

EGY VETÉSFORGÓ TARTAMKÍSÉRLET EREDMÉNYEI A NYÍRSÉGBEN

HENZSEL István¹ - MAKÁDI Marianna¹ - GYÖRGYI Gyuláné¹ - SIPOS Tamás¹ - TÓTH Gabriella¹ - ALMÁSI Csilla¹ - OROSZ Viktória¹ - DEMETER Ibolya¹ - KOSZTYUNÉ KRAJNYÁK Edit² - BOGDÁNYI Zsolt¹

¹ Debreceni Egyetem, AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos utca 4-6.,
henzsel@agr.unideb.hu

² Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, 4400 Nyíregyháza, Sóstói út 31/b.
krajnyak.edit@nye.hu

<https://doi.org/10.71066/FTTMK.1.08>

Bevezetés

A tájgazdálkodás alapelve, hogy a földet arra és olyan intenzitással használjuk, amire az a legalkalmasabb. Irányelv, hogy a gazdálkodás során a hely adottságaihoz illeszkedő tevékenységeket végezzünk, figyelembe véve a helyi természeti viszonyokat. Felhasználhatjuk az évszázados helyi tradíciókat, a hagyományos módszereket és a helyi megoldásokat is, a helyi erőforrásokra támaszkodva. Fontos a tájnak megfelelő gazdálkodási szerkezet kialakítása, a tájba illő növényfajok és fajták vetésváltásba, ill. vetésforgóba illesztett termesztése. Olyan agrotechnikát alkalmazzunk, mely nagymértékben alkalmazkodik az adott agroökológiai adottságokhoz (Ángyán és Menyhért, 2004).

Magyarország természeti tájai 6 nagy tájra oszthatók, melyek a következők: Alföld, Kisalföld, Nyugat-Magyarországi peremvidék, Dunántúli-dombság, Dunántúli-középhegység és Északi-középhegység. A nagytájak tovább oszthatók középtájakra és kistájakra. Ezek a természeti tájak kis távolságokon belül is lényegesen változó földtani, domborzati, éghajlati, biogeográfiai, hidrológiai és talajtani tulajdonságokkal rendelkeznek, ahol eltérő mezőgazdasági termelést kell alkalmazni (Stefanovits et al., 1999).

A Nyírség az Alföldhöz tartozik. Felszínének alakításában a folyók és a szél egyaránt szerepet játszott. A Kárpátokból észak felől érkező folyók hordalékkúpokat és vastag üledéket raktak le. Később ezt a területet a folyók elkerülték, amely szárazabbá vált és a szél a hordalékkúpok anyagából homokot halmozott fel. A magasabb területeken a nagyrészt homokból, helyenként löszből álló felszínen futóhomok, humuszos homok és kovárányos barna erdőtalajok képződtek, míg a buckák közti mélyedésekben homokos és iszapos réti talajok alakultak ki (Stefanovits et al., 1999).

Cikkünkben a nyírségi homoktalajon létrehozott Westsik-féle vetésforgó kísérlet eredményeit mutatjuk be.

Irodalmi áttekintés

A homoktalajnak alacsony az agyag- és szervesanyag-tartalma, kicsi a pufferkapacitása. Kevés kolloidot tartalmaz, így rossz a szerkezetmegtartó képessége. Túlzottan nagy a vízáteresztő képessége és kicsi a víztartó képessége, melyek eredménye, hogy kevés a hasznosítható vízkészlete. Jól levegőzőtt, ezért a feltáródási folyamatok gyorsak. Fokozott a szél- és vízerózió érzékenysége. Természetes tápanyagkészlete kevés, alapvetően alacsony a termékenysége (Várallyay, 2002).

A homoktalaj termékenységet a talaj szervesanyag-tartalmának növelésével lehet emelni (Westsik, 1951), mivel a szervesanyag javítja a talaj szerkezetét és vízgazdálkodását. A szervesanyag talajba juttatása segíti az agyagásvány-humusz komplexek létrejöttét, melyekben a kötés hidrogénhidakon át alakul ki. Ez a kötés hozza létre az egyik legállandóbb talajszerkezetet és ennek következtében nő a talaj vízmegtartó képessége is. A szervesanyag-tartalom növelésével nőhet a huminsavak mennyisége is a talajban. A huminsavak kétvegyértékű fémionokkal sokat képezhetnek, melyek a talajaggregátumokat képesek összeragasztani, így a talajszerkezet kialakítását és fenntartását segítik. A szervesanyag közvetetten is befolyásolhatja a talaj szerkezetét. A szervesanyag tápanyagforrás a mikrobák számára, így segíti a mikrobák

szaporodását. A szervesanyag-bontó mikroorganizmusok nyálkaanyagokat termelnek, melyek a talaj szerkezetét stabilizálják, így a talaj vízgazdálkodását is segítik (Stefanovits et al., 1999).

A szervesanyag fontos tápanyagforrás a növények számára, de igen jelentős a tápanyagmegőrző szerepe is. A szervesanyagokban található a talajok nitrogén-készletének 96-97%-a, de a foszfor (P) és a kén (S) is nagy mennyiségben van jelen bennük. A növények a szervesanyagban kötött elemeket a mineralizáció útján tudják hasznosítani. A humusz a felületén számos elemet (Ca, P, Mg, S, Cu, Zn, Mo) is képes megkötni, melyek kicserélhető ionként, vagy kelátok formájában találhatók. Ez által a tápanyagok felvehetőségét is szabályozza. A humusz a P felvehetőségét is segítheti az által, hogy blokkolja a talaj ásványi részeinek azokat a helyeit, ahol a foszfátnak erősen lekötnének (Stefanovits et al., 1999).

A talaj szervesanyag-tartalmát jelentősen növelhetjük szerves trágyák kijuttatásával. Ezen kívül a talaj szervesanyag-tartalmát befolyásolhatjuk a tápanyag-ellátással is. A tápanyaggal jobban ellátott növények nagyobb biomasszát állítanak elő, mely következtében több szár- és gyökérmaradvány kerül a talajba, melyből remélhetőleg több humusz is keletkezik. A talaj humusztartalmát befolyásolhatja a vetésszerkezet is. A monokultúrával szemben a tájba illő, megfelelő vetésforgó kialakítása segítheti a növények fejlődését. A különböző igényű és tulajdonságú növények váltásával elkerülhető, hogy a növények egyoldalúan, egy rétegből használják fel a talaj tápanyag- és vízkészletét. A nem rokon növények váltásával csökken a betegségek kialakulásának, vagy a kártevők felszaporodásának veszélye, így a növényvédelem költségét csökkenthetjük. Az egy- és kétszikű növények váltásával a gyomok szaporodását mérsékeljük, ami a gyomirtás költségét csökkentheti. Pillangós növények termesztésével csökkenthető a N műtrágya mennyisége. Egy-egy erőteljesebb gyökérzetű növény vetésforgóba illesztésével csökkenthető a talajművelés energia igénye is azáltal, hogy gyökérzetükkel lazítják a talajt és javítják szerkezetét (Kismányoki, 2005). A talaj vízgazdálkodásának javításával, a talaj termékenységének növelésével, az input anyagok bevitelének mérséklésével és a művelési költségek csökkentésével hozzájárulhatunk a jövedelmező gazdálkodáshoz a kedvezőtlen termőhelyi adottságú Nyírségben is.

Publikációnkban vizsgáljuk, hogy a különböző trágyázási módú Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben hogyan alakul a talaj humusztartalma, valamint a rozs- és a burgonyatermés.

Anyag és módszer

A kísérletet 1929-ben hozta létre Westsik Vilmos Magyarország keleti részén, a Nyírségben, a mai Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet területén. A kísérlet 15 vetésforgót foglal magába, melyek közül 14 hároméves és 1 négyéves (1. táblázat). Területe 12,42 ha. Talaja alacsony humusztartalmú (0,5-1%), savanyú kémhatású ($\text{pH}_{(\text{KCl})}$ 3,88-5,15), laza homoktalaj (K_A 27-29). A talaj mechanikai összetétele a következő: a durvahomok frakció (0,25-1,00 mm) 1,1%, a közepes homok frakció (0,05-0,25 mm) 91,0%, a finom homok frakció (0,02-0,05 mm) 2,6%, az iszap frakció (0,002-0,02 mm) 2,5% és az agyag frakció ($<0,002$ mm) aránya 2,8%. A kísérlet célja a homoktalaj termékenységének növelése. A tápanyag utánpótlása szerves trágyázással (szalma-, istálló- és zöldtrágyázás) és NPK műtrágyázással történik.

A kísérletben kalászos, kapás és hüvelyes növények termesztése történik. A kalászos növény a rozs, kapás növény a burgonya volt 2022-ig, majd ezt 2023-tól a kukoricára cseréltük. A vetésforgók mintegy felében csillagfürtöt is termesztünk, míg 2 vetésforgóban zabos bükköny van takarmánykeveréknek vetve.

Az I. vetésforgóban trágyázást nem alkalmazunk, azonban a talaj időszakosan, háromévente pihentetve van. A II. vetésforgóban fővetésű csillagfürt zöldtrágyázást, míg a VIII., XII., XIII., XIV. és XV. vetésforgókban másodvetésű csillagfürt zöldtrágyázást végzünk. A másodvetésű csillagfürt leszántása a XII. és XIV. vetésforgók esetében ősssel, míg a VIII., XIII. és XV. vetésforgók esetében tavasszal történik. A csillagfürtöt a III. és VIII. vetésforgóban magtermesztés céljából, míg a IX. vetésforgóban zöldtakarmányozás céljából vetjük. Szalmatrágyázást 4 vetésforgó esetében alkalmazunk: a szalmát a IV. vetésforgóban erjesztés nélkül, mulcsként (3,5 t/ha), az V. vetésforgóban N műtrágyával erjesztve (11,3 t/ha), a VI. és

VII. vetésforgóban vízzel erjesztve (26,1 t/ha) juttatjuk ki. Istállótrágyázás a X. és XI. vetésforgóban történik (26,1 t/ha). A szalmatrágya és az istállótrágya a vetésforgó ciklus elején, egy adagban kerül kijuttatásra. A 15 vetésforgó közül 4 műtrágya nélküli (I., VII., X., XV.), míg 11 NPK műtrágyázásban is részesül. A N műtrágya adagja a vetésforgó ciklus alatt összesen 43 kg/ha (II., III., XI., XII.), 86 kg/ha (VIII., IX., XIII., XIV.) és 108 kg/ha (IV., V., VI.). A P és K műtrágya adagja a 11 műtrágyás vetésforgóban azonos: 94 kg/ha P_2O_5 és 84 kg/ha K_2O kerül kijuttatásra a vetésforgó ciklus alatt. A kísérletben a vetésforgók mindegyik szakasza elvetésre kerül minden évben.

A talajvizsgálathoz a talajmintákat 2008, 2012 és 2022-ben, 3 ismétlésben, a felső 25 cm-es talajrétegből szedték, a rozs, a csillagfürt és a zabos bükköny betakarítását követően, valamint a burgonya esetében a burgonya betakarítása előtt. A talaj humusztartalmának meghatározása az MSZ 21470:1983 2. vizsgálati módszer szerint történt. A humuszadatok értékelését a vizsgált 3 év átlagában végeztük. A terméseredmények vizsgálatához az 1931-2022 évi burgonya és az 1931-2024. évi rozs termésadatokat használtuk fel. Az adatok statisztikai értékeléséhez egytényezős varianciaanalízist végeztünk ($P < 0,05$), majd az átlagok összehasonlítására Tukey-tesztet használtunk. A paraméterek főátlagának számításához a 15 vetésforgó kísérletben mért adatokat átlagoltuk.

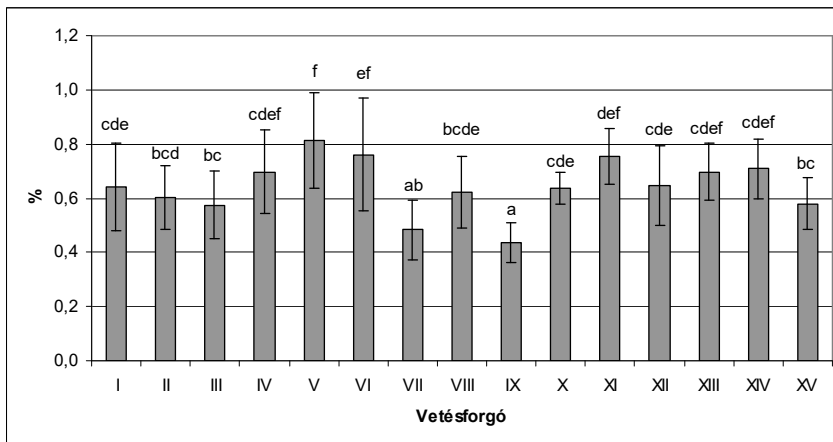
1. táblázat. A Westsik-féle kísérlet vetésforgószakaszai és trágyakezelései

Vetésforgó	1. szakasz	2. szakasz	3. szakasz	4. szakasz
I.	Pallag	Rozs	Burgonya	
II.	Csillagfürt zöldtrágya+ 63kg/ha P_2O_5 + 56kg/ha K_2O	Rozs + 31kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Burgonya+ 43kg/ha N	
III.	Csillagfürt+ 63kg/ha P_2O_5 + 56kg/ha K_2O	Rozs + 31kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Burgonya+ 43kg/ha N	
IV.	Rozs + 3,5 t/ha szalmatrágya+ 65 kg/ha N+ 47kg/ha P_2O_5 + 56kg/ha K_2O	Burgonya+ 43kg/ha N+ 47kg/ha P_2O_5 +28kg/ha K_2O	Rozs	
V.	Rozs + 11,3 t/ha szalmatrágya + 65 kg/ha N+ 47kg/ha P_2O_5 + 56kg/ha K_2O	Burgonya+ 43kg/ha N+ 47kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Rozs	
VI.	Rozs + 26,1 t/ha szalmatrágya+ 65 kg/ha N+ 47kg/ha P_2O_5 + 56kg/ha K_2O	Burgonya+ 43kg/ha N+ 47kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Rozs	
VII.	Rozs + 26,1 t/ha szalmatrágya	Burgonya	Rozs	
VIII.	Csillagfürt+ 32kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Rozs + csillagfürt zöldtrágya + 43kg/ha N+ 31kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Burgonya+ 31kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Rozs + 43kg/ha N
IX.	Csillagfürt zöldtakarmány+ 63kg/ha P_2O_5 + 56kg/ha K_2O	Rozs + 43kg/ha N+ 31kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Burgonya+ 43kg/ha N	
X.	Zabos bükköny + 26,1 t/ha istállótrágya	Rozs	Burgonya	
XI.	Zabos bükköny + 26,1 t/ha istállótrágya+ 63kg/ha P_2O_5 + 56kg/ha K_2O	Rozs + 31kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Burgonya+ 43kg/ha N	
XII.	Rozs zöldtakarmány + csillagfürt zöldtrágya+ 63kg/ha P_2O_5 + 56kg/ha K_2O	Rozs + 31kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Burgonya+ 43kg/ha N	
XIII.	Rozs + csillagfürt zöldtrágya+ 43kg/ha N+ 32kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Burgonya+ 31kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Rozs + 43kg/ha N +31kg/ha P_2O_5 +28kg/ha K_2O	
XIV.	Rozs + csillagfürt zöldtrágya+ 43kg/ha N+ 32kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Burgonya+ 31kg/ha P_2O_5 + 28kg/ha K_2O	Rozs + 43kg/ha N + 31kg/ha P_2O_5 +28kg/ha K_2O	
XV.	Rozs + csillagfürt zöldtrágya	Burgonya	Rozs	

Eredmények és értékelésük

A talaj humusztartalma

A talaj humusztartalma 0,4-0,9% között alakult (1. ábra). 0,60% alatti értéket mértünk a műtrágya nélküli szalmatrágyás (VII.), a műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás (XV.) és a fővetésű csillagfűrt termesztés+NPK műtrágyás (II., III., IX.) vetésforgókban. A talaj humusztartalma 0,60-0,75% közötti volt a trágyázás nélküli (I.), a műtrágya nélküli istállótrágyás (X.), a fő- és másodvetésű csillagfűrt termesztés+NPK műtrágyás (VIII.), a másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás (XII., XIII., XIV.) és az erjesztés nélküli szalmatrágyás+NPK műtrágyás (IV.) vetésforgóban, míg 0,75% feletti volt az istállótrágyás+NPK műtrágyás (XI.) és az erjesztett szalmatrágyás+NPK műtrágyás (V., VI.) vetésforgókban. A talaj humusztartalma szignifikánsan nagyobb volt az V., VI. és XI. vetésforgókban, mint a III., VII., IX. és XV. vetésforgókban.



1. ábra. Humusztartalom a Westsik-féle vetésforgó kísérletben. Az a-f indexek: Tukey-teszt eredményei. Az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelentenek ($p < 0,05$)

A talaj humusztartalmát befolyásolta a tápanyagpótlás. Kísérletünkben az NPK műtrágyával kijuttatott tápanyag növelte a talaj humusztartalmát a műtrágya nélküli kezelésekhez képest. A humusztartalom-növekedés az NPK műtrágya és szalmatrágya kombinációjában (VI.), az NPK műtrágya és zöldtrágya kombinációjában (XIII.) és az NPK műtrágya és istállótrágya kombinációjában (XI.) nagyobb volt, mint a szerves trágyázási módok műtrágya nélküli kontrolljaiban (VI↔VII., XIII↔XV., XI↔X.). A műtrágya humusztartalom-növelő hatását más is megállapította. Loide (2019) kísérletében a kijuttatott NPK műtrágyák 0,2-0,6%-kal növelték a talaj humusztartalmát. Az NPK műtrágyával pluszban kijuttatott tápanyag segítette a növények fejlődését. Ezek a növények megnövekedett mennyiségű szerves anyaggal gazdagították a talajt, melyek humusztartalom-növekedést eredményeztek.

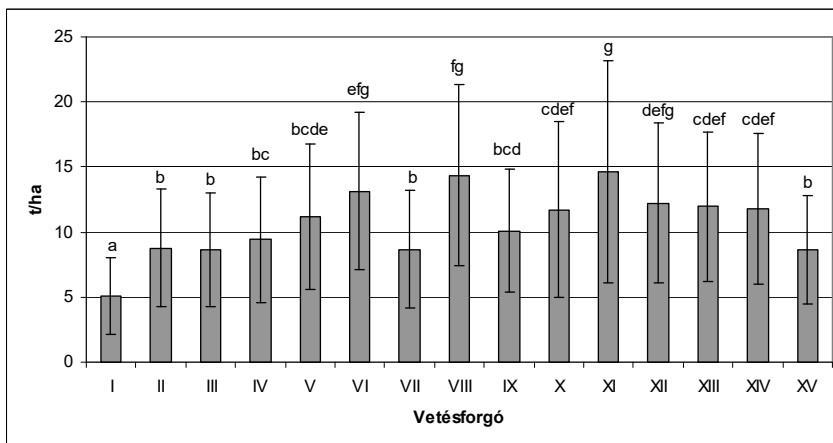
A talaj humusztartalmát befolyásolta a vetésszerkezet is. Nagyobb volt a talaj humusztartalma azokban a vetésforgó kísérletekben, melyekben a rozs és a burgonya aránya 2:1 volt (XIII., XIV.), mint azokban a kísérletekben, ahol a csillagfűrt, a rozs és a burgonya aránya 1:1:1 volt (II., III., IX.). Ennek oka az lehetett, hogy a rozsszalma C:N aránya nagyobb és nehezebben lebomló szerves anyag, mint a csillagfűrt kedvezőbb C:N arányú szármadaradványa. Emellett jellemzően a rozs után nagyobb mennyiségű tarlómaradvány került a talajba, mint a csillagfűrt után. A nagyobb mennyiségű és nehezebben lebomló rozsszalma eredményezhette a nagyobb humusztartalmat a talajban a csillagfűrtöt is tartalmazó vetésforgókhoz képest. Magdoff és Weil (2004) megállapítása szerint a szármadaradványokkal bevitt szén mennyisége összefüggésben van a talaj szervesanyag-tartalmával. A nagy mennyiségű szármadaradványokat hagyó növényeket tartalmazó vetésforgók növelik jelentősebben a talaj szervesanyag-tartalmát. Az összetettebb

vetésforgókban a növények jobban ki tudják használni a talaj víz- és tápanyag-készletét, jobban fejlődnek, több szerves anyagot képeznek, mint a monokultúrában fejlődők. Vetésforgóban a növények a betegségek ellen is jobban védekeznek. A betegségekkel szemben jobban védekező növények jobban növekednek, melyek eredménye a nagyobb C-bevitel a talajba.

A talaj humusztartalmát a szerves trágyázás növelte. A talaj humusztartalmát a kijuttatott szerves trágya jobban növelte azokhoz a kezelésekhez viszonyítva, mint ahol a trágya anyagot helyben termeltük meg zöldtrágyaként. A három legnagyobb humusztartalmat az erjesztett szalmatrágyás (V., VI.) és az istállótrágyás (XI.) vetésforgóban mértük. Bozhinova és Hristeva (2021) szerint a talaj humusztartalmát nem lehet szinten tartani éves ásványi műtrágyákkal. Eredményeik szerint az NPK műtrágya és szerves trágya együttes alkalmazása az, mely növelte a talaj humusztartalmát. Az NPK műtrágya+szerves trágya jelentősen emelte a talaj felvehető foszfor (25,5 szerese) és a kálium (2,5 szerese) tartalmát is a kezdeti szinthez képest, melyek hozzá járultak a nagyobb szervesanyag-képzéshez is, ami C-bevitel növekedést eredményezett. A talaj humusztartalmát a szerves trágyák szintén jelentősen növelték Zhang et al. (2025) kísérletében is. A szerves trágyák javították a szénmegkötés hatékonyságát és növelték a szénmegkötés sebességét. A trágyázási módok eltérő hatásait is megállapították. A zöldtrágya a talajban az oldott szerves széntartalomra volt a leggyorsabb hatással, míg a szalma hozzáadása a talaj mikrobiális biomassza széntartalmát befolyásolta a leghosszabb ideig.

A burgonyatermés

A burgonyatermés 5-15 t/ha közötti volt (2. ábra). A legkisebb termés az I. trágyázás nélküli vetésforgóban volt. A burgonyatermés 8-10 t/ha között alakult a VII. műtrágya nélküli szalmatrágyás, a XV. műtrágya nélküli másodvetésű zöldtrágyás, a II. fővetésű csillagfűrt zöldtrágyás+NPK műtrágyás, a III. csillagfűrt magtermesztés+NPK műtrágyás és a IV. erjesztés nélküli szalmatrágyás+NPK műtrágyás vetésforgóban. A gumótermés 10-12 t/ha között változott a X. műtrágya nélküli istállótrágyás, az V. erjesztett szalmatrágyás+NPK műtrágyás, a IX. csillagfűrt zöldtakarmány-termesztés+NPK műtrágyás és a XIII. és XIV. másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás vetésforgókban. A burgonyatermés 12-14 t/ha közötti volt a VI. erjesztett szalmatrágyás+NPK műtrágyás és a XII. másodvetésű zöldtrágyás+NPK műtrágyás vetésforgóban, míg 14 t/ha feletti volt a VIII. fő- és másodvetésű csillagfűrt termesztés+NPK műtrágyás és a XI. istállótrágyás+NPK műtrágyás vetésforgóban.



2. ábra. Burgonyatermés a Westsik-féle vetésforgó kísérletben. Az a-f indexek: Tukey-teszt eredményei. Az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelentenek ($p < 0,05$)

A legkevesebb burgonyatermést a trágyázás nélküli kezelésben mértünk (I.). A burgonyatermést a szerves trágyázás minden formája jelentősen növelte (VII., X., XV.). A szerves trágyák közül a legnagyobb termésnövekedést az istállótrágyázás eredményezte (X.). A burgonyatermés az NPK műtrágyázás hatására növekedett. A termés minden műtrágyás kombinációban nagyobb volt az azonos szerves trágyázású, műtrágya nélküli kezelésekhez képest (VI↔VII., XI↔X., XIII↔XV.). A gumótermést a szalmatrágya formája is befolyásolta. A termés nagyobb volt az erjesztett szalmatrágyás+NPK műtrágyás vetésforgókban (V., VI.), mint abban a vetésforgóban, ahol a szalmát erjesztés nélkül, mulcsként alkalmaztuk NPK műtrágyával kiegészítve (IV.). A burgonyatermés nem különbözött jelentősen az erjesztett szalmatrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás vetésforgók között sem műtrágya nélkül (VII. ↔ XV.), sem NPK műtrágyával kombinálva (V., VI. ↔ XII., XIII., XIV.).

A trágyázás termésnövelő hatását módosíthatta a talaj humusztartalma. Az NPK műtrágyázás nagyobb burgonyatermés-növekedést eredményezett a nagyobb humusztartalmú másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban (XII., XIII., XIV.), mint a kisebb humusztartalmú fővetésű csillagfürt termesztésű vetésforgókban (II., III., IX.). A trágyázás, a talaj humusztartalma és a burgonyatermés kapcsolatát mások is megállapították. Jhangiryan et al. (2024) kísérletében az ásványi és szerves trágyák kombinált alkalmazásával a talaj humusztartalma 31-97%-kal emelkedett a kontroll területéhez képest, valamint növekedett a talaj felvehető N, P és K tartalma is. A humusztartalom és a felvehető tápelemek mennyiségének növekedésével nőtt a burgonyatermés (31-71%) és ezen belül jelentősen nőtt a piacképes gumók aránya (73-88%). A biohumusz-kezelések hatására javultak a burgonya minőségi mutatói is. Nőtt a burgonya szárazanyag-, keményítő- és aszkorbinsav-tartalma, azonban a nitrátkoncentráció nem haladta meg az engedélyezett határértéket (300 mg/kg). Megállapításuk szerint a talaj humusztartalmának emelése a fenntartható mezőgazdasági termeléshez nagymértékben hozzájárul.

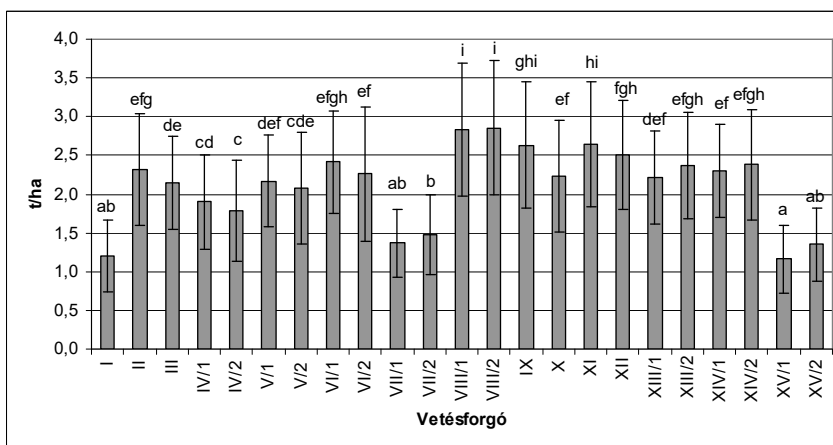
A csillagfürt termésnövelő hatását is megfigyeltük. A burgonyatermés magas, a második legnagyobb volt a VIII. vetésforgó kísérletben, ahol a vetésforgó ciklus alatt kétszer is termesztettünk csillagfürtöt, fővetésben magtermesztés céljából, és egy másik szakaszában másodvetésben zöldtrágyának. A jelentős termésnövekedés annak ellenére bekövetkezett, hogy a talaj humusztartalma csak átlagos volt. A csillagfürttel szimbiózisban élő Rhizobium baktériumok képesek megkötni a légköri nitrogént, melyet az utána következő növény, esetünkben a burgonya, tud majd hasznosítani (Helmeczi, 1991). A nagyobb burgonyatermést a rhizobiumok által megkötött N eredményezte. A csillagfürt jelentőségét kiemeli, hogy jól alkalmazkodó növény, olyan területen is képes szimbiózist kialakítani a gümőképző baktériumokkal, ahol korábban nem termesztették. Msaddak et al. (2023) megállapítása szerint a csillagfürt jó alkalmazkodóképessége a különböző talajokhoz annak köszönhető, hogy a csillagfürt gümő endofitái szimbiotikus géneket tudnak szerezni a Bradyrhizobiumtól eltérő gümőképző baktériumoktól. A csillagfürt a különböző Rhizobium nemzetségekből származó specifikus szimbiotikus gének horizontális átvitelével alakítja ki a szimbiózist.

Kísérletünkben a legnagyobb burgonyatermést istállótrágya és NPK műtrágya kombinációjában értük el (XI.). Kosolapova et al. (2016) megállapítása szerint az istállótrágya és az ásványi műtrágyák együttes alkalmazása humusz felhalmozódáshoz vezetett (2,35%-ról 2,70%-ra). A burgonyatermést az NPK műtrágyák is növelték és növelte az istállótrágya adagjának emelése is. A legnagyobb burgonyatermést a legnagyobb adagú istállótrágya és NPK műtrágya kombinációjában érték el. Az istállótrágya kedvezően befolyásolja a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait. Javítja a talaj szerkezetét, növeli a talaj víz- és tápanyagszolgáltató-képességét. Magas mind a makroelem-, mind a mikroelem-tartalma. A növények számára legfontosabb tápelemeket tartalmazza (Loch és Kiss, 2014). Alakítja a talajéletet. Az istállótrágyával számos baktérium kerül a talajba, azonban ezek közül csak néhány faj éli túl hosszabb időn keresztül a talajviszonyokat. Az istállótrágya hatására a talajban élő mikrobiális közösségek szaporodása intenzívebbé válik, ez okozza a talaj mikrobiális biomaszájának és aktivitásának növekedését, ami segíti a tápelemek felvehetőségét a növények számára (Semenov et al, 2021). Istállótrágya alkalmazásával jelentősen csökkenthető az ásványi trágyák mennyisége. Balemi (2012) 10-30 t/ha istállótrágya kijuttatásával az ajánlott NP műtrágya mennyiségét 33-67%-kal tudta

csökkenti a burgonyatermés szignifikáns csökkenése nélkül. Kiemelte, hogy azok a gazdaságok, melyek állatállománnyal rendelkeznek, az emelkedő műtrágyaárak miatt a műtrágya felhasználás mérséklésével nagy előnyre tehetnek szert a költségek csökkenésével. Ezenkívül a szerves és műtrágyák integrált alkalmazása olyan hosszú távú előnyökkel jár, mint a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak javulása, mely hozzájárul a fenntartható növénytermesztéshez.

A rozstermés

A rozstermés 1-3 t/ha között változott (3. ábra). A rozstermés 1,5 t/ha alatti volt az I., VII. és XV. vetésforgókban és 1,5-2,0 t/ha közötti volt a IV. vetésforgóban. A termés 2,0-2,5 t/ha között alakult a III., V., VI., X., XIII. és XIV. vetésforgókban, míg 2,5 t/ha feletti volt a VIII., IX., XI. és XII. vetésforgókban. A szalmatrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás vetésforgók esetében kettő szakaszban is van rozs a vetésforgó ciklus alatt. Ezek esetében megállapítottuk, hogy a rozstermés a szalmatrágyás+NPK műtrágyás vetésforgók esetében tendenciájában nagyobb volt a vetésforgó ciklus elején lévő rozsszakaszok esetében (/1), mint a vetésforgó ciklus végén lévő rozsszakaszok esetében (/2), míg a másodvetésű zöldtrágyás vetésforgóknál tendenciájában nagyobb rozsterméseket a vetésforgó ciklus végén lévő rozsszakaszokban takarítottunk be a vetésforgó ciklus elején lévő rozsszakaszokhoz viszonyítva. A rozstermés szignifikánsan nagyobb volt a VIII., IX., XI. és XII. vetésforgókban, mint az I., III., IV., VII. és XV. vetésforgókban.



3. ábra. Rozstermés a Westsik vetésforgó kísérletben. Az a-i indexek: Tukey-teszt eredményei. Az eltérő betűk szignifikáns különbséget jelentenek ($p < 0,05$)

A rozstermés egymáshoz hasonló volt abban a vetésforgóban, ahol trágyázást ugyan nem végeztünk, de a talaj háromévente pihentetve volt (I.), mint amelyekben folyamatosan termesztettünk növényeket, de szalmatrágyázást (VII.), vagy másodvetésű zöldtrágyázást (XV.) végeztünk. A rozstermést az istállótrágya jelentősen növelte. A termés az istállótrágyás vetésforgóban, műtrágya nélkül is nagy volt, a műtrágyás vetésforgó kísérletek átlagához hasonlított (X.). A rozstermést az NPK műtrágya jelentősen növelte. A vetésforgók többségében a termés a műtrágyázás hatására 2 t/ha fölé emelkedett. A rozstermés a szalmatrágyás és a zöldtrágyás kezelések között nem különbözött egyértelműen. A két trágyázási módot összehasonlítva tendenciájában kisebb terméseket mértünk a két kisebb adagú szalmatrágyás vetésforgókban (IV., V.), mint a másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban (XII., XIII., XIV.), de a legnagyobb szalmatrágya adagú szalmatrágyás vetésforgó első évi rozstermése (VI/1) nagyobb volt, mint a zöldtrágyás vetésforgók többségében. A rozstermést a szalmatrágya adagja befolyásolhatta. A termés nagyobb volt a nagyobb szalmatrágya adagú kezelésben (VI.), mint a

kisebb szalmatrágya adagú kezelésekben (IV., V.). A rozstermésre hatással lehetett a másodvetésű zöldtrágyának vetett csillagfürt vetési ideje is. Nagyobb volt a termés a korábbi vetésű zöldtrágyás vetésforgóban (XII.), mint a későbbi vetésűek esetében (XIII., XIV.). A rozstermést jelentősen növelte az istállótrágya az NPK műtrágya kombinációjában és a második legnagyobb termést eredményezte (XI.). Gollner et al. (2011) a rozstermés növelésében szintén kiemelte az istállótrágya szerepét. Vizsgálataik szerint az istállótrágyázás több, mint 130%-kal növelte a talaj felvehető foszfor és kálium tartalmát a trágyázatlan kontrollhoz képest. Az istállótrágyázott területen jelentősen nőtt a talaj szervesanyag-tartalma, még az NPK műtrágyás parcellákhoz képest is 96%-kal magasabb volt. Ezek mellett az istállótrágyázott parcellákban, a szervesanyag-tartalom emelkedése következtében nőtt a rozs gyökereiben az arbuszkuláris mikorrhiza gombák általi arbuszkuláris mikorrhiza kolonizáció és nőtt az arbuszkulomok gyakorisága is. Az istállótrágya hosszú távú alkalmazásának következtében az arbuszkuláris mikorrhiza gombák fokozták a tápanyagfelvételt, amely előnye különösen száraz termőhelyi körülmények között mutatkozott meg. Ezek hatására nőtt a terméshozam stabilitása és segítették a fenntartható növénytermesztést.

A rozstermést a csillagfürt gyakoribb termesztése a vetésforgóban még kedvezőbben befolyásolta, mint az istállótrágya, ugyanis a legnagyobb rozsterméseket abban a vetésforgóban értük el, ahol fővetésben és másodvetésben is termesztettünk csillagfürtöt (VIII.). A csillagfürt kedvező elővetemény-hatása elsősorban annak köszönhető, hogy nagy mennyiségű N-t képes megkötni. Sulas et al. (2016) vizsgálata szerint a fehér virágú csillagfürt akár 300 kg/ha N-t is képes fixálni. A megkötött N a csillagfürt egyes szerveiben különböző mértékben raktározódik. A megkötött N nagy része, mintegy 75%-a a magvakban halmozódik fel, 20%-a a szár részekbe kerül, míg a gyökerekben 5% körüli mennyiség található. Megállapításaik alapján a megkötött N-nek 18-65%-a marad a területen, de ez a mennyiség is elegendő ahhoz, hogy jelentősen fokozza az utónövények termését.

Következtetések

A talaj humusztartalmát mintegy duplájára növeltük a nyírségi homoktalajú területen. A talaj humusztartalmát egyaránt befolyásolta a tápanyag-kijuttatás szintje, a vetésszerkezet és a szerves trágyázás. A talaj humusztartalma növekedett a kiegészítő NPK műtrágya hatására. Növekedett a gyakoribb rozstermesztés esetében is és növekedett az erjesztett szalmatrágyázás és az istállótrágyázás hatására is.

A burgonyatermést a szalma-, istálló- és zöldtrágyázás egyaránt növelte. A rozstermést a talaj pihentetése is kedvezően befolyásolta. A talaj pihentetése után termesztett rozs hasonló termést adott, mint szalmatrágyázás, vagy másodvetésű zöldtrágyázás hatására. A rozstermést az istállótrágyázás jelentősen emelte a szalma-, vagy zöldtrágyázáshoz képest. A szerves trágyázás mellett alkalmazott NPK műtrágyázás a burgonyatermést és a rozstermést is jelentősen növelte. Az istállótrágya és az NPK műtrágya kombinációjában takarítottuk be a legnagyobb burgonyatermést és a második legnagyobb rozstermést. A csillagfürt gyakoribb termesztése a vetésforgóban egy átlagos humusztartalom esetében is jelentős termésnövekedést eredményezett. A legnagyobb rozstermést és a második legnagyobb burgonyatermést adó vetésforgóban a csillagfürt magtermesztés céljából és egy másik szakaszában másodvetésben, zöldtrágyának vetve is szerepelt.

Összefoglalás

A Nyírség felszínének alakításában a folyók és a szél egyaránt szerepet játszott. A folyók vastag üledéket raktak le, majd a szél homokot halmozott fel. A nagyrészt homokból, helyenként löszből álló felszínen futóhomok és humuszos homoktalajok képződtek. A homoktalajnak kicsi az agyag- és szervesanyag-tartalma, rossz a szerkezetmegtartó képessége, kevés a hasznosítható vízkészlete, kicsi a természetes tápanyagkészlete, alapvetően alacsony a termékenység. A

homoktalaj termékenységét növelhetjük a talaj szervesanyag-tartalmának emelésével. Publikációnkban vizsgáltuk, hogy a különböző trágyázási módú Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben hogyan alakult a talaj humusztartalma, valamint a rozs- és burgonyatermés. Az 1929-ben létrehozott kísérlet célja a homoktalaj termékenységének növelése. A tápanyag utánpótlása szerves trágyázással (szalma-, istálló- és zöldtrágyázás) és NPK műtrágyázással történt.

A nyírségi homoktalajon létrehozott Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben emelkedett a talaj humusztartalma és növekedett a burgonya- és a rozstermés. A talaj humusztartalmát növelte a tápanyag, a kijuttatott szerves trágya és növekedett a gyakoribb rozstermesztés következtében is. A legnagyobb humusztartalom-növekedést az erjesztett szalmatrágya és NPK műtrágya kombinációjával érték el, de jelentős humusznövelő volt az NPK műtrágyával együtt alkalmazott istállótárgya is. A burgonyatermést a szalma-, istálló- és zöldtrágyázás egyaránt növelte a kontrollhoz képest. A rozstermést a talaj pihentetése kedvezően befolyásolta. A burgonya- és rozstermést az istállótárgya jobban növelte, mint a szalmatrágya, vagy a zöldtrágya. A talaj humusztartalmának növelésével javítottuk a talaj tápanyag- és vízszolgáltató-képességét, melyek eredményeképpen nemcsak fenn tudtuk tartani a talaj termékenységét hosszú időn keresztül, hanem növeltük is.

Kulcsszavak: homoktalaj, szerves trágyázás, burgonya, rozs

Irodalom

- Ángyán J. – Menyhért Z.: 2004. Alkalmazkodó növénytermesztés, környezet- és tárgazdálkodás. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- Balemi, T.: 2012. Effect of integrated use of cattle manure and inorganic fertilizers on tuber yield of potato in Ethiopia. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12 (2), pp. 253-261.
- Bozhinova, R. – Hristeva, T.: 2021. Soil fertility in response to long-term reutilization under the tobacco monoculture system on Rendzic Leptosol in Bulgaria. *Polish Journal of Soil Science* Vol. LIV/1. pp. 59-69.
- Gollner, M.J. – Wagentristl, H. – Liebhard, P. – Friedel, J.K.: 2011. Yield and arbuscular mycorrhiza of winter rye in a 40-year fertilisation trial. *Agron. Sustain. Dev.* 31. pp. 373-378.
- Helmecezi, B.: 1991. Mezőgazdasági mikrobiológia. Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Talajtani és Mikrobiológiai Tanszék, Debrecen.
- Jhangiryan, T. – Hunanyan, S. – Markosyan, A. – Yeritsyan, S. – Eloyan, A. – Barseghyan, M. – Gasparyan, G.: 2024. Assessing the effect of joint application of mineral fertilisers and biohumus on potato yield quality indicators. *Functional Food Science* 4(12) pp. 508-522.
- Kismányoki T.: 2005. Vetésforgó, vetésváltás. [In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztés tan 1. A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék.] Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 26-42.
- Kosolapova, A. – Yamaltdinova, V. – Mitrofanova, E. – Fomin, D. – Teterlev, I.: 2016. Yields of field crops and Sod-podzolic soil fertility of West Ural depending on fertilizer system. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22 (No 3), pp. 381-385.
- Loch, J. – Kiss, Sz.: 2014. Agrokémia. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Loide, V.: 2019. The results of an NPK-fertilisation trial of long-term crop rotation on carbonate rich soil in Estonia. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* Vol. 69, No. 7, pp. 596-605.
- Magdoff, F. – Weil, R.R.: 2004. Soil organic matter management strategies. [In: Magdoff, F. – Weil, R.R. (eds.) *Soil organic matter in sustainable agriculture*] CRC Press, Boca Raton, FL, USA. pp. 45-65.
- Msaddak, A. – Mars, M. – Quinones, M.A. – Lucas, M.M. – Pueyo, J.J.: 2023. Lupin, a unique legume that is nodulated by multiple microsymbionts: the role of horizontal gene transfer. *International Journal of Molecular Sciences* 24, 6496. pp. 1-18.
- Semenov, M.V. – Krasnov, G.S. – Semenov, V.M. – Ksenofontova, N. – Zinyakova, N.B. – Bruggen, A.H.C.: 2021. Does farmyard manure introduce surviving microbes into soil or activate soil-borne microbiota? *Journal of Environmental Management* 294, 113018. pp. 1-11.
- Stefanovits P. – Filep Gy. – Füleky Gy.: 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Sulas, L. – Canu, S. – Ledda, L. – Carroni, A.M. – Salis, M.: 2016. *Scientia Agricola* v. 73., n. 4. pp. 338-346.
- Várallyay Gy.: 2002. Homoktalajok vízgazdálkodásának korlátai. [In: Láng I., Lazányi J., Németh T. (szerk.) *Tartamkísérletek, tájtermesztés, vidékfejlesztés*] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen. pp. 83-90.
- Westsik V.: 1951. Homoki vetésforgókkal végzett kísérletek eredményei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Zhang, N. – Bai, L. – Wei, X. – Li, T. – Tang, Y. – Wen, J. – Peng, Z. – Zhang, Y. – Wang, Y. – Zeng, X. – Su, S.: 2025. Effects of organic material on carbon cycling and soil fertility in paddy soil. *Journal of Environmental Management* 379, 124898. pp. 1-8.

RESULTS OF A CROP ROTATION EXPERIMENT IN THE NYÍRSÉG

István Henzsel ¹, Marianna Makádi ¹, Gyuláné Györgyi ¹, Tamás Sipos ¹, Gabriella Tóth ¹, Csilla Almási ¹, Viktória Orosz ¹, Ibolya Demeter ¹, Edit Kosztyuné Krajnyák ², Zsolt Bogdányi ¹

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

² University of Nyíregyháza, Institute of Engineering and Agricultural Sciences, Department of Agricultural Sciences and Environmental Management, H-4400, Nyíregyháza, Sóstói u. 31/b.
karjnyak.edit@nye.hu

Summary

Sandy soil has a low clay and organic matter content, and fundamentally low fertility. The fertility of sandy soil can be increased by increasing the organic matter content of the soil. In our publication, we examined how the humus content of the soil, as well as the rye and potato yields, developed in the Westsik's crop rotation experiment. The supply of nutrients was done with organic fertilization (straw, farmyard and green manure) and NPK fertilization.

In the Westsik-type crop rotation experiment on the sandy soil of Nyírség, the humus content of the soil increased and the potato and rye yield increased too. The humus content of the soil was increased by nutrients, the applied organic fertilizer and also increased due to more frequent rye cultivation. The greatest increase in humus content was achieved with the combination of fermented straw manure and NPK fertilizer. Straw manure, farmyard manure and green manure increased the potato yield compared to the control. The rye yield was also favorably influenced periodical use of fallow. The potato and rye yield was increased more by farmyard manure than by straw manure or green manure. By increasing the humus content of the soil, we improved the soil's nutrient and water supply capacity, as a result of which we were able to not only maintain the soil's fertility over a long period of time, but also increase it.

Keywords: sandy soil, organic fertilization, potato, rye