható élelmiszer-előállítás és az extrém környezeti adaptáció egyik kulcsterülete.

A kutatásokat a Debreceni Egyetem TKP2021-EGA-20 azonosító számú „Biotechnológia” projektje támogatta, amely az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapjából, a TKP2021-EGA pályázati program keretében valósult meg. Az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Tématerületi Kiválósági Program ED_18-1-2019-0028 számon támogatta a Debreceni Egyetem Űrkutatás tématerületi programja keretében. Továbbá a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-KDP-2024 kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Program – Kooperatív Doktori Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

MAGYAR BURGONYA (*Solanum tuberosum*) GENOTÍPUSOK KLOROPLASZTISZGENOMJA

Frank Krisztián¹, Mátyás Kinga Klára², Nagy Erzsébet², Polgár Zsolt^{1,3}, Taller János²,
Wolf István¹

¹MATE Agrárcsoport Kft., Burgonyakutatói Központ, Keszthely

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Festetics
Bioinnovációs Csoport, Keszthely

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet, Keszthely

A burgonya (*Solanum tuberosum* L.) az egyik legfontosabb élelmisznőnővényünk. Alkalmazkodóképességének és világszintű elterjedésének köszönhetően rendkívül változatos megjelenést mutat, ami nagy genomdiverzitással párosul. A különböző fajták és tájfajták olyan genetikai változatosságot hordoznak, amely toleranciát biztosít abiotikus és biotikus stresszhatásokkal szemben, kiváló tápértéket eredményez, valamint kedvezőtlen környezeti feltételek mellett is stabil termést tesz lehetővé.

A kloroplasztiszok genomja a zárvatermőkben nagymértékben konzervált szerkezetű, bár számos mutáció, duplikáció, inzerció/delécio, inverzió és átrendeződés halmozódhat fel benne. A zárvatermők kloroplasztiszgenomja cirkuláris, mérete 72–220 kilobázispár (kbp) között változik, és körülbelül 130 gént tartalmaz. Három keszthelyi burgonyagenotípus ('White Lady', 'Kastia', '89.451') genomszekvenálását végeztük el Illumina platformon. A szekvenált szakaszokból genotípusonként összeállítottuk a plasztiszgenomokat, amelyeket annotáltunk és elemeztünk.

A 'White Lady' teljes kloroplasztiszgenomja 155.549 bázispár (bp) hosszúságú, a 'Kastia' kloroplasztiszszekvenciája 156.388 bp hosszúságú, míg a '89.451' vonal szekvenciája 155.296 bp hosszúságú volt. A három kloroplasztisz génkészlete megegyezett, egyenként 127 gént tartalmazott, amelyek közül 82 fehérjekódoló, 8 riboszomális RNS (rRNS) és 37 transzfer RNS (tRNS). Mindhárom genom a tipikus, zárvatermőkre jellemző szerkezetet mutatta; egy *large single-copy* (LSC) és egy *small single-copy* (SCP) régióból áll, amelyeket egy pár inverz ismétlődő szakasz (*inverted repeat*, IR) választ el.

A legnagyobb strukturális különbség a genotípusok között egy 845 bp hosszúságú inzerció a 'Kastia' szekvenciában, valamint egy 241 bp hosszúságú delécio a '89.451' vonalban. Az utóbbi indelt korábban leírták és a nemesített burgonyákra jellemzőnek feltételezték, de nem minden burgonyafajtában található meg. A nagyobb méretű indel az eddig elérhető szakirodalmakban nem került leírásra, eredete ismeretlen. A keszthelyi nemesítési programban különböző vadfaj-eredetű szülői vonalak is felhasználásra kerültek; feltételezzük, hogy ezekből származhat ez a szekvenciaváltozat. Az elérhető *S. stoloniferum* és *S. andigenum* kloroplasztisz-genomszekvenciákban sem található meg ez az inzerció. További *Solanum*-fajok kloroplasztiszgenomjának az összehasonlító elemzése adhat választ arra a kérdésre, hogy honnan eredhet ez a változat. Konzervált jellegük és viszonylag gyors evolúciós rátájuk miatt a plasztiszgenomok régóta központi szerepet töltenek be a növényi molekuláris evolúciós és filogenetikai kutatásokban. A burgonya kloroplasztiszszekvenciái felhasználhatók a *Solanum*-fajok és más zárvatermők evolúciós kapcsolatainak vizsgálatára. Emellett molekuláris markerek fejlesztését is támogathatják a burgonyafajták azonosításához, valamint betekintést nyújthatnak a genomi átrendeződések mechanizmusaiba, különösen a termesztett burgonya nemesítésével kapcsolatos filogenetikai és molekuláris evolúciós kérdések megválaszolásához.

A kutatásokat a Széchenyi 2020 program (GINOP-2.3.2-15-2016-00054) támogatta.

HORDOZHATÓ FOTOMETRIÁS KÉSZÜLÉKEK FELHASZNÁLÁSA A KUKORICA TERMÉSBECSLÉSÉBEN

Spitkó Tamás, Csepregi-Heilmann Eszter, Szőke Csaba, Berzy Tamás

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A termesztett növények termésének előzetes becslése kiemelt jelentőséggel bír a mezőgazdasági gyakorlatban, mivel alapvetően befolyásolja a betakarítással, a tárolással és az értékesítéssel kapcsolatos döntéseket. A termés mennyisége és minősége szoros összefüggésben áll a vegetációs időszak során zajló fotoszintetikus aktivitással, amely meghatározza az asszimiláták képződésének intenzitását, valamint azok beépülését a generatív szervekbe. A nagyobb fotoszintetikusan aktív levélfelülettel és magasabb klorofilltartalommal rendelkező növények esetében általában nagyobb termésmennyiség érhető el, különösen kedvező környezeti feltételek mellett.

A fotoszintetikus aktivitás jellemzésére az elmúlt évtizedekben egyre szélesebb körben alkalmaznak fotometriás elven működő, hordozható mérőeszközöket, amelyek lehetővé teszik a növényállomány állapotának gyors, roncsolásmentes és számszerűsített vizsgálatát. Jelen kutatás során az NDVI-értéket mérő GreenSeeker™, valamint a levelenkénti klorofillkoncentráció meghatározására alkalmas SPAD-502 készüléket alkalmaztuk. Ezek az eszközök lehetőséget biztosítottak a fotoszintetikusan aktív zöldfelület és a klorofilltartalom nyomon követésére a vegetáció különböző fenológiai fázisaiban.

A vizsgálat célja annak meghatározása volt, hogy a vegetáció során több időpontban végzett mérések alapján lehetséges-e a szezon végén betakarítható termés mennyiségének előrejelzése, valamint hogy az előrejelzés megbízhatósága miként alakul eltérő környezeti feltételek és genotípusok esetében. Külön figyelmet fordítottunk az átlagos csapadékelátottságú és az aszályos évjáratok összehasonlítására, mivel a vízellátottság jelentős hatással van a fotoszintetikus aktivitásra, a levélfelület alakulására és végső soron a termés képződésre.

Az adatok statisztikai feldolgozása során elemeztük a különböző fenológiai fázisokban mért NDVI- és SPAD-értékek, valamint a betakarításkor meghatározott termésmennyiség közötti korrelációt. Vizsgáltuk a korreláció erősségének időbeli változását, illetve azt, hogy a betakarítás közeledtével erősödik vagy gyengül-e az összefüggés. A kutatás egyik központi kérdése volt annak megállapítása, hogy a termés előrejelzése már virágzáskor, vagy akár azt megelőző fenológiai fázisokban is megbízhatóan elvégezhető-e.

Eredményeink hozzájárulhatnak a növényállomány állapotán alapuló, objektív termésbecslési módszerek fejlesztéséhez, valamint a precíziós növénytermesztési technológiák hatékonyabb alkalmazásához, különösen a változó környezeti feltételekhez való alkalmazkodás szempontjából.

A TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

ÉVELŐ VAD FAJOK BEVONÁSA A KENYÉRBÚZA BIOTIKUS ÉS ABIOTIKUS STRESSZEL SZEMBENI TOLERANCIÁJÁNAK JAVÍTÁSÁRA

Kruppa Klaudia, Türkösi Edina, Szakács Éva, Fatemeh Gholizadeh, Gaál Eszter, Ivanizs László, Hidvégi Norbert, Gulyás Andrea, Lángné Molnár Márta, Molnár István

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A hazai és globális élelmezésbiztonság fenntartásához olyan nagy termőképességű, ugyanakkor stabilan alkalmazkodó kenyérbúzafajtákra van szükség, amelyek képesek ellenállni a biotikus (kórokozók) és abiotikus (aszály, sóstressz, hőmérsékleti szélsőségek) stresszhatásoknak. A búza genetikai diverzitásának bővítésében kiemelt szerepet játszanak a rokon évelő vad fajok, amelyek számos, a termesztett genotípusokból hiányzó adaptív allélt hordoznak.

A világszerte elterjedt 1B.1R búza-rozs transzlokáció monofiletikus ('Petkus') eredete beszűkült rezisztenciaforrást jelent, ezért alternatív génforrások bevonása szükséges. Az évelő hegyi rozs, a *Secale strictum* ssp. *anatolicum* kiváló télállósággal, szárazságtűréssel és betegség-ellenállósággal rendelkezik. A kultúrrozs és e vad faj hibridjéből létrehozott *Secale cereanum* 'Kriszta' bevonásával előállítottuk számos, introgressziót hordozó búzavonalat, amelyek közül néhány rekombináns 1RS kromoszómakart hordoz, amelynek köszönhetően levél- és sárgarozsda-rezisztenciát mutat. Az izolált 1B.1R kromoszóma szekvenálása során 15 NBS-LRR rezisztenciagén-analógot azonosítottunk.

A *Thinopyrum* nemzetség évelő fajai további értékes génforrások. A *Thinopyrum intermedium* × *Thinopyrum ponticum* mesterséges hibridből származó 'Gla8' vonalban fluoreszcens *in situ* hibridizációval és *genotyping-by-sequencing* analízissel igazoltuk a 3D búzakromoszóma 3St *Thinopyrum*-kromoszómával történő cseréjét. A vonal jó termékenységet mutatott, féltörpe fenotípussal (*Rht8*, *Rht2*). Virágzáskori, tíznapos vízelvonás után, automatizált fenotipizálással hatékony vízmegőrzést, fenntartott fotoszintetikus aktivitást (NDVI, mND705) és mérsékelt stresszválaszt detektáltunk. A vastagabb, nagyobb térfogatú gyökérzet alacsonyabb felszín/térfogat aránnyal kedvezőbb vízraktározást tett lehetővé.

A 44 kromoszomás addíciós vonalban ('Gla7') egy egyedi Robertsoni-transzlokációt (4StS·1JvsS) azonosítottunk. A vonal erős levél- és sárgarozsda-rezisztenciát, valamint fokozott virágzáskori szárazságtoleranciát mutatott, miközben hároméves szántóföldi vizsgálatban agronómiai teljesítménye és termésszintje a recipiens búzáéval megegyezett. A biotikus rezisztenciát tenyészkerti és indukált fertőzési körülmények között validáljuk, miközben molekuláris markerek fejlesztésével támogatjuk a célzott introgressziót.

Sóstressz (0, 100, 200 mM NaCl) alatti csírázási vizsgálatokban a *Thinopyrum*-introgressziós vonalak genotípusfüggő toleranciát mutattak. A 'Gla8' vonalban a *TaSOS1* és *TaNHX1* iontranszportergének fokozott expressziója a nátriumexklúzió és -kompartmentalizáció hatékonyabb működésére utal, ami megerősíti az idegen kromatin adaptív szerepét.

Eredményeink bizonyítják, hogy az évelő *Secale* és *Thinopyrum* génforrások molekuláris citogenetikai és genomikai eszközökkel hatékonyan integrálhatók a búzanemesítésbe, hozzájárulva a rozsdarezisztencia, a szárazság-, valamint a sótűrés javításához.

A kutatásokat a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal Advanced 150531, FK145848 és TKP2021-NKTA-06, valamint az EU Horizon Europe COUSIN 101135314, továbbá a BO/00013/25/4 számú Bolyai János Kutatási Ösztöndíj pályázat támogatta.

6B/6G MONOSZÓMÁS SZUBSZTITÚCIÓS VONALAK A BÚZA (*Triticum aestivum* L.) NEMESÍTÉSÉBEN

Pance Miklós Álmos, Uhrin Andrea, Molnár István, Mikó Péter

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A klímaváltozás negatív hatásai és a kenyérbúza (*Triticum aestivum* L.) szűk genetikai bázisa miatt egyre nagyobb szükség van a vadon élő rokon fajok (*Crop Wild Relatives*, CWR) – például a *Triticum timopheevii* – bevonására a nemesítési programokba. A kutatás célja egy 6B/6G monoszómás szubsztitúciós vonal létrehozása monoszómás és diszómás vonalak keresztezésével, amely utódgenerációiban megjelenő 6B/6G transzlokációk javíthatják a búza genetikai változatosságát, és elősegíthetik a kedvező agronómiai tulajdonságok, például a betegség-ellenállóság fejlesztését. A vad fajokat is fenntartó Martonvásár Gabona Génbank ezért egyre fontosabbá válik a modern búza nemesítésében, mivel a növény szűk genetikai diverzitással rendelkezik. A kísérlet során anyai partnerként a *T. aestivum* 'Rannaja' 6B monoszómás vonalát ($20^{II} + 1^I$ 6B), apai partnerként pedig egy 6G diszómás addíciós vonalat ($21^{II} + 1^{II}$ 6G) használtunk, amelynek idegen kromatinja a *T. timopheevii* subsp. *armeniicum* vad alfajából származik. A fiatal növények levélrozsa elleni rezisztenciáját üvegházi körülmények között, mesterséges fertőzéssel vizsgáltuk. A megfelelő kromoszómaszámú szülői egyedek azonosításához a Feulgen-módszert, azok kromoszómainak azonosításához pedig – ahogy az utódok kromoszóma-összetételének vizsgálatához is – fluoreszcens *in situ* hibridizációt (FISH) alkalmaztunk.

A levélrozsa-fertőzéssel tesztelt 28 búza-*T. timopheevii* introgressziós törzs közül két növény kiemelkedően erős rezisztenciával rendelkezett. A FISH-vizsgálatok igazolták, hogy ezekben a rezisztens törzsekben a 42 búzakromoszóma mellett egy *T. timopheevii* eredetű 6G kromoszómapár is jelen van. A 'Rannaja' 6B monoszómás, és a 6G diszómás vonal keresztezéséből származó F₁-szemek csíráztatását követően gyökércsúcs-preparátumot készítettünk a kromoszómaszám meghatározásához. Ezt követően 29 olyan növényegyedet azonosítottunk, amelyek 42 kromoszómával rendelkeznek. A FISH-analízissel e 29 egyed közül 19 növényenél sikerült azonosítani a 6B/6G monoszómás kromoszómaszubsztitúciót.

A sikeresen azonosított 19 monoszómás szubsztitúciós növény felnevelése befejeződött. Ezek az eredmények és a belőlük származó transzlokációs F₂ utódok stabil alapot biztosítanak a visszakeresztezési programokhoz, ezáltal növelve a búzanemesítés hatékonyságát. A visszakeresztezéseket és a szelekciót követően az ígéretes törzseket háromismétléses kisparcellás teljesítménykísérletekben és provokációs tenyészkertekben vizsgáljuk. Egyes törzsek kombinált ellenállással rendelkeznek a szárrozsa, a levélrozsa és a kalászfuzáriózis kórokozóival szemben, emellett egy genotípus – az említett rezisztenciák mellett – termés hozamában is meghaladta az 'Mv Nádor' fajta termésátlagát.

A kutatásokat a TKP2021-NKTA-06 és az European Union's Horizon Europe research and innovation program a COUSIN (Nr. 101135314) pályázat keretében támogatják. Mikó Péter munkáját az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00206/24/4) támogatja.

A HIDEGTŰRÉST BEFOLYÁSOLÓ GENOMI RÉGIÓK VIZSGÁLATA EGY DIVERZ KUKORICAGYŰJTEMÉNYBEN

Ivanizs László¹, Csepregi-Heilmann Eszter¹, Zsolnai Attila², Molnár István¹,
Marton L. Csaba, Spitzkó Tamás¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet

A kukorica (*Zea mays* L.; $2n = 2x = 20$, MM) gazdaságilag az egyik legfontosabb gabonaféle, amely bioüzemanyag, takarmányok és élelmiszerek előállításának alapvető összetevőjeként szolgál. Trópusi eredete miatt egy rövidnappalos, hő- és fényigényes növény, ami jelentős ökológiai és fiziológiai akadályokat állít a kukorica földrajzi terjedése elé. Az elmúlt évtizedek során azonban a szelekciós nemesítésének és a figyelemre méltó fenotípusos plaszticitásnak köszönhetően globálisan termesztett fajjá vált, amely változatos éghajlati viszonyok között is jól fejlődik, ezért szinte minden kontinensen megtalálható. Széles körű alkalmazkodóképessége ellenére a kukorica nagyon érzékeny az alacsony hőmérsékletre (12 °C alatti hőmérséklet), különösen a növekedés korai szakaszában. Már a rövid ideig tartó hidegstressz is súlyos fejlődési zavart és anyagcsere-károsodást okozhat, ami komoly agrometeorológiai kockázatot jelent a kukorica termesztése során a mérsékelt éghajlati övezetben.

Az olyan modern szelekciós eljárások, mint a molekuláris nemesítés lehetőséget biztosítanak arra, hogy új, kedvező agronómiai jellegeket meghatározó allélváltozatokkal gazdagítsuk a kukoricafajták génállományát. Egy 177 beltenyésztett vonalból álló kukoricagyűjtemény genetikai diverzitását és allélösszetételét tanulmányoztuk abból a célból, hogy feltárjuk mindazokat a génavariációkat, amelyek befolyásolják a hidegtűréssel összefüggésbe hozható tulajdonságokat. *Genotyping-by-sequencing* (GBS) módszeren alapuló DArTseq (Diversity Arrays Technology) platform segítségével molekuláris markereket fejlesztettünk az általunk vizsgált növényi gyűjtemény genomai szekvenciái alapján, amelyek eredményeként az egyes kukoricavonalakat hét genetikai alpopulációba soroltuk be, a nekik megfelelő heterózis-csoportokkal összhangban. A populáció genetikai szerkezete mellett, két, fitotronban végzett kísérlet során (2018 és 2022) vizsgáltuk a hidegtűréssel kapcsolatba hozható agronómiai tulajdonságokat: a hidegtűrés indexet (cti), a relatív klorofilltartalmat (SPAD-index) és a növényenként mért száraztömeget. Széles körű variabilitást tártunk fel mindhárom tulajdonság tekintetében, ami szoros összefüggésben állt azzal, hogy az általunk tanulmányozott kukoricavonalak szelekciós nemesítését a legkülönbözőbb élőhelyeken végezték.

A DArTseq technológia szolgáltatásának részeként, *in silico* validálták a kukorica referencia-pszeudomolekuláján a populáció genotipizálásával kapott markereket, amelyeket azután különféle minőségi paraméterek (ismételhetőség, kisebb allélgyakoriság) alapján szűrtünk. Az általunk szelektált markerek és a két kísérlet során felvételezett fenotípusos adatok felhasználásával elemeztük és azonosítottuk azokat a QTL-eket (*quantitative trait locus*), amelyek szoros kapcsolatban állnak a hidegtűrést jellemző tulajdonságokkal. Az asszociációs vizsgálat eredményeként kapott genomai régiók funkcionális annotációja lehetővé tenné azoknak a géneknek a kromoszomális lokalizációját, amelyek döntően befolyásolják a kukorica hidegtűrését.

A TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

GENOTÍPUSFÜGGŐSÉG MÉRSÉKLÉSE KÖZÖNSÉGES BÚZA (*Triticum aestivum* L.) *in vitro* PORTOKTENYÉSZETBEN

Lantos Csaba¹, Awoke Wasae^{2,3}, Feigl Gábor⁴, Szabó Dominik⁴, Pauk János¹

¹Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

²MATE Növénytudományi Doktori Iskola, Gödöllő

³Debank University, College of Agriculture and Environmental Science, Department of Plant Science, Debark, Ethiopia

⁴SZTE TTIK Növénybiológiai Tanszék, Szeged

A *doubled haploid* (DH) növény-előállítási módszerek egyre szélesebb körben alkalmazott eljárások a növénynemesítési és kutatási programok során. Alkalmazásukkal nemcsak a nemesítési idő hossza csökkenthető, hanem egy generáció alatt elérhető a homozigóta állapot, ami alapkövetelmény az új fajták és hibridek nemesítése és regisztrációja során. A DH növény-előállítási módszerek fejlesztése több mint 50 éve a növény-biotechnológiai kutatások szerves részét képezi kenyérbúzában. A kutatók az *in vitro* androgenezisen alapuló módszerek (portok- és izoláltmikrospóra-tenyésztés) fejlesztésére fókuszáltak, és a nemesítési programokban többször sikeresen alkalmazták. A szélesebb gyakorlati felhasználás korlátozó tényezőjeként emlegetik az albinizmust és a genotípusfüggőséget. Célul tűztük ki a donor növények előkezelésének fejlesztését a genotípusfüggőség csökkentése és a módszer hatékonyságának fokozása érdekében.

Az abiotikus stresszek (hideg, hő, ozmotikus előkezelések stb.) indukálják a mikrospórák átprogramozását gametofitikus útról sporofitikus útvonalra. Így új stresszfaktorok, stresszfaktor-kombinációk felfedezése kiváló lehetőséget kínál az androgenezis indukciójának fokozására. A réz számos enzim kofaktora, amelyek szerepet játszanak a fotoszintézis, a légzés, az etilénszabályozás folyamataiban vagy a szuperoxidgyökök méregtelenítésében. Kísérleteinkben a réz-szulfátos ($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$) előkezelés és a hideg előkezelés (10 nap, 3-4 °C-on) kombinációjának androgenezis indukciójára gyakorolt hatását vizsgáltuk két tavaszi búzagenotípus ('CY-45' és 'GK Március') és 8 őszi búza F₁-kombináció *in vitro* portoktenyésztésében.

A kombinált előkezelés a jó válaszdó genotípus ('CY-45') esetében kismértékben fokozta az embriószerű struktúrák (ELS) számát, míg a zöld növénykéik számát nem befolyásolta szignifikánsan. Azonban a kombinált előkezelés hatására többszörösére emelkedett az ELS-ek (ötszörös) és a zöld növénykéik (3,8-szeres) száma a gyengébb válaszdó képességű, köztermesztésben lévő fajta ('GK Március') esetében. Kísérleteinket megismételtük 8 őszi búza F₁-kombinációval, és a fentiekkel azonos megfigyeléseket tettünk.

Összességében a CuSO_4 -előkezelés és a hideg előkezelés kombinációjának pozitív hatását (ELS-ek és zöld növénykéik száma) figyeltük meg közönségesbúza-genotípusok portoktenyésztésében, különösen a gyengébb válaszdó képességű genotípusok esetében. Eredményeink elősegíthetik az *in vitro* portoktenyésztés szélesebb körű felhasználását a búzanemesítésben és az alkalmazott kutatási programokban.

A kísérletes munka elkészülését az Országos Tudományos Kutatási Alapprogram (OTKA K_21-138416) támogatta.

NÖVÉNYI HORMONOK HATÁSA TEAHIBRID 'SOPHIA LOREN' RÓZSAFAJTA *in vitro* SZAPORÍTÁSAKOR ÉS GYÖKERESÍTÉSEKOR

ÖRDÖGH MÁTÉ, KOVÁCS ETELKA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet,
Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, Budapest

A 'Sophia Loren' rózsza teahibrid *in vitro* szaporításához használt Murashige és Skoog (MS) alaptáptalaj kiegészítésként 20 g/l szacharózt, 6,5 g/l agart, továbbá négy típusú citokinint (BA, BAR, KIN, MT) és 2 féle auxint (IVS, NES) tartalmazott, 0,25-0,5-1,0 és 2,0 mg/l, illetve 0,1-0,25-0,5 és 1,0 mg/l koncentrációkban. A kontroll táptalajhoz nem adtunk semmiféle növekedésszabályozó anyagot. A morfológiai (sarjszám és -hossz, levélhossz, gyökérszám és -hossz), illetve levélklorofill-vizsgálatokra a táptalajokra helyezés után két hónappal kerítettünk sort. A felszaporítási szakaszban a sarjképződést a KIN nem serkentette, e célra leginkább az 1,0 és 2,0 mg/l BAR bizonyult optimálisnak (a koncentráció emelése a BA, MT esetén is növelte a sarjszámot). A sarjhossz ezzel ellentétesen alakult, e téren ugyanis az előbbi BAR-dózisok eredményezték a legrövidebb sarjakat, míg a KIN jelentős mértékű hajtásmegnyúláshoz vezetett. A citokininek mennyiségének növelésével a levelek hossza csökkent, a KIN kivételével (1,0 mg/l koncentrációig), utóbbi citokinin egyébként a klorofilltartalomra is kedvezően hatott. Az *in vitro* gyökereztetési szakaszban az auxinok az elvártan megfelelően nem befolyásolták számottevően az új sarjak képződését, ugyanakkor az IVS minden koncentrációban történő használatakor jelentősen hosszabb hajtások alakultak ki. Az auxinkoncentráció növelésével azonban (mind az IVS, mind a NES esetén) egyre rövidebbek lettek a sarjak és levelek, noha az IVS e téren (és a levelek klorofilltartalmát is figyelembe véve) is kedvezőbbnek bizonyult, mint a NES. A gyökeresedési jellemzők alapján szintén az IVS volt optimális, a gyökeresedési arányt, gyökérszámot és -hosszt tekintetbe véve, elsősorban alacsonyabb koncentrációban adagolva.

Kulcsszavak: rózsza, *in vitro*, hormon, morfológia, klorofill

THE EFFECT OF PLANT HORMONES DURING *in vitro* PROPAGATION AND ROOTING OF TEAHIBRID ROSE VARIETY 'SOPHIA LOREN'

M. ÖRDÖGH, E. KOVÁCS

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Landscape Architecture, Urban Planning and Garden Art, Department of Floriculture and Dendrology, Budapest

In order to stimulate *in vitro* shoot and root production of 'Sophia Loren' rose variety, Murashige and Skoog (MS) medium was used, supplemented with 20 g/L sucrose, 6.5 g/L agar, and four types of cytokinins (BA, BAR, KIN, MT; doses: 0.25-0.5-1.0 and 2.0 mg/L), two kinds of auxins (IBA, NAA in 0.1-0.25-0.5 and 1.0 mg/L). The control did not contain any growth regulators. Morphological parameters (shoot number and length, leaf length, root number and length) and leaf chlorophyll content were examined 2 months after the planting onto the media. In the propagation phase, KIN did not stimulate shoot formation, for this purpose 1.0 and 2.0 mg/L BAR proved to be optimal (higher doses also increased the number of shoots in the case of BA, MT). Trend of the shoot length was the opposite, because the former BAR concentrations effected the shortest shoots, while KIN resulted in significant shoot elongation. By increasing the amount of cytokinins, the leaf length decreased, with the exception of KIN (up to a concentration of 1.0 mg/L), and the latter cytokinin had a favorable effect on the chlorophyll content. During *in vitro* rooting, auxins had no effect on the development of shoots, while IBA stimulated the production of longer shoots at all doses. However, as the auxin concentration increased (both IBA and NAA), the shoots and leaves became shorter, although IBA proved to be more favorable than NAA in this case (and considering the chlorophyll content of the leaves as well). Based on the rooting characteristics, IBA was also optimal (taking into account both the rooting rate and the number and length of roots), but only at lower concentrations.

Key words: rose, *in vitro*, hormone, morphology, chlorophyll

Bevezetés

A rózsák hagyományosan dugványozással, szemzéssel egyaránt szaporíthatók, noha e módszerek (különösen az utóbbi) több gyakorlatot igényelnek, nehézkesek lehetnek (Horn *et al.* 1987), a környezeti viszonyok (csapadék, talaj) sem mindig megfelelőek, illetve az így nyerhető utódnövények száma is alacsonyabb lehet az elvárthoz képest (Pati *et al.* 2006). A mikroszaporítás ugyan drágább, de jelentősen több egészséges, genetikailag is megegyező növény hozható létre rövidebb idő alatt, kisebb helyen, egész évben, időjárástól és talajviszonyoktól függetlenül (Razavizadeh és Ehsanpour 2008, Mahmood *et al.* 2017). A rózsák hatékony sokszorosításához az egyre jelentősebb, világszerte terjedő *in vitro* szaporítási technikák jó alternatívát jelenthetnek (Khosravi *et al.* 2007).

A szövettenyésztési kutatások során rendszerint a táptalaj-összetevőkre fókuszálnak, leggyakrabban a növekedésszabályozó anyagok, hormonok típusát, kedvező mennyiségét keresik. A citokininek közül a BA nem vált be, míg a KIN (1,0-2,0 mg/l koncentrációban) mind a rügyképződésre, mind a hajtásmegnyúlásra pozitívan hatott több *R. hybrida* genotípusnál (Ibrahim és Debergh 2001). Más rózsáknál (*R. centifolia*, *R. 'Gruss an Teplitz'*) azonban a BA vezetett a legtöbb, leghosszabb és a legnehezebb hajtásokhoz, legfeljebb 1,0 mg/l dózisban alkalmazva (Baig *et al.* 2011). A *R. hybrida* 'Al-Taif Rose' sarjképződésére 1,0 mg/l BA + 1,0 mg/l KIN (Attia *et al.* 2012), míg a *R. indica* számára 1,0 mg/l BA + 0,5 mg/l KIN (Shabbir *et al.* 2009) volt optimális. Ugyancsak e két citokinin kombinációja, ám 1,0 mg/l KIN mellett 3,0 mg/l BA hatott leginkább serkentőleg a 'Red Masterpiece' fajtára (Kanchanapoom *et al.* 2009). A *R. damascena* 4,0 mg/l BA + 0,25 mg/l IES + 0,2 mg/l gibberellinsav táptalajhoz adásakor fejlesztett több és hosszabb sarjat (Noodezh *et al.* 2012).

Az *in vitro* gyökeresítést hormonmentes MS-táptalajokon is meg lehetett oldani különféle *R. hybrida* genotípusok esetén (Ibrahim és Debergh 2001, Kanchanapoom *et al.* 2009, Pratheesh és Kumar 2012). A *R. centifolia*, *R. 'Gruss an Teplitz'* rózsáknak szüksége volt auxinkiegészítésre, 0,5 mg/l IVS használatkor fejlesztették a legtöbb és leghosszabb gyökereket, méghozzá a legnagyobb gyökeresedési arányban (Baig *et al.* 2011). A *R. hybrida* 'Al-Taif Rose' 2,0 mg/l IVS (Attia *et al.* 2012), míg a *R. hybrida* 'Landora' 0,1 mg/l NES hatására adta a legjobb eredményt (Rout *et al.* 1991). A *R. persica* gyökeresedéséhez IVS és NES kombinálására volt szükség, ugyanakkor nem tapasztaltak számottevő eltéréseket a koncentrációkat (0,05-0,1-0,2 mg/l) illetően (Kermani *et al.* 2010).

Anyag és módszer

A kísérlethez szükséges mennyiségű, legfeljebb 15 mm-es hajtások létrehozásához a 'Sophia Loren' teahibrid rózsza *in vitro* tenyésztését tartottuk fenn (amely egy 15 évesnél idősebb, magánkertben lévő anyanövényből származott) a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszékének laboratóriumában. Az elágazódó növénycsoportokat külön sarjakra osztottuk, és 20 g/l szacharózt, 6,5 g/l agart tartalmazó Murashige és Skoog (1962) alaptáptalajra helyeztük, 250 ml-es Erlenmeyer-lombikokba egyesével. A táptalajok egy részéhez citokiniként 6-benzil-aminopurint (BA), ennek egy ribózmolekulával kiegészült alakját (BAR), kinetint (KIN), valamint meta-topolint (MT) adtunk 0,25, 0,5, 1,0 és 2,0 mg/l mennyiségben. Más csoportok auxinkiegészítést kaptak 0,1, 0,25, 0,5 és 1,0 mg/l 3-indolvajsav (IVS) vagy ugyanilyen mennyiségű 1-naftil-ecetsav (NES) formájában. A kontroll táptalaj nem tartalmazta ezeket a növekedésszabályozó anyagokat.

A kétszer ismételt létesített kísérleti tenyészeteket (táptalajonként 30 egyeddel) 16 órás megvilágításon tartottuk, hideg- és melegfehér színű fénycsővek (Polylux XLR FT8/30W/830 és 860, USA) alatt, 20-25 °C-on. Két hónap elteltével megvizsgáltuk a hajtások számát és hosszát, a levelek hosszát, a gyökeresedési arányt, a gyökérszámot és -hosszt. Továbbá a levél klorofill-tartalmának (a+b) meghatározásához minden csoportból 3 × 100 mg levelet gyűjtöttünk, és ezek homogenizálása (mozsárban kvarchomok és 80% aceton felhasználásával) és 24 órás 4 °C-os

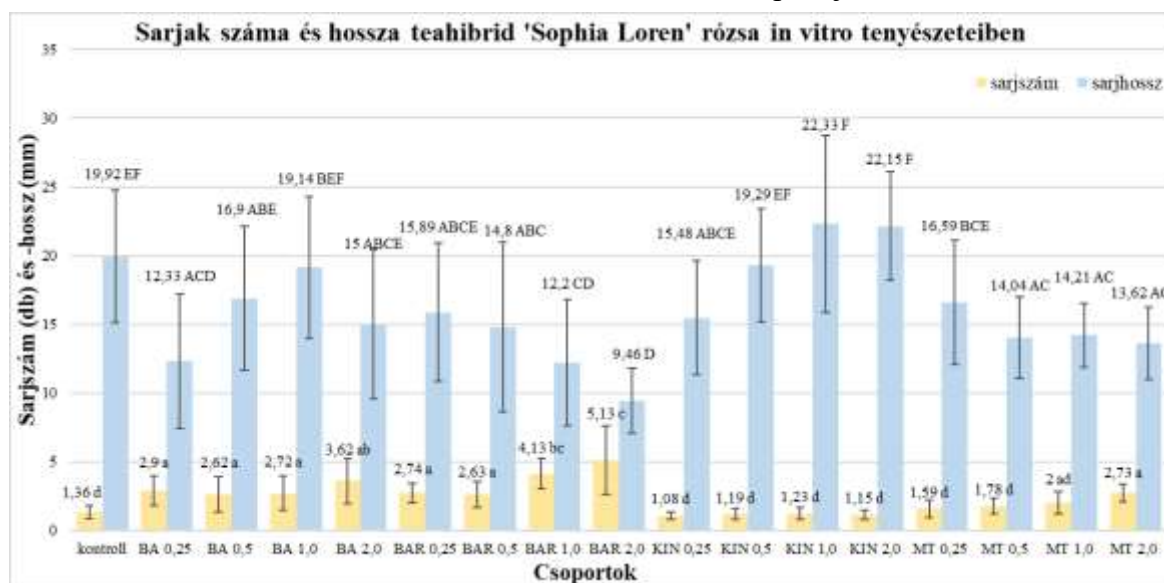
hűtése után a kivonat abszorbanáciáját Genesys 10vis (Thermo Fisher Scientific Inc., USA) spektrofotométerrel elemeztük 644 és 663 nm hullámhosszokon. A levél klorofilltartalmát (a+b) a $(20,2 \times A_{644} + 8,02 \times A_{663}) \times V/w$ képlettel számoltuk ki (V: szövetkivonat mennyisége, w: a levélminta tömege, A: abszorbancia), Arnon (1949) alapján. Minden adatot kiértékelünk az SPSS 23.0 (IBM Corp., USA) szoftver alkalmazásával, egytényezős varianciaanalízissel (one-way ANOVA) meghatározva az egyes csoportok közötti szignifikanciát. Szignifikáns eltérések esetén az átlagokat Tukey-tesztel hasonlítottuk össze, $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$ valószínűségi értékeken.

Eredmények

A különféle citokininek közül a magasabb (1,0 és 2,0 mg/l) koncentrációjú BAR eredményezte a legtöbb (4,13 és 5,13 db) sarjat, a többi csoporttal összevetve az esetek többségében szignifikáns eltéréssel. A kontrollhoz képest csak a KIN nem vezetett több (rendszerint 1,2 db-nál kevesebb) sarj kialakulásához, egyébként a másik három citokinin esetén a dózis emelése fokozta a sarjképződést.

A sarjak hossza ellentétesen alakult azok számával, ugyanis 0,5 és 1,0 mg/l KIN hatására alakultak ki, a kezelt csoportokkal összehasonlítva rendszerint szignifikánsan is a leghosszabb (19,29 és 22,33 mm-es, a kontroll 19,92 mm-es átlagát csak ez utóbbi haladta meg), valamint 1,0 és 2,0 mg/l BAR esetén a legrövidebb (csupán 12,2 és 9,46 mm-es) sarjak. BA és KIN esetén a koncentráció növelésével (1,0 mg/l-ig) nőtt, BAR hatására csökkent, míg MT használatakor lényegében nem változott a sarjhossz (1. ábra).

1. ábra A 'Sophia Loren' in vitro növények sarjszámának és -hosszának alakulása hormonmentes és citokinin-tartalmú táptalajokon



Az emelkedő citokinin-koncentrációk rendszerint egyre rövidebb levelek képződését eredményezték. Ezalól a többi citokininhez és a kontrollhoz képest is jelentősen (és minden esetben 20 mm-nél) hosszabb levelekhez vezető KIN jelentett kivételt, de itt is csak 1,0 mg/l-es dózissal. A legnagyobb (2,0 mg/l-es) BAR-töménység nemcsak a sarj-, de a levélhossz terén (és a többi csoporttal összehasonlítva az esetek túlnyomó többségében szignifikánsan) is a legalacsonyabb, 8,83 mm-es értéket eredményezte.

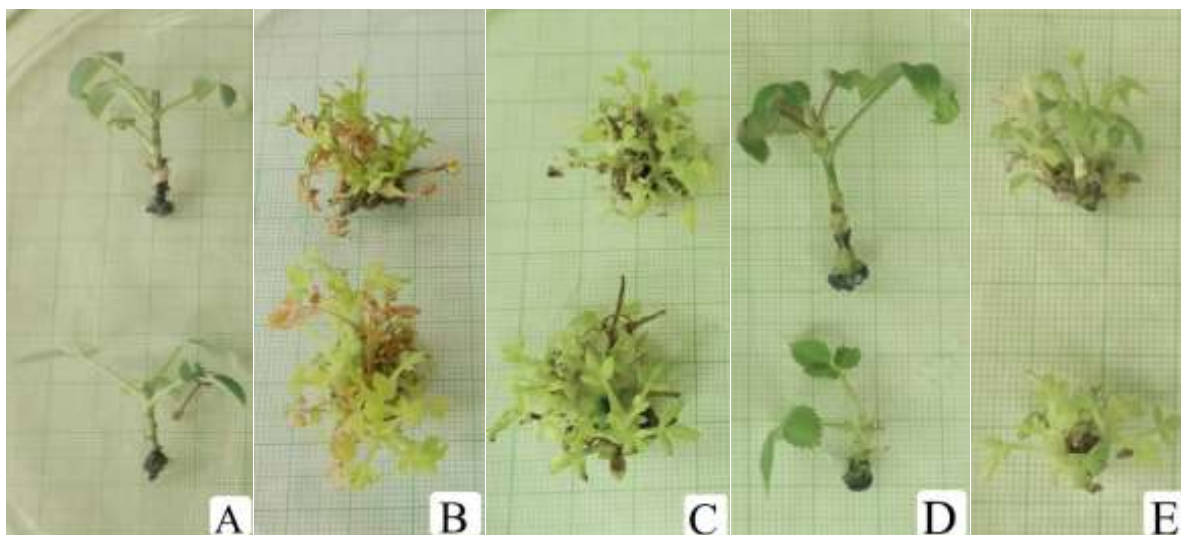
A 2. ábrán látható, hogy megegyező koncentrációjú, de más típusú citokininnek, valamint a hormonmentes kontroll táptalaj milyen sarj- és levélkülségi eltérésekhez vezetett.

A kontrollhoz képest egyik citokinin sem növelte a levelek klorofilltartalmát, minden kezelt csoport eredményei szignifikánsan alulmaradtak. Mindazonáltal a KIN jelentősen magasabb értékeket eredményezett a többi citokininhez képest, különösen a töményebb (1,0 és/vagy 2,0 mg/l) BA-, BAR-, MT-dózisok hatására csökkent a klorofill mennyisége.

Ami az auxinokat illeti, a kontrollal összevetve egyiknek sem volt a sarjképződésre számottevő hatása. Ez főleg NES esetén érvényesült, a sarjszám az esetek többségében nem haladta meg az 1,2 db-ot. A legtöbbet (1,66 db-ot) 0,25 mg/l IVS eredményezte, ez az érték főként a NES használatakor kapott értékekkel összevetve volt szignifikánsan magasabb.

A sarjhossz csak 0,1 és 0,25 mg/l IVS esetén haladta meg a kontrollt (mindkét dózis 20 mm-nél hosszabb sarjakat eredményezett), ez az auxin egyébiránt mind a négy dózisban jelentősen hosszabb sarjak kialakulásához vezetett, mint a NES. A koncentráció növelése mindkét auxinnál csökkentette a sarjhosszt.

2. ábra Hormonmentes és 2 mg/l citokinin kiegészítésű táptalajokon nevelt 'Sophia Loren' *in vitro* növények morfológiai eltérései (A: kontroll, B: BA, C: BAR, D: KIN, E: MT)



Az auxindózis emelésével a levelek hossza is hasonlóan alakult, valamint itt is elmondható, hogy az IVS rendszerint (és a két legalacsonyabb koncentráció esetén jelentős mértékben) hosszabb levelekhez vezetett, mint az NES. A 0,1 és 0,25 mg/l IVS használatakor kapott, 19 mm-nél nagyobb levélhosszátlagok voltak az egyedüliek, amelyek meghaladták a kontrollt. Az auxinok alkalmazása sem vezetett a kontrollt meghaladó klorofillértékekhez, és a 0,25 mg/l vagy afölötti koncentrációk szignifikánsan alacsonyabb mennyiségeket eredményeztek (különösen NES esetén mutatkozott határozott csökkenés a dózis emelésével). Mindazonáltal a két auxin közül az IVS kedvezőbb hatást fejtett ki: azonos koncentrációk esetén is magasabb klorofillátlagok születtek.

Az IVS a gyökeresedési arányra is kedvezőbb hatással volt, mint a NES, ugyanis a sarjak több mint 70%-a fejlesztett gyökeret 0,1-0,25-0,5 mg/l IVS koncentrációk esetén, míg a NES legfeljebb 50%-os gyökeresedést eredményezett (0,25 mg/l dózisban adva). A magasabb (0,5 és 1,0 mg/l) mennyiségek mindkét auxin esetén csökkentették a gyökeresedési arányt, főleg NES alkalmazásakor.

A kontrollhoz képest csak 0,25, 0,5 és 1,0 mg/l IVS hatására keletkezett több gyökér. Az IVS-dózis növelésével egyenes arányban nőtt a gyökérszám, továbbá a 0,5 és 1,0 mg/l IVS esetén kapott 4,17 és 4,63 db-os értékek egyben szignifikánsan is meghaladták a 0,25 mg/l NES eredményezte legalacsonyabb, 1,84 db-os átlagot. A NES nem bizonyult kedvezőnek, átlagosan legfeljebb 2,77 db gyökér alakult ki e növekedésszabályozó hatására (0,5 mg/l dózisban adva).

A gyökerek hossza egyik auxinkezelés mellett sem haladta meg a kontrollt, de itt is elmondható, hogy az IVS e tekintetben is kedvezőbb hatást fejtett ki, hosszabb gyökerek fejlődtek az ezt az auxint tartalmazó táptalajokon, különösen a legalacsonyabb, 0,1 és 0,25 mg/l-es koncentrációkon (24 és 24,58 mm). E két utóbbi érték jelentős mértékben is eltért a 0,25 mg/l NES hatására kapott legalacsonyabb (8,89 mm-es) átlaghoz viszonyítva. Az auxinkoncentráció emelése rendszerint csökkentette a gyökerek hosszát. Az auxintartalmú táptalajokon kapott sarj-, levél- és gyökérátlagértékek az 1. táblázatban találhatók.

Összességében mind a citokininek, mind az auxinok esetén számított azok típusa és koncentrációja. A hatékony sarj- és gyökérkialakuláshoz és -fejlődéshez elengedhetetlen volt valamely növekedésszabályozó alkalmazása, ám az esetek többségében az alacsonyabb koncentrációk jobb eredményt adtak.

1. táblázat Auxinok hatása 'Sophia Loren' teahibrid rózsafajta *in vitro* növényegyeideire

	sarjszám (db)	sarjhossz (mm)	levélhossz (mm)	levél klorofill (µg/g)	gyökérszám (db)	gyökérhossz (mm)	gyökeresedési arány (%)
kontroll	1,36 ab	19,92 ab	17,52 ab	3051,3 a	3,50 ab	26,00 a	16,0
IVS 0,1 mg/l	1,37 ab	21,89 a	19,59 a	2799,4 a	2,47 ab	24,00 a	77,7
IVS 0,25 mg/l	1,66 a	20,17 ab	19,75 a	2313,4 bd	3,63 ab	24,58 a	79,1
IVS 0,5 mg/l	1,21 b	18,22 ab	16,91 ab	1691,4 ce	4,17 a	18,18 ab	73,9
IVS 1,0 mg/l	1,24 b	17,48 b	14,21 bc	1864,9 bc	4,63 a	11,73 ab	39,2
NES 0,1 mg/l	1,19 b	12,46 c	14,42 bc	2494,5 ad	2,66 ab	20,67 ab	11,5
NES 0,25 mg/l	1,30 ab	11,92 c	13,62 bc	2177,9 bcd	1,84 b	12,23 ab	50,0
NES 0,5 mg/l	1,11 b	10,92 c	12,15 c	1125,7 ef	2,77 ab	8,89 b	34,6
NES 1,0 mg/l	1,16 b	11,24 c	11,04 c	772,2 f	2,00 ab	12,50 ab	16,0

Irodalom

- Arnon, D.I. (1949): Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, **24**(1), 1–15.
- Attia, O.A., Dessoky, S.D., El-Tarras, A.E. (2012): *In vitro* propagation of *Rosa hybrida* L. cv. Al-Taif Rose plant. *African Journal of Biotechnology*, **11**(48), 10888–10893.
- Baig, M.M.Q., Hafiz, I.A., Hussain, A., Ahmad, T., Abbasi, N.A. (2011): An efficient protocol for *in vitro* propagation of *Rosa gruss an teplitz* and *Rosa centifolia*. *African Journal of Biotechnology*, **10**(22), 4564–4573.
- Horn, W., Schlegel, G., John, K. (1987): Micropropagation of roses (*Rosa hybr.*). *International Symposium on Propagation of Ornamental Plants*, **226**, 623–630.
- Ibrahim, R., Debergh, P.C. (2001): Factors controlling high efficiency adventitious bud formation and plant regeneration from *in vitro* leaf explants of roses (*Rosa hybrida* L.). *Scientia Horticulturae*, **88**, 41–57.
- Kanchanapoom, K., Posayapisit, N., Kanchanapoom, K. (2009): *In vitro* flowering from cultured nodal explants of Rose (*Rosa hybrida* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, **37**(2), 261–263.
- Kermani, M.J., Khosravi, P., Kavand, S. (2010): Optimizing *in vitro* propagation of *Rosa persica*. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding*, **1**(1), 44–51.
- Khosravi, P., Kermani, M.J., Nematzadeh, G.A., Bihamta, M.R. (2007): A protocol for mass production of *Rosa hybrida* cv. Iceberg through *in vitro* propagation. *Iranian Journal of Biotechnology*, **5**(2), 100–104.
- Mahmood, S., Reza, M.R., Hossain, M.G., Hauser, B. (2017): Response of cytokinins on *in vitro* shoot multiplication of Rose cv. Frisco. *Research & Reviews: Journal of Agricultural Science and Technology*, **5**(2), 8–12.
- Murashige, T., Skoog, F. (1962): A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures, *Plant Physiology*, **15**, 473–497.
- Noodezh, H.M., Moieni, A., Baghizadeh, A. (2012): *In vitro* propagation of the Damask rose (*Rosa damascena* Mill). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, **48**, 530–538.
- Pati, P.K., Rath, S.P., Sharma, M., Sood, A., Ahuja, P.S. (2006): *In vitro* propagation of rose: A review. *Biotechnology Advances*, **24**, 94–114.
- Pratheesh, P.T., Kumar, M.A. (2012): *In vitro* flowering in *Rosa indica* L. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, **2**(1), 196–200.
- Razavizadeh, R., Ehsanpour, A.A. (2008): Optimization of *in vitro* propagation of *Rosa hybrida* L. cultivar Black Red. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, **3**(1), 96–99.
- Rout, G.R., Debata, B.K., Das, P. (1991): *In vitro* regeneration of shoots from callus cultures of *Rosa hybrida* L. cv. Landora. *Indian Journal of Experimental Biology*, **30**, 15–18.
- Shabbir, A., Hameed, N., Ali, A., Bajwa, R. (2009): Effect of different cultural conditions on micropropagation of rose (*Rosa indica* L.). *Pakistan Journal of Botany*, **41**, 2877–2882.

A HOSSZÚDUGVÁNYOS VEGETATÍV SZAPORÍTÁSI MÓDSZER ÚJRAGONDOLÁSA AZ ERDÉSZETI NÖVÉNYNEMESÍTÉSBEN

Horváth Sándor¹, Pletenyik Zoltán¹, Horváth Bence² Kirilla Zoltán³, Preininger Éva³

¹WOODTECH Zrt., Gyomaendrőd

²BUSA Bt., Kecskemét

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet,
Gyümölcsstermesztési Kutatóközpont, Budapest

A hosszúdugványos vegetatív szaporítás egy évszázados múlta visszatekintő kertészeti-erdészeti módszer. A módszer alapja, hogy a kb. 2-4 méter hosszú, 2-4 éves zölddugványokat ugyanilyen mély (8-12 cm átmérőjű) talajfúróval fűrt lyukakba iszapoljuk be. Az eljárás lényege, hogy az induló új faegyed már eleve ekkora főgyökérrel rendelkezzen, amiből oldalgyökereket tud fejleszteni. A fa növekedése intenzív lesz, és a jelentős főgyökér a nyári száraz időszak túlélésében is segítség a növénynek. A magyar erdősítési gyakorlatból ez a módszer az 1990-es évek elejével teljesen eltűnt, korábban a Pletenyik-féle erdészeti mélyfúróval létesültek ilyen ültetvények.

A módszerrel tág (véghasználati) hálózatú, ültetvényjellegű erdők létesítése lehetséges. A lyukfúráshoz speciális sorozatmélyfúró gép kell, amelyet traktor üzemeltet. Ezen kívül olyan zölddugvány-szaporítóanyagra is szükség van, ami ezekbe a lyukakba biztonsággal elhelyezhető. Alapvetően nyár (*Populus* sp.), fűz (*Salix* sp.) fajokra alkalmazták régen, azonban a kertészeti gyakorlat alapján számos további erdészeti jelentőségű fafaj is alkalmas a hajtásdugványról való vegetatív szaporításra: ilyenek a fehér akác (*Robinia* sp.), a kőris (*Fraxinus* sp.) és szil (*Ulmus* sp.) fajok, de akár a tölgyek (*Quercus* sp.) is. A módszer kifejezetten alkalmas nyár, fűz és akác nemesítési anyagok vegetatív felszaporítására is. A különböző fajoknál a gyökérdugványos, rövid hajtásdugványos vagy merisztémaszaporítás során létrehozott utódokból üzemi körülmények között nyerhető kellő méretű hosszúdugvány. Ezzel biztonságos (közel 100% eredés, magas túlélési arány) és nagyon gyors utódvizsgálati eredmények nyerhetőek.

A Pletenyik-féle erdészeti mélyfúró továbbfejlesztésével egy teljesen új géptípust alkotnak a WOODTECH Zrt. és a BUSA Bt., amely géppel újra lehetséges lesz a hosszúdugványos ültetési módszer széles körű erdészeti (agroerdészeti, városerdészeti és kertészeti) alkalmazása.

A MATE KERTI által mikroszaporítással létrehozott (az Erdészeti Tudományos Intézet által nemesített) akáklónokból létesített kísérleti, fejlődő üzemmódú anyatelepről származó hosszúdugványokkal alapítunk egy kísérleti hosszúdugványos teljesítményvizsgálati üzemi ültetvényt Gyomaendrődön. A módszer egyedülálló kombinációja a modern biotechnológiai megoldásoknak, amiktől számos új eredményt várunk.

BÚZA × *Dasypyrum villosum* HIBRIDEK KOMPLEX MOLEKULÁRIS ÉS AGRONÓMIAI VIZSGÁLATA

Uhrin Andrea, Kruppa Klaudia, Türkösi Edina, Cséplő Mónika, Pance Miklós Álmos, Vida Gyula, Molnár István, Mikó Péter

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A kenyérbúza (*Triticum aestivum* L.) vad rokonait régóta használják a biotikus és abiotikus stresszhatásokkal szembeni ellenállóság növelésére a búzanemesítés „prebreeding” szakaszában. A *Dasypyrum villosum* (L.) Candargy ($2n = 2x = 14$, VV genom) diploid, egynyári, nyílt beporzású pázsitfűféle, amely Nyugat-Ázsiában, Kelet- és Dél-Európában, így Magyarországon is honos. A *D. villosum* számos búzakórokozóval szemben rezisztenciát mutat, többek között a búzalisztharmat (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*), a búzaszárrozsda (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*), a búzalevélszárrozsda (*P. triticea*), valamint a szeptóriás levélfoltosság (*Septoria tritici*) ellen. Betegség-ellenállósága mellett a *D. villosum* jelentős szárazság-, hideg- és sótűréssel is rendelkezik, valamint egyes búza × *D. villosum* hibridek vizsgálatánál a búzaliszt minőségi paramétereinek javulását is leírták. A faj a búzanemesítésben tehát jelentős figyelmet kapott, teljes potenciálja azonban még mindig nincs teljes mértékben kihasználva.

A DAFNE (Department of Agriculture and Forest Sciences, University of Tuscia, Olaszország) *T. aestivum* 'Chinese Spring' × *Dasypyrum villosum* hibridekből létrehozott nemesítési vonalait (CS×V32, CS×V63, CS×V60 és CS×V58), valamint ezek, illetve az 'AMP12' őszibúza-törzs, valamint martonvásári fajták keresztezéséből származó utódokat több éven át szántóföldi körülmények között is tanulmányoztuk, különös tekintettel a betegség-ellenállóságukra.

A szárrozsda-provokációs tenyészkertben 2024-ben vizsgáltuk először ezeket a törzseket, amelyek közül több igen jó szintű ellenállóságot mutatott a szárrozsdafertőzéssel szemben.

Az egyes genotípusok kromoszómaátrendeződéseit molekuláris markerek segítségével, SNP polimorfizmusok alapján 25K Infinium analízissel vizsgáltuk. Az egyes kromoszóma-introgressziók azonosítására GBS (*genotyping-by-sequencing*) genotipizálást végeztünk.

A nemesítési programba bekerült, fejlettebb (F₅-F₆ nemzedék) törzsek beltartalmi paramétereinek vizsgálatát FOSS NIR (fehérje- és keményítőtartalom, nedvesség, becsült Zeleny-érték), míg az ezerszemtömeget MARVIN készülékkel határoztuk meg.

A kapott eredmények közötti összefüggéseket statisztikai és bioinformatikai módszerekkel tervezzük elemezni. A több éven át megfigyelt rezisztencia- és molekuláris eredmények alapján lehetőség nyílt rezisztenciagének azonosítására és a hozzájuk kapcsolódó markerek fejlesztésére, ami hozzájárulhat a marker-alapú szelekciós programok bővítéséhez. A kiemelkedő beltartalmi és minőségi tulajdonságokat mutató törzseket a fajtanemesítési programban visszük tovább.

A kutatást a TKP2021-NKTA-06 projekt, valamint az EU Horizon Europe COUSIN (agreement nr.: 101135314) támogatja. Mikó Péter munkáját az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíja (BO/00206/24/4) támogatja.

***Triticum timopheevii* GÉNBANKI TÉTELEK TERMŐKÉPESSÉGÉNEK VIZSGÁLATA**

Bencze Ágnes, Pance Miklós Álmos, Mikó Péter

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A búza (*Triticum aestivum* L.) korunk legnagyobb területen (250 millió ha) termesztett gabonanövénye, amely közel 700 millió tonnás éves termésmennyisége az emberiség harmadának az egyik legalapvetőbb táplálékforrása. Az egyre növekvő népesség és a romló klimatikus viszonyok miatt a búza termésszintjének és termésbiztonságának folyamatos növelésére van szükség. Ezt, az agrotechnika fejlesztésével karöltve, leghatékonyabban a növénynevelés eszköztárát felhasználva lehet elérni. A vad fajokat őrző és fenntartó génbankok ezért egyre nagyobb jelentőségre tesznek szert a modern búza nevelésében, mivel annak beszűkült genetikai diverzitása leginkább az idegen fajú keresztezések útján növelhető hatékonyan. A világ génbankjaiban található 855 ezer *Triticum* spp. tételnek csupán 4,2%-át teszik ki e rokon fajok, amelyek közül a *Triticum timopheevii* Zhuk. különböző tételei már több mint fél évszázada jelentős szerepet töltenek be a rezisztencianemesítésben. Emellett a *T. timopheevii* agronómiai tulajdonságai tekintetében akár közvetlenül is termesztethető a szántóföldeken mint agro-biodiverzitást fokozó növényfaj (pelyvás rokonai, az alakor és tönke esetéhez hasonlóan).

A 2025. évben végzett szántóföldi kisparcellás kísérlet során 15 *Triticum timopheevii* génbanki tételt vizsgáltunk meg termőképességük és egyéb agronómiai jellemzőik alapján. A három ismétlést használó, randomizált kisparcellás (6 m²/parcella) kísérlet három különböző termőhelyen került elvetésre 2024 őszén a HUN-REN ATK MGI kutatóintézet szántóföldi területein. A kísérletek egy konvencionális high-input területen Martonvásáron (MV), egy konvencionális low-input területen (keves műtrágya alkalmazásával) Lászlópusztán (LP) és egy tanúsított ökológiai termőhelyen (*organic* Bulgárföld, OBG) folytak. A betakarított termések adatait az SPSS szoftver segítségével elemeztük egy-, illetve kétféle variációs varianciaanalízis (ANOVA) alkalmazásával.

Vizsgálataink alapján szignifikánsan a legtöbb termést az ökológiai (OBG) termőhelyen mértük a génbanki tételeknél, míg a legkisebb termésátlagot a low-input (LP) termőhelyen mértük. A genotípusok termésére ható faktorok vizsgálata során megállapítottuk, hogy a termőhelynek szignifikáns hatása volt a termésre ($p < 0,001$). Emellett a genotípusnak szintén szignifikáns hatása volt a termésre ($p < 0,001$), ami azt jelenti, hogy van kimutatható különbség az egyes génbanki tételek agronómiai teljesítménye között.

A termőhely és a genotípusok közötti interakció nem volt szignifikáns ($p = 0,312$), ami arra utal, hogy az egyes genotípusok közötti különbségek az egyes termőhelyeken konzisztensek, vagyis a termesztési környezet nem befolyásolja érdemben a genotípusok egymáshoz viszonyított teljesítményét. Eredményeink alapján az MVGB306 szignifikánsan nagyobb termést (3,6 t/ha pelyvás szemtermés) produkált, mint a többi genotípus (kísérleti átlag: 2,63 t/ha). A kísérletet 2026-ban tovább folytatjuk a malomipari minőség, valamint az évjáráthatás vizsgálatával.

A kutatást a TKP2021-NKTA-06 projekt, valamint az EU Horizon Europe COUSIN (agreement nr.:101135314) támogatja. Mikó Péter munkáját az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíja (BO/00206/24/4) támogatja.

POSZTEREK

UAV-ALAPÚ FENOTÍPIZÁLÓ RENDSZER ALKALMAZÁSA A MARTONVÁSÁRI KALÁSZOS GABONÁK NEMESÍTÉSÉBEN

**Bányai Judit¹, Balassa György², Károlyiné Cséplő Mónika¹, Mészáros Klára¹,
Mikó Péter¹**

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²AGRON Analytics Kft., Budapest

A korszerű távérzékelési eljárások alkalmazása nem csupán a precíziós gazdálkodás alapját teremti meg, hanem hozzájárul a fenntarthatóbb termeléshez, a termésbecslés pontosságának növeléséhez és a gazdasági döntések megalapozásához. A távérzékelés szerepe a növénynevelésben is egyre meghatározóbb lesz, hiszen a nagy területek gyors, objektív és költséghatékony vizsgálata nélkülözhetetlen az eredményes adatgyűjtéshez.

A navigációs és repülésvezérlő rendszerek fejlődése, az alacsony repülési magasság előnyei és a centiméteres felbontású képek lehetővé teszik a növényállományok helyi szintű, rendkívül részletes monitorozását. Bár a technológia nagy potenciállal rendelkezik, alkalmazása számos kihívással néz szembe. Az érzékelők mezőgazdaságban való alkalmazása még mindig marginális a magas költségük miatt, ehhez társul, hogy a képek elemzése, feldolgozása, a nagy méretű adathalmaz és a környezeti információk komplex együttese bonyolult elemzést igényel.

Az ENVI program – mint az egyik legelterjedtebb képfeldolgozó és elemzőszoftver – kulcsfontosságú eszközt jelent a műhold- és drónfelvételek feldolgozásában, különösen akkor, amikor a cél a növényállományok állapotának, fejlődési különbségeinek vagy éppen a fajok és fajták elkülönítésének vizsgálata.

Szántóföldi kísérletünkben részletesen felvételeztük a fajták egyedfejlődési és fenotípusos tulajdonságainak változását. Célunk volt megvizsgálni, hogy ENVI osztályozási eljárással elkülöníthetőek-e egymástól a fajok (búza, árpa, tritikálé és durumbúza) és fajták a ZD49 fejlődési fázisban, amikor még biotikus és abiotikus stressztől mentes az állomány, valamint nincs kalászosodási és virágzási stádiumban a növényzet. Vizsgáltuk, hogy az osztályozási eljárás mit mutat egy hónappal később, abban az esetben, amikor egyes parcellák növényállományán már betegség van jelen (ZD69–71).

Kísérletünkben a ZD49 fejlődési fázisban, amikor még egyöntetű az állomány (és nem volt stresszfaktor), nem tudtunk egyértelmű különbséget kimutatni a fajták között. Az 'Mv Initium' árpafajtát és az 'Mv Toborzó' ősibúza-fajtát lehetett meghatározni ROI-k segítségével, amelyek jóval korábbi kalászosodási és érési idejű genotípusok, MLC-ben a 90% feletti hibamátrixértéket érték el a ZD69–71 fejlődési fázisban. Mivel fejlődési stádiumuk eltérő a többi kilenc, kísérletben szereplő fajtaétól, ezért megkülönböztethetőségük ezzel a paraméterrel függ össze. Az 'Mv Tallér' ősibúza-fajta sárgarozsda-fertőzöttségéből adódott a majdnem teljesen sárga levélállománya, azokat a parcellákat, amelyeket szintén valamilyen abiotikus vagy biotikus stressz érte, ezzel a fajtaival azonosította a program. Ez a fenotípusos megjelenés is igazolja, hogy a szántóföldi validálás teljes mértékben elengedhetetlen része a fenotípiázásnak, mert így pontosan tudjuk, hogy biotikus, nem pedig abiotikus stressz (például talajfolt) okozta a levelek klorofilltartalmának csökkenését.

Kutatásunk a TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával valósult meg.



APPLICATION OF UAV BASED HIGH-THROUGHPUT PHENOTYPING SYSTEM IN THE HUNGARIAN CEREAL BREEDING AT MARTONVÁSÁR

Judit Bányai¹, György Balassa², Mónika Cséplő¹, Klára Mészáros¹, Péter Mikó¹

(banyai.judit@atk.hun-ren.hu; judit.banyai19@gmail.com)

¹Agricultural Institute, HUN-REN Centre for Agricultural Research, Martonvásár, Hungary

²AGRON Analytics Kft., Budapest, Hungary

Our goals are:

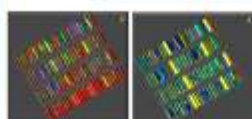
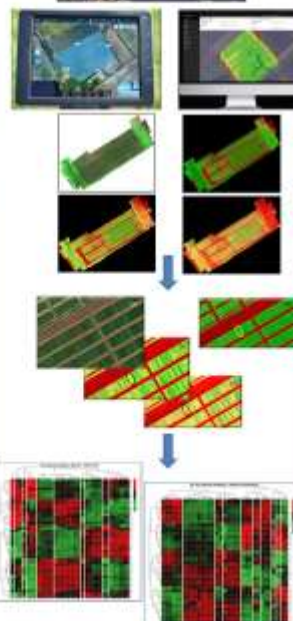
- to map the multispectral fingerprint of the genotypes over several years, and to connect the data obtained in this way with the phenotypic values influenced by biotic and abiotic stress factors.
- to identify a classification method capable of distinguishing between different species and varieties in multispectral images, and eventually between healthy and stressed (abiotic/biotic) plants.

The cornerstone of molecular breeding and genomic selection is the linking of large amounts of reliable phenotypic data to genetic analyses, marker-trait relationships and QTL regions. Automated field phenotyping platforms offer a powerful means of continuously and accurately measuring key phenological traits throughout the plant breeding process. High-frequency, high-resolution monitoring of plant growth and development enables deeper insights into genotype-phenotype relationships, including gene-regulated yield potential and pathways of environmental adaptation.

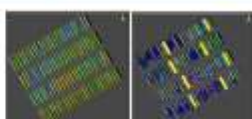
Drone flights have been carried out at the Agricultural Institute (Martonvásár) since 2019, in addition in the autumn of 2021, 2022 and 2023 an expanded reference variety trial was established, made of 11 winter wheat, barley, durum wheat and triticale genotypes which are sensitive and tolerant to disease, drought, and heat stress. The trial was inoculated with leaf rust and *Pyrrenophora teres* f. *terres* (only on barley), and 4 out of 8 randomly arranged replications were treated with fungicide.

- From the spring of the growing season, the **drone** flew weekly over the plots at a height of **100 meters**. The drone forwarded the recorded data to the AGRONMaps platform (AGRON Analytics Ltd.), where they were processed, and the **vegetation indices** were calculated from this database. Altogether, 17 phenotypic parameters were recorded, 47 spectral data were measured by the drone on 12 occasions, and all plots were harvested in the summer.
- Using the heat map, we depicted the **spectral composition** of the reflectance of varieties and its changes during the growing season. The difference between the fungicide-treated and artificially infected groups clearly shows the sensitive and tolerant varieties, so we can get a detailed picture of the spectral composition of the two types and the value of the derived vegetation indices.
- In fungicide experiments, the pattern of the multispectral values of the infected varieties could easily be compared with the resistant varieties. These **heatmaps** can also be used to speed up selection.
- From the spring of the growing season, the drone flew over the plots at a height of **100 meters**. **Orthophotos** were stitched together, **NDVI maps** were created, and four different **classification methods** were run in the **ENVI software** using masked experimental plots. We evaluated the resulting images and statistical data (error matrix, commission-omission classification errors) at two phenological phases (ZD49; ZD69-71).
- The **Maximum Likelihood Classification** algorithm yielded the highest accuracy percentage (67.07%). The **Minimum Distance Classification** and **Mahalanobis Distance Classification** metrics had similar accuracy values (45.84% and 53.28%, respectively), while the lowest accuracy was observed with the **Parallelepiped Classification method** (30.96%).
- Despite the fact that the diagonal values of the error matrix for the **Parallelepiped Classification** often do not indicate correct pixel classification, we still consider it worth further testing in areas affected by stress.

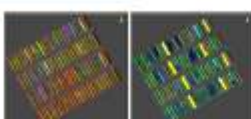
Drone based phenotyping system in Martonvásár



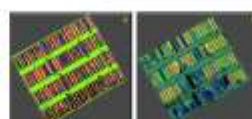
Maximum Likelihood Classification



Minimum Distance Classification



Mahalanobis Distance Classification



Parallelepiped Classification method

Project no. TKP2021-NKTA-06 has been implemented with the support provided by the Ministry of Innovation and Technology of Hungary from the National Research, Development and Innovation Fund, financed under the TKP2021-NKTA funding scheme and by the National Research, Development and Innovation Fund under the Hungarian National Laboratory Program, Agribiotechnology Projects (grant number RRF-2.3.1-21-2022-00007).

HAZAI HÚSOS SOM (*Cornus mas* L.) POPULÁCIÓK GENETIKAI DIVERZITÁSA SSR-MARKEREK ALAPJÁN

Behán Tamás¹, Kovács Szilvia², Tóth Endre György³, György Zsuzsanna¹

¹MATE Genetika és Biotechnológia Intézet, Kertészeti Növénygenetika Csoport, Budapest

²MATE Kertészettudományi Intézet, Budatétény-Érdi Kutatóállomás

³National Coalition of Independent Scholars (NCIS), Battleboro, USA

A húsos som (*Cornus mas* L.) Közép-Európa erdeinek és cserjéseinek jellegzetes, őshonos faja, amely nagy ökológiai alkalmazkodóképességével, hosszú élettartamával és kiváló stressztűrésével fontos szerepet tölt be a természetes vegetációban. Termését hagyományosan élelmiszerként hasznosítják, és az utóbbi években egyre nagyobb figyelmet kap gazdag bioaktívanyag-tartalma és kedvező táplálkozás-élettani hatásai miatt. A hazánkban előforduló húsos som genetikai változatosságának feltárása jelentős értéket képvisel mind természetvédelmi szempontból, mind a jövőbeni nemesítési programok szempontjából.

Vizsgálatunkban a hazai húsos som természetes populációinak genetikai diverzitását és populációstruktúráját elemeztük hat SSR-marker felhasználásával, kilenc magyarországi populációban. Sikeresen amplifikáltuk mind a kilenc lokuszt az összesen 92 egyedben. Összesen 79 allélt azonosítottunk, átlagosan 13,17 alléllal lokuszonként, ami a faj jelentős genetikai polimorfizmusára utal. A polimorfizmus-információtartalom értékei minden lokusz esetében meghaladták a 0,70-ot, jelezve a markerek magas informativitását.

A megfigyelt és a várható heterozigótaság ($H_o = 0,359-0,891$; $H_e = 0,381-0,884$) széles tartománya a populációk magas genetikai sokféleségét tükrözi, és többnyire a Hardy–Weinberg-egyensúlyhoz közeli állapotot jelez. A többváltozós statisztikai elemzések (PCoA, DAPC) mérsékelt populációs struktúrát mutattak ki: a markóci populáció egyértelműen elkülönült, míg a többi állomány részleges átfedése a génáramlás fennmaradására utal. Az UPGMA-dendrogram és a Nei-féle F_{ST} -értékek (0,004-0,237) alátámasztották a markóci populáció izolált helyzetét, illetve a telki populáció mérsékelt differenciáltságát, míg az észak-dunántúli állományok között alacsony genetikai különbségek jelentkezték. A STRUCTURE-elemzés négy genetikai klaszter ($K = 4$) meglétét igazolta: egy jól elkülönülő genetikai egységet és három kevert eredetű csoportot tartalmazott.

Eredményeink rávilágítanak arra, hogy a magyarországi húsos som populációk jelentős genetikai diverzitással rendelkeznek. Ez hangsúlyozza mind az izolált, mind az egymással kapcsolatban álló populációk megőrzésének fontosságát, különösen a természetes génáramlás fenntartása és a jövőbeni nemesítési programok genetikai alapjainak biztosítása érdekében.

A kutatás a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kiemelt Kutatócsoportok Programjának támogatásával készült.



HAZAI HÚSOS SOM (*Cornus mas* L.) POPULÁCIÓK GENETIKAI DIVERZITÁSA SSR MARKEREK ALAPJÁN

Behán Tamás¹, Kovács Szilvia², Tóth Endre György³, György Zsuzsanna¹

¹MATE, Genetika és Biotechnológia Intézet, Kertészeti Növénygenetika Csoport, Budapest; ²MATE, Kertészettudományi Intézet, Budapest; ³National Coalition of Independent Scholars (NCIS), Baffieboro, USA

Bevezetés

A húsos som (*Cornus mas* L.) egy őshonos eurázsiai cserje- vagy kisfaj, melynek értéket jellegzetes termése, sokoldalú felhasználhatósága és jelentős ökológiai alkalmazkodóképessége adja. Őshonos állományai a Kis-Ázsia és Dél-, illetve Közép-Európa domb- és hegyvidéki területein fordul elő. A faj termesztése ezekkel a régiókkal nagymértékben átfed. A húsos som rendkívül változatos morfológiai tulajdonságokat mutat, különösen a termés színében és méretében, amelyek jól tükrözik alkalmazkodóképességét és a helyi környezeti hatásokra adott válaszait. A *Cornus* fajok és fajták molekuláris marker alapú vizsgálatával mindaddig csak kevés tanulmány foglalkozott, és ezek többsége véletlenszerű markereket alkalmazott. Ezek a vizsgálatok általában magas polimorfizmust mutattak ki a vizsgált növényanyagban.

Vizsgálatunk célja a hazai állományok genetikai diverzitásának feltárása volt a korábbi munkánk során azonosított polimorf SSR markerek alapján.

Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz kilenc magyarországi populációból – nyolc természetes élőhelyről és egy, a bakonybéli monostorkertben telepített, mára elvadult ültetvényről – összesen 92 darab egészséges levelet gyűjtöttünk (1. táblázat, 1. ábra). A leveleket gyűjtöttük – 20 °C-on fagyaszta tároltuk a DNS-izolálásig. A genomi DNS kivonását az E.Z.N.A.® Plant DNA Kit (VWR, Magyarország) felhasználásával a gyártó protokollja alapján végeztük. A kivont DNS-mintákat további felhasználásig –20 °C-on tároltuk.

1. Táblázat. A vizsgált hazai húsos som populációk földrajzi elhelyezkedése és a populációk nevei

Kód	Mintaszám	Helyszín	Város	GPS koordináták
B	12	Tönkös-hegy	Veszprém	47.267052; 17.731369
BB	5	Bakonybéli monostor	Veszprém	47.251345; 17.727807
BC	10	Balatonszicsó	Veszprém	46.933607; 17.666828
FE	10	Feketeerdő	Győr-Ménfőcsanak	47.935577; 17.272106
M	5	Markóc	Baranya	45.864788; 17.757312
MD	10	Monostor	Veszprém	46.906460; 17.641493
NM	13	Nagygyaros	Pest	47.795524; 18.944578
T	13	Telki	Pest	47.538695; 18.856101
VT	10	Vénkő-hegy	Baranya	45.891071; 18.248926

A vizsgálat során hat SSR lokust amplifikáltunk PCR-rel 15 µl végső térfogatban, standard összetevőkkel, DreamTaq polimerázzal és fluoreszcensen jelölt forward primerekkel. A termékeket agarózgélben ellenőriztük, és kapilláris elektroforézissel határoztuk meg a fragmentumhosszokat. A kapott adatokat MS Excelben rendeztük, majd a genetikai változatosság alapvető mutatóit (P_i , H_e , H_s , P_{IC}) GenAlEx 6.5 segítségével számoltuk. A populációk közötti genetikai kapcsolatot PCoA, Neighbour-joining, illetve UPGMA klaszteranalízissel vizsgáltuk. A populáció szerkezet feltárására a STRUCTURE 2.3.4 programot használtuk, az optimális klaszterszám (K) meghatározását pedig az Evanno-módszerrel végeztük. A genetikai struktúra további vizsgálatához DAPC-analízist készítettünk, míg a populációk közötti eltéréseket minimális feszítőfás (MST) ábrázolással és FST háttérképpel is szemlétettük.

1. ábra. A vizsgált hazai húsos som populációk földrajzi elhelyezkedése. Földrajzi kódok: B: Tönkös-hegy; BB: Bakonybéli monostor; BC: Balatonszicsó; FE: Feketeerdő; M: Markóc; MD: Monostor; NM: Nagygyaros; T: Telki; VT: Vénkő-hegy. A színes kód azonosítja a faj magyarországi természetvédelmi területét.



Eredmények

A hat primerpár összesen 79 allélt eredményezett, és az amplikonok mérete megfelelt a korábbi vizsgálatokban közltekkel. Az allélok száma lokuszonként 5 és 23 között változott (átlag: 13,17), ami a vizsgált markerek magas polimorfizmusára utal. Minden lokusz PIC értéke meghaladta a 0,7-et, ami igazolja, hogy valamennyi marker erősen informatív volt. A várt heterozigotás ($H_e=0,381-0,884$) és a megfigyelt heterozigotás ($H_s=0,359-0,891$) értékei alapján a legtöbb lokusz közelített a Hardy-Weinberg-egyensúlyhoz, és a populáció szintű genetikai diverzitás összességében magasnak bizonyult. A legpolimorfabb lokusz a CM31 volt, amely 23 allélt és a legmagasabb PIC értéket (0,874) mutatta (2. táblázat).

Konklúzió

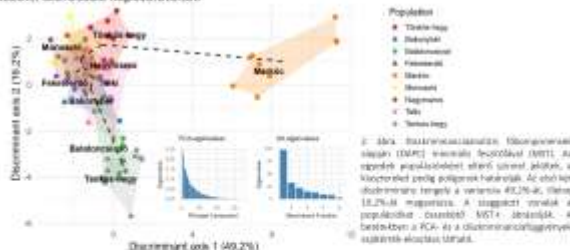
A magyarországi húsos som populációk jelentős genetikai diverzitást őriznek. A jól elkülönülő és a kevert genetikai klaszterek jelenléte egyaránt hangsúlyozza annak fontosságát, hogy a faj genetikai erőforrásainak megőrzése érdekében mind az izolált, mind a kapcsolt populációkat védeni kell. A jövőbeni kutatásoknak célszerű lenne a faj teljes elterjedési területére kiterjeszteni a mintavétellezt és további molekuláris markereket bevonni, hogy hatékonyan tudják támogatni a nemesítési programokat.

A kutatás a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kiemelt Kutatási Programjának támogatásával készült.

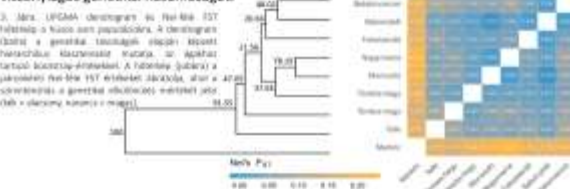
2. Táblázat. A vizsgált SSR lokuszok genetikai mutatói. H_e = várt heterozigotás, H_s = megfigyelt heterozigotás, P_{IC} = Polymorphic Information Content

	CM35	CM36	CM38	CM31	CM37	CM34	Átlag
Várt méret	355	356	392	208	184	220	-
Megfigyelt méret	137-165	152-175	179-201	180-221	171-202	206-232	-
H_e	5	9	16	23	15	11	13.17
H_s	1.615	7.52	5.041	8.584	4.144	3.291	5.03
P_{IC}	0.764	2.079	1.943	2.529	1.884	1.543	1.79
H_e	0.359	0.793	0.804	0.891	0.781	0.565	0.7
H_s	0.381	0.867	0.802	0.884	0.759	0.656	0.73
P_{IC}	0.707	0.871	0.813	0.874	0.783	0.788	0.806

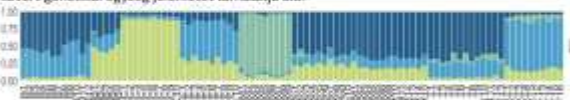
A DAPC (2. ábra) egyértelmű genetikai struktúrát tárt fel a vizsgált populációk között, amelyben a Markóc állomány markánsan elkülönült az első diszkriminációs tengely mentén. A második tengely további, részben átfedő csoportokat különített el, míg a Tönkös-hegy, Monostor, Nagygyaros, Telki és Feketeerdő populációi egy összefüggő klasztert alkottak, szemben Balatonszicsó és Tenkes-hegy elkülönült mintázatával. Az MST eredményei megerősítették ezt a struktúrát, kiemelve Markóc genetikai izolációját és a többi populáció közötti szorosabb kapcsolatokat.



Az UPGMA dendrogram és a Nei-féle FST háttérkép (3. ábra) egyaránt erős genetikai differenciálódást mutat a populációk között, amelyben Markóc egyértelműen a legizoláltabb. Telki mérsékelt elkülönülést mutatott, míg a többi populáció több, egymáshoz szorosan kapcsolódó csoportot alkotott, amit az alacsonyabb FST értékek is alátámasztottak. Az FST értékek teljes tartománya (0,004-0,237) mérsékelt közötti genetikai struktúrát jelez, kiemelve Markóc izolációját és a központi populációk közötti viszonylagos genetikai hasonlóságot.



A STRUCTURE elemzés az Evanno-módszer alapján négy genetikai klasztert (K=4) azonosított legvalószínűbb modellként. Markóc egyedül szinte teljes mértékben egyetlen klaszterhez tartoztak, ami erős genetikai izolációt jelez, míg Tenkes-hegy szintén elkülönülő, de kevert genetikai összetételű csoportot alkotott. A Balatonszicsó-Bakonybéli páros egy harmadik klaszter képviselt, Bakonybéli nagyobb arányú kevertségével. A többi populáció egy nagymértékben kevert csoportba rendeződött, ami folyamatos génáramlásra utal, és összességében egy izolált, két részben elkülönülő és egy kevert genetikai egység jelenlétét támasztja alá.



4. ábra. A vizsgált húsos som egyedek klaszterizálása a STRUCTURE program segítségével. A színek jelölik az egyes genetikai klaszterekhez való hozzájárulást az egyéni mintákban.

MENT-E A SYNGENTA NAPRAFORGÓK ÁLTAL A HAZAI TERMÉSÁTLAG ELÉBB?

**Bódi Zoltán, Albrecht László, Ácsné Szekeres Dóra, Sziegl Péter, Zilahi András,
Szeleczi Attila, Bíró János, Kovács Attila**

Syngenta Kft., Budapest

A Syngenta 2025-ben ünnepelte fennállásának a 25. évfordulóját. A hazai növény-termesztés számára meghatározó vállalat napraforgó-nemesítése hosszú időre tekint vissza. Az 1970-es években alapított NK napraforgó programmal indulunk a poszterelőadásunkban, majd a Sandoz, Novartis és végül a Syngenta napraforgó genetikai állományának fejlődése kerül terítékre. Bemutatásra kerülnek a hazai piaci jelenlétet meghatározó Syngenta hibridek mint mérőföldkövek. Kezdve a 90-es évek végén megjelent 'Arena PR'-től a napjainkban bevezetésre kerülő, legújabb 'SY Capricio AR' HO A.I.R.TM hibridig. Ez utóbbi már a legrugalmasabb gyomirtási technológiát (imazamox vagy tribenuron-metil) biztosítja a hazai gazdálkodók számára. A genetika szerepe megkérdőjelezhetetlen a hazai napraforgó-termesztés során a különböző gombabetegségekkel szembeni ellenálló képesség miatt, illetve a gyomirtási (felülkezeléses) technológiák (CL, CL Plus, SU, A.I.R.) beépítésével. Korábban a diaportés levél- és szárfoltosság volt a napraforgó egyik legveszélyesebb betegsége, a 90-es évek végén országos járványt is okozott. A kórokozó mára visszaszorult, ez az új hibridek megjelenésének is köszönhető. Ekkor kezdte diadalútját a Syngenta napraforgó az 'Arena PR', 'Alexandra PR' és 'NK Brio' fajtákkal. Ezek a hibridek új perspektívát nyújtottak nagy termésükkel, betegség-ellenálló képességükkel és stabilitásukkal. A szürkepenészes és fehérpenészes tányérrothadás az esős nyarak betegségei. A fajtaválasztás itt is döntő jelentősége 2005 augusztusában bizonyosodott be, amikor helyenként 200 mm csapadék is hullott egy hónap alatt. Az akkori csúcshibridek, mint az 'Alexandra PR' és 'NK Brio' 10-60% terméstöbbletet adtak a hagyományos napraforgófajtákhoz képest. Ez a genetika a mai Syngenta napraforgókban is tovább él, és védelmet nyújt a tányérrothadást okozó kórokozók ellen. Az elmúlt 20 év országos termésátlagát és a fajtaregisztrációs kísérletek átlagát elemezve megállapítható, hogy közeledik egymáshoz a két érték. A trendvonal alapján az országos termésátlagok több mint 500 kg pluszt mutatnak a 2005. évhez képest. Az, hogy szűkül a genetikai és technológiai termésátlag, azt is jelenti, hogy a Syngenta jó úton jár az elmúlt években megkezdett 6 tonnás programjával. A Syngenta 6 tonna programot 2020-ban hívtuk életre, hogy termelőinkkel közösen még jobban megérthessük a napraforgót. Hét lépést, 7 technológiai elemet határoztunk meg, hisszük, hogy ezek finomhangolásával segíthetünk termelőinknek, hogy maximalizálhassák a topgenetikában rejlő terméspotenciált és jövedelmezőséget. Célunk, hogy tovább bővítsük a tudástárunkat a napraforgó termesztéstechnológiájában, ezért a program során folyamatosan, termelőink visszajelzései és tapasztalatai alapján, a felmerülő kérdésekhez igazítjuk a következő évek vizsgálatait.

A címben megfogalmazott kérdésre válaszolva, a Syngenta Kft. piaci részaránya egyértelműen mutatja a hazai vetésterületben betöltött szerepét. A 2025. évben a teljes napraforgó-vetésterület (étkezési is) 60,8%-án (forrás: Kleffmann 2025 napraforgóvetőmag-panel) Syngenta hibrideket termesztettek, így a vállalat továbbra is piacvezető hazánkban. A Nébih-kísérletek mint független eredmények alapján elég csak az LO SU szegmens egyik kiemelkedő genetikája, a 'Sureli HTS' eredményét megnézni. A 2025. évben 9,9%-kal volt felette a csoportja kísérleti átlagának, ez 410 kg/ha plusztermést jelentett. A 'Sureli HTS' 2022-ben került bevezetésre, és körülbelül 100 ezer ha-on (!) termesztették 2025-ben. A Syngenta a jövőben is elkötelezetten dolgozik a fenntartható, jövedelmező napraforgó-termesztés megteremtésén.

SZŐLŐÜLTETVÉNYEK STRESSZÁLLAPOTÁNAK ÉRTÉKELÉSE RGB-ALAPÚ VEGETÁCIÓS INDEXEK, VALAMINT NDVI ÉS PRI ALKALMAZÁSÁVAL

Deák Tamás¹, Bodor-Pesti Péter¹, Oláh Róbert¹, Leander Hörmann², Florian Hammer²,
Richard Schmidt², Luca Masiero³, Nyitrai Sárdy Diána¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szőlészeti és Borászati Intézet

²Linz Center of Mechatronics GmbH, Linz, Austria

³Council for Agricultural Research and Economics, Viticulture and Enology Centre,
Conegliano, Italy

A távérzékelési módszerek fejlődésével a szőlőültetvények stresszállapotának vizsgálatában egyre nagyobb szerepet kapnak a különböző szenzor alapú megoldások. Az RGB-alapú és multispektrális drónos megfigyelések kiváló lehetőséget biztosítanak az ültetvények növényélettani állapotának jellemzésére, a tökehiányok azonosítására, valamint az abiotikus és biotikus stressz okozta tünetek térbeli lokalizálására. Hátrányuk ugyanakkor, hogy az egyes tőkék lombzatán belüli vertikális variabilitás korlátozottan értékelhető. Ezzel szemben az *on-the-go* rendszerek – például a traktorra szerelt szenzorhálózatok – lehetőséget nyújtanak a lombfal eltérő magasságaiban jelentkező morfológiai és növényélettani különbségek részletesebb vizsgálatára. További előnyük, hogy a mérések a különböző munkaműveletekhez (gyomszabályozás, növényvédelem, fitotechnikai beavatkozások, szüret) kapcsolatosan is elvégezhetők.

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szőlészeti és Borászati Intézete pályázati partnereivel együttműködésben, az Agri-Digital Growth Interreg Central Europe program keretében olyan szenzorhálózatot fejleszt, amely NDVI-, PRI- és RGB-adatok gyűjtését teszi lehetővé a szőlőültetvényben, párhuzamosan a lombfal különböző magassági zónáiban. A fejlesztés célja GPS-koordinátákhoz kötött spektrális adatok gyűjtése, amelyek segítségével feltárható a szőlőültetvény horizontális (tőkék közötti) és vertikális (lombfalon belüli) variabilitása.

Az NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) elsősorban a növényállomány kondíciójáról és a zöld biomasza mennyiségéről szolgáltat információt, ami összefüggésbe hozható többek között a szárazságstresszel, tápanyaghiánnyal, fagykárrel, valamint kártevők és kórokozók okozta károsodásokkal. A PRI (*Photochemical Reflectance Index*) ezzel szemben a fotoszintetikus aktivitás változásaira érzékeny, így a növények élettani állapotának korai jelzésére is alkalmas. Az RGB-alapú megfigyelések előnye, hogy egyszerű, költséghatékony és széles körben elérhető szenzortechnológiára épülnek. A hagyományos digitális kamerák által rögzített felvételekből különböző színindexek számíthatók, amelyek alkalmasak a növényállomány zöldtömegének, fedettségének és színváltozásainak jellemzésére. Az RGB-adatok nagy térbeli felbontása lehetővé teszi az egyedi tőkék vagy akár levélszintű eltérések vizsgálatát is, segítve ezzel a fenotipizálás folyamatát.

A tanulmány megjelenését az Agri-Digital Growth Interreg Central Europe (CE0200761) program támogatta.

Szőlőültetvények stresszállapotának értékelésére RGB-alapú vegetációs indexek, valamint NDVI és PRI alkalmazásával

Deák Tamás¹, Bodor-Pesti Péter¹, Oláh Róbert¹, Leander Hörmann², Florian Hammer², Richard Schmidt²,
Luca Masiero³, Nyitrai Sándor Diána¹

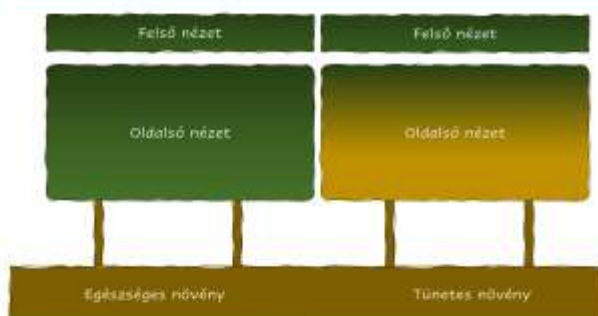
¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szőlészeti és Borászati Intézet

² Linz Center of Mechatronics GmbH, Linz, Ausztria

³ CREA - Centro di Ricerca per la Viticoltura, Conegliano, Olaszország

A távérzékelési módszerek fejlődésével a szőlőültetvények stresszállapotának vizsgálatában egyre nagyobb szerepet kapnak a szenzor-alapú megoldások. Az RGB-alapú és multispektrális drónos megfigyelések hatékonyan alkalmazhatók az ültetvények növényélettani állapotának jellemzésére, a tápanyaghiányok azonosítására, valamint az abiotikus és biotikus stressztünetek térbeli lokalizálására. Ugyanakkor ezekkel a módszerekkel az egyes tőkék lombzatán belüli vertikális variabilitás csak korlátozottan vizsgálható. Ezzel szemben az on-the-go rendszerek – például a traktorra szerelt szenzorhálózatok – lehetőséget biztosítanak a lombfal különböző magassági zónáiban jelentkező különbségek részletesebb vizsgálatára.

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szőlészeti és Borászati Intézete pályázati partnereivel együttműködésben, az Agri-Digital Growth Central Europe Interreg program keretében olyan szenzorhálózatot fejleszt, amely NDVI-, PRI- és RGB-adatok gyűjtését teszi lehetővé a szőlőültetvényben, a lombfal különböző magassági zónáiban. A fejlesztés célja GPS-koordinátákhoz kötött spektrális adatok gyűjtése, amelyek segítségével feltárható az ültetvény horizontális (tőkék közötti) és vertikális (lombfalon belüli) variabilitása.



1. ábra: Szőlőültetvény lehetséges spektrális heterogenitása.



2. ábra: Vizsgálati módszer és a multispektrális szenzorok

Az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) elsősorban a növényállomány kondíciójáról és zöld biomasszájáról szolgáltat információt, amely összefüggésbe hozható például a szárazságstresszel vagy tápanyaghiánnyal. A PRI (Photochemical Reflectance Index) a fotoszintetikus aktivitás változásaira érzékeny, így a növények élettani állapotának korai jelzésére is alkalmas. Az RGB-alapú megfigyelések egyszerű és költséghatékony megoldást kínálnak, mivel a felvételekből számítható színindexekkel a növényállomány zöldtömege és fedettsége is jellemezhető.

RESISTANCE AGAINST TOMATO BROWN RUGOSE FRUIT VIRUS IN WILD *Solanum* SPECIES

Diellza Dresha Kastrati, Zoltán Szabó, Zoltán Tóth

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő

Tomato Brown Rugose Fruit Virus (ToBRFV) is an emerging tobamovirus that poses a threat to tomato production due to its ability to overcome the widely used Tm-2² resistance, resulting in significant yield losses and market restrictions. Identifying novel durable resistance is therefore a high priority for disease-resistant breeding programs. Wild tomato relatives represent a significant source of unexplored natural resistance. Among these, *Solanum peruvianum* has been identified as a possible source of ToBRFV resistance and has shown resistance to a number of tobamoviruses.

The aim of our study was to genetically map and characterize genetic resistance to ToBRFV in wild *Solanum peruvianum* species, and to identify molecular markers linked to the resistance. An interspecific mapping population was generated through hybridization between *S. peruvianum* (resistant parent) and *S. lycopersicum* (susceptible parent). The first generation (F₁) displayed full resistance, while phenotyping of the F₂ population following mechanical inoculation with a Jordanian ToBRFV isolate showed a 3:1 resistant:susceptible segregation ratio, which indicates the control of the resistance trait by a single dominant gene. Molecular markers were developed for SNPs (single nucleotide polymorphisms) as well as insertions and deletions using the RNA seq data of the parental lines and the tomato reference genome (Heinze S13.0) obtained from NCBI. Based on the detected polymorphic regions between the resistant and susceptible genotypes, specific primers were designed for PCR genotyping. Rought genetical mapping was done with 66 polymorphic markers equally distributed on the 12 chromosomes.

The region responsible for the resistant phenotype was mapped on the telomeric region of chromosome 8. Fine mapping and functional validation of candidate genes will be the subject of further complementation studies. The identified gene(s) will serve as a tool in MAS and generation for the development of durable resistant breeding lines.

This research is supported by the Stipendium Hungaricum Scholarship Program of the Tempus Foundation, Hungary.

POTENCIÁLIS NÖVÉNYKONDITIONÁLÓ SZEREK ALKALMAZÁSA UBORKA (*Cucumis sativus*) HIDROPÓNIA SZERESZTÉSE SORÁN

Domokos-Szabolcsy Éva, Makleit Péter, Kaszás László, Kovács Zoltán, Veres Szilvia

Debreceni Egyetem, MÉK Alkalmazott Növénybiológiai Intézet, Debrecen

A növénykondicionálók, biostimulánsok jellemzően „teljesítményfokozóként” hatnak a növényekre, aktiválva azok természetes fiziológiai és molekuláris folyamatait. A tápanyagokat biztosító műtrágyákkal szemben, a növénykondicionálók/biostimulánsok a tápanyagok felhasználásának hatékonyságát javítva, erősítve a gyökérzetet és beindítva a védekező mechanizmusokat támogatják a növényeket, hogy azok jobban elviseljék, tolerálják az őket érő abiotikus stresszhatásokat. Ezzel együtt a fenntartható és hatékony tápanyag-gazdálkodásra egyre nagyobb hangsúly helyeződik a mezőgazdaságban, maga után vonva a növénykondicionálók piacának jelentős bővülését az utóbbi években.

Jelen munkában három, még piaci bevezetés előtt álló növénykondicionáló szer (a továbbiakban 2., 9. és 10. számú) hatását vizsgáltuk kontrollált, hidropónikus körülmények között, teljes, illetve félerősségű tápoldatot alkalmazva uborka (*Cucumis sativus*) zöldségnövényeken, 3 mintavételi időpontot figyelembe véve. Az időszakos ozmotikus stressz (szárazság) szimulálására polietilén-glikol kezelést alkalmaztunk a 2. mintavételt követően.

A fehérjék mennyiségére, illetve minőségére vonatkozó paraméterek közül a Dumas szerinti nitrogén- és abból származtatott nyersfehérje-tartalmat mértük, továbbá az expressziós változásokat SDS PAGE-en követtük nyomon. Az eredmények alapján a 10. számú növénykondicionáló jelölt a nitrogéntartalom kismértékű emelkedését okozta uborka leveles hajtásában mind normál, mind PEG indukálta ozmotikus stressz körülménye között. A fehérje-expressziós mintázatban nem láttunk kifejezett különbségeket, inkább a sávok intenzitásában a PEG-kezeléssel összefüggésben. A szekunder metabolitok változására utaló összes flavonoid és nem flavonoid típusú fenolos komponensek mennyiségi mérése nem mutatott ki szignifikáns eltéréseket a kezeléseket között, mintavételi időponttól függetlenül.

A kutatásokat „A mezőgazdaságot sújtó aszálykárak mérséklésére szolgáló terméshozzájáruló anyagok fejlesztése, valamint objektív értékelő rendszer kidolgozása azok hatékonyságának a mérésére” című 2024-1.1.1-KKV_FÓKUSZ-2024-00031 számú program támogatta.

STUDY OF SHOOT-ROOT SIGNALLING IN RICE DURING COLD STRESS

**Fatemeh Gholizadeh¹, Sylva Prerostová², Pál Magda¹, Benczúr Kinga¹,
Hamow Kamirán Á.¹, Majláth Imre¹, Kun József^{3,4}, Gyenesei Attila³, Urbán Péter³,
Szalai Gabriella¹, Radomíra Vanková², Janda Tibor¹**

¹*HUN-REN ATK Department of Plant Physiology and Metabolomics, Martonvásár*

²*Czech Academy of Sciences, Institute of Experimental Botany, Prague, Czech Republic*

³*University of Pécs, Hungarian Centre for Genomics and Bioinformatics, Szentágotthai
Research Centre, Pécs*

⁴*University of Pécs, Department of Pharmacology and Pharmacotherapy, Pécs*

The main objective of this work was to better understand how low temperature signalling from leaves can influence root stress responses and how light conditions modulate certain stress acclimation processes in rice plants. To achieve these goals, plants grown at 27 °C were exposed to low temperature (12 °C) under different light intensities, so that in some plants only the leaves received the cold, while the roots remained at the control temperature. Our results confirmed that not only cold exposure of the leaves, but also the light conditions may affect certain stress responses in the roots of rice plants both at gene expression and metabolite levels. Metabolomics and real-time PCR results focusing on *COLD1* and polyamine oxidase genes, hormonal changes, and phenolic compounds showed that not only cold treatment of leaves, either alone or together with roots, but also light conditions influence certain stress responses in both leaves and roots. Results also showed that keeping roots at warm temperature in plants with cold-stressed leaves lowered the negative impact of cold in the leaves, probably via a root-shoot signalling impacting the electron transport chain to protect the photosystem II against photoinhibition induced by low temperature. Negatively regulated phenolic compounds also indicate that the stress was mild and not severe. In an RNA-Seq experiment focusing on the roots of plants grown under normal growth light conditions, we found 525 differentially expressed genes in different comparisons. Exposure to low temperature led to genes with inhibited rather than stimulated expression. Comparison of the roots of plants treated with cold only at the leaf with either whole plant cold or with control plants showed that nitrogen metabolism and nitric oxide-related signalling, as well as phenylpropanoid-related processes, were specifically affected. The better understanding of the involvement of the individual components of the nitrosative stress responses in the cold-induced changes in the roots needs further studies. The presented results provide a good basis for further research in order to better understand how, on the one hand, the changes in the leaf, for example under stress conditions, affect the processes taking place in the root, and on the other hand, how certain environmental factors, in this case the light hitting the leaf, can influence this signalling processes and their manifestation.

This research was funded by project No. TKP2021-NKTA-06 funded by the Ministry of Innovation and Technology from the National Research Development and Innovation Fund, in the frame of the Thematic Excellence Program 2021.

GENOTÍPUSFÜGGŐ SÓTŰRÉSI MECHANIZMUSOK BÚZA-*Thinopyrum* INTROGRESSZIÓS VONALAKBAN IONTRANSPORTER GÉNÉK ÉS CSÍRANÖVÉNY-VIZSGÁLATOK ALAPJÁN

FATEMEH GHOLIZADEH¹, JANDA TIBOR¹, MOLNÁR ISTVÁN², KRUPPA KLAUDIA²,
TÜRKÖSI EDINA²

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Növényélettani és
Metabolomikai Osztály, Martonvásár

²HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Biológiai Erőforrások Osztály,
Martonvásár

A talaj sótartalma világszerte jelentősen korlátozza a búza növekedését és termelékenységét. A búza vad rokonai, különösen a *Thinopyrum*-fajok, hasznos só-tűrő allélokat tartalmaznak, amelyek introgresszió révén átvihetők a kenyérbúzába. Kísérleteink során három búza/*Thinopyrum* introgressziós vonal és búza szülőpartnereik só-tűrő képességét hasonlítottuk össze 0, 100 és 200 mM NaCl mellett. A molekuláris citogenetikai vizsgálatok megerősítették a stabil *Thinopyrum*-kromatin-integrációt. A sóstressz csökkentette a genotípusok növekedését, de az introgressziós vonalak eltérőek voltak a növények növekedésében, a gyökérarchitektúrának és a biomasszájának fenntartásában. A toleráns vonalakban az iontransporterek (HKT, SOS, NHX családok) génjei fokozott expressziót mutattak, különösen a *TaSOS1* és a *TaNHX1* esetében a 3St(3D) szubsztitúciós vonalban, ami jobb Na⁺-kizárásra és vakuoláris szekvesztrációra utal. Ezek a *Thinopyrum*-szegmensek a korai stádiumokban különböző só-tűrő mechanizmusokat biztosítanak, ami kulcsfontosságú erőforrássá teszi ezeket a vonalakat az ellenálló búza nemesítésében.

Kulcsszavak: só-tűrő képesség, búza-*Thinopyrum* introgressziós vonalak, morfofiziológiai tulajdonságok, iontransporter gének.

SALT-TOLERANT WHEAT FROM WILD RELATIVES: LINKING *Thinopyrum* CHROMATIN TO SEEDLING PERFORMANCE AND ION-TRANSPORTER RESPONSES

F. GHOLIZADEH¹, T. JANDA¹, I. MOLNÁR², K. KRUPPA², E. TÜRKÖSI²

¹HUN-REN Centre for Agricultural Research, Agricultural Institute, Department of Plant Physiology and
Metabolomics, Martonvásár

²HUN-REN Centre for Agricultural Research, Agricultural Institute, Department of Biological Resources,
Martonvásár

Soil salinity severely limits wheat growth and productivity worldwide. Wild wheat relatives, especially *Thinopyrum* species, contain useful alleles for salt tolerance that can be transferred into bread wheat through introgression. This study compared salt tolerance during wheat germination in three wheat/*Thinopyrum* introgression lines versus their wheat parents under 0, 100 and 200 mM NaCl. Molecular assays confirmed stable *Thinopyrum* chromatin integration. Salinity reduced growth across genotypes, but introgression lines varied in maintaining radicle/coleoptile elongation, root architecture, and biomass. Tolerant lines showed upregulated ion transporters (HKT, SOS, NHX families) in radicles/coleoptiles, especially *TaSOS1* and *TaNHX1* in the 3St(3D) substitution line, linking to better Na⁺ exclusion and vacuolar sequestration. These *Thinopyrum* segments provide distinct salt tolerance mechanisms at early stages, positioning such lines as key resources for breeding resilient wheat amid rising soil salinization.

Key words: salt tolerance, *Thinopyrum* introgression lines, morpho-physiological traits, ion-transport genes

Bevezetés

A búza egy kulcsfontosságú növény, amely ~10.000 évvel ezelőtt alakult ki egy komplex, többlépcsős természetes hibridizációs és emberi szelekciós folyamat eredményeként a Termékeny Félholdnak nevezett régióban. Jelenleg azonban terméshozam-csökkenéssel néz szembe a szántóföldek 20-50%-át érintő emelkedő sótartalom miatt, amit a klímaváltozás és a rossz öntözés is súlyosbít (Munns és Tester 2008, Shiferaw et al. 2013). A sótartalom ozmotikus stresszt, iontoxicitást és oxidatív károsodást okoz, amit a búza Na^+ -kizárása ellensúlyoz a HKT transzportereken (xilém-visszanyerés), az SOS-útvonalon (SOS1 extrudálás SOS3/SOS2 komplexen keresztül) és az NHX antiportereken (vakuoláris szekvesztráció) keresztül, az ozmotikus szabályozás mellett (Byrt et al. 2014, Gholizadeh et al. 2024). Míg az elit kenyérbúza mérsékelt toleranciát mutat, a halofiton *Thinopyrum*-fajok, mint például a *Th. ponticum* a magas NaCl-szintet alacsony Na^+/Cl^- -felhalmozódás és megemelt glicin-betain szintézise révén bírja ki (Shi et al. 2014, Sharma et al. 2023). A korábbi introgressziók (pl. a *T. elongatum* 3E/7E-je) javították az ellenálló képességet (Farooq et al. 2015). Kísérleteink során citogenetikailag igazolt búza/*Thinopyrum* vonalakat használtunk 1) a só (NaCl) különböző koncentrációin történő csírázás értékelésére, 2) a HKT/SOS/NHX-expresszió, Na^+ -szabályozási mechanizmusok elemzésére, és 3) a nemesítési erőforrások azonosítására, az instabil idegen kromatin funkcionális validálásában mutatkozó hiányosságok kezelésére.

Anyag és módszer

A vizsgálatban három, Martonvásáron előállított búza / *Agropyron glael* (*Thinopyrum intermedium* × *Th. ponticum* szintetikus hibrid) introgressziós vonalat használtunk: 1) 4StS.1J^{VS}S diszómás addíciós vonal ($2n = 6x + 2 = 44$), 2) 6DS.6J^{VS} Robertsoni-transzlokációs vonal ($2n = 6x = 42$), 3) 3St(3D) diszómás szubsztitúciós vonal ($2n = 6x = 42$). Ezen vonalak előállítását és citogenetikai jellemzését korábbi munkák részletesen ismertették. Az introgressziós vonalak előállításában két búzagenotípust használtunk ('Mv9kr1' és 'Mv Karizma'), ezért mindkét fajta kontrollként szerepelt a kísérletekben.

- Molekuláris citogenetika: mcGISH és FISH vizsgálatokkal ellenőriztük a *Thinopyrum*-kromatin jelenlétét a sóstresszelt növényekben.

- Csírázási vizsgálat: 0, 100 és 200 mM NaCl-kezelés; csírázási százalék, csírázási sebesség, gyökér-, koleoptilhossz, friss- és száraztömeg mérése.

- Fiatalkori fenotipizálás: hidropóniás nevelés; WinRHIZO Pro rendszerrel teljes gyökérhossz, átmérő, felület és térfogat meghatározása; hajtáshossz mérése.

- RT-qPCR: gyökércsúcs- (*radicle*) és koleoptilszövetekben *TaNHX1*, *TaNHX2*, *TaSOS1*, *TaSOS2*, *TaSOS3*, *TaHKT9-7D* expressziójának vizsgálata; *TaActin* referenciagén; $2^{-\Delta\Delta\text{CT}}$ módszer.

- Statisztika: kéttényezős ANOVA (genotípus, sóstressz, interakció), LSD-teszt ($P \leq 0,05$), korreláció és PCA.

Eredmények és megvitatás

1. Citogenetikai megerősítés és stabilitás

A mcGISH/FISH vizsgálatok egyértelműen igazolták a *Thinopyrum*-kromoszómák vagy kromoszómaszegmensek jelenlétét mindhárom introgressziós vonalban.

A 4StS.1J^{VS}S addíciós vonalban egy *Thinopyrum*-kromoszómapár, a 6DS.6J^{VS} vonalban egy búza/*Thinopyrum* Robertsoni-transzlokáció, míg a 3St(3D) vonalban a *Thinopyrum*-kromoszómapár jelenléte és a búza 3D kromoszómapár hiánya volt kimutatható.

A FISH-mintázatok nem jeleztek kimutatható, nem várt búza-búza átrendeződéseket. Ez kulcsfontosságú, mert a fenotípusos különbségek értelmezése így nem torzul citogenetikai instabilitás miatt (1. ábra).

2. Csírázási válaszok sóstressz alatt

Mind az öt genotípusnál (3 introgressziós vonal + 2 búza szülő) a NaCl-kezelés csökkentette a gyökér- és koleoptilhosszt, a friss- és száraztömeget, valamint a csírázási mutatókat.

Az ANOVA szerint a sóstressz, a genotípus, valamint azok kölcsönhatása minden vizsgált morfo-fiziológiai tulajdonságra szignifikáns hatással volt. Ez azt mutatja, hogy nemcsak a stressz erőssége, hanem a genotípus specifikus válasza is meghatározza a teljesítményt (1. táblázat).

Az 'Mv Karizma' erősen érzékenynek bizonyult (különösen a gyökérhossz és csírázási sebesség csökkenése). Az 'Mv9kr1' közepes toleranciát mutatott. A 4St.1J^{VS}S vonal 100 mM NaCl-nál viszonylag jó teljesítményt tartott fenn, de 200 mM-nál már erősebb visszaesés jelentkezett. A 6DS.6J^{VS} vonal 100 mM-nál kiemelkedő koleoptilmegnyúlást és jó csírázási sebességet mutatott, de 200 mM-nál itt is érdemi romlás jelentkezett.

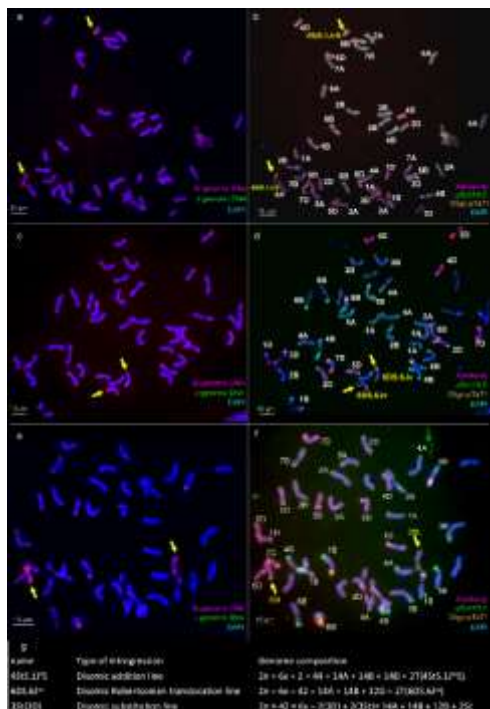
A 3St(3D) helyettesítési vonal maradt a legkiegyensúlyozottabb 200 mM NaCl mellett is, ezért a csírázási fázis toleranciasorrendje összességében: 3St(3D) > 4St.1J^{VS}S $\approx$ 6DS.6J^{VS} > 'Mv9kr1' > 'Mv Karizma'.

1. táblázat A sóstressz (0, 100 és 200 mM NaCl) hatásának varianciaanalízise a búzagenotípusok ('Mv Karizma' búzafajta és 'Mv9kr1' őszibúza-vonal) és a búza/*Thinopyrum* introgressziós vonalak (4St.1J^{VS}S diszomikus addíciós vonal, 6DS.6J^{VS} Robertsoni-transzlokációs vonal és 3St(3D) diszómás szubsztitúciós vonal) morfofiziológiai tulajdonságaira

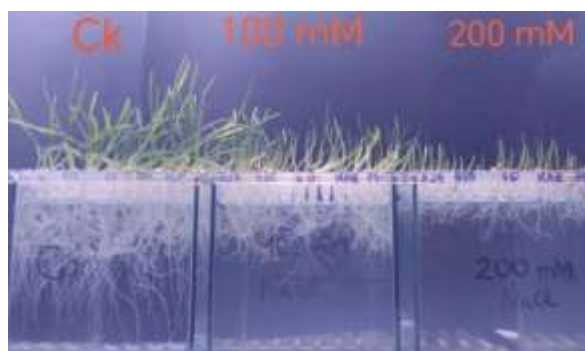
Varianciaforrások	DF	Átlagos négyzetek					
		Gyököcske hossza	Koleoptil hossza	Frisstömeg	Száraztömeg	Csírázási százalék	Csírázási arány
Blokk	2	0,086 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	16,25 ^{ns}	1,75 ^{ns}
Sóstressz (SS)	2	29,36**	2,83**	0,001**	0,00002**	482,91**	2091,02**
Genotípusok (G)	4	0,620**	0,97**	0,0002**	0,00003**	199,44**	56,43**
G×SS	8	0,344**	0,217**	0,0001**	0,00001**	57,56**	18,11**
Hiba	28	-	-	-	-	-	-

3. Gyökér- és hajtásfenotipizálás fiatal hajtásban

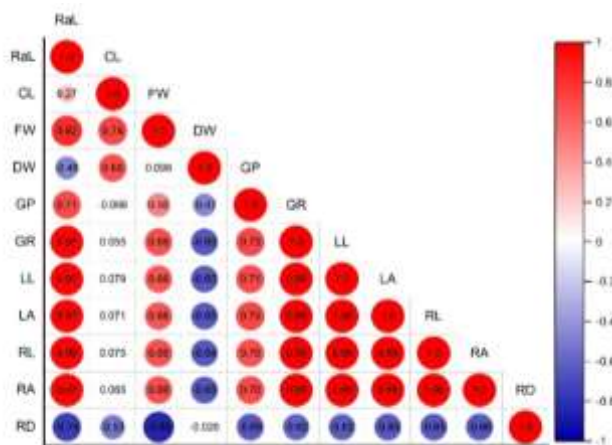
A növekvő NaCl-koncentráció minden genotípusban csökkentette a teljes gyökérhosszt, gyökérfelületet és hajtáshosszt. A legerősebb visszaesés általában már 100 mM-nál jelentkezett, majd 200 mM-nál további, de kisebb mértékű csökkenés következett. A 6DS.6J^{VS} vonal a gyökérhossz és gyökérfelület tekintetében különösen kedvezően viselkedett sós környezetben, több esetben felülmúlta a többi genotípust, vagy velük azonos statisztikai csoportban maradt. A 3St(3D) és a 6DS.6J^{VS} vonalak hajtáshossza 200 mM-nál kisebb mértékben csökkent, mint a többi vonalé. A gyökérmérő általában csak korlátozottan változott, a 3St(3D) vonalnál különösen stabil maradt. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a tolerancia nem egyetlen tulajdonságban, hanem különböző morfológiai komponensek kombinációjában jelenik meg (2. ábra).



1. ábra Három búza/*Thinopyrum* introgressziós vonal metafázisos sejtjeinek genomi *in situ* hibridizációs (GISH, a, c, e) és fluoreszcens *in situ* hibridizációs (FISH, b, d, f) mintázatai



2. ábra Kísérleti terv és morfológiai különbségek 7 napos növénykéken, hidropónikus rendszerben, 96 lyukú perforált plate-en, három különböző sókezelés alatt (balról jobbra 0 mM, 100 mM és 200 mM sókoncentráció)

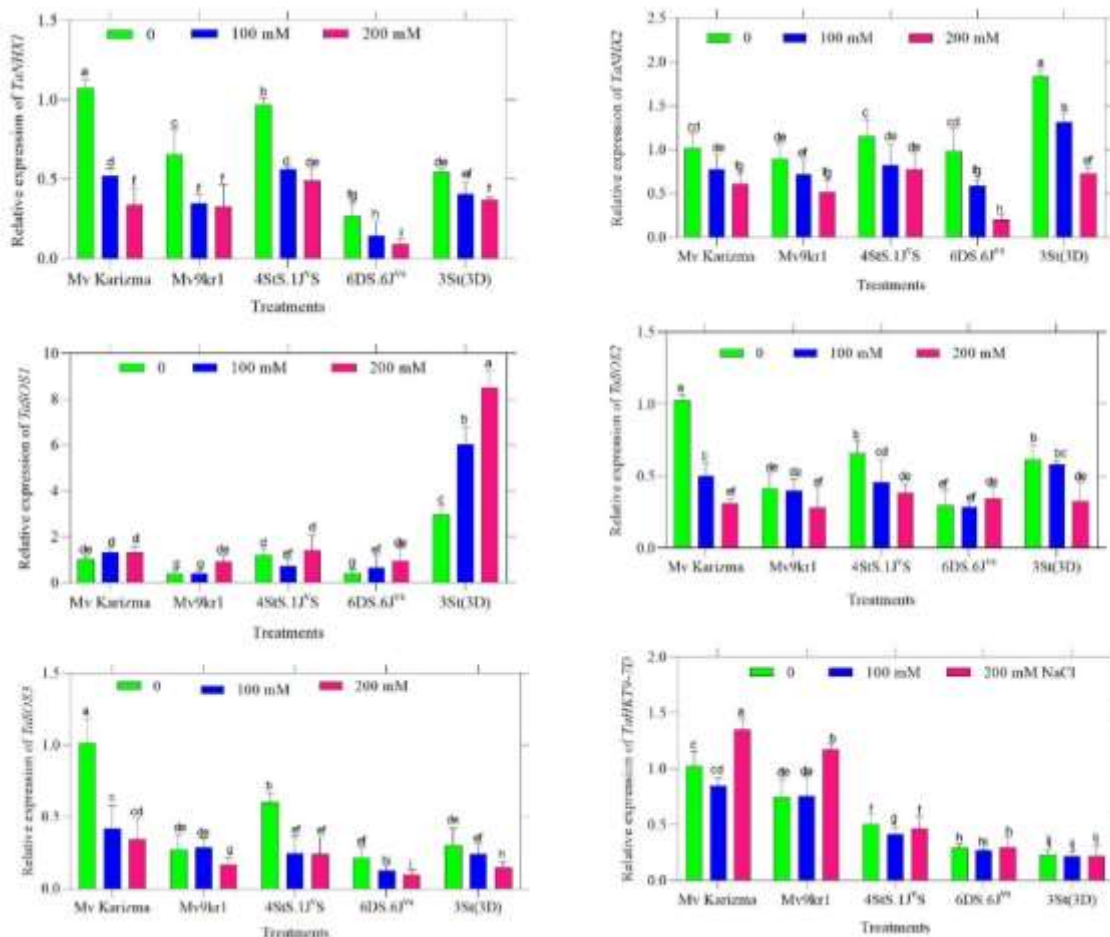


3. ábra Pearson-korreláció a csírázási jellemzők és a sóstressz (0, 100 és 200 mM NaCl) hatása között, búzagenotípusok ('Mv Karizma' búzafajta és 'Mv9kr1' ősibúza-vonal) és búza/*Thinopyrum* introgressziós vonalak (4St.1J^{VS} diszomikus addíciós vonal, 6DS.6J^{VS} Robertsoni-transzlokációs vonal és 3St(3D) diszómás szubsztitúciós vonal) esetében. Gyökérske hossza (RaL), koleoptilhossz (CL), fristtömeg (FW), száraztömeg (DW), csírázási százalék (GP), csírázási arány (GR), levélhossz (LL), levélfelület (LA), gyökérske (RL), gyökérfelület (RA), gyökérátmérő (RD)

4. Korreláció

A korrelációelemzés erős pozitív kapcsolatokat mutatott több növekedési tulajdonság között (pl. gyökérske, koleoptilhossz, levélfelület, gyökérfelület, fristtömeg), ami koordinált fejlődésre utal. A csírázási százalék és csírázási sebesség egymással pozitív kapcsolatban állt, ugyanakkor bizonyos gyökérske kapcsolatos tulajdonságokkal negatív korrelációt mutatott, ami korai fejlődési kompromisszumokra utalhat (3. ábra).

4. ábra A sóstressz (0, 100 és 200 mM NaCl) hatása a *TaNHX1*, *TaNHX2*, *TaSOS1*, *TaSOS2*, *TaSOS3* és *TaHKT9-7D* gének expressziós mintázataira koleoptilban, különböző búza/*Thinopyrum* introgressziós vonalakban (4StS.1J^{VS} diszomikus addíció, 6DS.6J^{VS} Robertsoni-transzlokáció és 3St(3D) diszómás szubsztitúció) és a szülőkből ('Mv Karizma' és 'Mv9kr1'). Minden oszlop három technikai és biológiai replikátum átlagos expresszióját jelöli. A hibasávok a biológiai replikátumok standard deviációit jelölik. A sávok feletti kisbetűk az átlagok közötti szignifikáns különbséget jelzik LSD-teszt alapján ($p < 0,05$)



5. Génexpresszió a koleoptilban

A *TaNHX1*, *TaNHX2*, *TaSOS1*, *TaSOS2*, *TaSOS3* és *TaHKT9-7D* gének expressziója genotípus- és szövetspecifikus mintázatot mutatott. Koleoptilban az *NHX*-gének általában csökkenő vagy változó expressziót mutattak sóstressz alatt, miközben a 3St(3D) vonalban a *TaSOS1* kifejezetten erős indukciót mutatott. Ez a Na⁺ sejten kívülre juttatásához kapcsolódó SOS-útvonal fokozott aktivációjára utal. A HKT9-7D bizonyos esetekben (főleg a szülői genotípusokban) magasabb sószinten felülszabályozódott, ami a Na⁺-eloszlás és ionhomeosztázis szabályozásához kapcsolható. Összességében az eredmények fő üzenete, hogy a fenotípusos tolerancia (különösen a 3St(3D) vonalnál) összhangban van a Na⁺-extrúzióhoz (*SOS1*) és vakuoláris kompartmentalizációhoz (*NHX1*) köthető transzkripció válaszokkal, miközben a citogenetikai validáció biztos alapot ad ezen következtetésekhez (4. ábra).

6. Következtetés

Eredményeink igazolják, hogy egyes búza/*Thinopyrum* introgressziós vonalak toleránsabbak a sóstresszel szemben a búza szülőknél, illetve hogy a tolerancia különböző komponensekre bontható (csírázási teljesítmény, gyökérarchitektúra, iontranszporter-válasz). Gyakorlati nemesítési kontextusban az introgressziós vonalak esetében a markeralapú szelekció (MAS) és a fenotípusos szelekció kombinálása az egyik leghatékonyabb stratégia a sótűrés nyomon követésére, különösen a korai fejlődési fázisban.

Köszönetnyilvánítás

A közlemény az FK145848 számú OTKA, valamint a TKP2021-NKTA-06 pályázatok támogatásával készült.

Irodalom

- Byrt, C.S. et al. (2007): HKT1;5-like cation transporters linked to Na⁺ exclusion loci in wheat, *Nax2* and *Kna1*. *Plant Physiology*, **143**, 1918–1928.
- Farooq, S., Shahid, M., Khan, M.B., Hussain, M., Farooq, M. (2015): Improving the productivity of bread wheat by good management practices under terminal drought. *Journal of Agronomy and Crop Science*, **201(3)**, 173–188.
- Gholizadeh, F., Mirmazloum, I., Janda, T. (2024): Genome-wide identification of the *HKT* gene family in wheat (*Triticum aestivum* L.): Insights from the expression of multiple genes (*HKT*, *SOS*, *TVP* and *NHX*) under salt stress. *Plant Stress*, **13**, 100539.
- Munns, R., Tester, M. (2008): Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, **59**, 651–681.
- Sharma, P., Mishra, S., Pandey, B., Singh, G. (2023): Genome-wide identification and expression analysis of the *NHX* gene family under salt stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Frontiers in Plant Science*, **14**, 1266699.
- Shi, H., Ishitani, M., Kim, C., Zhu, J.-K. (2000): The *Arabidopsis thaliana* salt tolerance gene *SOS1* encodes a putative Na⁺/H⁺ antiporter. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, **97**, 6896–6901.
- Shiferaw, B. et al. (2013): Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security*, **5**, 291–317.

'REMÉNY' A HOMOKTÖVIS-TERMESZTÉSBEN – AZ ELSŐ HAZAI NEMESÍTÉSŰ HOMOKTÖVISFAJTA GYÜMÖLCSMINŐSÉGI TULAJDONSÁGAI

Ficzek Gitta¹, Kozák Antal², Béres Csenge³, Mali-Gáspár Edit¹, Máté Mónika³

¹*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék, Budapest*

²*Cornus Vitali Kft., Rákócziútfő*

³*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék, Budapest*

A homoktövis nemesítése, termesztése és feldolgozása nagy utat járt be Magyarországon az elmúlt évtizedekben. A gyümölcsből készült termékek iránt a tudatos fogyasztói körökben egyre nagyobb az érdeklődés. A bogyó minden része hasznosításra kerül, készül belőle: lé, nektár, velő, szárított őrlemény, olaj, étrend-kiegészítő, tea, por stb. Mindez köszönhető a rendkívül értékes beltartalmi összetételének, pl. vitaminok, antioxidáns tulajdonságú fenolos vegyületek.

Magyarországon a homoktövist évtizedek óta termesztik, azonban eddig nem volt államilag elismert hazai fajta. A magyar homoktövis-termesztésben a legnagyobb előrelépést a 'Remény' (termő) és a 'Vitéz' (porzó) fajták 2024-es felvétele jelentette a nemzeti fajtajegyzékbe. A 'Remény' és a 'Vitéz' fajták télállósága rendkívül jó, a hazai klimatikus adottságaink mellett ökológiai gazdálkodásban is sikeresen termesztethetők.

Jelen tanulmány célja, hogy az első magyar nemesítésű homoktövisfajta, a 'Remény' néhány meghatározó paraméterét elemezze, és összehasonlítsa ugyanazon termőterületről származó más fajtákkal, pl. 'Askola', 'Clara', 'Habego', 'Leikora', 'Mara'. Vizsgált jellemzők: bogyók fizikokémiai paraméterei (refrakció, titrálható savtartalom, cukor/sav arány, morfológiai jellemzők), összes polifenol-tartalom, antioxidáns kapacitás, C-vitamin-tartalom, β -karotin-tartalom, valamint a magok zsírsavprofilja.

A 'Leikora' bogyójának tömege ($0,64 \pm 0,07$ g) statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt, mint a többi vizsgált fajta gyümölcse, a fajták bogyóinak kő-mag arányában szignifikáns eltérés nem volt igazolható. A 'Remény' összes polifenol-tartalma a legmagasabb a vizsgált fajták között, míg az antioxidáns kapacitás, a β -karotin és a C-vitamin tekintetében a harmadik helyet foglalja el.

A vizsgált minták magjai kiemelkedő mennyiségben tartalmaztak linolsavat (17,0-33,2%), valamint linolénsavat (15,3-24,9%), főként a 'Mara', a 'Clara' és az 'Askola' fajták. Kiemelendő a 'Remény' palmitoleinsav-tartalma és kedvező omega-6/omega-3 aránya, amely a funkcionális élelmiszerek alapanyaga lehet. A továbbiakban a feldolgozástechnológiai kutatásokat, főként az egész bogyók szárítását érdemes ezen fajtákkal folytatni.

NEMESÍTÉSI CÉLÚ SZELEKCIÓ POHÁNKÁBAN (*Fagopyrum esculentum* Moench) PEG 6000 INDUKÁLTA OZMOTIKUS STRESSZ ALKALMAZÁSÁVAL

Hanász Alexandra, Mandler-Drienyovszki Nóra

Debreceni Egyetem, Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság, Nyíregyházi Kutatóintézet,
Nyíregyháza

A vízhiány a termesztett növényfajok egyik legjelentősebb korlátozó tényezője, mivel jelentős termés kiesést okozhat, ezért a szárazságtűrés vizsgálata a pohánka (*Fagopyrum esculentum* Moench) esetében is kiemelt jelentőségű. A polietilén-glikol (PEG) 6000 által indukált ozmotikus stressz gyors laboratóriumi előszűrésre alkalmas, és lehetővé teszi a genotípusok korai növekedési reakcióinak és adaptációs képességének vizsgálatát.

Négy genotípust – 'Hajnalka', R-CAT 040089, R-CAT 066268 és R-CAT 066233 – vizsgáltunk. A magokat 5%, 10%, 15% és 20% PEG-oldattal átitatott csíráztatópapíron neveltük 21 °C-on, sötét, kontrollált laboratóriumi környezetben. Két kezelést alkalmaztunk: három nap ozmotikus stressz, majd három nap regeneráció, illetve hatnapos folyamatos ozmotikus stressz. Mértük a friss biomasszát (g/ismétlés, 20 növény) és a kontrollhoz viszonyított stresszindexet (SI, %).

A kontrollkörülmenyek között a 'Hajnalka' genotípus átlagosan 2,17 g friss biomasszát ért el, míg a R-CAT 040089, R-CAT 066268 és R-CAT 066233 genotípusok 3,3, 2,97 és 3,03 g-ot. Ezek az adatok kiemelik a genotípusok közötti különbségeket stresszmentes környezetben, és az alapot adják az SI számításához. A hatnapos folyamatos PEG-kezelés dóziszfüggő biomassza-csökkenést eredményezett: 5%-nál 23%, 10%-nál 54%, 15%-nál 71% és 20%-nál 86%-ot. A 'Hajnalka' fajta az enyhe és közepes ozmotikus stressz (5–15%) szinteken a legstabilabb SI-értékeket mutatta (SI = 108%, 53%, 45%), míg az R-CAT 040089 kiemelkedett a legmagasabb koncentrációnál (SI = 28%), habár itt már erősen kifejtette gátló hatását az ozmotikum. A háromnapos ozmotikus stresszt követő regeneráció során a csíranövények friss biomasszája koncentrációtól függetlenül közelítette a kontrollt (SI = 77-84%), ami azt jelzi, hogy még a legmagasabb PEG-koncentráció sem okozott irreverzibilis károsodást a négy genotípusban, és a rövid, 3 napig tartó ozmotikus stressz mortalitási szempontból nem volt kritikus.

Az eredmények megerősítik, hogy a laboratóriumi csíráztatási módszer hatékony a genotípusok gyors előszűrésére ozmotikus stressz alatt. Emellett hozzájárulhatnak a magyarországi nemesítési programokhoz, lehetővé téve a kiválasztott genotípusok további értékelését a hazai környezeti feltételekhez való alkalmazkodás szempontjából.

NITROGÉNTÁPANYAG-UTÁNPÓTLÁS OPTIMALIZÁLÁSA ŐSZI BÚZA ESETÉN DRÓNALAPÚ MULTISPEKTRÁLIS KÉPALKOTÁS SEGÍTSÉGÉVEL

HOLLÓ BENJAMIN¹, KOVÁCS ZSÓFIA², KENDE ZOLTÁN¹, TARNAWA ÁKOS¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet, GACS, Gödöllő

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, GGT, Gödöllő

Az Európai Unió Farm to Fork stratégiája 2030-ig a műtrágya-felhasználás legalább 20%-os csökkentését irányozza elő a tápanyagveszteségek mérséklése érdekében. Ennek megvalósításához elengedhetetlen az adatvezérelt precíziós gazdálkodás alkalmazása. Jelen kutatásban drónalapú multispektrális képalkotással vizsgáltuk az eltérő nitrogéndózisok (0, 40, 80, 120 és 160 kg/ha) hatását őszi búza fehérjetartalmára, termésmennyiségére és vegetációs indexeire. A felvételezést Parrot Sequoia multispektrális kamerával végeztük, amely zöld (550 nm), vörös (660 nm), vörös-NIR átmeneti tartomány (vörös perem; 735 nm) és közeli infravörös (790 nm) sávokban rögzített adatokat. Az eredmények erős pozitív korrelációt mutattak a N-dózis és a fehérjetartalom között ($r = 0,55$, $p = 0,005$), míg a termésmennyiség és a N-dózis között nem volt szignifikáns összefüggés ($r = 0,08$, $p = 0,70$). A spektrális indexek közül a Norm_R mutatta a legerősebb korrelációt a fehérjetartalommal ($r = -0,66$, $p < 0,001$), míg a tömeg becslésére az RGB_Green_Min ($r = -0,70$, $p < 0,001$) és a CI_RGB ($r = 0,69$, $p < 0,001$) bizonyultak a legalkalmasabbnak. A kombinált score (50% fehérje + 50% tömeg) alapján a 120–160 kg/ha N-kezelés adta a legjobb eredményt, ugyanakkor a csökkenő mértékű növekmény figyelembevételével a 120 kg/ha kezelés jelenti a költséghatékony optimumot.

Kulcsszavak: precíziós mezőgazdaság, multispektrális képalkotás, nitrogénoptimalizálás, drón, NDVI, búza

OPTIMIZATION OF NITROGEN APPLICATION IN WINTER WHEAT USING DRONE-BASED MULTISPECTRAL IMAGING

B. HOLLÓ¹, ZS. KOVÁCS², Z. KENDE¹, Á. TARNAWA¹

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Agronomy, Gödöllő

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Genetics and Biotechnology, Gödöllő

The European Union's Farm to Fork Strategy targets at least a 20% reduction in fertilizer use by 2030 to mitigate nutrient losses. Achieving this goal requires the adoption of data-driven precision agriculture practices. In the present study, we investigated the effects of different nitrogen doses (0, 40, 80, 120, and 160 kg/ha) on winter wheat protein content, grain yield, and vegetation indices using drone-based multispectral imaging. Data were acquired using a Parrot Sequoia multispectral camera operating in green (550 nm), red (660 nm), red edge (735 nm), and near-infrared (790 nm) spectral bands. Results showed a strong positive correlation between N dose and protein content ($r = 0.55$, $p = 0.005$), while no significant relationship was found between grain mass and N dose ($r = 0.08$, $p = 0.70$). Among the spectral indices, Norm_R showed the strongest correlation with protein content ($r = -0.66$, $p < 0.001$), while RGB_Green_Min ($r = -0.70$, $p < 0.001$) and CI_RGB ($r = 0.69$, $p < 0.001$) proved most suitable for mass estimation. Based on a combined score (50% protein + 50% mass), the 120–160 kg/ha N treatment yielded the best results; however, considering diminishing marginal returns, the 120 kg/ha treatment represents the cost-effective optimum.

Key words: precision agriculture, multispectral imaging, nitrogen optimization, UAV, NDVI, wheat

Bevezetés

A nitrogén (N) a növényi növekedés és termésmennyiség egyik meghatározó tényezője, ugyanakkor túlzott alkalmazása jelentős környezeti terhelést okoz, beleértve a vízszennyezést, biodiverzitás-csökkenést és levegőszennyezést (Batoöl et al. 2025). Az Európai Unió Zöld Megállapodásának részeként a Farm to Fork (F2F) Stratégia célul tűzte ki a tápanyagvesztések legalább 50%-os csökkentését 2030-ig, ami várhatóan a műtrágya-felhasználás legalább 20%-os csökkentését jelenti (European Commission 2020, Heyl et al. 2023). Magyarországon a hektáronkénti N-felhasználás megközelíti a 104 kg értéket, ami az EU-átlag felett van, ezért a precíziós technológiák alkalmazása különösen indokolt (Wessler 2022).

A pilóta nélküli légi járművek (UAV) multispektrális szenzorokkal történő felszerelése forradalmasította a precíziós mezőgazdaságot (Hassler és Baysal-Gurel 2019). A vegetációs indexek, mint az NDVI, NDRE és a CIR red-edge, hatékonyan használhatók a növények nitrogénstatuszának felmérésére és a hozam becslésére (Zheng et al. 2018, Hassan et al. 2020). Különösen ígéretes a vörös perem sáv alkalmazása, amely érzékenyen reagál a klorofill- és nitrogéntartalom változásaira (Li et al. 2010). Korábbi tanulmányok igazolták, hogy a drónalapú vegetációs indexek szoros összefüggésben állnak a levél nitrogéntartalmával (LNC) és a levélfelület-indexszel (LAI) búzában, különösen a szemtelítődés szakaszában ($r^2 = 0,88-0,90$; Mandal et al. 2025).

A Parrot Sequoia multispektrális kamera zöld (550 nm), vörös (660 nm), vörös perem (735 nm) és közeli infravörös (790 nm) sávjaival széles körben alkalmazott eszköz a precíziós mezőgazdaságban (Franzini et al. 2019, Lu et al. 2020). Ugyanakkor viszonylag kevés vizsgálat foglalkozott a kalibrálatlan digitális számértékek (DN) közvetlen alkalmazhatóságával a gyakorlati döntéshozatalban. Jelen kutatás célja az eltérő N-kezelések hatásának vizsgálata őszi búza minőségi és mennyiségi paramétereire, valamint a multispektrális indexek és a laboratóriumi eredmények közötti összefüggések feltárása.

Anyag és módszer

A kísérletben őszi búzát ('Mv Felleg' fajta) vizsgáltunk öt különböző nitrogénkezelési szinten: 0, 40, 80, 120 és 160 kg/ha. A kezeléseket kísérleti mikroparcellákban, véletlenszerű elrendezésben (CRD) alkalmaztuk.

A távérzékelési adatgyűjtést Parrot Sequoia multispektrális kamerával végeztük, amely négy diszkrét spektrális sávban rögzít adatokat: zöld (550 nm $\pm$ 40 nm), vörös (660 nm $\pm$ 40 nm), vörös perem (735 nm $\pm$ 10 nm) és közeli infravörös (790 nm $\pm$ 40 nm) tartományban, egyenként 1,2 megapixeles monokróm szenzorral. A kamera beépített fényerősségszenzorral (sunshine sensor) rendelkezik a radiometriai kalibráció elősegítésére. Az ortofotó készítéséhez a drón képeit Pix4D szoftverrel dolgoztuk fel.

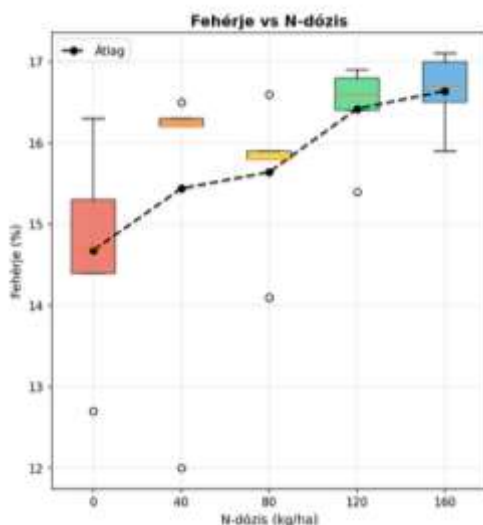
A betakarítást követően laboratóriumi vizsgálatokat végeztünk a fehérjetartalom (%), víztartalom, sikértartalom és a parcellánkénti szemtömeg (g) meghatározására. A spektrális indexek és a laboratóriumi paraméterek közötti összefüggések vizsgálatához Pearson-féle korrelációs elemzést alkalmaztunk (RStudio, 4.5.2 package). A N-kezelés hatásának értékelésére kombinált score-t (50% fehérje + 50% normalizált tömeg) számítottunk. Ezeken túl a számított vegetációs indexek közül az NDVI, GNDVI, NDRE, CIGreen, CVI, CCCI, NGRDI, Norm_G, Norm_NIR, Norm_R és GRNDVI kerültek vizsgálatra.

Eredmények

A fehérjetartalom és a N-dózis között erős pozitív lineáris korrelációt mértünk ($r = 0,55$, $p = 0,005$). A kezeletlen kontroll (0 kg/ha) parcellák átlagos fehérjetartalma 14,68% volt, ami a legmagasabb kezelési szinten (160 kg/ha) 16,64%-ra emelkedett, összesen 1,96 százalékpontos növekedést eredményezve. Ugyanakkor a marginális haszon a 120 kg/ha

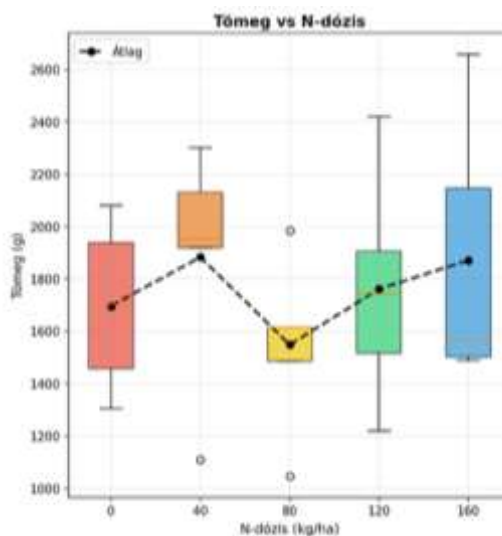
kezelés felett jelentősen csökkent: míg a 0-ról 40 kg/ha-ra történő emelés 0,76 százalékpontos fehérjenövekedést eredményezett, addig a 120-ról 160 kg/ha-ra történő emelés csupán 0,22 százalékpontot. (1. ábra)

1. ábra A fehérjetartalom változása a N-dózis függvényében



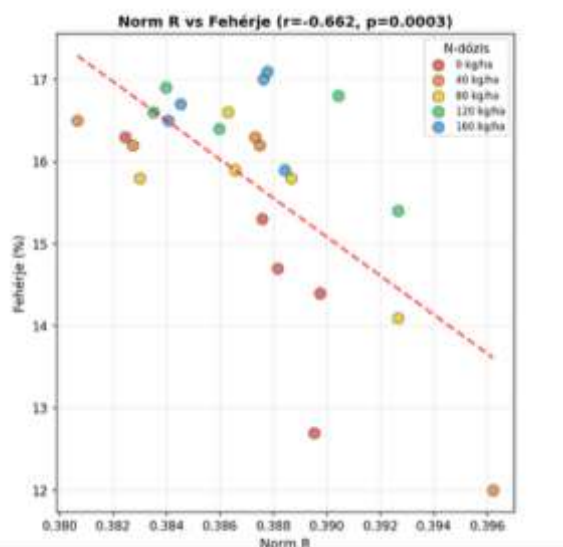
A parcellánkénti szenttömeg és a N-dózis között nem találtunk szignifikáns korrelációt ($r = 0,08$, $p = 0,70$), ami arra utal, hogy a termésmennyiséget más tényezők – például a talajtani viszonyok és az időjárási körülmények – erőteljesebben befolyásolták. A 80 kg/ha kezelés jelentette a legalacsonyabb terméseredményt, míg a 40 és 160 kg/ha kezelések hasonló tömegértékeket produkáltak. (2. ábra)

2. ábra A parcellánkénti szenttömeg változása a N-dózis függvényében

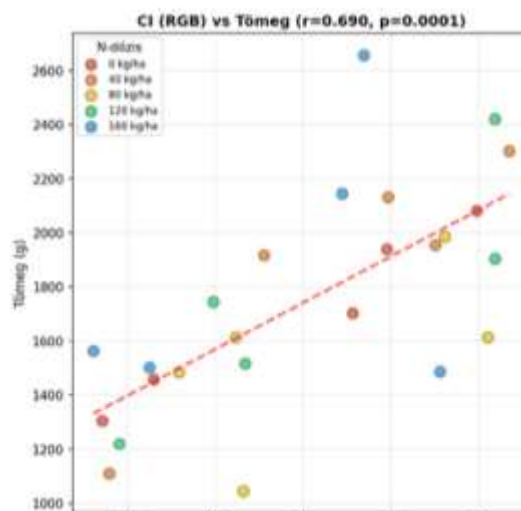


A spektrális indexek elemzésekor a fehérjetartalom legjobb prediktorának a Norm_R bizonyult ($r = -0,66$, $p < 0,001$; 3. ábra), ami megerősíti a vörös sáv reflexiójának diagnosztikai értékét a növényi nitrogénstátusz meghatározásában. A termésmennyiség becslésére az RGB-alapú indexek – különösen az RGB_Green_Min ($r = -0,70$, $p < 0,001$) és a CI_RGB ($r = 0,69$, $p < 0,001$) – mutatták a legerősebb összefüggést (4. ábra). Összesen 13 spektrális index mutatott monoton trendet a N-dózissal, amelyek közül a CCCI, NDVI_rededge és CVI emelkedő tendenciát jeleztek a növekvő N-kezeléssel (5. ábra), ami összhangban van korábbi eredményekkel (Zhou et al. 2019, Liu et al. 2022).

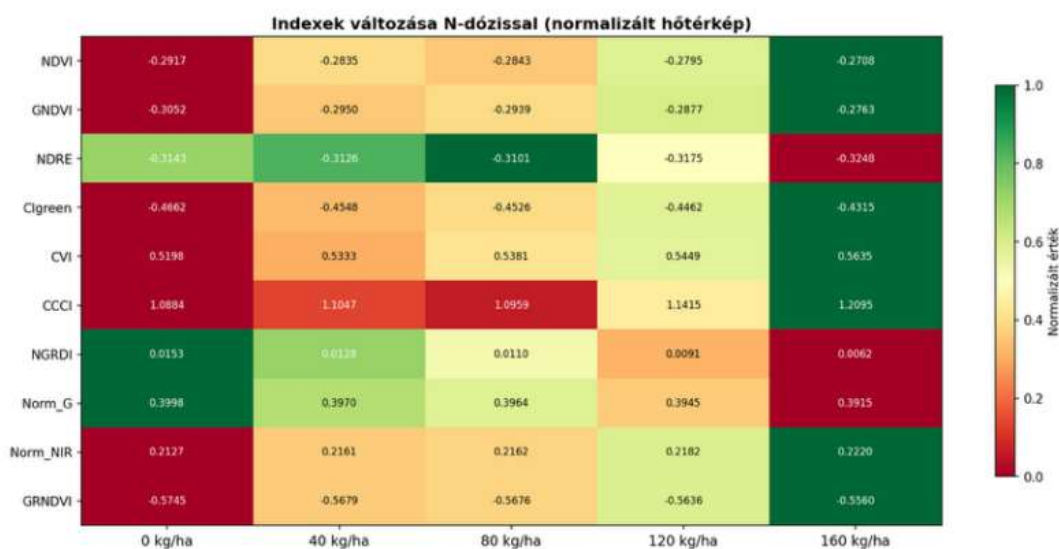
3. ábra A Norm_R spektrális index és a fehérjetartalom összefüggése



4. ábra A CI (RGB) index és a tömeg összefüggése



5. ábra Vegetációs indexek változása a N-dózissal (normalizált hőtérkép)



A kombinált score (50% fehérje + 50% normalizált tömeg) alapján felállított kezelési sorrend: 160 > 120 > 40 > 80 > 0 kg/ha. Bár a 160 kg/ha kezelés adta a legnagyobb kombinált értéket, a csökkenő marginális haszon és a költséghatékonyság figyelembevételével a 120 kg/ha kezelés jelentheti az optimális N-dózist. (1. táblázat)

1. táblázat A legfontosabb korrelációk összefoglalása

Paraméter	Prediktor	r	p-érték
Fehérje	N-dózis	0,55	0,005**
Fehérje	Norm_R	-0,66	<0,001***
Termésmennyiség	N-dózis	0,08	0,700 ^{ns}
Termésmennyiség	RGB_Green_Min	-0,70	<0,001***
Termésmennyiség	CI_RGB	0,69	<0,001***

Értékelés

Eredményeink összhangban vannak a nemzetközi szakirodalommal, amely a drónalapú vegetációs indexeket mint a növényi nitrogénstatusz megbízható indikátorait azonosítja. *Mandal és munkatársai* (2025) hasonlóan erős összefüggéseket találtak az NDVI és a levél nitrogéntartalma (LNC) között búzában, különösen a szemtelítődés szakaszában ($r^2 = 0,88-0,90$). *Liu és munkatársai* (2022) szintén megerősítették, hogy a fogyasztói kategóriás multispektrális kamerák, mint a Parrot Sequoia, alkalmasak a búza termésmennyiségének és nitrogénhasznosítási hatékonyságának (NUE) gyors becslésére.

A fehérjetartalom és a N-dózis közötti erős korreláció ($r = 0,55$) alátámasztja a nitrogén-trágyázás minőségjavító hatását, ugyanakkor a csökkenő marginális haszon a 120 kg/ha feletti kezelés esetében felhívja a figyelmet a gazdasági optimum megtalálásának fontosságára. Hasonló eredményekre jutottak *Batool és munkatársai* (2025), akik kimutatták, hogy az EU szintjén a 20%-os műtrágyacsökkentés önmagában csak 10-16%-os nitrogéntöbblet-csökkentést eredményez, ezért régióspecifikus, technológiai és gazdálkodási gyakorlatokkal kiegészített stratégiákra van szükség.

A termésmennyiség és a N-dózis közötti szignifikáns összefüggés hiánya arra utal, hogy a vizsgált növényfajta esetén más környezeti tényezők – talaj heterogenitása, mikroklima – domináltak a hozam alakulásában. Ez az eredmény alátámasztja *Hassan és munkatársai* (2020) megállapítását, miszerint genotípus-specifikus kalibrációk szükségesek a drónalapú monitoring maximális hasznosításához.

Fontos megjegyezni, hogy jelen vizsgálatban kalibrálatlan DN értékeket használtunk, amelyek relatív összehasonlításra alkalmasak, de abszolút reflektancia értékekké történő átváltásuk további kalibrációs lépéseket igényel. Ennek ellenére az indexek monoton trendjei és a szignifikáns korrelációk megerősítik a módszer gyakorlati alkalmazhatóságát a precíziós N-kezelés támogatásában. A kísérlet további kiértékelése folyamatban van, ahol a kalibrációs tényezők már beállításra kerülnek.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni a mérésekben és laborvizsgálatokban nyújtott segítséget Kakucska Csillának.

Irodalom

- Batool, M., Sarrazin, F.J., Zhang, X., Musolff, A., Nguyen, T.V., Attinger, S., Kumar, R. (2025): Scenario analysis of nitrogen surplus typologies in Europe shows that a 20% fertilizer reduction may fall short of 2030 EU Green Deal goals. *Nature Food*, **6**, 787–798.
- European Commission (2020): Farm to Fork Strategy – for a fair, healthy and environmentally-friendly food system (COM/2020/381 final). https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en
- Franzini, M., Ronchetti, G., Sona, G., Casella, V. (2019): Geometric and radiometric consistency of Parrot Sequoia multispectral imagery for precision agriculture applications. *Applied Sciences*, **9**(24), 5314.
- Hassan, M.A., Yang, M., Fu, L., Rasheed, A., Zheng, B., Xia, X., Xiao, Y., He, Z. (2020): Assessment of water and nitrogen use efficiencies through UAV-based multispectral phenotyping in winter wheat. *Frontiers in Plant Science*, **11**, 927.
- Hassler, S.C., Baysal-Gurel, F. (2019): Unmanned aircraft system (UAS) technology and applications in agriculture. *Agronomy*, **9**(10), 618.
- Heyl, K., Ekardt, F., Roos, P., Garske, B. (2023): Achieving the nutrient reduction objective of the Farm to Fork Strategy. An assessment of CAP subsidies for precision fertilization and sustainable agricultural practices in Germany. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **7**, 1088640.
- Li, F., Miao, Y., Hennig, S.D., Gnyp, M.L., Chen, X., Jia, L., Bareth, G. (2010): Evaluating hyperspectral vegetation indices for estimating nitrogen concentration of winter wheat at different growth stages. *Precision Agriculture*, **11**(4), 335–357.

- Liu, J., Zhu, Y., Tao, X., Chen, X., Li, X. (2022): Rapid prediction of winter wheat yield and nitrogen use efficiency using consumer-grade unmanned aerial vehicles multispectral imagery. *Frontiers in Plant Science*, **13**, 1032170.
- Lu, J., Miao, Y., Shi, W., Li, J., Yuan, F. (2020): Evaluating different approaches to non-destructive nitrogen status diagnosis of rice using portable RapidSCAN active canopy sensor. *Scientific Reports*, **10**, 14073.
- Mandal, D., Kumar, R., Bhattacharjee, S., Kumar, P., Padhi, J., Tripathi, V.K., Raghuwanshi, N.S. (2025): Drone-based multispectral imaging for precision monitoring of crop growth variables. *Biology and Life Sciences Forum*, **41(1)**, 10.
- Wesseler, J. (2022): The EU's farm-to-fork strategy: An assessment from the perspective of agricultural economics. *Applied Economic Perspectives and Policy*, **44(4)**, 1826–1843.
- Zheng, H., Cheng, T., Li, D., Yao, X., Tian, Y., Cao, W., Zhu, Y. (2018): Combining unmanned aerial vehicle (UAV)-based multispectral imagery and ground-based hyperspectral data for plant nitrogen concentration estimation in rice. *Frontiers in Plant Science*, **9**, 936.
- Zhou, X., Zheng, H., Xu, X., He, J., Ge, X., Yao, X., Cheng, T., Zhu, Y., Cao, W., Tian, Y. (2019): In-season diagnosis of winter wheat nitrogen status in smallholder farmer fields across a village using unmanned aerial vehicle-based remote sensing. *Agronomy*, **9(10)**, 619.



NITROGÉN TÁPANYAGUTÁNPÓTLÁS OPTIMALIZÁLÁSA ŐSZI BÚZA ESETÉN DRÓN ALAPÚ MULTISPEKTRÁLIS KÉPALKOTÁS SEGÍTSÉGÉVEL



Holló Benjamin¹, Kovács Zsófia², Kende Zoltán¹, Tarnawa Ákos¹

¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet, GACS, Gödöllő

² Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, GGT, Gödöllő

Bevezetés, Anyag és módszer

Farm to Fork Stratégia

Az EU célkitűzése a tápanyagvesztés 50%-os és a műtrágya-használat legalább 20%-os csökkentése 2030-ig.

Magyarországi helyzetkép

Hazánkban az átlagos N-felhasználás 104 kg/ha, ami meghaladja az EU-s átlagot, így a precíziós optimalizálás kritikus fontosságú.

Adatvezérelt döntéshozatal

A drón alapú multispektrális képalkotás lehetővé teszi a növények nitrogénstatuszának gyors és pontos felmérését.



Kísérleti beállítások

Őszi búza (Fellek fajta) vizsgálata öt különböző N-szinten: 0, 40, 80, 120 és 160 kg/ha dózisokkal.

Parrot Sequoia kamera alkalmazása

A drónra szerelt szenzor négy sávban rögzített adatokat: zöld (530 nm), vörös (660 nm), vörös perem (735 nm) és közeli infravörös (790 nm).

Laboratóriumi validálás

A távérzékelési adatokat betakarítás utáni fehérje- és széntőmeg-mérésekkel vetették össze R Studio szoftveres elemzéssel.

Eredmények

Erős korreláció a fehérjetartalommal ($r=0,55$)

Az N-dózis emelésével a fehérje 14,68%-ról (0 kg/ha) 16,64%-ra (160 kg/ha) nőtt, de a növekedés üteme 120 kg/ha felett lelassult.



13 spektrális index (pl. NDVI, CCI, NDRE) mutatott monoton trendet az N-dózis-változásával.

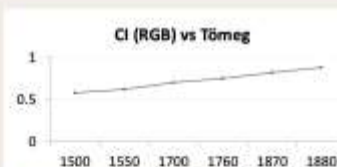
Alacsony korreláció a széntőmeggel ($r=0,08$)

A széntőmeg és az N-dózis között nem volt szignifikáns összefüggés; a hozamot inkább talajtani és időjárási tényezők befolyásolták.



A fehérje legjobb jelzője: Norm_R

A Norm_R index mutatta a legerősebb negatív korrelációt a fehérjével ($r=-0,66$, $p<0,001$), igazolva a vörös sáv diagnosztikai értékét.



Tömegbecslés RGB indexekkel

A termésmennyiség becslésére a CI_RGB ($r=0,69$) és az RGB_Green_Min ($r=-0,70$) bizonyult a legalkalmasabbnak.

Értékelés

120 kg/ha: A javasolt dózis

Bár a 160 kg/ha adta a legmagasabb abszolút értékeket, a csökkenő marginális haszon miatt a 120 kg/ha az optimális választás.



Precíziós jövőkép

A drón alapú monitoring alkalmas a gyors és roncsolásmentes nitrogén-diagnózisra, támogatva a fenntartható gazdálkodást.



Hollo.Benjamin@phd.uni-mate.hu

ÉVELŐ DÍSZNÖVÉNYEK VÁROSI ALKALMASSÁGA SZENNYEZETT TALAJOKON: SZELEKCIÓS CÉLOK ÉS ÉRTÉKELÉSI SZEMPONTOK

Horotán Katalin^{1,2,3}, Kovács Dezső³, Orlóci László², Tábornok Jana¹, Kisvarga Szilvia²

¹*Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Biológiai Intézet, Eger*

²*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Zöldfelületgazdálkodási Kutatócsoport, Budapest*

³*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Agrár- és Élelmiszertudományok Doktori Iskola, Gödöllő*

A városi évelőkiültetések talajai gyakran komplex terhelés alatt állnak: a fizikai degradáció (tömörödés, levegőtlenység, kedvezőtlen vízháztartás, alacsony szervesanyag-tartalom) és a kémiai stresszorok (sófelhalmozódás, közlekedési eredetű potenciálisan toxikus elemek; jellemzően Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr) együttesen rontják a növények kondícióját és díszítőértékét. Célunk annak bemutatása, hogy a nehézfém- és talajstressztűrési miként jelenik meg a városi évelő dísznövények szelekciójában, és miként fordíthatók a releváns céltulajdonságok mérhető, a gyakorlatban is alkalmazható értékelési kritériumokká. A városi környezetben a genotípus és a környezet kölcsönhatásai meghatározók, ezért a szelekcióban a teljesítmény stabilitása, a plaszticitás és a reziliencia egyaránt kiemelt szempont.

Az áttekintés a szelekciós célokat a díszítőérték-stabilitás és vitalitás, a gyökérzethez kötődő funkcionális tulajdonságok (gyökérarchitektúra, regeneráció, víz- és tápanyag-hasznosítás), a só- és fémterheléssel szembeni tolerancia és stresszélettani alkalmazkodás, a fenológiai kiszámíthatóság és állományfenntarthatóság, valamint a kórokozók és kártevőkkel szembeni reziliencia mentén rendszerezi a szelekciós célokat, kitérve a díszítőérték-tolerancia kompromisszumokra. Kiemeljük, hogy a fémterhelés értékelésében az összes talajkoncentráció mellett a biohasznosuló frakció gyakran közvetlenebb összefüggést mutat a növényi válaszokkal, ezért a szelekciós környezetek összehasonlíthatóságához kulcskérdés a talajtulajdonságok (pH, szervesanyag-tartalom, sóterhelés) feltárása és lehetőség szerinti standardizálása.

Nemesítési szempontból a szennyezett városi talajokhoz illeszkedő ideáltípus két célrendszerben írható le. Biztonságos díszfunkció esetén a fitostabilizáló típusok előnyösek (alacsony föld feletti felhalmozás és transzlokáció), míg fitoremediációs alkalmazásnál a nagyobb felvétel és transzlokáció lehet kívánatos, a biomassa-kezelés kockázatainak figyelembevételével.

Összegzésünk egy egységes, céltulajdonság-alapú értékelési keretet vázol fel, amely segíti az évelő dísznövények összehasonlító minősítését, a nemesítési prioritások kijelölését és a fenntartható, alacsony ráfordítású városi kiültetések növényanyag-fejlesztését.

Évelő dísnövények városi alkalmazása szennyezett talajokon: szelekciós célok és értékelési szempontok

Horotán Katalin¹, Táborská Jana¹, Kovács Dezső², Orlóci László³, Kisvarga Szilvia³

¹ Szarvaskő Községi Igazgatóság, Biológiai Intézet, 2 Magyar Agrár- és Értelmezési Központ, Környezetvédelmi és Értelmezési Intézet, 3 Magyar Agrár- és Értelmezési Központ, Növénytermelési és Értelmezési Intézet

A városi, potenciálisan szennyezett talajokon a diszidőrték-stabilitás csak akkor tartható fenn, ha a talajterhelést összehasonlítható módon jellemzzük, és a szelekciós célokat mérhető, gyakorlatban is alkalmazható értékelési kritériumokra bontjuk.

A városi évelő dísnövények talajai gyakran egyidejű fizikai és kémiai terhelés alatt állnak. A tömörítés, levegőtlenítés, kedvezőtlen vízháztartás és alacsony szervesanyag-tartalom a sófelhalmozódással és a közlekedési eredetű potenciálisan toxikus elemekkel (pl. Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr) együtt rontja a növények kondícióját és diszidőrtékét. A városi környezetben a genotípus és a környezet kölcsönhatása meghatározó, ezért a szelekcióban nem csak az átlagos teljesítmény, hanem a teljesítmény stabilitása, a plaszticitás és a reziliencia is kulcsfontosságú. Fémterhelés esetén a növényi válaszokat gyakran közvetlenebbül magyarázza a biohasznosuló frakció, mint az összes talajkoncentráció, ezért az összehasonlíthatósághoz a talajtulajdonságok rögzítése és lehetőség szerinti standardizálása elengedhetetlen.

Célunk egy strukturált irodalmi áttekintés alapján olyan szelekciós célrendszer és egységes értékelési keret összefoglalása, amely a városi, szennyezett és/vagy sötérelt talajokon is alkalmazható. A keret a diszidőrték-stabilitás, a gyökérhez kötődő funkcionális tulajdonságok, a só- és fémterheléssel szembeni tolerancia, a fenológiai kiszámíthatóság és állományfenntarthatóság, valamint a biotikus reziliencia mentén rendezi a céltulajdonságokat. Célunk, hogy ezekhez mérhető, a gyakorlatban is kivitelezhető indikátorokat rendeljünk, amelyek segítik a genotípusok összehasonlító minősítését és a nemesítési prioritások kijelölését.

Diszidőrték-stabilitás

A városi alkalmazhatóság alapja a diszidőrték kiszámítható fenntartása stresszhatásokban is. Ennek mindegyre időszaki diszidens javítható, amely a lombfolyás, a virágzás, a habitus és a takarás együttes hatása szerint értékelhető, és így lehetővé teszi a teljesítmény megőrzésének kimutatását.



Gyökérhez kötődő funkcionális tulajdonságok

A városi talajok heterogenitása és a tömörítés miatt a gyökérrendszerrel és a rizoszférával kapcsolatos megfigyelések a gyakorlatban jól használható utasítást adnak a növények és a talaj közötti kölcsönhatás, illetve a talajban zajló folyamatok megértésére.



Só- és fémterheléssel szembeni tolerancia

A tolerancia értékelésében a fenológiai jellemzők standardizált módon történő rögzítése és a növényi felépítés, jellemzői kombinálása fontos. Különösen fontos a föld feletti felépítés és a gyökér-hatás transzlokáció, alacsony, szerte, amelyet a transzlokációs faktor (TF) jelöl.



Az összehasonlítható értékelés első lépése a szelekciós környezet talajkontextusának rögzítése, különös tekintettel a pH-ra, a szervesanyag-tartalomra, a sötérelt talaj vezetőképességre (EC) és a potenciálisan toxikus elemek összes, illetve biohasznosuló frakciójára. Ezt követi a növényi válaszok céltulajdonság-alapú mérése, amely a diszidőrtéket időszaki diszidexekkel, a vitalitást tüleléssel és takarással, a gyökérfunkciók regenerációs és penetrációs proxykkal, míg a fémfelvételt a föld feletti felhalmozás és a transzlokáció jelzőszámaival írja le. A harmadik lépés a G x E szemléltető kiértékelés, ahol a stabilitás, a plaszticitás és a reziliencia mutatói segítik a robusztus, városálló genotípusok azonosítását. A keret kimenete egy célhoz illesztett, összehasonlítható minősítés, amely közvetlenül támogatja a fajta- és genotípusválasztást, valamint a nemesítési döntéshozatalt.

A fémterhelés értékelésében az összes talajkoncentráció önmagában nem mindig jelöl a növény számára valószínű kockázatot, mert a felvehetőség erősen függ a pH-tól, a szervesanyag-tartalomtól és a sötéreltségtől. A biohasznosuló frakció ezért gyakran sokkal inkább megmutatja a diszidorence csökkenését és a transzlokációt, és a szelekciós környezetek összehasonlíthatóságának kulcsa lehet. Nemesítési és alkalmazási szempontból a szennyezett városi talajokra jól alkalmazható el. Környezeti, biológiai és fenológiai szempontok alapján a fenológiai tulajdonságok mérhetővé tétele, a föld feletti felhalmozás és a transzlokáció alacsony, miközben a diszidorence stabil marad. A fenológiai célú alkalmazásnál a nagyobb felvehető és transzlokációs lehetőségek, de csak kontrollált környezetben és a biomassza kezelés kockázatainak figyelembevételével.

Fenológiai kiszámíthatóság

A fenológiai stabilitás a városi környezetben idővel érkező, mert a diszidorence időszaki és a virágzás kiszámíthatósága a fenológiai értékek befolyásolja. A virágzás kezdete, hossza és a lombfolyás kezdete egyaránt rögzíthető, és jól összehasonlítható genotípusok között.



Állományfenntarthatóság (perszisztencia)

Az évelő dísnövények mellett a városi környezetben a fenológiai stabilitás, a virágzás, a habitus és a takarás együttes hatása fontos. Különösen fontos a föld feletti felépítés és a gyökér-hatás transzlokáció, alacsony, szerte, amelyet a transzlokációs faktor (TF) jelöl.



Biotikus reziliencia és kompromisszumok

A városi környezetben gyakran fokozott a környezeti és környezeti szembeni fogékonyság, ezért a biotikus reziliencia értékelése a szelekcióban nem hagyható figyelmen kívül. Kiemelt olyan genotípusok azonosítása, amelyek mérsékelt terhelés mellett is elősegítik a diszidorence és alacsony fenntartási költség biztosítását.



²Agrar + Veterinary Experts GmbH&Co., Cuxhaven, Germany

Substratum: pink, SMP model, methyl/Am Research, various animals, fortification

pH	Relative activity
1	5
2	25
3	65
4	75
5	85
6	95
7	100
8	100
9	100
10	100

Alfaseed

A TÁPIÓSZELEI GÉNBANK FÜGEGENOTÍPUSAINAK GENETIKAI DIVERZITÁSVIZSGÁLATA SSR-MARKEREKKEL

Kerekes Adrienn¹, Halász Júlia¹, Baktay Borbála², Hegedűs Attila¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet,
Növénybiotechnológia Tanszék, Budapest

²Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ, Tápiószele

A közönséges füge (*Ficus carica* L.) az egyik legősibb kultúrnövényünk, amely a mediterrán térség mellett a Kárpát-medence védettebb mikroklimatológiai adottságú területein is jelentős múltra tekint vissza. Gazdasági értéke mellett ökológiai jelentősége is növekszik a klímaváltozás hatására észlelhető felmelegedés következtében, ami lehetővé teszi termesztési körzetének északi irányú kiterjedését. A génbanki megőrzés alapvető feladata a genetikai diverzitás fenntartása és a lokális adaptációval rendelkező fajták megőrzése az utókor számára. Ahhoz azonban, hogy egy génbanki gyűjtemény (mint a tápiószelei Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ állománya) hatékonyan hasznosítható legyen a növénynevelésben, elengedhetetlen a tételek pontos genetikai azonosítása.

Munkánk első lépése a füge genetikai vizsgálatára hatékonyan alkalmazható, polimorf mikroszatellit (SSR – *Simple Sequence Repeat*) markerek kiválasztása volt. Ehhez a tápiószelei génbanki gyűjteményből származó 20 fügegenotípus vizsgálatát végeztük el. A minták genetikai jellemzéséhez 8 SSR-markert alkalmaztunk. A vizsgálat célja a gyűjteményben található tételek közötti genetikai távolság meghatározása, valamint az esetlegesen előforduló szinonim (azonos genotípusok különböző néven) vagy a homonim (különböző genotípusok azonos néven) tételek azonosítása. A nyolc SSR-lokuszon kapott allélmintázatok alapján meghatározható a genetikai rokonság mértéke.

A Balaton környékén (Badacsonytomaj, Keszthely, Balatongyörök, Balatonarács, Balatonszárszó, Tihany-Sajkod, Vászoly, Zánka, Aszófő) gyűjtött egyedek vizsgálata során összesen 35 különböző allélt sikerült azonosítani. A legnagyobb polimorfizmust az FCUP008-2 lokusz mutatta (7 allél), míg a legkisebb variabilitás az FM1-27 lokuszban volt tapasztalható (mindössze 2 allél). A vizsgálat során 6 olyan genotípust találtunk, amelyek azonosságot mutattak. A 'Keszthelyi barna' néven nyilvántartott három egyed közül kettő genotípusa megegyezik, a harmadik eltérő (homonímia). A két 'Giallo grosso' néven fenntartott egyed 8 lokuszban megegyezik, valamint két fajtanév nélkül nyilvántartott egyed (gyűjtés helye: Balatonszárszó és Tihany-Sajkod) teljesen azonos profilt mutatnak a 'Giallo grosso' fajtákkal.

Eredményeink alapján lehetővé válik a tápiószelei gyűjtemény nevelési célú szelekciója, elősegítve a fagy- és szárazságtűrő, vagy éppen kiemelkedő gyümölcsminőségű változatok későbbi azonosítását. A kutatás hosszú távú célja a hazai füge genetikai erőforrások megőrzésének és hasznosításának tudományos megalapozása.

A kutatás a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kiemelt Kutatócsoportok Programjának támogatásával készült.

MTA 200 ÉVES A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

A tápiószelai génbank fügegenotípusainak genetikai diverzitásvizsgálata SSR-markerekkel

Kerekes Adrienn¹, Halász Júlia¹, Baktay Borbála², Hegedűs Attila²

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Növénybiotechnológiai Tanszék, Budapest 1118, Villányi út 29-43.
²Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ, Tápiószél, Külsőmező 15, 2766

Bevezetés
 A közismert füge (*Ficus carica* L.) az egyik legősibb kultúrnövényünk, amely a mediterrán térség mellett a Kárpát-medence védettebb mikroklímájával adottságú területein is jelentős mértékben termesztik. Genetikai szempontból a *Ficus carica* diploid faj, kromoszómaszáma 2n=26. Viszonylag kicsiny genomja (kb. 330–360 Mb) ellenére rendkívül fenotípusos variabilitást mutat, ami mind a gyümölcs morfológiájában, mind az adaptációs képességeiben megnyilvánul.
 A fűgét két az ivari rendszerük és a megporzás igényük alapján négy fő csoportba sorolhatjuk: Kapri füge, Szamínai típusú, Adriai, valamint a San Pedro típusú füge. Magyarországon szinte kizárólag az Adriai típus terjedt el és szelektálódott az évszázadok folyamán, mivel ez a típus a beporzó fűgedarázs (*Blastophaga pennis*) jelenléte nélkül is megbízhatóan terem. A molekuláris genetikai vizsgálatok kulcsfontosságúak annak tisztázásában, hogy ezek a helyi, adaptálódott genotípusok milyen rokonsági kapcsolatban állnak a mediterrán eredetű, szigorúan megporzásfüggő fajtákkal.

2. táblázat: A vizsgáltban használt fügespecifikus mikroszatellit primerek.

Primer neve	Sequencia (5'-3')	Hossz (bp)	Tartomány (kb)	Genom (Mb)
LMFC30	P-TTGGGCTTTTGAGAAAT R-TTTTTCAGCAAGGTGTA	203	17.5	10.1
LMFC10	P-TTGGGAAATTGGAAGA R-AAGGATGGAAGAGATTTT	304	18.5	10.1
LMFC12	P-TTAGGCTTTCTTCAAGAA R-TATGCTTCTTCAAGAGG	236	17.5	10.1
LMFC11	P-GAGTCTTCTTCTTCTTCTT R-CAGGAGGATGACAGCATA	230	18.5	10.1
LMFC13	C-AAGATCTTCTTCTTCTT R-TCTTCTTCTTCTTCTT	233	18.5	10.1
LMFC14	C-TAGGCTTCTTCTTCTT R-TCTTCTTCTTCTTCTT	233	18.5	10.1
LMFC15	C-TAGGCTTCTTCTTCTT R-TCTTCTTCTTCTTCTT	233	18.5	10.1
LMFC16	C-TAGGCTTCTTCTTCTT R-TCTTCTTCTTCTTCTT	233	18.5	10.1
LMFC17	C-TAGGCTTCTTCTTCTT R-TCTTCTTCTTCTTCTT	233	18.5	10.1
LMFC18	C-TAGGCTTCTTCTTCTT R-TCTTCTTCTTCTTCTT	233	18.5	10.1
LMFC19	C-TAGGCTTCTTCTTCTT R-TCTTCTTCTTCTTCTT	233	18.5	10.1
LMFC20	C-TAGGCTTCTTCTTCTT R-TCTTCTTCTTCTTCTT	233	18.5	10.1
LMFC21	C-TAGGCTTCTTCTTCTT R-TCTTCTTCTTCTTCTT	233	18.5	10.1

Anyag és módszer
 • 20 füge genotípus (1. táblázat)
 • A genomi DNS kivonása (Genomic DNA Mini Kit, Geneaid)
 • 8 primer pár (2. táblázat)
 • PCR (HotBren-Green Tag DNA Polymerase Master Mix)
 • Gél elektroforézis
 • Fragmentumhossz-analízis (Peak Scanner Software v. 2.0)

1. táblázat: Felhasznált növényanyag

Fajta/genotípus	Eljárás	Születési év
1. F. carica	Budapesti	2023
2. Kesztelyi mézes	Bácskanyarhely	2023
3. Kesztelyi barna	Bácskanyarhely	2023
4. Kesztelyi barna	Keszthely	2023
5. Győrke lapos	Baloggyörök	2023
6. Győrke lapos	Baloggyörök	2023
7. Egry 1	Bácskanyarhely	2023
8. Giallo grosso	Bácskanyarhely	2023
9. Giallo grosso	Bácskanyarhely	2023
10. 'Szerecsen'	Bácskanyarhely	2025
11. 'Szerecsen'	Bácskanyarhely	2028
12. 'Szerecsen'	Tihanyi-sziget	2028
13. 'Szerecsen'	Tihanyi-sziget	2028
14. Győrke lapos	Városliget	2028
15. Kesztelyi barna	Zákra	2028
16. Kesztelyi mézes	Városliget	2028
17. Kesztelyi mézes	Ausztria	2028
18. 'Szerecsen'	Bácskanyarhely	2028
19. Római mézes	Bácskanyarhely	2028
20. Kesztelyi mézes	Ausztria	2028

Eredmények
 A vizsgált 20 fügegenotípust (Ficus carica L.) mikroszatellit (SSR) analízis során mind a 8 lokusz (LMFC30, LMFC19, LMFC12, MFC3, MFC6, FCUP008-2, FM4-15, FM1-27) polimorfizmust mutattak, lehetővé téve a minták fajtaazonosítását és genetikai elkülönítését. A lokuszok allélisétszáma 2 és 7 között változott. A legnagyobb változékonyságot a FCUP008-2 (7 allél) és az LMFC30 (5 allél) lokuszok mutatták. Az FM4-15 lokusz esetében szintén 5 allél azonosítottunk. Az allélméretek 118 bp és 375 bp között alakultak. Az ujlenyomat-profilok összehasonlítása alapján több esetben azonosítottunk genetikai azonosságot (feltételezhető klónokat).
 'Giallo grosso' csoport: A molekuláris adatok alapján a 8 és a 9 minta (1. táblázat) ('Giallo grosso') profila megegyezik. Az ismeretlenként jelölt 11., 12. és 13. minták genotípusa minden lokuszban megegyezik, és egy lokuszt kivéve (FM4-15) a 'Giallo grosso' fajtákkal mutatják a legnagyobb egyezést.
 Mézes típusok variabilitása: A vizsgált mézes típusok közül a 'Keszthelyi mézes' (17. minta) és a 'Római mézes' (19. minta) teljes azonosságot mutat, valamint további két 'Keszthelyi mézes' fajta (2., 16.) szintén. A két csoport azonban egy lokuszon eltér (FM4-15). A szintén 'Keszthelyi mézes' (20.) genotípus teljesen elkülönül az eddig ismertett mézes csoport tagjaitól.
 'Kesztelyi barna' csoport két tagja (3. és 4. minták) a vizsgált 8 lokusz alapján azonosak. Ehhez a csoporthoz sorolhatjuk allélkombinációjuk alapján a 10-es mintát. A szintén 'Keszthelyi barna' nevet viselő 15. minta 5 lokuszból is eltérő (LMFC30, LMFC12, MFC6, FCUP008-2, FM1-27) allélméreteket mutat a 3. és 4. mintához viszonyítva, azonban a 18. ismeretlen eredetű mintával teljes azonosságot mutat. Az LMFC30 lokusz kromatogramja az 1. ábrán látható.
 Egyedi genotípusok: Az 'Egry 1' (7. minta) és a 'T9' (1. minta) genotípusok jól elkülöníthető, egyedi allélkombinációkkal rendelkeznek, amelyek élesen elhatárolják őket a gyűjtemény többi tagjától. Ezek alapján egyik csoportba sem illeszthetők be.

1. ábra: 'Kesztelyi barna' csoport 4 tagjának (3., 4., 15., 18. minták) SSR-mintázatot bemutató kromatogramjai az LMFC30 lokuszból.

A kutatás a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kiemelt Kutatócsoportok Programjának támogatásával készült.

A *PPD-B1* ÉS A *VRN-A1* GÉNKÓPIASZÁM-VARIÁNSOK HATÁSA A *PPD-D1* GÉN NAPPALHOSSZ-ÉRZÉKETLEN ÉS -ÉRZÉKENY ALLÉLJAIRA KENYÉRBÚZÁBAN

Kiss Tibor², Horváth D. Ádám¹, Cseh András¹, Karsai Ildikó¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Kutatási és Fejlesztési Központ, Élelmiszertudományi és Borászati Tudásközpont, Eger

A gabonafélék egyedfejlődésének szabályozásában a vernalizációs igényért (*VRN*) és a nappalhossz-érzékenységet (*PPD*) felelős géncsaládok alapvető szerepet játszanak. A búza esetében a *VRN1* géncsaládon belül a domináns *VRN-A1a* allél fejt ki a legerősebb hatást a tavaszi életforma kialakításában úgy, hogy a növények egyáltalán nem igényelnek hidegkezelést a kalászosításukhoz (inszerciók, deléciók és kópiaszám-megsokszorozódás következtében). A nappalhossz-érzékenység szabályozásában részt vevő legfontosabb gének pedig a *PPD-B1* és a *PPD-D1*, amelyek közül a *PPD-D1* fejt ki erősebb genetikai hatást. Míg a *PPD-B1* és a *PPD-D1* domináns (nappalhossz-érzékeny) alléltípusai korai kalászosítást eredményeznek mind rövid, mind hosszú nappalos megvilágítás mellett (delécia, pontmutáció és kópiaszám-megsokszorozódás következtében), addig a nappalhosszérzékeny alléltípust hordozó genotípusok kalászosítása rövid nappalon vontatottá válik, illetve teljes mértékben el is maradhat. A *VRN*- és *PPD*-gének alléljai közötti kapcsolatok vizsgálata elősegítheti az adott klimatikus viszonyokhoz jobban alkalmazkodó allélkombinációk kiválasztását. A tanulmányunk fő célja volt, hogy egy nagy méretű kenyérbúza-fajtakörben (95 *PPD-D1* nappalhossz-érzékeny és 93 *PPD-D1* nappalhosszérzékeny allélt hordozó genotípus) meghatározzuk a *VRN-A1*, a *PPD-B1* és a *PPD-D1* gének különböző alléltípusainak egymásra gyakorolt hatását a vizsgált fajták korai (Z31 – az első szárcsomó megjelenési ideje a főhajtás alapi részén) és késői (Z49 – kalász hasban stádium) egyedfejlődési fázisain keresztül. Kísérletünket hosszú (16^h) és rövid (9^h) nappalos megvilágítási körülmények között, állandó 18 °C-os hőmérsékletet alkalmazva végeztük el. Hosszú nappalos (16^h) körülmények között mind a Z31, mind a Z49 egyedfejlődési stádium eléréséhez szükséges hőösszeg szignifikánsan függött a *PPD-B1* gén kópiaszámától, és ez a hatás eltérően jelent meg a *PPD-D1* érzékeny és érzékeny genotípusokban. *PPD-D1* érzékeny fajtákban a *PPD-B1* kópiaszám-növekedése nemlineáris választ eredményezett, ahol a két- és háromkópiás változat mellett volt a leggyorsabb az egyedfejlődés üteme. Ezzel szemben *PPD-D1* érzékeny genotípusokban a *PPD-B1*-kópiaszám hatása mérsékeltebb volt, és az egyedfejlődés gyorsulása is kisebb mértékben jelentkezett a kópiaszám növekedésével. Rövid nappalos (9^h) körülmények között a *PPD-B1*-kópiaszám hatása jelentős mértékben felerősödött, különösen a *PPD-D1* érzékeny genotípusokban. Alacsony *PPD-B1*-kópiaszám (1-2) esetén mind a korai, mind a késői egyedfejlődési fázis jelentős késést mutatott, míg magasabb kópiaszám mellett az egyedfejlődés üteme számottevően felgyorsult. Ez a gyorsulás a Z31 fázisban a háromkópiás, míg a Z49 fázisban a három- és négykópiás változatokra is jellemző volt. A *VRN-A1* gén kópiaszámának növekedése hosszú nappalos körülmények között mindkét *PPD-D1*-hátterben lineáris egyedfejlődési késleltetést eredményezett. Rövid nappalon a *VRN-A1*-kópiaszám hatása elsősorban a *PPD-D1* érzékeny genotípusokban volt kimutatható, és főként a késői egyedfejlődési fázist érintette. Eredményeink összességében azt mutatják, hogy a *PPD-B1*- és *VRN-A1*-gének kópiaszámok hatása erősen függ a nappalhossztól és a genetikai háttértől, mivel legmarkánsabban a *PPD-D1* gén nappalhosszérzékeny alléltípusát hordozó fajtákban érvényesül.

A kutatásaink a TKP2021-NKTA-06 és az NKFI-K-152116 számú pályázatok, illetve két Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00396/21/4 és BO/00416/23/4) támogatásával készültek.

A VRN-A1 és a PPD-B1 génkópiaszám-variánsok hatása a PPD-D1 gén nappalhossz-érzékenységi alléljaira kenyérbúzában

Kiss Tibor², Horváth D. Ádám¹, Cseh András¹, Karsai Ildikó¹¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár²Kutató és Fejlesztési Központ, Élelmiszertudományi és Borszáti Tudatóközpont, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Eger

Bevezetés

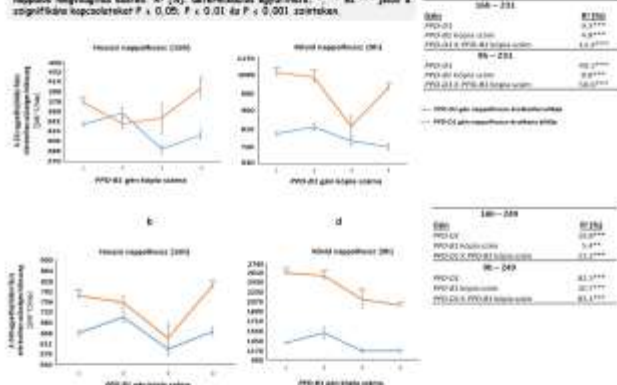
- A búza esetében a VRN1 géncsaládon belül a domináns VRN-A1 allél fejt ki a legerősebb hatást a tavaszi életforma kialakításában úgy, hogy a növények egyáltalán nem igényelnek hidegkezelést a kalászlélekhez (inverzció, deléció és kópiaszám megsokszorozódás következtében) (Dubcovský et al. 2006; Diaz et al. 2012).
- A nappalhossz-érzékenység szabályozásában részt vevő legfontosabb gének pedig a PPD-B1 és a PPD-D1, amelyek közül a PPD-D1 fejt ki erősebb genetikai hatást (Laurie et al. 1990). Míg a VRN-A1 domináns (nappalhossz-érzékeny) allél típusai korai kalászlélek eredményeznek mind rövid-, mind hosszúnappalos megvilágítás mellett (deléció, pontmutáció és kópiaszám megsokszorozódás következtében), addig a nappalhossz-érzékeny allél típusú hordozó genotípusok kalászlélek rövid nappalon vonatottá válik, illetve teljes mértékben el is maradhat (Diaz et al. 2012).
- A tanulmányunk fő célja volt, hogy egy nagyméretű kenyérbúza fajta körében (186) meghatározzuk a VRN-A1 és a PPD-B1 génkópiaszám-variánsok, illetve a PPD-D1 gén különböző allél típusainak egymásra gyakorolt hatását a vizsgált fajták korai (Z31 - az első szárazsági megjelölés ideje a főnövény alagi részén) és késői (Z49 - kalász hasban tartódás) egyedfejlődési fázisain keresztül.

Anyag és Módszer

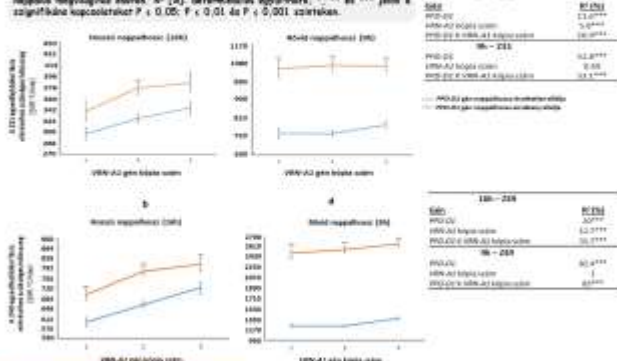
- Növényi anyag: eltérő földrajzi eredetű 186 őszi búzafajtát vettünk be a kísérletbe, amelyek között 95. PPD-D1 nappalhossz-érzékeny és 93. PPD-D1 nappalhossz-érzékeny allél hordozó genotípus szerepelt.
- Kísérleti elrendezés: kontrollált fitotroni körülmények között két eltérő nappalhosszt alkalmazva → hosszúnappalos (16 h) és rövidnappalos (9 h) kezelést.
- Környezeti feltételek: állandó 18 °C hőmérsékletet és 240 µmol/m²/s fényerősséget fém-halogen lámpák alkalmazásával.
- Előkészítés: csíráztatás után 60 nappal vernalizáció 3 °C-on rövid nappalos körülmények között.
- Vizsgált egyedfejlődési fázisok (Z31 és Z49) hosszúságát átlagolva kerültek meghatározásra a Zedák skála alapján (Zedák et al. 1974).
- Genotipizálás: DNS-alapú vizsgálatok több génspecifikus markerrel és kópiaszám meghatározás (CNV).

Eredmények

1. ábra A PPD-D1 és a PPD-B1 gén allél- és kópiaszám-kapcsolatok hatása a korai (Z31) és késői (Z49) egyedfejlődési fázisra, hosszú (16 h) és rövid (9 h) nappalos megvilágítás esetén. A) (Z31) és B) (Z49) egyedfejlődési fázisra, hosszú (16 h) és rövid (9 h) nappalos megvilágítás esetén. A) (Z31) és B) (Z49) egyedfejlődési fázisra, hosszú (16 h) és rövid (9 h) nappalos megvilágítás esetén. A) (Z31) és B) (Z49) egyedfejlődési fázisra, hosszú (16 h) és rövid (9 h) nappalos megvilágítás esetén.



2. ábra A VRN-A1 és VRN-B1 gén allél- és kópiaszám-kapcsolatok hatása a korai (Z31) és késői (Z49) egyedfejlődési fázisra, hosszú (16 h) és rövid (9 h) nappalos megvilágítás esetén. A) (Z31) és B) (Z49) egyedfejlődési fázisra, hosszú (16 h) és rövid (9 h) nappalos megvilágítás esetén. A) (Z31) és B) (Z49) egyedfejlődési fázisra, hosszú (16 h) és rövid (9 h) nappalos megvilágítás esetén. A) (Z31) és B) (Z49) egyedfejlődési fázisra, hosszú (16 h) és rövid (9 h) nappalos megvilágítás esetén.



Következtetések

- Eredményeink azt mutatják, hogy a PPD-B1 és a VRN-A1 génkópiaszámok hatása erősen függ a nappalhossztól és a genetikai háttértől.
- A PPD-B1 elsősorban rövid-, míg a VRN-A1 hosszúnappalon befolyásolta erőteljesen az egyedfejlődési ütemet, és mindkét gén hatása markánsan érvényesült a PPD-D1 érzékeny allél hordozó genotípusokban.
- A VRN és PPD gének alléljai közötti kapcsolatok vizsgálata elősegítheti az adott klimatikus viszonyokhoz jobban alkalmazkodó allélkombinációk kiválasztását.

Köszönetnyilvánítás

A kutatásunk a TIF0201-NKTA-06-01 és az NFKF-1-15/16-os pályázatok, illetve két Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO-00206/21/4 és BO-00416/23/4) támogatásával készült.

Irodalom

- Diaz et al. (2012) *PLoS One*, 7(3):e33234.
 Dubcovský et al. (2006) *Plant Molecular Biology*, 60: 469-480.
 Laurie et al. (1990) *Genome*, 33: 575-585.
 Zedák et al. (1974) *Weed Research*, 14: 415-421.

ÚJ GYAKORLATI EREDMÉNYEK NAPRAFORGÓBAN, A HAMUSZÜRKE SZÁRKORHADÁS (*Macrophomina phaseolina* Tassi) KÓROKOZÓVAL SZEMBENI ELLENÁLLÓ KÉPESSÉGET MEGHATÁROZÓ TÉNYEZŐKRŐL

Kovács Attila¹, Virginie Mirleau-Thebaud², Csikász Tamás Sándor³

¹Syngenta Magyarország Kft., Budapest

²Syngenta France, Saint Sauveur, France

³Argenus Kft., Pécs

A *Macrophomina phaseolina* (rövid EPPO-kód: MCPHPH) az egyik legfontosabb termés-csökkentő tényezővé vált az utóbbi 10 évben a hazai napraforgó-termesztésben. Az újabb napraforgóhibridek többsége közepesen intenzív gazdálkodás mellett is képes a 4 t/ha-os hozamra, de a genetikai potenciál valójában 5,5-6,5 t/ha fajlagos termésnél van. Ennek ellenére az aszályos évjáratokban hazánk egyre több régiójában fordul elő akár 50%-os termésvesztés is az erőteljesen fellépő MCPHPH nyomán, és a termés gyakran a 2 t/ha-os szintet sem éri el. A kórokozó rejtett életmódja nem teszi lehetővé az eredményes védekezést vagy megelőzést a hagyományos növényvédelmi módszerekkel, ami ráirányítja a figyelmet a genetikai alapú és egyéb alternatív megoldások fontosságára.

Kísérleteinkben a gazda-parazita kapcsolat vizsgálatán keresztül kerestünk gyakorlati válaszokat a kártétel csökkentésének lehetőségeire.

A szántóföldi (I.) kísérletben a napraforgó hormonális szabályozásának és a tápanyag-transzfernek a hatását vizsgáltuk a kór-folyamat alakulására 16 hibrid genotípusban. A kezelések: dekapitált, defóliált és szárcsonkolt, intakt kezeletlen kontroll mellett. A hibrideket négysoros parcellákba vetettük kórokozóval fertőzött szántóföldi területen Bóly határában. Az egyes kezeléseket a négysoros parcellák egymás melletti soraiban, a növények virágzása után 12 nappal végeztük el. A defóliálás hatására felgyorsult a MCPHPH-kór-folyamat. A föld feletti szárrészben sok egyed esetében megfigyelhető volt a gomba megjelenése a kezelés után három héttel, ugyanakkor a kezeletlen kontrollban csupán egy-két egyed mutatott kezdődő szártüneteket. A dekapitálás hatására gyakorlatilag megállt az öregedés és ezzel együtt a kór-folyamat is. Mind a levelek, mind a szár teljesen egészségesek és zöldek maradtak, míg a kezeletlen kontrollban láthattuk a természetes öregedés mellett a kór-folyamat jellegzetes lefolyását. A genotípusok között eltérő mintázatot figyeltünk meg a kezelések hatásában. Az eredmények alátámasztják, hogy a genetikai tolerancia fejlesztése lehetséges, és annak jelentős összefüggése van a napraforgó hormonális szabályozásával.

A növényházi tenyészedényes (II.) kísérletben vizsgáltuk a genetikai rezisztencia mérésének lehetséges módját egy makrofominára érzékeny és egy toleráns napraforgó-genotípuson. A kísérletben háromféle közeget alkalmaztunk a tenyészedényekben: 1. közeg: steril homokos perlit, 2. közeg: MCPHPH-mikroszkleróciumokkal fertőzött homokos perlit, 3. közeg: MCPHPH-mikroszkleróciumokkal fertőzött normál szántóföldi talaj. A kísérletben kontrollált vízádagokkal és komplex tápoldattal biztosítottuk a növények tápanyagellátását. A növények reakcióját heti gyakorisággal regisztráltuk, valamint az érés időszakában kezelésként szövetmintákat vettünk a növényekből, amelyek PDA-táptalajon kerültek kitenyésztésre. Az 1. és 3. közegben szinte teljes tünetmentességet tapasztaltunk a virágzás előtt és utána is. A 2. közegben a növényeken már korai fejlődési szakaszban is jelentkeztek erős lankadásos tünetek, valamint toxinhatásra utaló hajtáselágazások, hervadás és szalagosodás. Ugyancsak a 2. közegben virágzás után megjelentek a jellegzetes szártünetek, valamint a korai érés jelei. Az adatok értékelése alapján világossá válik, hogy a napraforgó MCPHPH-toleranciáját szántóföldön nem lehet eredményesen vizsgálni, mert a talajmikrobiom jelentősen befolyásolja a gazda-parazita kapcsolatot.

Új gyakorlati eredmények napraforgóban a hamuszürke szárkorhadás (*Macrophomina phaseolina* Tassi) kórokozóval szembeni ellenálló-képességet meghatározó tényezőkről

syngenta



Kovács Attila¹, Virginie Mirleau-Thebaud¹, Csikász Tamás Sándor²
¹Syngenta, ²Argenus Kft.

A téma bemutatása és célkitűzés

A *Macrophomina phaseolina* (vagyis a hamuszürke szárkorhadás kórokozója) az egyik leggyakoribb termesztéskárosító kórokozó, ami az utóbbi 10 évben a hazai napraforgó termesztésben az újabb napraforgó hibridek növekedésében és termésbeni károsításában a legjelentősebb kórokozó. A kórokozó a talajban a 4-5 cm mélységben a gyökér és a szár közötti szövetekben 5-10 cm-es körökben terjed, ami a termésben a 10-15 cm-es körökben terjed. A kórokozó a talajban a 4-5 cm mélységben a gyökér és a szár közötti szövetekben 5-10 cm-es körökben terjed, ami a termésben a 10-15 cm-es körökben terjed.



A kórokozó és a körfolyamat jellemzői

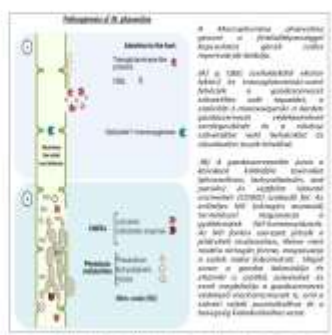
A kórokozó a talajban a 4-5 cm mélységben a gyökér és a szár közötti szövetekben 5-10 cm-es körökben terjed, ami a termésben a 10-15 cm-es körökben terjed. A kórokozó a talajban a 4-5 cm mélységben a gyökér és a szár közötti szövetekben 5-10 cm-es körökben terjed, ami a termésben a 10-15 cm-es körökben terjed.



2. kép: Hamuszürke szárkorhadás (Kovács Attila)



3. kép: Hamuszürke szárkorhadás (Kovács Attila)



Látni, hogy a *Macrophomina phaseolina* kórokozó egy egyedi típusú kórokozó, a talajban a 4-5 cm mélységben a gyökér és a szár közötti szövetekben 5-10 cm-es körökben terjed, ami a termésben a 10-15 cm-es körökben terjed.

Következtetések

1. A napraforgó-MCPHR kapcsolat nem teljes körűen ismert, ezért a kórokozó elleni védekezés a kórokozó elleni védekezés, ami a kórokozó elleni védekezés.
2. A kórokozó elleni védekezés a kórokozó elleni védekezés, ami a kórokozó elleni védekezés.
3. A kórokozó elleni védekezés a kórokozó elleni védekezés, ami a kórokozó elleni védekezés.
4. A kórokozó elleni védekezés a kórokozó elleni védekezés, ami a kórokozó elleni védekezés.
5. A kórokozó elleni védekezés a kórokozó elleni védekezés, ami a kórokozó elleni védekezés.

Köszönetnyilvánítás: A szerzők az újonnan készült, az újabb napraforgó hibridek termesztésében, különösen a Napraforgó Hibrid 1000 termesztésében és a Kórokozó elleni védekezésben.

www.syngenta.com

Anyag és módszer

A kórokozó elleni védekezés a kórokozó elleni védekezés, ami a kórokozó elleni védekezés.

A kórokozó elleni védekezés a kórokozó elleni védekezés, ami a kórokozó elleni védekezés.

Eredmények

A kórokozó elleni védekezés a kórokozó elleni védekezés, ami a kórokozó elleni védekezés.

A kórokozó elleni védekezés a kórokozó elleni védekezés, ami a kórokozó elleni védekezés.



4. kép: Hamuszürke szárkorhadás (Kovács Attila)

A kórokozó elleni védekezés a napraforgó-MCPHR kapcsolatban - növények elleni védekezés

A kórokozó elleni védekezés a kórokozó elleni védekezés, ami a kórokozó elleni védekezés.



5. kép: Hamuszürke szárkorhadás (Kovács Attila)

DÍSZCSERJÉK VÁROSTŰRÉSE KOMBINÁLT STRESSZTERHELÉS ALATT: SZELEKCIÓS CÉLOK ÉS INDIKÁTOROK

Kovács Dezső, Horotán Katalin, Orlóci László, Kisvarga Szilvia, Mosonyi István Dániel,
Sütöriné Diószegi Magdolna

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti
Intézet, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, Budapest

²Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Biológiai Intézet, Eger

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti
Intézet, Dísznövénytermesztési és Zöldfelületgazdálkodási Kutatócsoport, Budapest

⁴Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytudományi Doktori Iskola, Gödöllő

A városi zöldfelületek összetett klíma- és talajterhelése (hőszigetelés, időszakos vízhiány, talajtömörödés, sóterhelés, légszennyezés) olyan díszcserje-növényanyagot igényel, amely alacsony fenntartási ráfordítás mellett is stabil díszítőértéket biztosít. A városi környezet a nemesítés és szelekció szempontjából kombinált stressz által meghatározott szelekciós nyomásként értelmezhető, ahol a stresszorok hatása gyakran nem additív; ezért a teljesítmény-stabilitás, valamint a genotípusok plaszticitása és rezilienciája egyaránt meghatározó.

Célunk a díszcserjéknél előtérbe kerülő várostűrési céltulajdonságok szintetizálása, valamint ezek mérhető, terepen is alkalmazható értékelési kritériumokká alakítása. Áttekintésünk külön kezeli a díszítőérték hő- és vízstressz alatti stabilitását, és a lomb-, illetve virágdísz fenntarthatóságát kulcs tényezőként tárgyalja. Kiemelt szelekciós cél a visszavágástűrés és a stressz utáni regeneráció, amely a városi fenntartási beavatkozások gyakorisága mellett a rezilienciát is jól jelzi. Tárgyaljuk a só- és egyéb szennyező terhelésekkel szembeni toleranciát, valamint a kompakt habitust és a fenológiai kiszámíthatóságot mint a kezelhetőség és a díszíthetőség tervezhetőségének alapját. Az értékelési keret része a kártevőkkel és kórokozókkal szembeni ellenálló képesség is, és külön kitérünk a díszítőérték és a stressztűrés közötti lehetséges kompromisszumokra. A tolerancia fogalmi használatát és a külső faktorokra adott válaszok standardizálásának szükségességét a nemzetközi DUS és fajtaértékelési útmutatók terminológiájához igazítjuk.

A gyakorlati keretezéshez három, városi kiültetésekben gyakori cserjecsoport (*Weigela*-, *Forsythia*-, *Viburnum*-fajták) példáján egy minimális indikátorkészletet javasolunk. Ennek elemei az általános vitalitás, a lombminőség, a virágzási stabilitás, a habitustartás és a regeneráció; ezek vizuális skálázással értékelhetők, és legalább két egyszerű, objektív méréssel egészíthetők ki.

A fajták összehasonlítását többkörnyezetes vizsgálatokban a genotípus és a környezet kölcsönhatásait figyelembe vevő, G×E-alapú stabilitási mutatókkal javasoljuk támogatni.

Kiegészítő elemként tárgyaljuk a biostimulátorokat, mint telepítés utáni kondicionálási és stresszmérséklési eszközöket. Szerepük kiemelten fontos lehet, hiszen potenciálisan javíthatják a kondíciót, ugyanakkor nem helyettesítik a genetikai várostűrést; összehasonlító fajtatesztekben pedig csak standardizált kezelési protokoll mellett értelmezhetők.

Díszcserjék várostűrése kombinált stresszterhelés alatt: szelekciós célok és indikátorok

Dezsdő Kovács¹, Katalin Horotán^{2,3,4}, László Orlóci³, Szilvia Kisvarga³, Mosonyi IstvánDániel¹, Sütöriné Diószegi Magdolna¹

¹ Magyar Agrár- és Értéktudományi Egyesület, Típusok, <http://www.mate.hu>, letöltés dátuma: 2014. március 10.

A városi környezet kombinált, gyakran nem additív stresszprofilja olyan díszcserje-növényanyagot igényel, amely alacsony fenntartási ráfordítás mellett is stabil lomb- és virágdísz, kezelhető habitusú és gyors regenerációt biztosít.



Probléma felvetés

[illegible]

Szelekciós cél

A vándorlók nem egyetlen tulajdonság, hanem eltérően fordulnak elő bizonyos országok, nemzeti kisebbségek körében. A tanulmányok általában jól leírják az országok közötti különbségeket, de kevésbé vizsgálják a különbségeket az országok és az etnikai csoportok között. A kutatások megmutatják, hogy a vándorlók és az országok és az etnikai csoportok közötti különbségek, a kultúra, a gazdaság, a társadalom, a nyelv, a vallás, a nem és a szociális státusz, valamint az egyéb tényezők közötti különbségek, ezért meg kell vizsgálni a különbségeket. A vándorlók nemcsak az országok és az etnikai csoportok közötti különbségeket, hanem a kultúra, a gazdaság, a társadalom, a nyelv, a vallás, a nem és a szociális státusz közötti különbségeket is vizsgálják.



Potenciális indikátorok

[illegible]

G = E és standardizálás lehetősége

[illegible]

Indikátorkészlet területi minősítéshez

[illegible]

G+E-alapú stabilitás

A városi környezet heterogenitása miatt a faja-Szárhosszarákban a stabilitás drámaiabban csökken, mert az átmenet teljeskörűen formálisan létezőnek ismét. Ugyanakkor a városi környezet vagy a városi környezetben a stabilitás drámaiabban csökken, mert az átmenet teljeskörűen formálisan létezőnek ismét. Ugyanakkor a városi környezet vagy a városi környezetben a stabilitás drámaiabban csökken, mert az átmenet teljeskörűen formálisan létezőnek ismét.



Biostimulátorok beemmelhetősége

[illegible]

GENOTÍPUS- ÉS HŐMÉRSÉKLETFÜGGŐ VÁLTOZÁSOK A LILA ÉS ZÖLD CSERESZNYEPAPRIKA-TERMÉSEK POLIFENOLOS VEGYÜLETPROFILJÁBAN TÁROLÁS SORÁN

KOVÁCS ZSÓFIA¹, CSILLÉRY GÁBOR², PÁPAI BÁNK¹, TÓTH-LENCSES ANDREA KITTI¹,
BEDŐ JANKA¹, DAOOD G. HUSSEIN³, HOLLÓ BENJAMIN⁴, SZŐKE ANTAL¹, JUHÁSZ ÁKOS⁵,
VERES ANIKÓ¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, GGT, Gödöllő

²PepGen Kft., Budapest

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, Gödöllő

⁴Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet, GACS, Gödöllő

⁵Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, GBI, MABT, Gödöllő

A paprika (*Capsicum annuum* L.) termékek tárolása jelentős hatással van mind a piacképességre, mind a beltartalmi értékre. A fenolos vegyületek – különösen a flavonoidok és fenolsavak – kulcs-szerepet játszanak a növények stresszválaszában, az oxidatív stabilitás fenntartásában, valamint az emberi egészség szempontjából, antioxidáns és bioaktív tulajdonságaik révén. A tárolási hőmérséklet hatásának vizsgálata a polifenolos összetételre ezért gazdasági és táplálkozástudományi szempontból egyaránt kiemelt jelentőségű. Kutatásunk során lila és zöld közel izogén cseresznyepaprika-termékek egyedi és összes polifenolosvegyület-tartalmának változását vizsgáltuk 10 °C és 25 °C-on, 0., 3. és 6. heti tárolási időpontokban. A vegyületek mennyiségi meghatározása HPLC-DAD módszerrel történt. Eredményeink genotípusfüggő tárolási választ mutattak. A lila termékekben a teljes flavonoidtartalom tárolás során nagyobb stabilitást mutatott, míg a zöld genotípusokban – különösen magasabb hőmérsékleten – szignifikáns csökkenés volt megfigyelhető. Ez arra utalhat, hogy a magasabb antocianintartalom hozzájárulhat a fenolos vegyületek fokozott stabilitásához és az oxidatív stresszel szembeni ellenálló képességhez. Hasonló jelenséget korábban lila paradicsomok esetében is kimutattak, ahol a termékek magas antocianintartalma hosszabb eltarthatósággal és kedvezőbb tárolási tulajdonságokkal járt.

Kulcsszavak: antocián, paprika, HPLC, polifenol, tárolás

GENOTYPE- AND TEMPERATURE-DEPENDENT ALTERATIONS IN THE POLYPHENOLIC PROFILE OF PURPLE AND GREEN CHERRY PEPPER (*Capsicum annuum* L.) FRUITS DURING POSTHARVEST STORAGE

ZS. KOVÁCS¹, G. CSILLÉRY², B. PÁPAI¹, A. K. TÓTH-LENCSES¹, J. BEDŐ¹, H. G. DAOOD³,
B. HOLLÓ⁴, A. SZŐKE¹, Á. JUHÁSZ⁵, A. VERES¹

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Genetics and Biotechnology, Department of Genetics and Genomics, Gödöllő

²PepGen Ltd., Budapest

³Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Horticulture, Gödöllő

⁴Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Agronomy, Gödöllő

⁵Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Genetics and Biotechnology, Department of Microbiology and Applied Biotechnology, Gödöllő

Postharvest storage of pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits has a significant impact on both marketability and nutritional quality. Phenolic compounds—particularly flavonoids and phenolic acids—play a crucial role in plant stress responses and the maintenance of oxidative stability, and they are also important for human health due to their antioxidant and bioactive properties. Therefore, investigating the effect of storage temperature on phenolic composition is of considerable importance from both economic and nutritional perspectives. In this study, we examined the changes in individual phenolic compounds and total polyphenolic content of purple and green near-isogenic cherry pepper fruits stored at 10 °C and 25 °C at 0, 3, and 6 weeks of storage. Quantitative determination of the compounds was performed using HPLC-DAD analysis. Our results revealed genotype-dependent responses to storage. In purple fruits, total flavonoid content showed greater stability during storage, whereas green genotypes exhibited a significant decline, particularly at the higher temperature. These findings suggest that higher anthocyanin content may contribute to enhanced phenolic stability and increased resistance to oxidative stress.

A similar phenomenon has previously been demonstrated in purple tomatoes, where elevated anthocyanin levels were associated with extended shelf life and improved postharvest performance.

Key words: anthocyanin, pepper, HPLC, polyphenolics, postharvest storage

Bevezetés

A paprika (*Capsicum annuum* L.) világszerte jelentős kertészeti kultúra, amelyet kedvező érzékszervi tulajdonságai és magas bioaktívvegyület-tartalma miatt széles körben fogyasztanak. A polifenolos vegyületek – különösen a flavonoidok és fenolsavak – meghatározó szerepet játszanak a növények stressztűrésében és oxidatív egyensúlyának fenntartásában, emellett az emberi táplálkozásban is fontosak antioxidáns és egyéb egészségvédő hatásaik révén. A tárolás során a termések különböző fiziológiai és oxidatív stresszhatásoknak vannak kitéve, amelyek befolyásolhatják polifenolos összetételüket, ezáltal hatással lehetnek mind a beltartalmi értékre, mind a piacképességre. Az antocianinokban gazdag genotípusok az utóbbi években fokozott figyelmet kaptak megnövekedett antioxidáns kapacitásuk és funkcionális élelmiszer-értékük miatt. Lila paradicsomok esetében már kimutatták, hogy a magasabb antociántartalom kedvezőbb tárolási tulajdonságokkal és hosszabb eltarthatósággal jár. Ugyanakkor kevés adat áll rendelkezésre arról, hogy a paprikatermések antocianinban gazdag háttere miként befolyásolja a teljes polifenolos profil stabilitását a tárolás során.

Jelen vizsgálat célja a közel izogén lila és zöld cseresznyepaprika-genotípusok polifenolos összetételének és változásának értékelése különböző tárolási hőmérsékleteken.

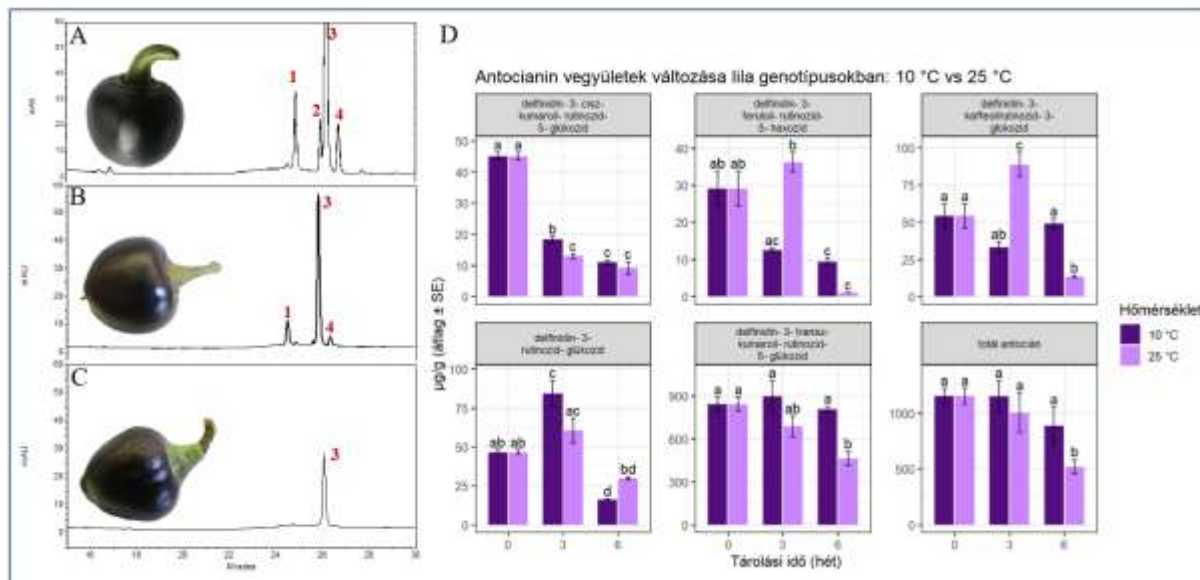
Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz használt termések Csilléry Gábor nemesítőtől származtak. Közel izogén vonalakat (NILs) használtunk, amelyek termései gazdasági érettségükben zöld, illetve lila színűek. A minták antocián- és polifenolosvegyület-összetételének meghatározása folyadék-kromatográfiás (HPLC) rendszerhez kapcsolt diódasoros detektorral (DAD) történt. A minták extrakcióját 0,5 g fagyasztva szárított paprikamintának 25 ml 70:30 (v/v%) arányú, 3%-os metafoszforsav/metanol oldattal történő összekeverésével végeztük. A mérésekhez Hitachi Chromaster (Tokió, Japán) HPLC rendszert alkalmaztunk Supelco Ascentis® Express 90 Å C18-PCP (St. Louis, MO, USA) 15 cm × 4,6 mm, 2,7 µm részecskeméretű oszloppal. A DAD-detektálás 190 és 700 nm közötti hullámhossztartományban történt. A műszer vezérlését és az adatok feldolgozását EZChrome Elite szoftverrel (ver. 3.3.2) végeztük. Az eredményeket µg/g szárazanyag-tartalom formájában fejeztük ki. A mérések során négy biológiai ismétlést alkalmaztunk.

Eredmények

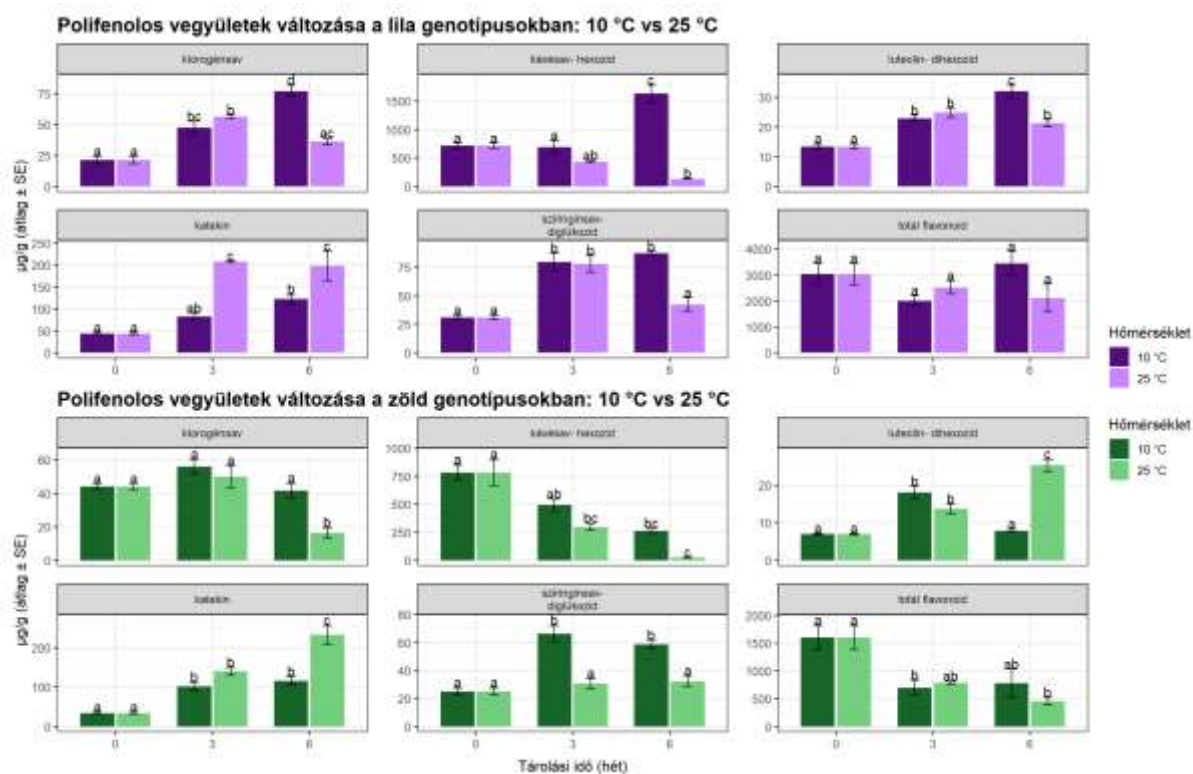
A tárolásos kísérlet során a lila és zöld közel izogén vonalak gazdasági érettségű terméseit hat hétig tároltuk 10 és 25 °C-on. A beltartalmi mutatókat a kiinduló állapotban, a nulladik héten, a tárolás harmadik és hatodik hetén mértük HPLC módszerrel. A mérések során a polifenolos vegyületek tekintetében huszonegy vegyület kiértékelését végeztük el. Az antocianinok esetén összesen hat delfinidinszármazékot azonosítottunk, amelyek közül a legnagyobb mértékben jelen lévő a delfinidin-3-transz-kumaroil-rutinozil-5-glükózid volt, ami megegyezik a szakirodalmi adatokkal is (1. ábra) (Sadilova et al. 2006). A legtöbb delfinidinszármazék esetében szignifikáns csökkenés volt megfigyelhető a 6. hétre, amit a Tukey-féle *post hoc* teszt is igazolt (1. ábra). A 25 °C-on tárolt minták esetén a teljes antociántartalom fokozatos csökkenést mutatott a tárolási idő előrehaladtával, így a 6. héten szignifikánsan alacsonyabb értéket vett fel a kezdeti állapothoz képest. A 25 °C-on megfigyelt degradációval szemben 10 °C-on az antociántartalom stabilabbnak bizonyult. A legtöbb delfinidinszármazék esetében a 0. és 3. hét között nem mutatkozott szignifikáns különbség, míg a 6. héten mérsékelt csökkenés volt megfigyelhető.

1. ábra 520 nm-en detektált antociánsúcsok, A) a 0. héten, B) 3. héten 25 °C-on, C) 6. héten 25 °C-on, 1: delfinidin-3-kaffeoil-rutinozil-3-glükózid, 2: delfinidin-3-cisz-kumaroil-rutinozil-5-glükózid, 3: delfinidin-3-transz-kumaroil-rutinozil-5-glükózid, 4: delfinidin-3-feruloil-rutinozil-5-hexozid, D) delfinidinszármazékok és teljes antocianintartalom változása a tárolás során; az ábrán szereplő betűjelölések a Tukey-féle HSD-teszt eredményei: az azonos betűvel jelölt oszlopok között nincs szignifikáns különbség ($p \geq 0,05$), míg az eltérő betűk statisztikailag igazolt különbséget jeleznek ($p < 0,05$)



A 2. ábrán bemutatott vegyületek mind a fenil-propanoid-útvonal kulcsfontosságú metabolitjai. A klorogénsav és a kávéssavszármazékok (pl. kávéssav-hexozid) hidroxi-fahéjsav-észterek, amelyek jelentős antioxidáns kapacitással rendelkeznek, szerepet játszanak a sejtfal megerősítésében és a kórokozókkal szembeni védekezésben (Clifford 2000).

2. ábra Polifenolos vegyületek változása a tárolás során a lila és a zöld NILs terméseiben



A luteolin-dihexozid flavonoid típusú vegyület, amely UV-védelmi és stresszválasz-folyamatokban is részt vesz (López-Lázaro 2009). A katekin flavan-3-ol, erőteljes szabadgyökfogó tulajdonsággal rendelkezik, amely mind növényi stresszadaptációban, mind humán táplálkozás-élettani szempontból kiemelt jelentőségű (Arts *et al.* 1999). A sziringinsav-diglükózid fenolos savszármazék, amely oxidatív stressz és sejtfal-átalakulási folyamatok során játszhat szerepet (Shahidi és Yeo 2018). Humán vonatkozásban e vegyületek antioxidáns, gyulladáscsökkentő és potenciálisan kardioprotektív hatásúak (Manach *et al.* 2004). A legtöbb vizsgált vegyület szignifikánsan változott mind a tárolási idő, mind pedig a hőmérséklet függvényében, ugyanakkor a változás iránya gyakran eltérő a lila és a zöld termések esetén. A teljes flavonoidtartalom a zöld termésekben a tárolás során csökkenő tendenciát mutatott, míg a lila genotípusokban nem volt kimutatható szignifikáns változás (2. ábra).

A polifenolos profil multivariáns jellegére és az eloszlási feltételek esetleges sérülésére tekintettel a faktorok hatását permutációs varianciaanalízissel (PERMANOVA, euklidészi távolság, 999 permutáció) vizsgáltuk (1. táblázat).

1. táblázat PERMANOVA-eredmények összegzése

Tényezők	Df	r^2	F	p
fok×hét×szín	15	0,7270	9,950	0,001 ***
hét×szín	3	0,0976	6,457	0,001 **
fok×hét	1	0,0154	3,054	0,016 *
fok×szín	3	0,0247	1,635	0,049 *
szín	3	0,4890	24,733	0,001 ***
hét	1	0,0560	8,497	0,001 ***
fok	1	0,0200	3,029	0,012 *

A teljes metabolikus profil permutációs varianciaanalízise (PERMANOVA) szignifikáns csoportosítást igazolt a vizsgált tényezők kombinációjára ($r^2 = 0,727$; $p = 0,001$). A marginális hatások elemzése alapján (két tényező interakciója esetében) a tárolási idő és a szintípus közötti interakció bizonyult a legerősebb tényezőnek ($r^2 = 0,098$; $p = 0,001$), ami arra utal, hogy a különböző szintípusok eltérő metabolikus dinamikát mutattak a tárolás során. Emellett szignifikáns volt a hőmérséklet és a tárolási idő interakciója is ($r^2 = 0,015$; $p = 0,016$), jelezve, hogy a metabolikus változások üteme hőmérsékletfüggő. A hőmérséklet és szintípus közötti interakció szintén kimutatható volt ($r^2 = 0,025$; $p = 0,049$), ami arra utal, hogy a különböző szintípusok eltérően reagáltak a tárolási hőmérsékletre. A kísérletsorozat eddigi eredményei alapján a továbbiakban szeretnénk több genotípust bevonni, illetve a vizsgált anyagok körét bővíteni. HPLC-mérések mellett roncsolásmentes mérési módszerek (multispektrális mérések) alkalmazását is elkezdjük.

Irodalom

- Arts, I.C., Hollman, P.C., Kromhout, D. (1999): Chocolate as a source of tea flavonoids. *The Lancet*, **354**, 488.
- Clifford, M.N. (2000): Chlorogenic acids and other cinnamates—nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **80**, 1033–1043.
- López-Lázaro, M. (2009): Distribution and biological activities of the flavonoid luteolin. *Mini reviews in medicinal chemistry*, **9**, 31–59.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., Jiménez, L. (2004): Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **79**, 727–747.
- Sadilova, E., Stintzing, F.C., Carle, R. (2006): Anthocyanins, colour and antioxidant properties of eggplant (*Solanum melongena* L.) and violet pepper (*Capsicum annuum* L.) peel extracts. *Zeitschrift für Naturforschung C*, **61**, 527–535.
- Shahidi, F., Yeo, J. (2018): Bioactivities of phenolics by focusing on suppression of chronic diseases: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, **19**, 1573.

GENOMIKÁTÓL A GÉNEXPRESSZIÓIG: INTEGRÁLT MOLEKULÁRIS VIZSGÁLATOK NYÁRFAJOKBAN

**Köbölkuti Zoltán Attila, Cseke Klára, Lados Botond Boldizsár, Bereczki Katalin,
Takács Roland, Toldi Valter, Benke Attila**

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Nemesítési Osztály, Sárvár

A nyárok (*Populus* spp.) gazdaságilag és ökológiailag jelentős fafajok, amelyek fontos tulajdonságainak genetikai háttere még csak részben ismert. Kutatásunk célja olyan integrált kutatási keret kialakítása, amely a faanyag-tulajdonságok és a környezeti stresszre adott válaszok genetikai alapjainak vizsgálatát teszi lehetővé. A munka három, egymással párhuzamos kutatási irányban zajlik. Az első munka során ddRAD-seq-alapú genomikai adatbázist hoztunk létre három nyártaxon – rezgő nyár (*Populus tremula* L.), fehér nyár (*Populus alba* L.) és természetes hibridjük, a szürke nyár (*Populus* × *canescens* [Aiton] Sm.) – természetes populációiból. A bioinformatikai feldolgozás során közel 80 ezer nagy megbízhatóságú SNP-markert azonosítottunk, amelyek további populációgenetikai elemzésekhez és a gesztsszínrel összefüggő genetikai variációk feltárásához szolgáltatnak alapot. A második munka a gesztképződéshez kapcsolódó génjelöltek összehasonlító genomikai azonosítására és az ezekre épülő molekuláris markerek fejlesztésére irányul. Ennek során primerpárokat terveztünk és tesztelünk több, a színeképződésben szerepet játszó biokémiai útvonal – például a flavonoid- és fenil-propanoid-anyagcsere – génjeire. A harmadik munka RNA-seq-alapú kísérleti rendszer létrehozása a nyárfajok aszálystresszre adott génexpressziós válaszainak vizsgálatára. A három párhuzamos kutatási irány együttesen új eszközöket és genetikai információkat szolgáltatnak a nyárfajok fontos faanyag- és adaptív tulajdonságainak vizsgálatához és jövőbeli nemesítéséhez.

HÚSOS SOM (*Cornus mas* L.) GENOTÍPUSOK ANTIOXIDÁNS TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA

Mali-Gáspár Edit, Simon Gergely, Ficsek Gitta

*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet,
Gyümölcsstermesztési Tanszék, Budapest*

A húsos som (*Cornus mas* L.) Európa középső részeitől a dél-keleti régióig megtalálható természetes körülmények között, illetve számos országban termesztett gyümölcsfaj, amely több tekintetben perspektivikus jelentőségű. Perspektivikus egyrészt szélsőséges környezeti tényezőkkel szembeni ellenálló képessége, jelentősebb kártevők és kórokozók hiányában ökológiai termesztésre való alkalmassága révén, másrészt kiemelkedő beltartalmi értékei okán. A húsos som gyümölcse értékes alapanyag a feldolgozóipar számára és az élelmiszeripari innovációk területén, alkalmas friss fogyasztásra is, illetve biológiailag aktív hatóanyagai révén funkcionális élelmiszerként és természetes gyógyhatású forrásként is ígéretes. Az utóbbi években a kutatások egyik hangsúlyos irányává vált az új, potenciálisan gyulladáscsökkentő és antioxidáns hatással rendelkező természetes források azonosítása és vizsgálata.

Jelen tanulmány célja a húsos som különböző termőhelyekről származó 12 genotípusa antioxidáns jellemzőinek értékelése. A vizsgálat keretében 3 nemesített fajta ('Lutea', 'Kazanlak', 'Jolico'), valamint kilenc vadon termő genotípus 2024. évben gyűjtött gyümölcsei polifenol-tartalmát és vízzoldható antioxidáns kapacitását (FRAP) elemeztük.

A mért polifenol-tartalom a szakirodalomban közöltekkel összhangban széles tartományban mozgott: 204,45-5175,61 mg/l között alakult. Legmagasabb polifenol-tartalmat az iszkaszentgyörgyi ültetvényből származó 'Kazanlak' (5175,61 mg/l) gyümölcseiben mértünk. Jelentős polifenol-tartalommal rendelkezett még az iszkaszentgyörgyi 'Jolico' (3339,52 mg/l) és a bakonybéli 'Kazanlak' (3001,07 mg/l), valamint a zselicszentpáli (1913,81 mg/l) és a kaposgyarmati (1860,16 mg/l) 'Kazanlak', a zselicszentpáli 'Jolico' (1712,05 mg/l), valamint a Vad7 (1575,19 mg/l). A Vad8 (204,45 mg/l) gyümölcseinek volt a legalacsonyabb polifenol-tartalma.

A FRAP-értékek 2,09-37,98 $\mu\text{M/ml}$ között alakultak. A Vad5 (37,98 $\mu\text{M/ml}$) és a Vad7 (34,75 $\mu\text{M/ml}$) érte el a legmagasabb értéket. Jelentősebb vízzoldható antioxidáns kapacitással rendelkezett még az iszkaszentgyörgyi 'Kazanlak' (31,34 $\mu\text{M/ml}$), a Vad2 (18,05 $\mu\text{M/ml}$), a bakonybéli (16,77 $\mu\text{M/ml}$), a kaposgyarmati (14,95 $\mu\text{M/ml}$) 'Kazanlak' és az iszkaszentgyörgyi 'Jolico' (13,45 $\mu\text{M/ml}$). A Vad6 (5,69 $\mu\text{M/ml}$), Vad8 (5,51 $\mu\text{M/ml}$) és az iszkaszentgyörgyi 'Lutea' (2,09 $\mu\text{M/ml}$) gyümölcseinek volt a legalacsonyabb FRAP-értéke.

A nemesített hússom-fajták vizsgált mintáiban a vízzoldható antioxidáns kapacitás és az összes polifenol-tartalom között pozitív lineáris korrelációt mutattunk ki. A vadon termő genotípusok esetében – azok későbbi érési idejével összefüggésben, a 2024. év nyarán tapasztalt tartósan extrém meleg és csapadékhiány okozta stressz következtében – ez a korreláció nem volt kimutatható.

Kapott eredményeink megfeleltek a szakirodalmi értékeknek és következtetéseknek, a biológiailag aktív hatóanyagok koncentrációja nagymértékben függ a genotípus, továbbá a környezeti feltételek hatásától.

Az eredmények alapján a vizsgált hússom-genotípusok jelentős antioxidáns aktivitással rendelkeznek, ami megalapozza további kutatásukat és hasznosításukat.

Ezúton fejezzük ki köszönetünket prof. dr. Lehota József és Tóth Péter uraknak elkötelezett munkájukért a húsos som sikeres termesztése érdekében, illetve a Szent Maurícius Monostor és a Pannonhalmi Főapátság együttműködéséért a kutatásban.

HÚSOS SOM (*CORNUS MAS* L.) GENOTÍPUSOK ANTIOXIDÁNS TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA

Mali-Gáspár Edit, Simon Gergely, Ficsek Gitta

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsfajtermesztési Tanszék, Budapest

mali-gaspar.edit@phd.uni-mate.hu

Bevezetés

Hazánk egyre szélsőséesebbé váló klímájának következtében a vadon termő gyümölcsfajok jelentősége folyamatosan növekszik, különösen azon fajoké, amelyek egyaránt képesek megfelelni a feldolgozóipar és a fogyasztói piac minőségi és mennyiségi elvárásainak. Az utóbbi években a kutatások egyik hangsúlyos irányává vált az új, potenciálisan gyulladáscsökkentő és antioxidáns hatással rendelkező természetes források azonosítása és vizsgálata.



Anyag és módszer

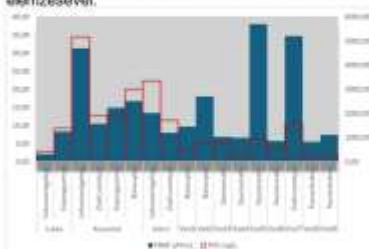
Vizsgálatainkat a húsos som (*Cornus mas* L.) 12 genotípusa (9 vadon termő és 3 nemesített fajta ('Lutea', 'Kazanlak', 'Jolico') 2024. évi érési időszakból származó gyümölcsein végeztük.

A vadon termő genotípusokat természetjellemezők alapján szelektáltuk, míg a nemesített fajták körét az '1. generációs' (2010-es évek derekán telepített, mintegy 5-10 éve termőre fordult) hazai ültetvények gerincét képező 3 fajta képezte 2024-ben (1. térkép).

Jelen tanulmány célja a húsos som kutatásba vont genotípusai antioxidáns jellemzőinek értékelése a gyümölcsök polifenol-tartalma (TPC) és vízoldható antioxidáns-kapacitása (FRAP) vizsgálataival és elemzésével.



1. Térkép: húsos som mirtók (*Cornus mas* L.) termőhelyek, 2024. Forrás: Google Earth



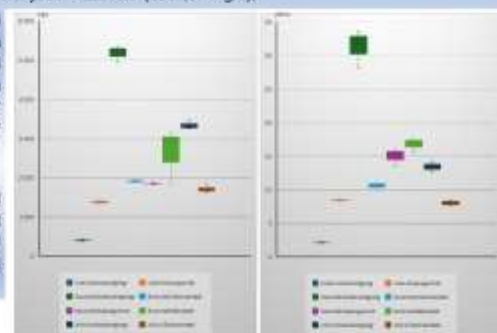
1. Ábra: Vizsgált húsos som genotípusok gyümölcseinek polifenol-tartalma (mg/L) és FRAP-értéke (μM/mL), 2024.

Eredmények

A polifenol-tartalom 204,45 – 5175,61 mg/L között alakult (1. ábra).

Legmagasabb polifenol-tartalmat az iszkaszentgyörgyi ültetvényből származó 'Kazanlak' (5175,61 mg/L) gyümölcseiben mértünk. Jelentős polifenol-tartalommal rendelkezett még az iszkaszentgyörgyi 'Jolico' (3339,52 mg/L) és a bakonybéli 'Kazanlak' (3001,07 mg/L),

valamint a zselicszentpáli (1913,81 mg/L) és a kaposgyarmati (1860,16 mg/L) 'Kazanlak', a zselicszentpáli 'Jolico' (1712,05 mg/L), a Vad7 (1575,19 mg/L).



2. Ábra: Vizsgált húsos som nemesített fajták gyümölcseinek polifenol-tartalma (mg/L), 2024.

3. Ábra: Vizsgált húsos som nemesített fajták FRAP-értéke (μM/mL), 2024.

Következtetések

Az eredmények alapján a vizsgált húsos som genotípusok jelentős antioxidáns aktivitással rendelkeznek, ami megalapozza a további kutatásukat és hasznosításukat.

Megerősítettük, a biológiailag aktív hatóanyagok koncentrációja nagymértékben függ a genotípustól, továbbá a környezeti feltételek – termőhely, termesztéstechnológia – hatásaitól.

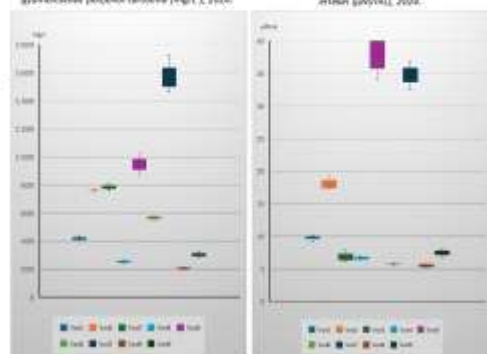
A nemesített húsos som fajták vizsgált mintáiban a vízoldható antioxidáns kapacitása és az összes polifenol-tartalom között pozitív lineáris korrelációt mutattunk ki (2. és 3. ábrák).

A vadon termő genotípusok esetében – azok későbbi érési idejével összefüggésben, a 2024. év nyarán tapasztalt, tartós és extrém meleg, valamint csapadékhiány okozta stressz következtében – az a korreláció nem volt kimutatható (4. és 5. ábrák).

Irodalmi hivatkozás

- Singleton, V. & Rossi, J. (1965): Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdo-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Benzoe, I. F. & Strain, J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of 'antioxidant power': the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.

Ezúton fejezzük ki köszönetünket prof. Dr. Lőrincz József és Tóth Péter uraknak előzetes munkájukért a húsos som sikeres termesztése érdekében, illetve a Szent Mauríciusz Monostor és a Pannóniai Földérintés együttműködésének a kutatásban.



4. Ábra: Vizsgált húsos som vadon termő genotípusok gyümölcseinek polifenol-tartalma (mg/L), 2024.

5. Ábra: Vizsgált húsos som vadon termő genotípusok FRAP-értéke (μM/mL), 2024.

MORTALITY OF APRICOT ROOTSTOCKS AND SCIONS

**Edina Mendelné Pászti, Géza Bujdosó, Gideon Narteh Siakwah,
Zoltán Szabó, Ákos Mendel**

*Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Horticultural Sciences,
Experimental Station, Cegléd*

The sustainability and economic viability of apricot production have become increasingly uncertain in Central Europe due to the intensifying effects of climate change. In Hungary, the increasing frequency of extreme weather events, including late spring frosts, summer drought periods, and heat stress pose serious challenges for the long-term stability of apricot orchards. One of the most important adaptation strategies in modern fruit production is the selection of appropriate rootstock–scion combinations that can ensure adequate tree vigor, adaptability, and yield stability under changing environmental conditions.

The aim of our study was to evaluate the stability and production potential of different apricot rootstock and scion combinations under Hungarian climatic conditions. Particular attention was given to identifying combinations that are well adapted to the soil and climatic characteristics of the Hungarian lowlands and that may contribute to more resilient orchard systems in the context of climate change. Comparative field experiments were established in order to obtain comprehensive information on the performance of the tested combinations, including their effects on vegetative growth, generative development, tree survival, and mortality in newly established plantations.

The experiment was arranged in a randomized block design and included five different rootstocks and sixteen apricot scion cultivars. In total, 960 trees were planted at a spacing of 3×5 meters. The survival rate of the trees was evaluated by calculating the proportion of living trees relative to the initially planted number for each rootstock–scion combination.

The results indicate that rootstocks with vigorous growth potential, such as ‘Montclar’ and ‘Rootpac R’, demonstrated better adaptation to the climatic and soil conditions of the Hungarian lowlands compared with rootstocks characterized by moderate vigor, such as ‘Fehér besztercei’ and ‘Wavit’. The superior performance of the more vigorous rootstocks can be attributed primarily to their stronger and more extensive root system development, which enhances water and nutrient uptake and contributes to maintaining the overall condition and long-term viability of the plantation.

Supported by the EKÖP-MATE/2025/26/A university research scholarship Programme of the Ministry for Culture and Innovation from the source of the National Research, Development and Innovation Fund.

FOTO- ÉS GRAVITROPIZMUS *in vitro* VIZSGÁLATA ÉS A SZÁR LIGNINTARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA *pfi* PAPRIKA-MUTÁNSOKBAN

PÁPAI BÁNK¹, CSILLÉRY GÁBOR², SYEDA MAHJABIN TABASSSUM¹, JASPER OGWA¹,
BEDŐ JANKA¹, TÓTH-LENCSES ANDREA KITTI¹, SZŐKE ANTAL¹, VERES ANIKÓ¹,
KOVÁCS ZSÓFIA¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Genetika és
Genomika Tanszék, Gödöllő

²PepGen Kft., Budapest

A paprika nemesítése során a mutánsok értékes genetikai forrásként szolgálhatnak, mivel olyan új fenotípusos tulajdonságokat hordozhatnak, amelyekkel új termesztési módok nyílhatnak meg. A *pfi* paprikamutáns puffadt szárszerkezettel, valamint elfekvő habitussal is jellemezhető. Kísérleteink arra próbálták meg rávilágítani, hogy ez a fekvő fenotípus az abiotikus ingerekre adott válaszreakciók hiányából eredeztethető, vagy esetleg a szár szilárdításáért felelős komponens, a lignin hiányából fakad.

In vitro kísérleteink során igazoltuk, hogy a mutánsok a kontroll genotípushoz hasonlóan reagálnak a fényre, illetve a gravitációra is. Sötétben nevelt kultúrák esetében enyhe dőlést tapasztaltunk, ami bizonyíthatja a szárok strukturális gyengeségét. A lignintartalom mérése során számottevő különbségeket mutattunk ki a *pfi* mutáns és a kontroll szárai között. A mutáns jóval alacsonyabb lignintartalommal rendelkezett, ami okozhatja az elfekvő tulajdonságot, ám a lignintartalom bár hozzájárul a szárszilárdsághoz, más alkotóelemek vizsgálata is javasolt lenne. A puffadt szár genetikai háttere egyelőre ismeretlen. A *pfi* mutánsok különleges megjelenése alapján potenciálisan dísznövényként is alkalmazhatóak lehetnek.

Kulcsszavak: paprika, fototropizmus, gravitropizmus, lignintartalom

In vitro INVESTIGATION OF PHOTO- AND GRAVITROPISM AND DETERMINATION OF STEM LIGNIN CONTENT IN *pfi* PEPPER MUTANTS

B. PÁPAI¹, G. CSILLÉRY², S. M. TABASSSUM¹, J. OGWA¹, J. BEDŐ¹, A. K. TÓTH-LENCSES¹, A. SZŐKE¹,
A. VERES¹, ZS. KOVÁCS¹

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Genetics and Biotechnology,
Department of Genetics and Genomics, Gödöllő

²PepGen Ltd., Budapest

During pepper breeding, mutants can serve as valuable genetic resources, as they may carry novel phenotypic traits that open up new cultivation possibilities. The *pfi* pepper mutant is characterized by a puffy stem structure and a prostrate growth habit. Our experiments aimed to determine whether this prostrate phenotype originates from a lack of response to abiotic stimuli or from a deficiency in lignin, a key component responsible for stem rigidity.

In our *in vitro* experiments, we confirmed that the mutants responded to light and gravity similarly to the control genotype. In cultures grown in darkness, a slight bending was observed, which may indicate structural weakness of the stems. Lignin content analysis revealed significant differences between the stems of the *pfi* mutant and the control. The mutant exhibited considerably lower lignin content, which may explain the prostrate phenotype. However, although lignin contributes to stem strength, further investigation of other structural components is also recommended. The genetic background of the swollen stem trait remains unknown. Based on their unique appearance, *pfi* mutants may also have potential applications as ornamental plants.

Key words: pepper, phototropism, gravitropism, lignin

Bevezetés

A mutáns növények értékes genetikai forrást jelentenek a paprika (*Capsicum annuum*) nemesítésében, mivel új allélokat és fenotípusos variációkat biztosítanak, amelyek hozzájárulhatnak a növény szerkezetének, termésminőségének és stressztűrő képességének javításához. Míg a szárat érintő mutációkat korábban többnyire károsnak tartották, a modern nemesítési megközelítések ma már ezeket a tulajdonságokat is igyekeznek hasznosítani a terméshozam optimalizálása, valamint innovatív termesztési stratégiák – például *on-wire* technológiák és vertikális termesztési rendszerek – kidolgozása során.

A gravitropizmus és a fototropizmus összehangolt működése szabályozza a növények fejlődését és orientációját az abiotikus ingerek érzékelése és a jelátviteli folyamatok révén, ezáltal biztosítva a hatékony növekedést és fotoszintézist. E folyamatokban bekövetkező hiba esetén a növény fejlődése rendellenes irányt vehet. A lignin a strukturális integritás, a mechanikai szilárdság és a stressztűrő képesség fenntartásában játszik kulcsszerepet. Számos tanulmány beszámolt már arról, hogy a ligninhiányos növények csökkent szerkezeti stabilitásuk következtében elfekvő (prokumbens vagy dekumbens) fenotípust mutatnak. Bár a lignin szerepét több növény családban részletesen vizsgálták, a *Solanaceae* családon belüli kutatások, különösen a paprika esetében továbbra is korlátozottak.

Ebben a tanulmányban a *pfi* mutánszt vizsgáltuk, amely kifejezetten fekvő növekedési habitussal és puffadt internódiumokkal rendelkezik. Kísérletünk célja annak meghatározása volt, hogy a megfigyelt fenotípus a környezeti ingerek (fény és gravitáció) érzékelésének zavarából vagy inkább a szár szerkezeti gyengeségéből ered.

Anyag és módszer

A kísérletek során vizsgált *pfi* mutáns Csilléry Gábor gyűjteményéből származik. A *pfi* (pufi szárú – *puffy-structured stem*) mutáns fenotípusa a korai életszakaszban nem könnyen figyelhető meg, látszatra nem különbözik a normál növekedésű típusoktól. A sziklevelek felett a növények dőlni kezdenek, mivel csak itt kezd el kialakulni a mutánsokra jellemző szárszerkezet, ami az adott régióban sokkal vastagabb. A szárok puffadt szerkezete látványos és könnyen megfigyelhető. Ez kizárólag csak az internódiumoknál figyelhető meg, a nóduszoknál nincs növekedés, amiből arra következtethetünk, hogy csupán valamilyen térfogatnövekedésért felelős mutációról beszélhetünk. Kontrollként a kereskedelmi forgalomban is kapható 'Garai fehér' fajtát használtuk.

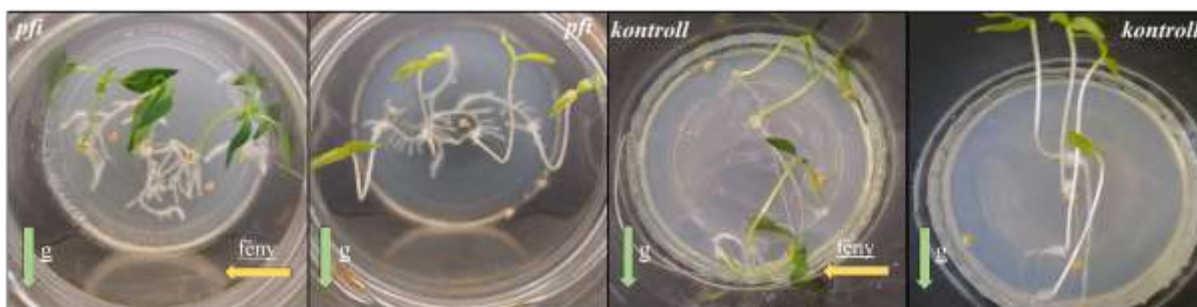
Az összes *in vitro* kísérletet MS-táptalajon végeztük, ezen csíráztattuk és tartottuk fenn a steril tenyészeteket. Annak megállapítására, hogy miképpen reagálnak a növények a fényre és a gravitációra, Grube és munkatársai (2003) módszertanát alkalmaztuk. A háromhetes *pfi* csíranövények tárolóedényeit 90 fokkal elforgattuk, majd a hipokotilok dőlésszögét vizsgáltuk 24 óra elteltével. A növények fele zárt rendszerben, fitotronban kizárólag egyoldali megvilágításnak volt kitéve, míg a másik csoport teljes sötétségben, minden fényhatástól elzárva növekedett.

A lignintartalom analitikai meghatározása Moreira-Vilar és munkatársai (2014) acetilbromidos módszerének protokollján alapul. A teljesen fejlett, csírázástól számított 12 hetes paprikanövények szárait a levelektől megtisztítottuk, majd a nóduszok elhelyezkedése alapján három régióra (alsó, középső és felső szárszakasz) osztottuk. Az alsó régió a föld feletti szárrész kezdetétől, a középső a növény mértani közepén, míg a felső a hajtáscsúcs közelében helyezkedett el. Mindhárom régióból körülbelül 8 cm hosszúságú szárdarabokat vágunk, majd régióként külön homogenizáltuk őket. A minták abszorbanciáját 280 nm hullámhosszon Jenway 6105 UV/Vis spektrofotométerrel határoztuk meg. Az abszorbanciaértékek alapján, standard görbe felhasználásával számítottuk ki a minták pontos lignintartalmát.

Eredmények

A kísérleti eredményeket tekintve a kontroll növények látványosan reagáltak mind a fényre, mind a gravitációs ingerre. Mivel sötétben növesztve is tökéletesen követik a gravitációs vektort, így bizonyításra került, hogy a teljes gravitációérzékelő rendszer hibátlanul funkcionál a növényen belül. A *pfi* mutáns növények ebben a fiatal korban nem mutattak számottevő fenotípusos eltérést a kontroll növényekhez képest. Eredményeink összhangban vannak a nemesítési tapasztalatokkal, és kísérletesen is alátámasztják, hogy a mutáns jelleg csak a későbbi fejlődési stádiumokban válik láthatóvá. A teljes sötétségben csíráztatott növények esetében megfigyelhető, hogy bár a sziklevelek igyekeznek elérni a tenyészedény tetejét, mégis dőlés tapasztalható, ez eredhet strukturális eredetű problémákból (1. ábra).

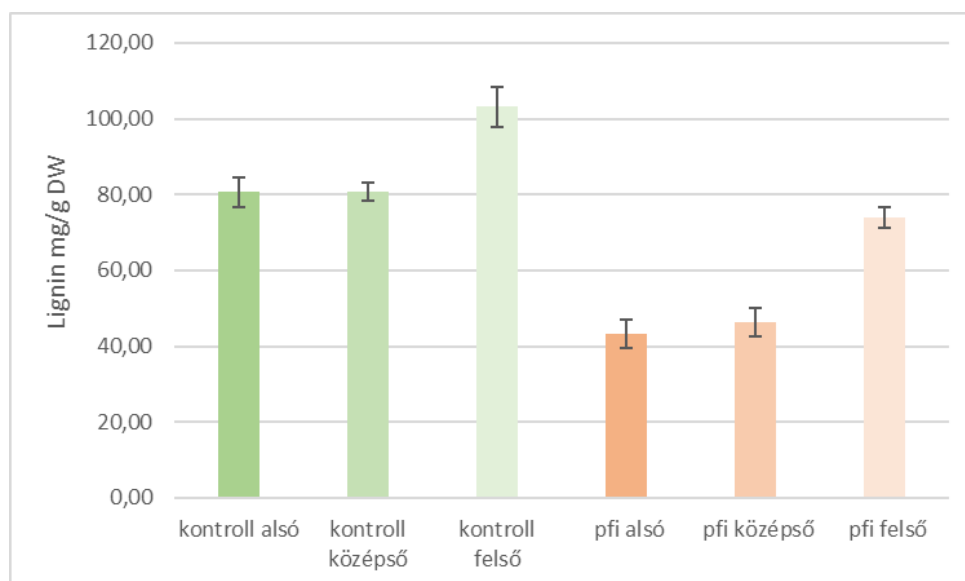
1. ábra A *pfi* és kontroll genotípusok foto- és gravitropizmusos válaszreakciói



A szárak lignintartalma meghatározásra került a különböző genotípusok szárainak három régiójában. Az eredmények mg/g száraztömegben (DW) lettek megadva.

A kontroll fajta esetében szignifikáns különbség mutatkozik a lignintartalomban a szár felső régiójában, ahol a mért lignintartalom-érték $103,09 \pm 5,15$ mg/g DW volt. Ez sokkal magasabb érték a fajta szárának többi régiójához képest, ahol a mért érték $80,76 \pm 2,33$ mg/g DW volt a középső régióban, valamint $80,60 \pm 3,98$ mg/g DW az alsó régióban. A *pfi* mutánsok esetében a kontrollhoz képest szintén alacsonyabb lignintartalom-értékek voltak tapasztalhatóak a mérés során. Ennek a genotípusnak az esetében is szignifikánsan magasabb lignintartalom volt kimutatható a szár felső régiójában, ahol a mért érték $73,91 \pm 2,60$ mg/g DW volt. A másik két szárrégióban a mérési eredmény egymáshoz hasonló volt, $43,29 \pm 3,68$ mg/g DW volt az alsó régióban, valamint $46,32 \pm 3,74$ mg/g DW a középső régióban (2. ábra).

2. ábra A különböző genotípusok három szárrégiójának lignintartalma



Bár a szárak lignintartalmának összehasonlító elemzése során találtunk számottevő különbségeket, és kimondható, hogy a szár szerkezeti gyengesége miatt alakul ki az elfekvő fenotípus, viszont a szár szilárdsága nem csak a lignintartalom által meghatározott tényező, a másodlagos sejtfal más összetevőinek mennyisége is befolyásolja azt (Zhong *et al.* 2019), így ezeket is mindenképp ajánlott lenne vizsgálni a kísérlet folytatásaként. A puffadt szárszerkezet pontos genetikai háttere egyelőre sajnos ismeretlen. A *pfi* mutánsok különleges megjelenése alapján potenciálisan dísznövényként, akár ámpolnanövényként is alkalmazhatók lehetnek (Csilléry *et al.* 2023), ezért ennek a hasznosítási lehetőségét is célszerű lenne vizsgálni.

Irodalom

- Grube, R.C., Brennan, E.B., Ryder, E.J. (2003): Characterization and genetic analysis of a lettuce (*Lactuca sativa* L.) mutant, weary, that exhibits reduced gravitropic response in hypocotyls and inflorescence stems. *Journal of Experimental Botany*, **54**(385), 1259–1268.
- Moreira-Vilar, F.C., Siqueira-Soares, R.D.C., Finger-Teixeira, A., Oliveira, D.M.D., Ferro, A.P., da Rocha, G.J., Ferrarese, M.D.L.L., dos Santos, W.D., Ferrarese-Filho, O. (2014): The acetyl bromide method is faster, simpler and presents best recovery of lignin in different herbaceous tissues than Klason and thioglycolic acid methods. *PloS One*, **9**, e110000.
- Zhong, R., Cui, D., Ye, Z.H. (2019): Secondary cell wall biosynthesis. *New Phytologist*, **221**, 1703–1723.
- Csilléry, G., Ruskó, J., Pápai, B., Kovács, Zs., Fári, M., Szamosi, Cs. (2023): A *tii* és *Pcx* gének alkalmazása az ámpolna típusú paprika fajták nemesítése során In: Karsai, I., Pauk, J., Veisz, O.B., Polgár, Z., Bóna, L. (eds.) XXIX. Növénynevelési Tudományos Napok Összefoglaló kötet. Martonvásár: MTA ATK. p. 118.

FOTO- ÉS GRAVITROPIZMUS IN VITRO VIZSGÁLATA ÉS A SZÁR LIGNINTARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA PFI PAPRIKA MUTÁNSOKBAN

Pápai Bánk^{1*}; Csilléry Gábor²; Syeda Mahjabin Tabassum¹; Jasper Ogwal¹; Bedő Janka¹; Tóth-Lencsés Andrea Kitti¹; Szőke Antal¹; Veres Anikó¹; Kovács Zsófia¹

¹Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Genetika és Genomika Tanszék, 2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.

²PepGen Kft. 1114 Budapest, Bartók Béla út 41.

*Papai.Bank@uni-mate.hu

MTA

200. ÉVES
ALMAGYAR
TUDOMÁNYOS
AKADÉMIA



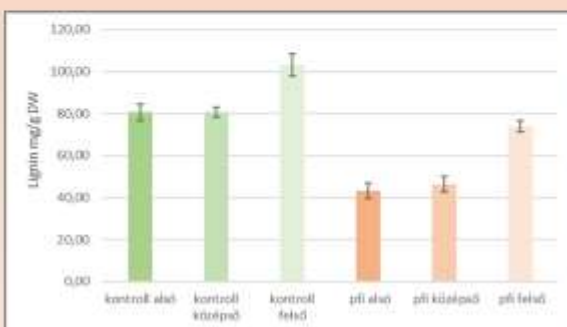
A *pfi* (pufi szárú – puffy-structured stem) mutáns fenotípusa a korai életszakaszban nem könnyen figyelhető meg, látszatra nem különbözik a normál növekedésű típusoktól. A sziklevelek felett a növények dőlni kezdenek, mivel csak itt kezd el kialakulni a mutánsokra jellemző szárszerkezet, ami az adott régióban sokkal vastagabb. A száruk puffadt szerkezete látványos és könnyen megfigyelhető. Ez kizárólag csak az internódiumoknál figyelhető meg, a nóduszoknál nincs növekedés, amiből arra következtethetünk, hogy csupán valamilyen térfogatnövekedésért felelős mutációról beszélhetünk.

MS táptalajon csíráztatott *pfi* növényeket döntöttük meg 90 fokkal annak érdekében, hogy meghatározzuk a mutánsok miképpen reagálnak a fényre és a gravitációra. A mutánsok fele csupán oldalsó megvilágítást kapott, míg a többi teljes sötétségben csírázott. Bár a mutánsok reagáltak 24 óra elteltével a fényre és a gravitációra, sötétségben csíráztatott növények esetében dőlés tapasztalható, ez eredhet strukturális eredetű problémákból.



Annak meghatározására, hogy milyen gyorsan reagálnak a *pfi* mutánsok a megváltozott gravitációs ingerre, a növényeket 90 fokkal megdöntés után félóránként dokumentáltuk, a hipokotilok dőlésszögét lemértük. A *pfi* mutáns gravitropizmusra adott válasza jelentősen lassabb volt, míg a kontroll növények már 120 percnél elmozdultak, 240-nél pedig teljesen reorientálódtak a gravitáció hatására, a *pfi* esetében 8 óra sem volt elegendő reakció kiváltásához, és csak 24 óra elteltével mutatott észlelhető elmozdulást. Ez valószínűleg a hipokotil szerkezeti gyengeségével és lassabb növekedéssel magyarázható.

Meghatároztuk a száruk lignintartalmát a különböző genotípusok szárainak három régiójában. Az eredményeket mg/g száraz tömegben (DW) határoztuk meg. Bár a száruk lignintartalmának összehasonlító elemzése során találtunk számottevő különbségeket és kimondható, hogy a szár szerkezeti gyengesége miatt alakul ki az elfekvő fenotípus, viszont szár szilárdsága nem csak a lignintartalom által meghatározott tényező, a másodlagos sejtfal más összetevőinek mennyisége is befolyásolja azt, a továbbiakban érdemes azokat is vizsgálni.



GENETIKAI ÖSSZEFÜGGÉSEK A TÖNKÖLYBÚZA (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) ROSTKOMPONENSEI ÉS AZ SNP-MARKEREK KÖZÖTT

Rakszegi Marianna¹, Tóth Viola¹, Jaksics Edina², Szentmiklóssy Marietta Klaudia²,
Vida Gyula¹, Mikó Péter¹, Cseh András¹, Tömösközi Sándor², Karsai Ildikó¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar,
Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és
Élelmiszerminőség Kutatócsoport, Budapest

A tönkölybúza (*Triticum spelta* L.) a *Triticum* nemzetségen belül önálló fajként vagy – genetikai eredetétől függően – a kenyérbúza egyik alfajaként (*T. aestivum* ssp. *spelta* L.; $2n = 6x = 42$, BBAADD genom) kerül besorolásra. Más gabonafélékhez hasonlóan a tönköly értékes élelmirost-forrás, beleértve az arabinoxilánt (pentoán), a β -glükánt és a fruktánt. Ezek az összetevők oldható vagy oldhatatlan rostként és/vagy prebiotikumként járulnak hozzá az emberi egészséghez. Szerepet játszanak az elhízás és a 2-es típusú cukorbetegség megelőzésében, ugyanakkor kockázatot jelenthetnek a fermentálható oligo-, di- és monoszacharidokra, valamint poliolokra (FODMAP) érzékeny egyének számára.

Az átfogó genotípusos és filogenetikai vizsgálat 188 tönkölytörzset és 80 modern kenyérbúza-fajtát magában foglaló gyűjteményen történt. Jelen kutatás célja az volt, hogy a tönköly rostkomponenseivel összefüggő egynukleotidos polimorfizmus (SNP) markereket azonosítsa. Összesen 28, 24, 32, illetve 21 SNP-markert azonosítottunk sorban a teljes pentoán (TOT-pentoán), a vízoldható pentoán (WE-pentoán), a β -glükán és a fruktán esetében, három feletti szignifikanciaszint mellett.

A TOT- és WE-pentoánhoz kapcsolódó markerek az 1B, 2A, 2B, 2D, 4A, 5A, 5B, 5D, 6D, illetve az 1A, 1B, 2A, 2B, 4D, 5A, 6A, 7A, 7B kromoszómákon helyezkedtek el. Ezek összhangban állnak a búza arabinoxilánszintézisében szerepet játszó génekkel korábban összefüggésbe hozott kromoszómaregiókkal (1–4., 6. és 7. kromoszómák). A β -glükán-tartalommal összefüggő SNP-k a 2A, 2B, 2D, 3A, 3B, 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 6B, 6D és 7A kromoszómákon lokalizálódtak, ami összhangban van az árpában azonosított β -glükán-gének ismert kromoszómális elhelyezkedésével (1., 2., 5. és 7. kromoszómák). A fruktánhoz kapcsolódó markereket a 2A, 2B, 2D, 3A, 3B, 3D, 5A és 7A kromoszómákon térképeztük fel.

A 188 tönkölygenotípus rosttartalma az alábbi tartományokban változott: a TOT-pentoán 9,12–18,58 mg/g (átlag: 13,59 mg/g), a WE-pentoán 4,38–10,25 mg/g (átlag: 6,85 mg/g), a β -glükán 4,0–7,43 mg/g (átlag: 0,62 mg/g), míg a fruktán 0,29–1,51% (átlag: 0,93%). A korábban azonosított 406 tönkölyspecifikus SNP-marker közül egy (BS00067878_51) kapcsolatot mutatott a β -glükán-tartalommal, ami lehetőséget kínál a markerszelekció alkalmazására és a tönköly rostösszetételének további genetikai fejlesztésére.

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta a K135211 és K135343 számú támogatási szerződések – „A tönköly genetikai, összetételi és feldolgozási potenciáljának feltárása”, valamint a TKP2021-EGA-02 és TKP2021-NKTA-06 programok keretében. Mikó Péter és Cseh András a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíjának támogatásában részesültek (BO/00206/24/4, illetve BO/00416/23). A kutatások a Gabonatudományi Infrastruktúra Hálózat (3-110-H) eszközeivel valósultak meg.

GÉNBANKI PARADICSOMTÉTELEK VIZSGÁLATA SSR-MARKEREKKEL

**Somogyi Eszter, Kis Petra, Honfi Balázs, Horváthné Fekete Evelin, Áy Zoltán,
Baktay Borbála**

Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ, Tápíószele

A paradicsom jelentőségét jól mutatja, hogy ma a legnagyobb területen, legnagyobb mennyiségben termelt zöldség: globálisan évente 180 millió tonna termést takarítanak be. Géncentruma az Andok hegységben található, nemesítése viszonylag rövid múltra tekint vissza. Európában a legnagyobb termesztő országokhoz Törökország, Olaszország és Spanyolország sorolható. Magyarországon az összes termés mennyisége 183.510 tonna volt 2024-ben (FAOSTAT). Mivel a termesztést nagyrészt ipari paradicsomok teszik ki, ezért különösen fontos a különböző tájfajták és termesztésből kiszorult régebbi fajták génmegőrzése. Jelenleg a Tápíószelelén található paradicsomgyűjteményt mintegy 2100 génbanki tétel alkotja.

A PCR-technikán alapuló molekuláris marker módszerek lehetővé teszik a génbanki tételek genetikai jellemzését, azok rokonsági kapcsolatának megállapítását. Ebben a tanulmányban a génbankunkban megtalálható 105 *Solanum lycopersicum* L. fajtát vizsgáltuk SSR-módszerrel. Intézményünkben ez az első, paradicsomfajtákat érintő biotechnológiai vizsgálatosorozat, ezért célunk elsősorban egy új genetikai adatbázis megalapítása, a rokonsági kapcsolatok feltárása, illetve a génbanki duplikátumok kiszűrése volt.

A genomi DNS izolálásához fiatal levélmintákat gyűjtöttünk be az intézet tenyészterületéből a 2024. és 2025. évi szabadföldi felszaporításokból. Az SSR-primerek optimalizálása során 32-ből 18 bizonyult sorozatvizsgálatra alkalmasnak, amelyek a következők: GAA001, SSR268, LEga003, LEaat007, LEga004, SSR9, SSR99, SSR110, SSR111, SSR255, GAA004, SSR248, SSR22, LEct004, TMS52, TMS59, LSS010, LSS002. A Jaccard-együtthatókat PAST3 szoftverrel számítottuk ki.

A kísérlet során a bandek száma primerenként átlagosan 7,83 volt. Összesen 141 allélt sikerült detektálnunk, amelyek a 95-356 bp mérettartományban jelentek meg. Monomorf allélt nem találtunk. A legtöbb információt azok a markerek adták (SSR255, SSR268, SSR248, LEct004, LEga004, TMS52), ahol az allélszám is magas (10-19), mivel ezeknél a PIC-szám is 0,8 felett volt. A GAA001 primer eredményezte a legkisebb PIC-értéket (0,240), esetében mindössze 4 allélt detektáltunk. A fragmentumadatok statisztikai elemzése alapján a következők mondhatók el az említett paradicsomtégelekről: a legalacsonyabb Jaccard-együttható 0,024 volt a 99. és 33. ('Sprint', illetve név nélküli genotípus), valamint a 99. és 78. ('Sprint' és 'Blue Keys') mintáknál egyaránt, míg a maximum érték 0,900 a 38. és a 27., név nélküli genotípusok között. A dendrogramon jól elkülönült egymástól az összes egyed, duplikátum nem fordult elő. A 'Somoskői' tájfajta és a 'Gelénesi' tájfajta (18. és 19. tételek) különböztek leginkább az összes többitől és egymástól is.

Annak ellenére, hogy néhány településről több tétel is került a génbankba, a vizsgált növények között nem találtunk két genetikailag teljesen egyforma egyedet. Ez ráirányítja a figyelmet a paradicsomok nagy fokú biodiverzitására, a gyűjtőutak szakszerű lebonyolításának fontosságára, és alátámasztja a Tápíószelelén végzett génmegőrzési munka fontosságát. Vizsgálatunk rámutat arra, hogy az SSR-módszer sikerrel alkalmazható a növényi genotípusok elkülönítésére.

A kutatások anyagi háttérét a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott TKP2021-NKTA-03 azonosító számú pályázat biztosította.



MTA

GÉNBANKI PARADICSOMTÉTELEK VIZSGÁLATA SSR-MARKEREKKEL

Somogyi Eszter *, Kis Petra, Honfi Balázs, Horváthné Fekete Evelin, Áy Zoltán, Baktay Borbála
Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ, Tápiószéle

*e-mail: somogyi.eszter@nbgk.hu

Bevezetés

A paradicsom jelentőségét jól mutatja, hogy ma a legnagyobb területen, legnagyobb mennyiségben termelt zöldségünk globális szinten. Mivel a termesztést nagyrészt ipari paradicsomok teszik ki, különösen fontos a különböző fajfajta és termesztésből kinyerült régibb fajta génmegőrzése, jelenleg a tápiószéle génbank több mint 2000 paradicsomtételt tart fenn. Intézményünkben ez az első, paradicsomfajtákat érintő biotechnológiai vizsgálatunk, ezért célunk elsősorban egy új genetikai adatbázis megalkotása, a rokonsági kapcsolatok feltérképezése, illetve a génbanki duplikátumok kiszűrése volt. Kontrollként a San Marzano fajtát választottuk, melynek vetőmagját a korábbi években szereztek be.

Anyagok és módszerek

- Növényi minta: 105 paradicsom genotípus (1. táblázat)
- DNS-extrakció: NucleoSpin Plant II DNS kit (Macherey-Nagel)
- PCR: 16 SSR primer pár (1. táblázat) = 55-37 °C, 25 ng templát DNS és 1× Type-It Mx PCR Master Mix (QIAGEN; 2. táblázat)
- Fragment analízis: 1%-os agaróz gélek és QIAxel kapilláris elektrofórezis (QIAGEN)
- Statistika: PAST 3 szoftver: Jacard-együttfűző megfigyelés (UPGMA módszerrel) (U-weighted Pair-Group Method with Arithmetic averages)

2. táblázat: SSR primer szekvenciák és PCR műkörülmények.

Hárommal egybeértékű táblázat jelölés: minden sor egybeértékű jelölés.

Allokáció	Magasítás	Környezet	T _m (°C)	Oldósó	Oldósó	Oldósó	Oldósó
GAA001	(GAA) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR224	(TGA) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR225	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR226	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR227	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR228	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR229	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR230	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR231	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR232	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR233	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR234	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR235	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR236	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR237	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR238	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR239	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR240	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR241	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR242	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR243	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR244	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR245	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR246	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR247	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR248	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR249	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR250	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR251	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR252	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR253	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR254	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR255	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR256	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR257	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR258	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR259	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR260	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR261	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR262	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR263	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR264	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR265	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR266	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR267	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR268	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR269	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR270	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR271	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR272	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR273	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR274	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR275	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR276	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR277	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR278	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR279	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR280	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR281	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR282	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR283	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR284	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR285	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR286	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR287	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR288	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR289	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR290	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR291	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR292	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR293	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR294	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR295	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR296	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR297	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR298	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR299	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15
SR300	(GAT) _n	100-150	55	10	10	0.15	0.15

1. táblázat: Kísérletben felhasznált paradicsomfajták (n = 105 fajta)

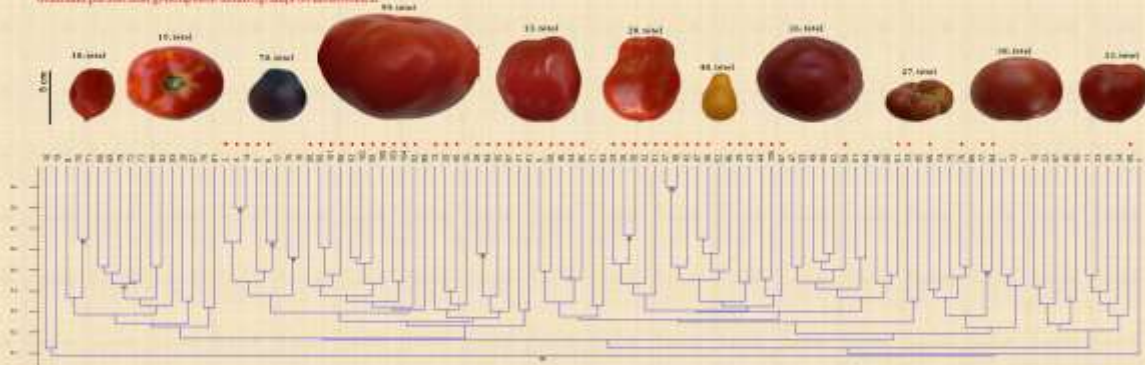
Sorszám	Fajta	Sorszám	Fajta	Sorszám	Fajta	Sorszám	Fajta
1.	Leif	25.	Leif	49.	Leif	73.	Leif
2.	Leif	26.	Leif	50.	Leif	74.	Leif
3.	Leif	27.	Leif	51.	Leif	75.	Leif
4.	Leif	28.	Leif	52.	Leif	76.	Leif
5.	Leif	29.	Leif	53.	Leif	77.	Leif
6.	Leif	30.	Leif	54.	Leif	78.	Leif
7.	Leif	31.	Leif	55.	Leif	79.	Leif
8.	Leif	32.	Leif	56.	Leif	80.	Leif
9.	Leif	33.	Leif	57.	Leif	81.	Leif
10.	Leif	34.	Leif	58.	Leif	82.	Leif
11.	Leif	35.	Leif	59.	Leif	83.	Leif
12.	Leif	36.	Leif	60.	Leif	84.	Leif
13.	Leif	37.	Leif	61.	Leif	85.	Leif
14.	Leif	38.	Leif	62.	Leif	86.	Leif
15.	Leif	39.	Leif	63.	Leif	87.	Leif
16.	Leif	40.	Leif	64.	Leif	88.	Leif
17.	Leif	41.	Leif	65.	Leif	89.	Leif
18.	Leif	42.	Leif	66.	Leif	90.	Leif
19.	Leif	43.	Leif	67.	Leif	91.	Leif
20.	Leif	44.	Leif	68.	Leif	92.	Leif
21.	Leif	45.	Leif	69.	Leif	93.	Leif
22.	Leif	46.	Leif	70.	Leif	94.	Leif
23.	Leif	47.	Leif	71.	Leif	95.	Leif
24.	Leif	48.	Leif	72.	Leif	96.	Leif



Eredmények

A legelső vizsgálat Jacard-együttfűző 0,024 volt a 99. és 33. (Sprint, illetve két névtelen genotípus), valamint a 99. és 78. (Sprint és Blue Key) közöttük a maximum érték 0,000 volt a 38. és a 27. névtelen genotípusok között. A halmazok száma primerenként átlagosan 7,833 volt. Összesen 141 állított detektálunk, amelyek a 95-350 bp mérettartományban jelentek meg. Monoclonál állít nem találtunk. A legtöbb információt azok a markerok adták (SSR255, SSR268, SSR269, LER004, LER004, TMS52), ahol az állítások is magas (10-19), mivel ezeknél a PIC-érték is 0,8 felett volt. A GAA001 primer eredményezte a legkevesebb PIC-értéket (0,240), esetében minősítő 4 állított detektálunk. Átlagos PIC-érték: 0,661. A családok a San Marzano (20.) a dendrogram közepén foglal helyet, a 40. és a 26. fajta áll hozzá a legközelebb. Matuzsemo és utasai (2000) szerint a TMS52 és a TMS59 a hagyományosan utas genetikai marker. A TMS59 esetén a San Marzano fajtákra – ahol gyakori a keresztes vagy keresztirányú termés, rácsos végezés – egy 102 bp méretű fragmentum jellemző. Vizsgálatainkban a 105 fajtából 54 esetben kaptunk ebben a tartományban halmazokat (a dendrogramon pontos ponttal jelöltük), ami alapján azt, hogy a klasszikus taxonómiai megfigyelések alapján a termesztési körülmények közötti kapcsolatok állnak a San Marzano fajtákra.

Génbanki paradicsom genotípusok dendrogramja a TMS52 marker alapján



Következtetések

A dendrogramon jól elkülönül a genotípusok az összes génbanki fajta, duplikátum nem fordult elő. A vizsgált paradicsomfajták között nem találtunk két genetikailag teljesen egyforma egyedet, ami ráirányítja a figyelmet a paradicsomfajták közötti nagyfokú biodiverzitásra. Az SSR-markerek sikerrel alkalmazhatók a növényi genotípusok elkülönítésére.

Köszönetnyilvánítás

A kutatások anyagi háttérét a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott TKP2021-N-KTA-03 azonosítószámú pályázat biztosította.



PAPRIKA (*Capsicum annuum* L.) MIKROZÖLD-ELŐÁLLÍTÁS ÉS FAJTÁK SZERINTI ÖSSZEHASONLÍTÓ ÉRTÉKELÉS A NÖVÉNYEK TÖMEGE ÉS MAGASSÁGA ALAPJÁN

Szatomári Patrik, Meier Orsolya, Fári Miklós Gábor, Tóth Csaba, Veres Szilvia, Domokos-Szabolcsy Éva

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Alkalmazott Növénybiológiai Intézet, Debrecen

Mikrozöldecségek alatt a magból 7-21 nap alatt kifejlődő, vitaminokban, ásványi anyagokban és fitonutriensekben gazdag fiatal növényeket értjük. Kutatásunkban 30 hazai paprikafajtát (édes és csípős típusban vegyesen) vizsgáltunk mikrozöldtermelési képesség szempontjából. Rövid összefoglalónkban bemutatjuk, hogy a mért fizikai paraméterek milyen mértékben járulhatnak hozzá a paprikanemesítők munkájához.

A fiatal növényeket a 21. napon takarítottuk be, mert pl. a retek mikrozöldhöz képest sokkal később indul be a csírázás. Mennyiségi eredményeink szerint a fajták között óriási eltérés mutatkozott a növénytömegben és a növénymagasságban. Ez nem meglepő más mikrozöldstúdiumok tükrében, pl. egy másik kísérletben a reteknel mért biomasszatömeg (2528 g/m^2) mintegy ötszöröse volt a többi növény ($\sim 500 \text{ g/m}^2$) értékének. Nálunk a paprikánál 1 db kikelt növény átlagos tömege fajtafüggően $0,016\text{-}0,181 \text{ g}$ között mozgott. Ezt úgy kell értelmezni, hogy vannak fajták, amelyeknek a vizsgált 21. napon nagyobb volt a magasságuk, ezek jellemzően hamarabb is csíráztak, így nagyobb tömeget adtak. A csírázási arány és növénymagasság pedig szintén nagymértékben fajtánként változott.

Fajtánként csoportosítva érdemes megkülönböztetni nagy magvú (1000 db magtömeg $> 7 \text{ g}$), közepes magvú ($5\text{-}7 \text{ g}$) és kis magvú ($< 5 \text{ g}$) paprikákat. A nagy magvú fajták között több kiemelkedően teljesítő genotípust találtunk, azonban a legmagasabb értékeket F_1 hibridek is elérték, így a kiemelkedő mikrozöld-teljesítmény nem kizárólag a magméret-kategóriához köthető. A nyitott (nem hibrid) ZKI almapaprika és a HES (Hungarian Enigma Sweet) típusok kiemelkedően nagy átlagos növénytömeget produkáltak ($\sim 0,17 \text{ g/db}$ körül) a 21. napon. Ezek akár zászlóvivő fajtaként is tekinthetők a mikrozöldtermelésben. A top 5 legnagyobb egyedi növénytömeget produkáló fajta között három F_1 hibrid szerepelt ('Édes Spirál F_1 ', 'ZKI 09442 F_1 ', 'Csípős Spirál F_1 '), jelezve, hogy a legnagyobb termésért cserébe a hibrid vetőmagok igencsak drágák. A 'Csípős Spirál F_1 ' $6,3 \text{ cm}$ -es átlagmagassággal és $0,181 \text{ g/db}$ mikrozöld-tömeeggel vezetett, míg a „hagyományos” HES paprika $5,84 \text{ cm}$ -rel és $0,169 \text{ g/db}$ -bal, a ZKI almapaprika $6,18 \text{ cm}$ -rel és $0,171 \text{ g/db}$ -bal ért el hasonlóan kiemelkedő eredményt. Így a tradicionális, olcsóbb magvú fajtáknál (pl. almapaprika, HES) is igen jó termésre számíthatunk, amivel olcsó zászlóvivőket jelölhetünk ki a mikrozöldkínálatban. Statisztikailag bizonyítottuk, hogy a magtömeg és a kikelt növény tömege között mérsékelt, pozitív kapcsolat van, míg a kikelési arány és a magtömeg között nincs összefüggés.

Összességében tehát javasoljuk, hogy a mikrozöldtermesztés a nagyobb maggal rendelkező paprikafajták felhasználásával történjen, mert ezek a fajták ígéretesnek bizonyultak a tömeg-magasság összevetésben, valamint olcsóbbak, mint az F_1 hibridek, amelyek hasonló értékeket produkáltak. Ezen megállapításnak a lakossági mikrozöldellátáson túl jelentősége van az ürelemezésben is, ahol a zárt rendszerben a mikrozöldek folyamatosan friss táplálékforrást jelentenek.

BOLGÁR EREDETŰ *Verticillium* sp. REZISZTENCIAFORRÁSOK VIZSGÁLATA PAPRIKÁBAN (*Capsicum annuum*) MAGYARORSZÁGON BEGYŰJTÖTT IZOLÁTUMMAL SZEMBEN

Szőri Virág^{1,2}, Szamosi Csaba¹, Velichka Todorova³, Petrőczy Marietta²

¹Orosco Kft., Orosháza

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet, Növénykórtani Tanszék,
Budapest

³Maritsa Vegetable Crops Research Institute, Plovdiv, Bulgaria

A *Verticillium*-fajok talajból fertőző, hervadást előidéző kórokozók. Közülük a *V. dahliae* és a *V. alboatrum* a legjelentősebbek paprikában, akár óriási gazdasági károkat is okozhatnak. A kórokozók jelentősége mind szabadföldi termesztésben, mind talajos hajtásban növekszik az egyre gyakoribb időjárási szélsőségek és a gyakran monokultúrás jellegű termesztéstechnológia miatt. A *V. dahliae* mikroszkleróciumainak és a *V. alboatrum* melanintartalmú micéliumának talajban való hosszú életképessége és a hatékony kuratív védekezési technológia hiánya miatt a rezisztencianemesítés az egyetlen fenntartható növényvédelmi stratégia. Míg paradicsomban a *Verticillium*-rezisztenciáért felelős *Ve* gén jól dokumentált, addig paprikában még nem találták meg ennek homológját. Emellett a rezisztenciamechanizmusok öröklődésének a háttere is tisztázatlan, nincsenek még hivatalosan elismert rezisztens fajták sem. Kutatásunk elsődleges célja a Bulgáriából származó, ottani kísérletek alapján potenciálisan rezisztens vagy toleráns genotípusok toleranciaszintjének vizsgálata Kunadacs térségéből származó *Verticillium*-izolátummal történő mesterséges fertőzés alapján. Ennek jelentősége, hogy a lokális inokulum patogenitása eltérhet a külföldiétől. A kórokozó patogenitását fiatal növények inokulációjával bizonyítottuk: a hervadást követően a kórokozó visszaizolálásával (Koch-posztulátumok alapján) igazoltuk a megbetegítőképeséget.

A kísérlet beállítása előtt előtesztet végeztünk 2 fogékony fajtával és 8 rezisztenciaforrással. A palánták háromhetes korában tételenként 6-6 növény gyökerét tiszta tenyészetből nyert konídiumszuszpenzióba mártottuk, majd a steril közegbe visszaültettük. Az összes növényt beöntözés formájában is kezeltük az inokulummal. A fertőzést követően 6 héttel a fogékony fajtákon a hervadás tünetei jelentkeztek, míg a rezisztens/toleráns vonalakon az értékelés napjáig nem alakult ki elváltozás. A hervadó növényekből a gombát sikeresen visszaizoláltuk. A bemártással és beöntözéssel egyaránt (duplán kezelt) és a csak beöntözéssel kezelt növények között nem mutatkozott számottevő különbség, így a további tesztekben csak az öntözéses fertőzési módot alkalmazzuk.

A kísérletet fitotronban végeztük (14 óra megvilágítás, ciklikusan változó intenzitással, és napszaktól függően 16-22 °C-os hőmérséklet mellett), 5 fertőzött és 2 kezeletlen kontroll ismétléssel, ismétlésenként 10 növény/tétellel. Egy-egy tétel összes palántáját egy azonos méretű, 8×8 cm-es ültetőcserépben neveltük. A palánták beöntözéses fertőzését két alkalommal, egy hét különbséggel végeztük, palántánként 350 µl, 2,5×10⁶ konídium/ml töménységű inokulumot kijuttatva a gyökérnyakhoz automata pipettával. A palánták hervadását 0–4 fokozatú vizuális skálán osztályozva értékeljük, továbbá mérjük a palánták biotermészeti-paramétereit, valamint minden ismétlésnél megkíséréljük a patogén visszaizolálását a tünetmentes (látens) fertőzések kiszűrése érdekében.

A kapott eredmények alapján 2026 tavaszán eltérő rezisztenciacsomagú F₁ és F₂ generációkat fogunk előállítani. Ezt követően a hibridek ellenállóságát a szülőkével megegyező inokulációs módszerrel tervezzük tesztelni. Az így kapott eredmények közvetlen kiindulási alapként szolgálhatnak a későbbi, kereskedelmi forgalomba hozható *Verticillium*-rezisztens paprikafajták nemesítéséhez, amelyek Magyarországon egyedülálló és hiánypótló jelentőségűek lennének, növelve a hazai talajon történő, szabadföldi és hajtatos termesztés biztonságát és versenyképességét.

Bolgar eredetű *Verticillium dahliae* rezisztenciaforrások vizsgálata paprikában (*Capsicum annuum*) Magyarországon begyűjtött izolátummal szemben

Szöri Virág^{1,2}, Szamosi Csaba¹, Velichka Todorova³, Petrőczy Marietta²

¹Orosco Kft., Orosháza

²Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Budapest

³Maritsa Vegetable Crops Research Institute, Plovdiv, Bulgaria

*viragszori.orosco@gmail.com

Bevezetés

A *Verticillium* fajok polifág, talajlakó növényi kórokozók, amelyek hervadásos tüneteket okoznak és vegetatív képleteik a talajban sokáig megőrzik fertőzőképességüket. Az ellenük való védekezéshez nem áll rendelkezésre hatékony kuratív eljárás, valamint nincsenek államilag elismert, rezisztens paprikafajták sem. A kórokozók jelentősége a talajos termesztési rendszerek térnyerésével, valamint a növények védekezési rendszerét gyengítő szélsőséges időjárási viszonyok gyakoribbá válásával párhuzamosan tovább növekszik.

Jelen vizsgálatban célul tűztük ki *Verticillium-rezisztenciaforrások* feltérképezését olyan *Capsicum annuum* genotípusokban, amelyek korábbi bolgar vizsgálatokban ellenállónak bizonyultak. A tesztek után kiválasztott genotípusok felhasználásával hibridek előállítását, valamint azok rezisztenciaszintjének vizsgálatát tervezzük.



Egyes tesztelt genotípusok (balról jobbra): Ivaykovska kápia; Kaloyan last; IZK Rubin (Fotók: V. Todorova)

Anyag és módszertan

A mesterséges fertőzés módszere:



Kunadacs térségéből 20025-ben izolált *Verticillium* törzs tiszta tenyésztése, jellegzetes örvös konidiumtartói és konidiumai, Fotók: Petrőczy

Fertőzési mód az előteszt során:

- (1) Gyökérbemártás + beöntözés
- (2) Kizárólag beöntözés



8 ellenálló genotípus
2 fogékony fajta

Az előtesztben a két módszer között lényegi eltérést nem tapasztaltunk, a fogékony növények hervadni kezdtek, a kórokozó visszaizolálható volt a tünetet mutatónövényekből. A további kísérletekben a beöntözéses fertőzést alkalmaztuk.

Fertőzési mód a teszt során:

- (1) Talajra, közvetlenül a gyökérmagokhoz automata pipettával 0,35 ml, 2 alkalommal, 7 nap eltéréssel



8 ellenálló genotípus
2 fogékony fajta
8x8 cm-es cserepekbe
10-10 növény
5 ismétlésben

A vizsgálatot a MATE Növényvédelmi Intézet, Növénykórtani Tanszékének laboratóriumában állítottuk be.



A patogenitást a Koch posztulátumokat követve ellenőriztük paprika növények szárának inokulációjával.

Nekrózis paprikaszáron az inokulációs pont körül
Fotó: Petrőczy



Kísérleti növények, mesterséges fertőzés, a növények nevelés fitotronban (Fotók: Szöri)

Értékelés, perspektívák

A hervadást 0–4 fokozatú vizuális skála alapján értékeljük. Minden esetben megkíséreljük a patogén visszaizolálását nem csak a tüneteket mutató, hanem a tünetmentes növényekből is az esetleges látens fertőzés kimutatása érdekében. Mérjük a palánták biomasza-paramétereit.

Az eltérő rezisztenciájú és származású szülővonalak felhasználásával hibrid populációkat hozunk létre, majd vizsgáljuk a hibridek és az ezekből előállított F₂ populáció egyedeinek ellenállóságát. Az eredmények várhatóan lehetővé teszik a rezisztencia öröklődésmechanizmusának pontosabb megértését. Hosszú távú célunk olyan kereskedelmi forgalomba hozható *Verticillium-rezisztens* paprikafajták előállítása, melyek a hazai szabadföldi és a talajos hajtattott termesztés biztonsága és versenyképessége szempontjából hiánypótló jelentőségűek lehetnek.



Hervadó növények a teszt során (Fotók: Petrőczy)

STGI-STFKF1 INTERAKCIÓ VIZSGÁLATA A 'DÉSIRÉE' BURGONYAFAJTÁBAN ÉS GIGANTEA-MUTÁNSAIBAN

Tóth Zoltán Gábor, Bánfalvi Zsófia

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Gödöllő

A fotoperiódus-érzékelés és a cirkadián óra komponensei központi szerepet játszanak a burgonya gumóképződésének időzítésében. A koraiság szempontjából különösen fontos szerepe van a funkcionális komplexet alkotó GIGANTEA (*StGI*) és a kék fényben aktiválódó FLAVIN-BINDING, KELCH REPEAT, F-BOX 1 (*StFKF1*) fehérjéknek. Az *StGI-StFKF1* komplex a fotoperiódus-információ integrálásán keresztül a transzkripciós hálózatokra hatva szabályozza a gumóképződést.

A 'Désirée' burgonyafajta két *GI*-allélt hordoz. Az egyik a 4. (*StGI.04*), a másik a 12. (*StGI.12*) kromoszómán helyezkedik el. A korai gumóképződés elérése érdekében kutatócsoportunk korábban a 'Désirée' burgonyafajtában CRISPR/Cas9-alapú génszerkesztéssel *StGI.04*- és *StGI.12*-mutáns vonalakat hozott létre a nukleáris lokalizációs szignált (NLS) kódoló részben, ami – irodalmi adatok alapján – az *StFKF1*-hez való kötődésért felelős régiót is érinti. Annak megállapítására, hogy az NLS-kódoló régió szerkesztése nyomán bekövetkező leolvasásikeret-eltolódás (*frameshift*) vagy delécio és az ennek következtében kialakuló korai stop kodon, illetve módosult fehérjeszerkezet befolyásolja-e az *StGI-StFKF1* interakciót (például a kötődés erősségét vagy a komplexképződést), a fehérje-fehérje kölcsönhatást élesztő két-hibrid rendszerben vizsgáltuk.

Az *StFKF1*, az *StGI.04* és az *StGI.12* vad típusú, teljes kódoló szekvenciáit, valamint a CRISPR/Cas9 segítségével létrehozott mutáns *StGI*-allélokból származó variánsokat GAL4-alapú élesztő két-hibrid vektorokba klónoztuk (BD/AD rendszer; *bait/prey* konstrukciók), majd a *bait-prey* párokat MaV203 élesztőtörzsbe kotranszformáltuk. A kotranszformáció eredményét szelektív táptalajon ellenőriztük. Az interakció kimutatását és relatív erősségének becslését hisztidinmentes szelektív táptalajon, növekedési teszttel végeztük, 3-aminotriazol (3-AT) különböző koncentrációinak (10, 25, 50, 75 és 100 mM) alkalmazásával. A rendszerben a *HIS3* riportergén aktivációja teszi lehetővé a hisztidinfüggetlen növekedést, míg a 3-AT a *HIS3*-függő hisztidinszintézis gátlásával fokozza a szelekciót, így a növekedés mértéke az interakció erősségét tükrözi. Az interakciót egy másik riportergén alkalmazásával is megerősítettük: a *lacZ* riporteren alapuló X-gal assay segítségével értékeltük az interakciót a β -galaktozidáz-aktivitás alapján.

A 'Désirée' fajtából származó vad típusú konstrukciók esetében az *StFKF1*-gyel az *StGI.12* és az *StGI.04* esetén is tudtunk interakciót kimutatni, de ezek szignifikánsan gyengébbek voltak a szakirodalom alapján vártnál. Ez arra utal, hogy a 'Désirée' genetikai háttere, illetve a vizsgált allélvariánsok sajátosságai az élesztő két-hibrid rendszerben mérhető interakció erősségét érdemben befolyásolhatják. Az *StGI.04*- és *StGI.12*-mutációk nem okoztak kimutatható változást a fehérje-fehérje interakcióban a vad típushoz viszonyítva. Ebből arra következtettünk, hogy az FKF1 kapcsolódási pontja az *StGI.04* és *StGI.12* NLS-régióján kívül van a 'Désirée' burgonyafajtában.

A kutatást az NKFIH (K146328) támogatta.

StGI-StFKF1 INTERAKCIÓ VIZSGÁLATA A DÉSIRÉE BURGONYAFAJTÁBAN ÉS GIGANTEA MUTÁNSAIBAN

Tóth Zoltán Gábor, Bánfalvi Zsófia

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Gödöllő



Bevezetés és célkitűzés

A burgonya gumóképződésének időzítését alapvetően a fotoperiódus-érzékelés és a ciklusban óra szabályozza. E folyamatban kiemelkedő szerepet töltenek be a GIGANTEA (StGI) és a két fény által aktivált FLAVIN-BINDING KELCH REPEAT F-BOX 1 (StFKF1) fehérjék, amelyek funkcionális komplexet alkotva közvetítik a nappalhossz-információt a gumóképződést szabályozó transzkripció hálózatok felé. Az StGI-StFKF1 komplex működése ezért meghatározó lehet a gumóképződés időzítésében és ezáltal a korai kálaképződésben. A Désirée burgonyafajta két StGI allél hordoz, amelyek a 4. [StGI.04] és a 12. [StGI.12] kromoszómán helyezkednek el.

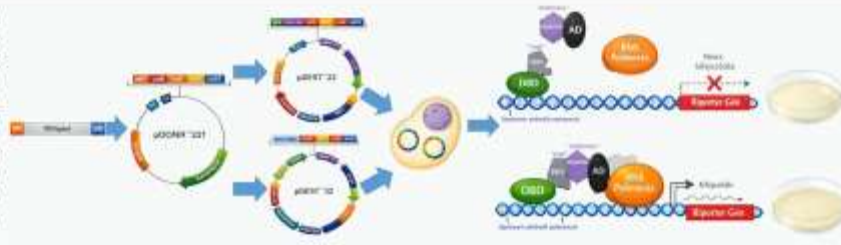
Korábbi munkánk során CRISPR/Cas9-alapú génszerkesztéssel olyan G1 mutáns vonalakat hoztunk létre, amelyekben a nukleáris lokalizációs szignál (NLS) kódoló régió módosult. Mivel ez a szakasz feltételezhetően az StFKF1-férfi való működésében is szerepet játszik, feltételeztük, hogy a mutációk adódó szerkezeti változások befolyásolják az StGI-StFKF1 interakciót.

Kutatásunk célja tehát annak meghatározása volt, hogy van-e a vad típusú Désirée G1 fehérjék és az FKF1 között interakció és ha igen, akkor azt befolyásolják-e a génszerkesztéssel létrehozott mutációk. A vizsgálatokat elvégző két-hibrid rendszerben végeztük.

Anyagok és módszerek

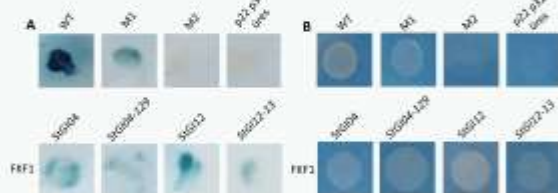
A Désirée genotípusból származó StGI.04 és StGI.12 vad típusú, illetve CRISPR/Cas9 rendszerrel létrehozott mutáns allélok, valamint az FKF1 gént cDNA-kompléttal amplifikáltuk. A feltesztelt PCR-termékeket Gateway alapú klónozási expenzió vektorokba juttattuk. Az így előállított konstrukciók felhasználásával a fehérje-fehérje interakciók vizsgálatát a ProQuest™ Two-Hybrid System alkalmazásával végeztük, amelynek során a MAV203 élesztő törzset a megfelelő bait és prey plazmidkonstrukciókkal ko-transzformáltuk. A ko-transzformáció sikerességét triptofán és leucine mentes selektív táptalajon ellenőriztük. A fehérje-fehérje kölcsönhatások kimutatását és relatív erősségének becslését hisztidinmentes selektív táptalajon végzett növekedési tesztrel határoztuk meg. 3-amino-1,2,4-triazol (3-AT) különböző koncentrációinak (10, 25, 50, 75 és 100 mM) alkalmazásával (1. ábra). A rendszerben a HIS3 riportergén aktivációja tette lehetővé a transzformánsok hisztidinfüggetlen növekedését, míg a 3-AT, mint a HIS3-függő hisztidin szintézis kompetitív inhibitora, növelte a selekció szigorúságát. Ennek megfelelően a növekedés mértéke az adott fehérjepár közötti interakció relatív erősségére utalt. Az interakciók megterhelését egy második riporttervező alkalmazásával is elvégeztük: a lacZ riportergénnel kódolt X-gal assay segítségével, a β -galaktokidáz-aktivitás alapján értékeljük a fehérjék közötti kölcsönhatás lemaradását.

1. ábra Az alkalmazott élesztő két-hibrid rendszer schematikus felépítése és működési elve. A PCR-fragmentumokból létrehozott bait (pDEST32) és prey (pDEST22) konstrukciók élesztőbejuttatása követően a vizsgált fehérjék kölcsönhatása a DBD és AD domének funkcionális rekonstrukciója eredményez, ami a riportergén aktivációjához vezet. Pozitív interakció esetén teleplekizódás figyelhető meg, míg interakció hiányában teleplekizódás nem figyelhető meg selektív táptalajon.



Eredmények

Mindkét GIGANTEA fehérje, az StGI.04 és az StGI.12, interakciót mutatott a StFKF1 fehérjével. Az interakció erőssége azonban eltért volt a két vizsgált fehérjével: az StGI.12 minden esetben erősebb kölcsönhatást mutatott a StFKF1-gejjel, mint az StGI.04. Ugyanakkor azonban az interakció mértéke mindkét G1 fehérjével alacsonyabb volt annál, mint amit a szekvenálási adatok alapján vártunk. Az StGI.04 és StGI.12 mutáns vonalak (StGI.04-129 és StGI.12-13) nem mutatnak jelentős eltérést a StFKF1-gejjel kialakított interakció erősségében a vad típusúhoz viszonyítva (2. ábra).



2. ábra Interakció kimutató élesztő két-hibrid rendszerben. A kontroll konstrukciók interakció erősségének viszonyításául alulról a WT (vad típusú, erős interakció), az M1 (gyenge interakció) és az M2 (nem interakció kontroll) szolgál, míg a p32 és p32 üres donorvektorokat a saját „self” aktiváló vizsgálatához alkalmaztuk. Ezekhez viszonyítva értékeljük az általunk vizsgált StGI interakciókat. Az interakció kimutatása a β -galaktokidáz-aktivitás alapján (A), illetve a HIS3 riportergén aktivitása alapján (B) történt, hisztidinmentes táptalajon, 50 mM 3-AT jelenlétében.

Eredmények megvitatása

Mind az StGI.04, mind az StGI.12 interakciót mutatott a StFKF1 fehérjével. Az StGI.12-vel erősebb volt az interakció mint az StGI.04-gejjel, de még ez is gyengébb volt a vártaknál. Ez esetleg összefüggésbe hozható a Désirée eredeti StFKF1 fehérje N-terminális régiójában két aminosav-polimorfizmus is azonosítottunk a standardként tekintett 3. rubrusorum Fhureja genomsekvencia alapján prediktált fehérjéhez képest. Bár ezek a változások nem érintik közvetlenül a GIGANTEA-komplexben szerepet játszó FKF1 LOV-domént, annak közvetlen közelében helyezkednek el, így nem zárható ki, hogy közvetett hatásuk révén hozzájárulnak a gyengébb interakció kialakulásához. A GIGANTEA-NLS-régióját érintő mutációk nem befolyásolták jelentősen a fehérje-fehérje kölcsönhatás erősségét, ami arra utal, hogy az a szakasz nem meghatározó a StFKF1-gejjel való kapcsolódás szempontjából.

A kutatás az MTA-UK_146326 támogatásával.

CSEMEGESZŐLŐ-FAJTÁK ELEMZÉSE SSR-MARKERREL

**Tóth-Lencsés Andrea Kitti, Bosnyák Boglárka, Bedő Janka, Kovács Zsófia, Pápai Bánk,
Szőke Antal, Gyulai Gábor, Kiss Erzsébet, Veres Anikó**

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Gödöllő

A csemegeszőlő (*Vitis vinifera* L.) fajtaválasztéka rendkívül gazdag, több ezer különböző fajtát tartanak nyilván. Újabb kiváló csemegeszőlő-fajták külföldről is beszerezhetők, amelyekkel hazai kiállításokon szerepelnek termesztőik, és az is előfordulhat, hogy a várttal ellentétben valójában más genotípushoz jutnak (homonima). Ezek között a fajták között vannak *V. vinifera* és a stresszrezisztencia fokozására *V. amurensis* eredetűek, illetve *V. amurensis* és észak-amerikai vad *Vitis*-fajok hibridfajtái, amelyek a volt Szovjetunió tagállamaiból kivált országokból származnak.

A DNS-ujjlenyomat-technika – amely SSR (*Simple Sequence Repeat*) markerek alapján is készülhet – hatékony eszközt biztosít a fajták pontos azonosításához, megőrzéséhez, valamint a jövőbeni nemesítési programok támogatásához, illetve szülő-utód kapcsolatok nyomon követéséhez. Előzőt támogatja, hogy napjainkban SSR-marker-adatbázisok állnak rendelkezésre a szőlőfajták adataival.

Kísérleteinkben 43 csemegeszőlő-fajta szerepelt (5 csoportba sorolhatóak feltételezett származásuk alapján: I. csoport: *V. vinifera* fajták, II. csoport: *V. vinifera* és észak-amerikai eredetű fajok hibridjeitől származó fajták, III. csoport: *V. labrusca* eredetű fajták, IV. csoport: *V. amurensis* eredetű fajták, V. csoport: észak-amerikai és *V. amurensis* eredetű fajták), amelyek allélméreteit meghatároztuk 9 SSR-marker lokuszában, és az adatokat együtt elemeztük a VIVC-adatbázisban (vivc.de) rögzített fajták allélméretadataival, hogy elvégezzük azok egyedi azonosítását vagy származáselemzését.

A 43 vizsgált csemegeszőlő-fajta közül 17 egyednél találtuk meg a genotípusadatokat a VIVC-adatbázisban (9 SSR-marker-lokuszt), és az összehasonlítás 12 esetben bizonyította a fajtaazonosságot, 5 esetben viszont kizárta. További 19 fajtánál csak a dokumentált pedigrében szereplő szülők adatai álltak rendelkezésre, ezért a saját eredmények alapján szülő-utód elemzést valószínűsítettünk. Hét csemegeszőlő-fajta esetén a nemesítő által megadott keresztezést megerősítettük, 9 esetben a vizsgált fajták valóban az egyik megadott szülőfajtától származtak, míg 3 fajta esetén mindkét szülőt kizártuk a dokumentált pedigrében.

Az eddigi eredmények alapján a 43 fajta genetikai távolságát is meghatároztuk. A minták két csoportba rendeződtek. Az első csoportba 9 *V. vinifera*, illetve *V. vinifera* és észak-amerikai eredetű fajok hibridjeitől származó fajta került, míg a második csoportban kialakult alcsoportok esetében tovább vizsgáljuk, hogy azonosíthatóak-e fajspecifikus allélok.

EGYÉVES KALÁSZOS GABONÁK ÉVELŐ ROZZSAL ALKOTOTT AMFIPLOIDJAINAK ELŐZETES FENOLÓGIAI VIZSGÁLATA

TÓTH-TARNAWA VERONIKA^{1,2}, HAMAD AHMED ALI^{1,2}, TARNAWA ÁKOS¹, POLGÁRI DÁVID^{1,2}

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet, Gödöllő

²HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Martonvásár

Kísérletünkben két őszi búza és két tritikálé évelő rozssal alkotott amfiploidjainak előzetes fenológiai vizsgálatát végeztük el kombinációnként 21-21, összesen 84 növényen, üvegházi körülmények között. Célunk az volt, hogy olyan mérhető és összevethető paramétereket keressünk, amelyeket egy következő kísérletben statisztikai módszerekkel elemezve információkat nyerhetünk a négy amfiploid előnyös tulajdonságairól. Eközben genetikailag tiszta vetőmagot nyerünk további szántóföldi kísérletekhez, illetve további keresztezésekhez. A kísérletek eredményei alapján feltételezzük, hogy a rozs évelő tulajdonsága legalább részben átvihető az utódokba, és mivel a négy amfiploid más-más előnyös tulajdonságokkal rendelkezik, további, egymás közti keresztezésekkel létrehozható lehet évelő tulajdonságot mutató, az évelőrozs-fajtáknál nagyobb terméshezamú, kevert genomú évelő gabona is.

Kulcsszavak: évelő rozs, amfiploid, fenológiai vizsgálatok

PRELIMINARY PHENOLOGICAL ASSESSMENT OF PERENNIAL RYE × WHEAT AND PERENNIAL RYE × TRITICALE INTERSPECIFIC HYBRIDS

V. TÓTH-TARNAWA^{1,2}, A. A. HAMAD^{1,2}, Á. TARNAWA¹, D. POLGÁRI^{1,2}

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Agronomy, Gödöllő

²HUN-REN Centre for Agricultural Research, Martonvásár

In our experiment, we conducted a preliminary phenological assessment of four amphiploids derived from crosses between two winter wheat and two triticale genotypes with perennial rye. A total of 84 plants (21 per combination) were evaluated under greenhouse conditions. Our aim was to identify measurable and comparable parameters that, in a subsequent experiment, could be analyzed using statistical methods to provide insights into the advantageous traits of the four amphiploids. This would allow us to obtain genetically uniform seed material for future field trials and additional crossing programs. Based on the results, we hypothesize that the perennial growth habit of rye can be transferred at least partially to the offspring generation. Since the four amphiploids each possess different beneficial characteristics, further intercrossing among them may enable the development of a perennial cereal with a mixed genome that combines the perennial trait with higher yield potential than current perennial rye varieties.

Keywords: perennial rye, amphiploid, phenological assessments

Bevezetés

Napjaink folyamatai, mint a klímaváltozás, illetve a népesség és a fogyasztás növekedésének fokozódó üteme, egyre nagyobb kihívások elé állítják a mezőgazdaságot. Az intenzív gazdálkodás a természetes vegetációt leegyszerűsített mono- vagy bikultúrákkal váltotta fel, ami az ökoszisztéma-szolgáltatások súlyos romlását okozta. Az intenzív szántóföldi művelés és az egyényári gabonák túlsúlya csökkenti a talaj szervesanyag-tartalmát, ami fokozza a klímaváltozást, mivel több szén-dioxid szabadul fel a talajból (*Abjorsen et al.* 2013).

A talaj szénkészletének regenerálása nem valósítható meg pusztán az egyényári növények módosított technológiáival, a talajegészség helyreállítása folyamatos többéves növényi jelenlétet igényel (*Olsson et al.* 2024), így az évelősítés ígéretes stratégia a termelés és a természetvédelmi célok összehangolására. A kiterjedtebb gyökértömeg javítja a talajszerkezetet, a vízmeztartó képességet és a tápanyag-szolgáltatást (*Nilsson et al.* 2023).

Magyarországon több évtizede léteznek államilag elismert évelőrozsfajták ('Perenne', 'Kriszta', 'Gergő', 2025 óta a 'Johan' is). Ezek a termesztett rozs (*Secale cereale* L.) és egy vadon élő évelő rokon (*Secale strictum*) keresztezéséből származnak, ötvözve a vad rokon szárazságtűrését az agronómiai előnyökkel (Kotvics *et al.* 2001). Bár az évelő rozs alkalmas humán célú felhasználásra, sőt nagy rost-, fehérje- és ásványianyag-tartalma miatt kedvező étrendi hatású (Füle *et al.* 2005), alacsonyabb termőképessége miatt jelenleg elsősorban zöldtakarmányozási célra és vadföldekre javasolják.

A 'Kriszta' fajtát alkalmazzák búzakeresztezésekben a rezisztencia és a beltartalmi értékek javítására, és sikerült olyan búza-rozs addíciós és transzlokációs vonalakat (pl. 'Mv9kr1'-'Kriszta') létrehozni, amelyek ígéretes alapanyagok a jövő nemesítéseihez (Szőke-Pácsi *et al.* 2024).

Saját kísérletünkben két őszi búza × rozs, illetve két tritikálé, egy őszi és egy tavaszi × évelő rozs keresztezésből előállított amfiploidok fenológiai és terméshozam-vizsgálatát tűztük ki célul, illetve azt kutatjuk, hogy az évelőség mennyire kombinálható keresztezés útján az egynyári búza és tritikálé előnyös tulajdonságaival.

Anyag és módszer

Kísérletünkben négy amfiploidot vizsgáltunk. Az amfiploidok létrehozásához az anyai partner két búza-, illetve két tritikáléfajta, apai partner az eredeti, 'Kisvárdai' × *Secale strictum* keresztezés utódpopulációjából szelektált 'Keleti 1' évelő rozs, amely nagyon jó évelőséget mutató rozs nemesítési alapanyag, illetve ennek közeli rokonai voltak:

1. 'Mv Magdaléna kr1' × 'Perenne' (AABBDDR'R'), (1–4. ábrákon az „A” jelű növény)
2. 'T8' × 'Keleti 1' (AABRRR'R'), (1–4. ábrákon a „B” jelű növény)
3. 'GK Rege' × 'Keleti 1' (AABRRR'R'), (1–4. ábrákon a „C” jelű növény)
4. 'Mv9kr1' × 'Report' (AABBDDR'R'), (1–4. ábrákon a „D” jelű növény)

A szemeket csíráztatás után 3,3 cm átmérőjű Jiffy-7 tőzegkorongokba ültettük, majd 4 hét jarovizáció (2 °C, 8/16 h világos/sötét) után minden genotípusból 21 növényt ültettünk el üvegházi körülmények között, 5 literes nevelőkonténerekbe töltött tőzeg+talaj 1:1 alapú szubsztrátba. A kalászkok elemzésekor meghatároztuk a kalászkák, a virágok és az érett szemek számát, ezek alapján értékeltük a fertilitást.

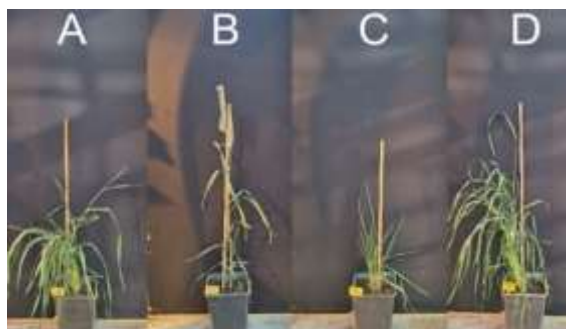
Eredmények

Vizsgálatunkban hétről hétre megfigyeltük, hogy milyen tulajdonságokban térnek el egymástól a hibridek. Ez alapján meghatároztuk, hogy melyek azok a jól észlelhető, illetve mérhető paraméterek, amelyek jellemzik őket, és ezekre vonatkozóan nyertünk előzetes adatokat (1. és 2. táblázat) következő kísérletünkhöz.

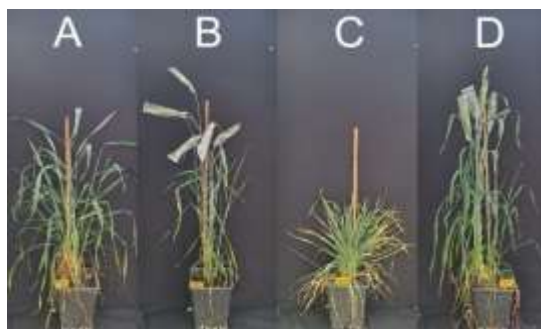
'Mv Magdaléna kr1' × 'Perenne' jellemzése: Korai fejlődésére jellemző volt, hogy a 'T8' × 'Keleti 1' amfiploidhoz képest nagy zöldtömeget fejlesztett (1.A, 2.A ábrák). Átlagosan az ültetéstől számított 19,5. héten kalászott (1. táblázat, 3.A ábra), fertilitása 17,24%-nak bizonyult (2. táblázat).

'T8' × 'Keleti 1' jellemzése: A négy amfiploid közül erre volt legkevésbé jellemző a bokrosodási hajlam mind a bokrosodás kezdete, mind a hajtásszám alapján (1. táblázat). Legkorábban hozott kalászt (11,7. hét), nem sokkal később virágzott (2.B ábra). Elég jó fertilitása (46,48%) miatt a négy amfiploid közül ez érlelt legtöbb szemet üvegházi körülmények között. Fejlődése alapján nem tartjuk valószínűnek, hogy ez a keresztezés évelő tulajdonságú lenne.

1. ábra A négy amfiploid egy-egy egyede a 13. héten



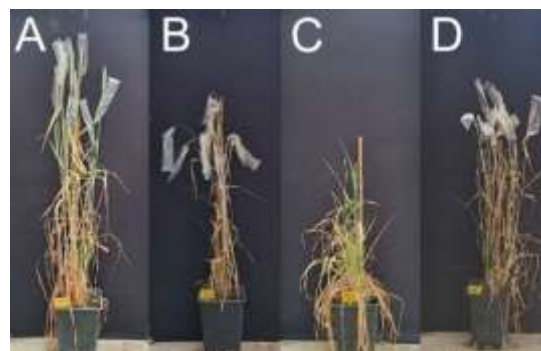
2. ábra A négy amfiploid egy-egy egyede a 17. héten



3. ábra A négy amfiploid egy-egy egyede a 22. héten



4. ábra A négy amfiploid egy-egy egyede a 28. héten



'GK Rege' × 'Keleti 1': A fejlődés kezdeti időszakában jellemző volt rá az intenzív bokrosodás, a 7. héten ez érte el a legnagyobb hajtásszámot (1. táblázat, 1.C, 2.C, 3.C ábrák). Legkésőbb kezdett virágozni, és mivel hajlamos rá, hogy vegetatív hajtásokat hozzon, ebben a keresztezésben a legvalószínűbb az évelő jelleg. Üvegházi körülmények között abiotikusstressz-tűrése nem volt magas, valószínűleg ennek is köszönhető az alacsony fertilitása (2. táblázat).

'Mv9kr1' × 'Report': Nem volt rá jellemző, hogy sokáig maradt vegetatív állapotban, már átlagosan a 16,7. héten volt virágzó kalásza (2.D, 3.D, 4.D ábrák, 1. táblázat). Ez az amfiploid hozott legtöbb kalászt, de fertilitása alacsonynak bizonyult (2. táblázat). Ez összefüggött azzal, hogy üvegházi körülmények között a fertőzésekre hajlamosnak bizonyult.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a négy amfiploid más-más előnyös tulajdonságokkal bír, és elképzelhető, hogy a keresztezéssel sikerült átvinni legalább részben az évelő tulajdonságot a hibridekbe.

1. táblázat A növények feltüntetett mért paramétereinek átlaga és szórása

	Bokrosodás kezdete*	Átlagos hajtásszám a 7. héten	Átlagos magasság a kalász csúcsáig (cm)	Zászlóslevél átlagos hossza (cm)	Zászlóslevél átlagos szélessége (mm)	Első kalász megjelenése *	Első virágzó kalász megjelenése*
A	4,1±0,3	4,5±1,3	106,8±7,4	32,9±10,5	19,9±3,8	19,5±1,5	20,6±1,6
B	5,8±0,9	3,0±1,0	104,7±11,4	37,5±12,5	20,8±1,8	11,7±1,3	13,7±1,8
C	3,7±0,5	7,8±3,2	70,0±22,0	22,4±7,1	12,0±3,2	24,6±0,9	24,8±0,8
D	5,3±0,5	4,0±1,2	99,5±11,9	33,2±11,0	15,3±2,2	15,6±1,2	16,7±0,7

*Kiültetéstől számított hánnyadik hét; A: 'Mv Magdaléna kr1' × 'Perenne'; B: 'T8' × 'Keleti 1'; C: 'GK Rege' × 'Keleti 1'; D: 'Mv9kr1' × 'Report'

2. táblázat Az egyes keresztezések reprodukciójának jellemzése

	Kalászosok átlagos hossza (cm)	Összes szemek száma**	Összes kalász száma**	Potenciálisan fertilis virágok száma**	Fertilitás (%)
A	13,8±3,5	1733	168	10050	17,24
B	12,9±2,2	2712	108	5834	46,48
C	6,9±1,7	12	26	1227	0,98
D	9,2±2,2	278	182	2653	10,48

**Minden genotípusban a 21 növényben összesen; A: 'Mv Magdalena kr1' × 'Perenne'; B: 'T8' × 'Keleti 1'; C: 'GK Rege' × 'Keleti 1'; D: 'Mv9 kr1' × 'Report'

Irodalom

- Asbjornsen, H., Hernandez-Santana, V., Liebman, M., Bayala, J., Chen, J., Helmers, M., Ong, C.K., Schulte, L.A. (2013): Targeting perennial vegetation in agricultural landscapes for enhancing ecosystem services. *Renewable Agriculture and Food Systems*, **29(2)**, 101–125.
- Füle, L., Hódos-Kotvics, G., Galli, Z., Ács, E., Heszky, L. (2005): Grain quality and baking value of perennial rye (cv. 'Perenne') of interspecific origin (*Secale cereale* × *S. montanum*). *Cereal Research Communications*, **33(4)**, 809–816.
- Kotvics, G., Krisztián, J., Heszky, L. (2001): Perennial rye: a new forage crop for the world, registered in Hungary. *Hungarian Agricultural Research*, **10(2)**, 4–5.
- Nilsson, J., El Khosht, F.F., Bergkvist, G., Oborn, I., Tidåker P. (2023): Effect of short-term perennial leys on life cycle environmental performance of cropping systems: An assessment based on data from a long-term field experiment. *European Journal of Agronomy*, **149**, 126888, 1–12.
- Olsson, L., Andersson, E., Ardö, J., Crews, T., David, C., DeHaan, L., Hilling, A., Streit Krug, A., Palmgren, M., Rey, S., Tagesson, T., Westerbergh, A., Vestin P. (2023): What is the prospect of a perennial grain revolution of agriculture? *Global Sustainability*, **7**, e35, 1–17.
- Szőke-Párizsi, K., Kruppa, K., Tulpová, Z., Türkösi, E., Gaál, E., Darkó, É., Farkas, A., Kovács, P., Ivanizs, L., Dolezel, J., Rabanus-Wallace, M.T., Molnár, I., Szakács, É. (2024): DArTseq genotyping facilitates the transfer of “exotic” chromatin from a *Secale cereale* × *S. strictum* hybrid into wheat. *Frontiers in Plant Science*, **15**, 1407840, 1–16.

EGYÉVES KALÁSZOS GABONÁK ÉVELŐ ROZZSAL ALKOTOTT AMFIPLOIDJAINAK ELŐZETES FENOLÓGIAI VIZSGÁLATA



TÓTH-TARNAWA VERONIKA^{1,2}, HAMAD AHMED ALI^{1,2}, TARNAWA ÁKOS¹, POLGÁRI DÁVID^{1,2}
¹MATE NTI, Gödöllő, ²HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Martonvásár



Módszer

1. ábra A szemeket csíráztatás után jfit tőzsekorongokba helyeztük, majd a növényeket 4 hétig jarováltuk.



2. ábra Minden genotípusból 21 növényt ültetünk cserébe, Üvegházi körülmények között vizsgáltuk.



3. ábra Fertilitás vizsgálata: meghatároztuk a kalászkák a virágok és az érett szemek számát.



kalász csúcsa kalász alapja

Évelőség

4. ábra A négy amfiploid közül három (A: Mv Magdalena Kr1 × Perenne; C: Gk Rege × K1; D: Mv9 Kr1 × Report) esetben volt olyan növény, amely a téli nyugalmi szakaszt követően tavasszal vegetatív hajtásokat hozott. A T8 × K1 (B); egyáltalán nem sarjadt újra. A kalpen még a K1 növény egy példány (E) látható.



Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni munkahelyemnek, a Veres Péter Gimnáziumnak, hogy támogat kutatásaimban és doktori tanulmányomban

Célok

Két őszi búza × rozs, illetve két tritikálé, egy őszi és egy tavaszi × évelő rozs keresztezéséből előállított amfiploid fenológiai és terméshozam vizsgálatát tűztük ki célul, illetve azt kutatjuk, hogy az évelőség mennyire kombinálható keresztezés útján egymári búza és tritikálé előnyös tulajdonságaival.

Eredmények

Mv Magdalena Kr1 × Perenne jellemzése: Nagy szilárdosított hozott létre (1. ábra, 2. ábra). sok szemet érlelt, bár fertilitása csak 17,24%-nak bizonyult (2. táblázat). Lehetséges az évelő tulajdonság.

T8 × K1 jellemzése: Erre volt legkevésbé jellemző a bokrosodási hajlam mind a bokrosodási kezdete, mind a hajtásszám alapján (1. táblázat). Legkorábban hozott kalászt (11,7. hét), nem sokkal később virágzott (28. ábra). Elég jó fertilitása (46,48%) ez érlelt legtöbb szemet üvegházi körülmények között. Fejlődése alapján nem tartjuk valószínűnek, hogy ez a keresztezés évelő tulajdonságú lenne.

Gk Rege × K1: A fejlődés kezdeti időszakában jellemző volt rá az intenzív bokrosodás, a 7. héten az érte el a legnagyobb hajtásszámot (1. táblázat, 1C, 2C, 3C ábrák). Legkésőbb kezdett virágzni, és mivel hajlamos rá, hogy vegetatív hajtásokat hozzon, ebben a keresztezésben a legvalószínűbb az évelőség. Üvegházi körülmények között abiotikus stressztűrőse nem volt magas, valószínűleg ennek is köszönhető az alacsony fertilitása (2. táblázat).

Mv9 Kr1 × Report: Nem volt rá jellemző, hogy sokáig maradt vegetatív állapotban, már átlagosan a 16,7. héten volt virágzó kalásza (2D, 3D, 4D, ábrák, 1. táblázat). Ez az amfiploid hozott legtöbb kalászt, de fertilitása alacsony volt (2. táblázat). Ez összefüggött azzal, hogy üvegházi körülmények között a fertőzésekre hajlamosnak bizonyult. Lehetséges az évelő tulajdonság.

1. táblázat A növények feltüntetett mért paramétereinek átlaga és szórása (SD)

A: Mv Magdalena Kr1 × Perenne; B: T8 × K1; C: Gk Rege × K1; D: Mv9 Kr1 × Report
 *Külsőtesti élelt hirték száma

Bokrosodás kezdeti hajtásszám a 7. héten	Átlagos hajtásszám a kalász csúcsáig (cm)	Zárós levél hossza (cm)	Zárós levél átl. szélessége (mm)	Évelő kalász megjelenése*	Évelő virágok megjelenése*
A: 4,1±0,3	4,5±1,3	106,8±7,4	32,9±10,5	19,9±3,8	19,5±1,5
B: 5,8±0,9	3,0±1	104,7±11,4	37,5±12,5	20,8±1,8	11,7±1,3
C: 3,7±0,5	7,8±3,2	70±22	22,4±7,1	12±3,2	24,6±0,9
D: 5,3±0,5	4±1,2	99,5±11,9	33,2±11	15,3±2,2	15,6±1,2

Összegezésben megállapíthatjuk, hogy a négy amfiploid más-más előnyös tulajdonságokkal bír, és elképzelhető, hogy a keresztezéssel sikerült átvinni legvalószínűbb részben az évelő tulajdonságot a hibridekbe.

2. táblázat Az egyes keresztezések reprodukciójának jellemzése

A: Mv Magdalena Kr1 × Perenne; B: T8 × K1; C: Gk Rege × K1; D: Mv9 Kr1 × Report
 **Minden genotípusból a 21 növényben összesen

	Kalászok átlagos hossza (cm)	összes szemek száma**	összes kalász száma**	potenciálisan fertős virágok száma**	Fertilitás (%)
A	15,8±3,5	1733	168	10 050	17,24
B	12,9±2,2	2712	108	5 834	46,48
C	6,9±1,7	12	26	1 227	0,98
D	9,2±2,2	278	182	2 653	10,48

Amfiploidok

Anyai partner: két búza, illetve két tritikálé fajta

Apai partner: évelő rozs

• Mv Magdalena Kr1 × Perenne (AABDDDR'R')

Ábrakon az „A” jelű növény

• T8 × Kelet1 (AABRRRR'R')

Ábrakon a „B” jelű növény

• Gk Rege × Kelet1 (AABRRRR'R')

Ábrakon a „C” jelű növény

• Mv9 Kr1 × Report (AABDDDR'R')

Ábrakon a „D” jelű növény

5. ábra A négy amfiploid egy-egy egyede a 13. héten



6. ábra A négy amfiploid egy-egy egyede a 17. héten



7. ábra A négy amfiploid egy-egy egyede a 22. héten



8. ábra A négy amfiploid egy-egy egyede a 28. héten



9. ábra A négy amfiploid egy-egy kalásza



10. ábra A négy amfiploid (A, B, C, D) és a K1 növény (E) szemtermései



GÉNBANKBAN ŐRZÖTT ALMATÉTELEK GENETIKAI VIZSGÁLATA MIKROSZATELLIT-ALAPÚ MARKEREZÉSSSEL

TURCSÁN MIHÁLY¹, AMBRÓZI JÁNOS¹, GYURKÓ ADRIENN^{1,3}, BAKTAY BORBÁLA¹,
KIRÁLY ILDIKÓ²

¹Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ, Tápiószele

²Neumann János Egyetem, Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar, Kecskemét

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Budapest

Munkánk során a Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ génbanki gyűjteményében megőrzött 29 almatétel genetikai vizsgálatát végeztük el mikroszatellit (SSR) alapú molekuláris markerek alkalmazásával. Célunk az volt, hogy feltárjuk a génbanki tételek genetikai hátterét, azonosítsuk az ismeretlen eredetű egyedeket, és kiszűrjük az esetleges duplikációkat. A vizsgálatokat 12 lokuszra specifikus primerpárral kivitelettük. Az eredmények kiértékelésére klaszteranalízist végeztünk. Eredményeink jelentős genetikai diverzitást jeleztek az alacsony vizsgált fajtaszám ellenére is, ugyanis több mint 160 polimorf fragmentumot azonosítottunk, valamint magas arányban (47%) találtunk ritka allélokat. A vizsgált fajták között voltak triploidok és tetraploidok is. Szoros rokonsági kapcsolatot találtunk a '826/53A', a 'Téli piros pogácsa' és az 'A12 Téli piros pogácsa' tételek között, valamint a 'Karácsony alma' és a 'Cigány alma' fajták között is, amelyek pomológiai szempontok szerint is hasonlóságokat mutattak. Más tételeknél csak távoli rokonságot tudtunk megállapítani, illetve voltak olyanok is, amelyek nem mutattak számottevő egyezést más fajtákkal. A jövőben tervezzük a vizsgálatok kiterjesztését további fajták bevonásával, valamint a genetikai és pomológiai adatok összehasonlítását a tételek közti kapcsolatrendszer meg pontosabb feltárása érdekében.

Kulcsszavak: SSR, alma, mikroszatellit, PCR, génbank, genetikai diverzitás

GENETIC ANALYSIS OF APPLE GENOTYPES PRESERVED IN GENE BANK USING MICROSATELLITE-BASED MARKERS

M. TURCSÁN¹, J. AMBRÓZI¹, A. GYURKÓ^{1,3}, B. BAKTAY¹, I. KIRÁLY²

¹National Centre for Biodiversity and Gene Conservation, Tápiószele

²Neumann János University, Faculty of Horticulture and Rural Development, Kecskemét

³Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Genetics and Biotechnology, Budapest

In our work, we performed genetic testing of 29 apple genotypes preserved in the National Centre for Biodiversity and Gene Conservation from its gene bank collection using microsatellite-based (SSR) molecular markers. Our goal was to reveal the genetic background of the gene bank genotypes, identify individuals of unknown origin, and filter out any duplicates. The tests were performed using 12 locus-specific primer pairs. Cluster analysis was performed to evaluate the results. Our results indicated significant genetic diversity despite the low number of varieties tested, as we identified more than 160 polymorphic fragments and found a high proportion (47%) of rare alleles. The examined genotypes included triploids and tetraploids. We found a close relationship between the '826/53A', 'Téli piros pogácsa' and 'A12 Téli piros pogácsa' genotypes, as well as between the 'Karácsony alma' and 'Cigány alma', which also showed similarities in terms of pomological characteristics. In other cases, we were only able to establish distant relationships, and there were also some genotypes that did not show significant similarities with other examined genotypes. In the future, we plan to extend the studies to include additional varieties and to compare genetic and pomological data in order to explore the relationship systems of gene bank genotypes in even greater detail.

Key words: SSR, apple, microsatellite, PCR, gene bank, genetic diversity

Bevezetés

Az alma a világ egyik legnagyobb mértékben fogyasztott gyümölcsfaja. Annak ellenére, hogy több ezer fajtája ismert, az európai piac mindössze nagyjából 12 fajtára korlátozódik, amelyek háttérbe szorítják az esetleg kevésbé attraktív kinézetű, a jelenlegi standardoknak nem megfelelő fajtákat (Szot *et al.* 2022). Ilyenek az idős gyümölcsösökben még helyenként

feltehető régi magyar fajták, amelyek továbbra is jelentős genetikai és nem utolsósorban kulturális értéket képviselhetnek, és értékes nemesítési alapanyagként is hasznosíthatók. Ezen fajták *ex situ* megőrzése éppen ezért kulcsfontosságú. A Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ tápiószelvi telephelyén immáron 246 almafajta, köztük számos magyar tájfajta került a gyümölcsstermő növények gyűjteményébe. Az egyes tételek pomológiai szempontok szerint történő vizsgálata fontos, hogy képet kapjunk a fajták fenotípus szintjén is megjelenő tulajdonságait illetően, ám a morfológiai jellemzések mellett a molekuláris módszerekkel történő genetikai vizsgálat legalább ennyire fontos. Erre az egyik legelterjedtebb módszer az SSR (*Simple Sequence Repeats* / egyszerű szekvenciaismétlődések). A kodomináns markerek alkalmazásakor a mikroszatellit-szekvenciák hosszpolimorfizmus alapján történik az egyedek azonosítása és akár a rokonsági kapcsolatok feltérképezése is (Mishra *et al.* 2022). Számos kutatás alátámasztja, hogy a molekuláris adatok alapján akár az ismeretlen eredetű egyedek is fajtaszinten azonosíthatóvá válnak, aminek köszönhetően a génbanki duplikátumok száma is minimalizálható (Larsen *et al.* 2017, Meland *et al.* 2022, Broschewitz *et al.* 2024, Broschewitz *et al.* 2025). Ezzel munkát és költségeket is megspórolhatunk, valamint terület szabadítható fel új tételek génbanki integrációjára.

Mindezek tükrében mi is több génbanki almatétel SSR-markerezését kezdtük meg 12 lokuszon vizsgálva, hogy képet kapjunk a fajták genetikai hátteréről, valamint hogy az ismeretlen fajták eredetéről is információt szerezzünk.

Anyag és módszer

A 2024. év áprilisában számos almatétel fiatal hajtását gyűjtöttük be a Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ (NBKG) génbanki gyűjteményéből, amelyeket felhasználásukig -20°C -on tároltunk. Ezzel párhuzamosan a kijelölt 4 kontroll fajta hajtásait is begyűjtöttük egy hazai faiskola törzsültetvényéből. A vizsgálatba vont tételek listája a következő volt: 'Búbos alma', 'Budai Domokos', 'Budai Ignác', 'Budai József', 'Citrom alma', 'Nyári csörgő alma', 'Fehér Klára', 'Karácsony alma', 'Mencshelyi nyári alma', 'Nyári csíkos borízű' 1, 'Pamut alma', 'Téli banánalma', 'Tésenfai pogácsa', 'Edit korai almája', 'Nyári csíkos', 'Nyári csíkos borízű' 2, 'Cigány alma', 'Téli piros pogácsa', 'Húsvéti rozsmaring', '89/1797A', 'A7', 'A23', 'A33', '318', '826/34A', '825/50A', 'A12 Téli piros pogácsa', '826/53A', '826/60A'. A négy kontroll fajta a 'Prima', 'Gala', 'Florina' és a 'Pinova' volt.

A hajtásokból 2025 áprilisában izoláltunk genomi DNS-t Zymo Quick-DNA Plant/Seed Miniprep Kit segítségével a gyártó által leírt protokoll alapján. Az izolált DNS meglétéről 1% agaróztartalmú (Lonza SeaKem LE Agarose), TAE-puffer-alapú, SYBR Safe DNA Gel Stainnel (Invitrogen) festett gélen történő próbafejtetés során győződünk meg. A PCR-reakcióhoz DreamTaq Green PCR Master Mixet (Thermo Scientific) használtunk. A felhasznált oldatmennyiségek az 1. táblázatban tekinthetők meg.

1. táblázat A PCR-mix összetevői és a felhasznált mennyiségek

Összetevő	Mennyiség (μl/minta)
Desztillált víz	9,5
Master mix (2X)	12,5
Forward primer (10 mM)	0,5
Reverse primer (10 mM)	0,5
DNS	2,0
Összesen:	25,0

Az ECPGR *Malus/Pyrus* munkacsoportja által ajánlott (Evans *et al.* 2010), fluoreszcens jelöléssel (FAM – fluorescein amidite) ellátott 12 mikroszatellit-specifikus primerpár a következő volt: CH04e05, CH02c11, CH02c09, CH02d08, CH04c07, CH01h01, Hi02c07, CH01h10, CH01f02, GD12, GD147, CH03f03b (Hokanson *et al.* 1998, Gianfranceschi *et al.* 1998, Silfverberg-Dilworth *et al.* 2006, Liebhard *et al.* 2002).

A kész PCR-termékeket ezt követően 1,5% agaróztartalmú, TAE-puffer-alapú gélen futtattuk. A géldokumentációs rendszerben történő azonosítás során megjelenő fragmentumok méretét a GeneRuler 1 kb Plus DNA Ladder (Thermo Scientific) mólsúlymarker használatával azonosítottuk be. A PCR-reakciók futási paraméterei a 2. táblázatban tekinthetők meg. A denaturáció és a lánchosszabbítás közti szakasz 34-szer ismétlődött.

2. táblázat A PCR-reakciók futási paraméterei

Művelet	Hőmérséklet	Időtartam (perc)
Elődenaturáció	95 °C	3
Denaturáció	95 °C	0,5
Anneláció/primerkötődés	54-60 °C	0,5
Lánchosszabbítás	72 °C	0,5
Végső lánchosszabbítás	72 °C	3
Hűtés	4 °C	∞

Végezetül a PCR-termékeket kapilláris elektroforézissel történő fragmentumhossz-analízisre küldtük az Eurofins Biomi Kft. (Gödöllő) részére. Az analízis után visszakapott fájlokat a Peak Scanner (Applied Biosystems; Thermo Fisher) webalapú program segítségével elemeztük ki. A hierarchikus klaszteranalízist a PAST (5.2.1), a lokuszok jellemzését pedig a Cervus (3.0.7) program segítségével végeztük el. Előbbi esetében a Jaccard-féle hasonlósági indexet használtuk mind a hierarchikus klaszteranalízishez, mind pedig a főkoordináta-analízishez (PCoA). Az adatokat bináris formátumba konvertáltuk, hogy a poliploid fajták eredményei is kielemezhetők legyenek.

Eredmények

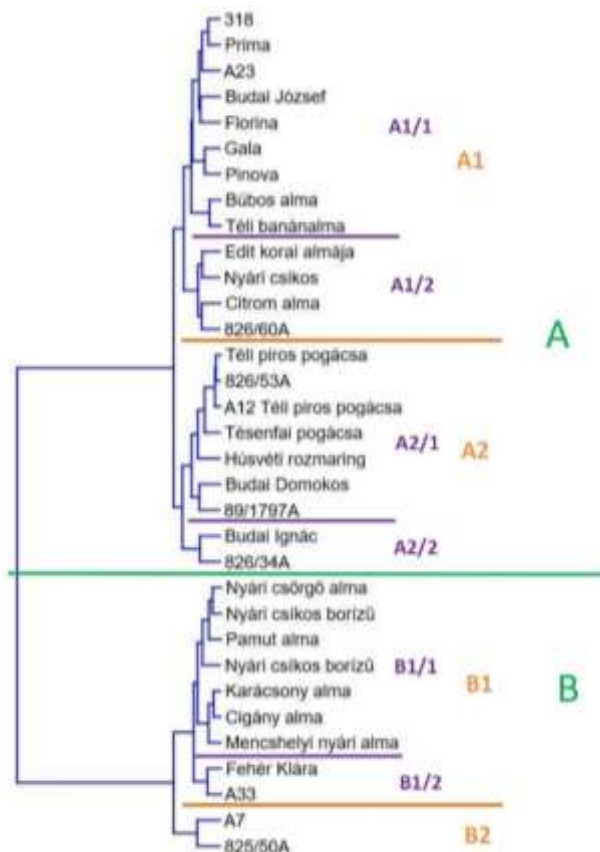
A fragmentumhossz-meghatározás során a 29 vizsgált tétel közül 7 bizonyult triploidnak ('Fehér Klára', 'Nyári csíkos borizú', 'Pamut alma', 'Tésenfai pogácsa', 'Téli piros pogácsa', 'A12 Téli piros pogácsa', '826/53A') és 1 tetraploidnak ('825/50A'). A 21 diploid fajta esetében 132, míg az összes fajta esetében 163 polimorf fragmentumot találtunk. A lokuszonkénti átlagos allélszám diploidok esetében 11, az összes fajta esetében 13,6 volt. A diploid fajtákban detektált allélok gyakoriság szerinti megoszlása a 3. táblázatban tekinthető meg. Nem találtunk egyedi allélt, ami a jelenleg még alacsony vizsgálati egyedszám miatt várható volt, viszont a ritka allélok száma magasnak bizonyult.

3. táblázat Az allélok gyakoriság szerinti megoszlása

Lokusz	Nagyon gyakori (0,2<)	Gyakori (0,05-0,2)	Ritka (0,01-0,05)	Egyedi (0,01>)
CH04e05	1	3	6	0
CH02c11	1	5	4	0
CH02c09	0	9	7	0
CH02d08	2	3	5	0
CH04c07	1	5	4	0
CH01h01	1	5	5	0
Hi02c07	3	2	2	0
CH01h10	1	3	8	0
CH01f02	0	6	10	0
GD12	1	6	3	0
GD147	2	3	4	0
CH03f03b	1	6	4	0
Összesen:	14	56	62	0
%	10,6	42,4	47	0

A hierarchikus klaszteranalízist követően két főklasztert, illetve azon belül 4 alklasztert különítettünk el (1. ábra).

1. ábra A hierarchikus klaszteranalízist követően létrehozott dendrogram



A, B – főklaszter; A1, A2, B1, B2 – klaszterek; A1/1, A1/2, A2/1, A2/2, B1/1, B1/2 – alklaszterek

Közeli rokonságot állapítottunk meg a '826/53A', 'A12 Téli piros pogácsa' és 'Téli piros pogácsa' fajták között, mivel 6 lokuszban teljesen azonos allélkombinációval rendelkeztek, 5 lokuszban pedig 1 vagy 2 allél esetében is mindössze 1-2 bp (bázispár) eltérés volt köztük, amelyet akár fragmentumméret-meghatározási pontatlanság vagy pontmutáció is okozhatott. A CH02c11 lokuszban egy rendhagyó méretű fragmentumot (125 bp) azonosítottunk a '826/53A' tétel esetében, amely a várható allélméret-intervallumon kívül esett, így valószínűleg aspecifikus PCR-termék, de ennek megállapítása csak szekvenálás útján lehetséges. Az 'A12 Téli piros pogácsa' és a '826/53A' 9 lokuszban ugyanazon allélokat hordozta, 2 lokuszban pedig csak 1-1 bp különbség volt a fragmentumok között, így ezen génbanki tételek azonossága feltételezhető (4. táblázat).

Szintén közeli rokonságot találtunk a 'Karácsony alma' és a 'Cigány alma' fajtákat illetően, ugyanis 6 lokuszban teljesen azonos allélmintázatot mutattak, míg a másik 6 lokuszban többnyire 1-1 bp eltérést tapasztaltunk. Ezen fajták esetében már rendelkezünk pomológiai adatokkal is, amelyek szintén hasonlóságokat mutatnak. Megegyező többek között a gyümölcs alakja, bordázata, a fedőszín és annak kiterjedése, a héj alapszíne és a magház állása is. A termések átlagos súlyában azonban 2,5-szeres, méretében pedig 1,3-szeres eltérés mutatkozik a 'Karácsony alma' javára, valamint a gyümölcsön lévő paraszemölcsök száma is nagyobb.

A kódnévvel ellátott triploid 'A7' és a tetraploid '825/50A' tételek nem mutattak számottevő azonosságot egyik vizsgált fajtával sem. Az 'A33' tétel 7 lokuszban rendelkezik 1-1 azonos alléllal a 'Fehér Klára' fajtával, de ez nem jelent közeli rokonságot. A '826/60A' tétel a legközelebbi rokonságot a 'Nyári csikos' fajtával mutatta, amellyel allélösszetételük 5 lokuszban egyezett meg és további 3 lokuszban találtunk közös allélokat. A '318' tétel 3 lokuszban azonos allélpárt hordoz a 'Prima' fajtával, és 8 további lokuszban van 1 közös alléljük is. Az 'A23' tétel néhány lokuszban azonos allélösszetételű a '318', a 'Prima' és a 'Budai József' fajtákkal, ami távoli rokonságra utal. A '89/1797A' tétel 8 lokuszban hordoz azonos allélokat

a 'Budai Domokos' fajtával, 1 lokuszban pedig összesen egy bp-ral térnek csak el. Végezetül a '826/34A' tétel 10 lokuszban hordoz 1 azonos allélt a 'Budai Ignác' fajtával, amíg a maradék 2 lokuszban más allélösszetételt mutattak.

Összegezve tehát, az itt elvégzett genetikai vizsgálat magas fokú genetikai diverzitást jelzett a génbanki almatételek között, ugyanakkor bizonyos esetekben szoros rokonsági kapcsolatokra is rámutatott. A jövőben folytatjuk a mikroszatellit-alapú markerezéssel történő genetikai vizsgálatokat több almatétel bevonásával. A genetikai adatokat tervezzük összevetni a pomológiai felvételezések során gyűjtött adatokkal, hogy komplexebb képet kapjunk az egyes tételek kapcsolatáról.

4. táblázat A közeli rokonságot mutató fajták allélösszetétele lokuszonként

	CH04e05	CH02c11	CH02c09	CH02d08	CH04c07	CH01h01
Téli piros pogácsa	174:201:209	206:210	243:251	207:211	96:116	111:116
826/34A	174:201:209	125:125*	243:251	207:211	96:116	112:116
A12 Téli piros pogácsa	174:201:209	206:210:260	242:250	207:211	96:116	112:116
Karácsony alma	174:202	206:218	230:246	252:254	106:140	118:141
Cigány alma	174:201	206:218	231:247	254:254	106:140	118:141
	Hi02c07	CH01h10	CH01f02	GD12	GD147	CH03f03b
Téli piros pogácsa	107:113:115	97:103:109	169:179:183	148:152:159	139:148:154	138:171
826/34A	107:113:115	97:102:108	170:179:183	148:152:159	139:148:154	137:171
A12 Téli piros pogácsa	107:113:115	96:101:107	170:179:183	148:152:159	139:148:154	137:171
Karácsony alma	111:115	89:107	170:204	152:155	135:148	170:178
Cigány alma	111:115	90:108	169:204	152:155	135:146	170:178

zöld szín: azonos allélösszetétel az adott lokuszban; sárga szín: az allélméret 1-2 bp-ral térnek csak el az adott lokuszban; kék szín: eltérő ploidiszint, de van több azonos allél is; *: feltételezhetően aspecifikus PCR-termék, amely a várható allélméret-intervallumon kívül esik

Köszönetnyilvánítás

Kutatásunkat a VP4-10.2.2.-20 és TKP2021-NKTA-03 számú pályázatok támogatták. Gyurkó Adrienn a MATE Agrár- és Élelmiszertudományok Doktori Iskola PhD-hallgatója.

Irodalom

- Broschewitz, L., Reim, S., Flachowsky, H., Höfer, M. (2024): Pomological and molecular characterization of apple cultivars in the German fruit genebank. *Plants*, **13**(19), 2699.
- Broschewitz, L., Reim, S., Flachowsky, H., Höfer, M. (2025): Microsatellite/SSR dataset: characterization of apple cultivars of the German Fruit Genebank. *Scientific Data*, **12**(1), 75.
- Evans, K.M. et al. (2011): Genotyping of pedigreed apple breeding material with a genome-covering set of SSRs: trueness-to-type of cultivars and their parentages. *Molecular Breeding*, **28**, 535–547.
- Gianfranceschi, L., Seglias, N., Tarchini, R., Komjanc, M., Gessler, C. (1998): Simple sequence repeats for the genetic analysis of apple. *Theoretical and Applied Genetics*, **96**, 1069–107.
- Hokanson, S.C., Szewc-McFadden, A.K., Lamboy, W.F., McFerson, J.R. (1998): Microsatellite (SSR) markers reveal genetic identities, genetic diversity and relationships in a *Malus × domestica* borkh. core subset collection. *Theoretical and Applied Genetics*, **97**, 671–683.
- Larsen, B., Toldam-Andersen, T.B., Pedersen, C., Ørgaard, M. (2017): Unravelling genetic diversity and cultivar parentage in the Danish apple gene bank collection. *Tree Genetics & Genomes*, **13**(1), 14.
- Liebhart, R., Gianfranceschi, L., Koller, B., Ryder, C.D., Tarchini, R., Van de Weg, E., Gessler, C. (2002): Development and characterisation of 140 new microsatellites in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *Molecular Breeding*, **10**, 217–241.
- Meland, M., Aksic, M.F., Frøynes, O., Konjic, A., Lasic, L., Pojskic, N., Gasi, F. (2022): Genetic identity and diversity of apple accessions within a candidate collection for the Norwegian National Clonal Germplasm Repository. *Horticulturae*, **8**(7), 630.
- Mishra, A., Singh, P.K., Bhandawat, A., Sharma, V., Sharma, V., Singh, P., Roy, J., Sharma, H. (2022): Analysis of SSR and SNP markers. In: Singh, D.B., Pathak, R.K. (eds) *Bioinformatics*. Academic Press. 131–144.
- Silfverberg-Dilworth, E., Matasci, C.L., Van de Weg, W.E., Van Kaauwen, M.P.W., Walser, M., et al. (2006): Microsatellite markers spanning the apple (*Malus × domestica* Borkh.) genome. *Tree Genetics & Genomes*, **2**(4), 202–224.
- Szot, I., Goncharovska, I., Klymenko, S., Bulakh, P. (2022): Importance of old and local apple cultivars. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, **6**(2), 156–170.



GÉNBANKBAN ŐRZÖTT ALMA TÉTELEK GENETIKAI VIZSGÁLATA MIKROSZATELLIT ALAPÚ MARKEREZÉSSSEL

TURCSÁN MIHÁLY¹, AMBRÓZI JÁNOS¹, GYURKÓ ADRIENN^{1,2}, BAKTAY BORBÁLA¹ és KIRÁLY ILDIKÓ²

¹Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ, Tápíósztele

²Neumann János Egyetem, Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar, Kecskemét

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Budapest

Bevezetés

A Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ Tápíósztelei gyűjteményében 246 almafajta található, amelyek pomológiai és molekuláris vizsgálata – különösen SSR markerek alkalmazásával – lehetővé teszi a genetikai háttér feltárását, az ismeretlen egyedek azonosítását és a rokonsági kapcsolatok vizsgálatát is. Kutatásunk során 12 lokuszon végeztünk SSR-alapú markerezést több génbanki almafajtan.

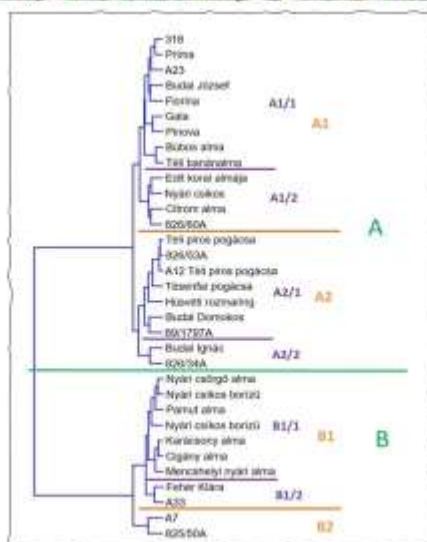
Anyag és módszer

2024 áprilisában a Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ génbanki gyűjteményéből számos alma tétel fiatal hajtását gyűjtöttük be, melyeket felhasználásukig -20 °C-on tároltunk, párhuzamosan pedig négy kontroll fajta ('Prima', 'Gala', 'Florina', 'Pinova') hajtásait két hazai faiskola törzslétesítményéből gyűjtöttük be. A hajtásokat 2025 áprilisában izoláltunk genom DNS-t. A PCR reakciók során 12 fluoreszcens jelölésű ECPGR Malus/Pyrus mikroszatelit primer párt alkalmaztunk. A PCR termékeket kapilláris elektroforézissel történő fragmentum-hossz analízisre küldtük a Eurofins Biomi Kft. (Gödöllő) részére. A visszakapott fájakat a Peak Scanner (applied biosystems; Thermo Fisher) web-alapú program segítségével elemeztük ki. A hierarchikus klaszteranalízist a PAST (5.2.1), a lokuszok jellemzését pedig a Cervus (3.0.7) program segítségével végeztük el. Előbbi esetében a Jaccard-féle hasonlósági index-et használtuk mind a hierarchikus klaszteranalízishez, mind pedig a főkoordináta analízishez (PCoA).

Eredmények

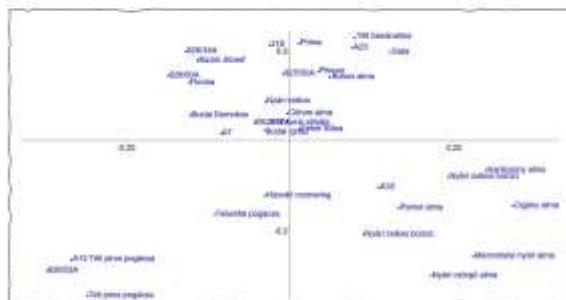
A fragmentum-hossz meghatározás során a 29 vizsgált tétel közül 7 bizonyult triploidnak ('Fehér Klára', 'Nyári csikos borzú', 'Pamut alma', 'Tésontai pogácsa', 'Téli piros pogácsa', 'A12 Téli piros pogácsa', '826/53A') és 1 tetraploidnak, ('825/50A'). A 21 diploid fajta esetében 132, míg az összes fajta esetében 163 polymorf fragmentumot találtunk. A lokuszonkénti átlagos allélszám diploidok esetében 11, az összes fajta esetében 13,6 volt. A vizsgálat során nem találtunk egyedi allélokat, ugyanakkor a ritka allélok száma igen magasnak bizonyult (47%).

A hierarchikus klaszteranalízist követően létrehozott dendrogram



A, B – 16 klaszter; A1, A2, B1, B2 – klaszterek; A1/1, A1/2, A2/1, A2/2, B1/1, B1/2 – allélszámok

A főkoordináta analízis eredménye



Közele rokonságot állapítottunk meg a '826/53A', 'A12 Téli piros pogácsa' és 'Téli piros pogácsa' fajták között, valamint a 'Karácsony alma' és a 'Cigány alma' fajták esetében is. Ezen felül a '826/50A' és a 'Nyári csikos' fajták is több lokuszon azonos allélszettel rendelkeznek.

A közele rokonságot mutató fajták allélszettelése lokuszonként

	CH0609	CH0611	CH0609	CH0608	CH0607	CH0605
Téli piros pogácsa	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
826/53A	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
A12 Téli piros pogácsa	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Karácsony alma	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Cigány alma	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
826/50A	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Nyári csikos	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
826/50A	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
A12 Téli piros pogácsa	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
826/53A	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
A12 Téli piros pogácsa	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Karácsony alma	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Cigány alma	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
826/50A	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Nyári csikos	114.281.006	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

A táblázat az allélok elnevezését mutatja, ahol az első szám az allélok hosszát jelöli, a második az allélok számát. A táblázatban az allélok elnevezését a következőképpen jelöltük: A1/1, A1/2, A2/1, A2/2, B1/1, B1/2.

A szoros genetikai kapcsolatot mutató 'Cigány alma' és 'Karácsony alma' fajták gyümölcs fotói (UPOV)



A kódnevet ellátott tételek közül az 'A33' a 'Fehér Klára' -val, a '318' a 'Prima' -val, a '89/777A' a 'Budai Domokos' -sal, a '826/34A' pedig a 'Budai Ignác' -cal mutatta a legszorosabb genetikai kapcsolatot. A triploid 'A7' és a tetraploid '825/50A' tételek nem mutattak számottevő azonosságot egyik itt vizsgált fajtával sem, azonban két lokuszban azonos allélszettel rendelkeznek.

Konklúzió

Összegezve tehát, az itt elvégzett genetikai vizsgálat magasfokú genetikai diverzitást jelzett a génbanki alma tételek között, ugyanakkor bizonyos esetekben szoros rokonsági kapcsolatokra is rámutatott. A jövőben folytatjuk a mikroszatelit alapú markerezéssel történő genetikai vizsgálatokat több alma tétel bevonásával. A genetikai adatokat tervezzük összevetni a pomológiai felvételek során gyűjtött adatokkal, hogy komplexebb képet kapjunk az egyes fajták kapcsolatáról.

Kutatásunkat a VP4-10.2.2.-20 és a TKP2021-NKTA-03 számú pályázatok támogatták.

A PAPRIKALISZTHARMAT-REZISZTENCIANEMESÍTÉS EREDMÉNYEI: A 'SULTESSA F1' KÁPIAHIBRID BEMUTATÁSA

Zatykó Lajos¹, Moórné Andrea¹, Török László¹, Csilléry Gábor², Kis Krisztiánné¹,
Gyúrosné Margit¹, Bodor Zsófia¹, Taller Dénes¹, Szőri Virág¹, Szamosi Csaba^{1,2}

¹Orosco Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., Orosháza

²PepGen Biológiai Kutató és Kereskedelmi Kft., Budapest

A korábbi hazai szakirodalom még nem vagy csak sporadikusan említette a paprikalisztharmat (*Leveillula taurica*) előfordulását, azonban a hajtatott termesztés elterjedésével és az éghajlatváltozás következtében mára a fóliás hajtatás egyik legveszélyesebb gombakórokozójává vált. A fertőzés világoszöld foltokat okoz a levél színén, amelyek sárgulnak, majd a levél fonákján (erős fertőzésnél a színén is) fehér sporuláció alakul ki, ami nekrotizához és levélhulláshoz vezethet. A fertőzött levélfelülettel arányos termésvesztésen felül (15-50%) a betegség napégést és minőségromlást is okozhat.

Capsicum-fajok esetében a *L. taurica* elleni rezisztencia jól dokumentált. Rezisztens vonalakat korábban azonosítottak termesztett fajokban (*C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. pubescens*) és vadon élő rokon fajokban (*C. chacoense*, *C. rhomboideum*) is. A nemesítésben a korábban használt recesszív, poligén források (pl. *C. annuum* HV-12, *C. frutescens* IHR-703) helyett mára a 'VK515R' és a 'PM Singang' vonalakban leírt *PMR1* gén használata terjedt el. A lisztharmat esetén a hatékony markeralapú szelekciót a *PMR1* génre leírt molekuláris markerek tették lehetővé.

Az Orosco Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. 2015 óta folytat célzott lisztharmat-rezisztencianemesítést a PepGen Biológiai Kutató és Kereskedelmi Kft.-vel együttműködve. A rezisztens anyagok eleinte a HV12-es forrás felhasználásával készültek. Később a lisztharmat-szelekcióba és a vonal-előállításba az IHR-1238-származékok lettek bevonva, mint kulcsfontosságú rezisztenciaforrások. Ez a rezisztencia magas szintű ellenálló képességet biztosít, öröklődése poligén jellegű, ezek többsége domináns hatású, és hatásukban additív és kölcsönhatásos (additív×additív) komponensek is szerepelnek.

Az évtizedes munka során következetesen provokatív, erős lisztharmatnyomás alatt végzett szelekcióval emeltük ki a legellenállóbb vonalakat. A valódi lisztharmatnyomáson végzett kísérleteink alapján a *PMR1* gént hordozó anyagok ellenálló képességében komoly eltéréseket tapasztalhattunk. Az együttműködés eredményeként rezisztens szülővonalak születtek a következő kereskedelmi fajtákhoz: 'Altendos F1' (cecei, 2021), 'Shelton F1' (cecei, 2024), 'Fulton F1' (hegyes erős, 2026) és az itt bemutatásra kerülő 'Sultessa F1' (kápia, 2026).

A 'Sultessa F1' hibrid azért kiemelkedő, mert ez az első vállas, darabos, magas szintű lisztharmat-toleranciával rendelkező kápiafajta a hazai termesztésben. A multirezisztens hibrid a lisztharmat-rezisztencia (*PMR1* gén) mellett tartalmazza a TMV (*L³* gén), a TSWV (*TSW* gén) és gyökérgubacs-fonálféreg elleni rezisztenciát (*ME1* gén) biztosító géneket is. A szülővonalakat klasszikus keresztezéssel és egyedszelekcióval állítottuk elő. A rezisztenciák integrációját és hatásosságát molekuláris markerek vizsgálatával, biotesztekkel és termelői kísérletekben is igazoltuk.

A 'Sultessa F1' a kisparcellás termelői kísérleteinkben kimagasló eredményeket ért el mind hidegfóliás hajtatási, mind szabadföldi körülmények között. A bogyótömeg többszöri szedés átlagában fóliában (3 helyszín, 22 szedés) meghaladta a 130 grammot, míg szabadföldön (2 szedés) a 100 grammot. Hozam tekintetében fóliás kísérleteinkben tövenként több mint 2 kg paprikát adott le, és minden vizsgált körülményben legalább 15%-kal megelőzte a releváns kontrollok átlaghozamát. Brix-értéke nem volt kimagasló, de stabilan 7 feletti értékeket mérünk. A fajtára jellemző a magas első osztályú termékihozatal (fóliában mindig 95% felett) is.

A 'Sultessa F1' a jó termőképesség mellett magas szintű, többszörös rezisztenciát biztosít a legfontosabb kórokozókkal szemben, miközben kiváló beltartalmi, morfológiai és feldolgozási tulajdonságokat őriz, így fenntarthatóbbá teszi a hazai hajtatott kápiatermesztést.

FOTÓK

(Mohácsi Klaudia)



