

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**MŰTRÁGYÁK ÉS BIOKÉSZÍTMÉNYEK HATÁSA A TALAJ
MIKROBIOLÓGIAI AKTIVITÁSÁRA ÉS TERMÉKENYSÉGÉRE**

Jakab Anita

Témavezető:

Dr. habil. Kátai János
egyetemi tanár



DEBRECENI EGYETEM

**HANKÓCZY JENŐ NÖVÉNYTERMESZTÉSI, KERTÉSZETI ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA**

**DEBRECEN
2014**

1. BEVEZETÉS

Az utóbbi évtizedekben a fenntartható, környezetbarát gazdálkodással a környezeti terhelések csökkenését, az anyag- és energiatakarékos technológiák nagyobb arányú elterjedését figyelhettük meg, mindeközben a globális klímaváltozás következtében fellépő gazdasági károk enyhülése ment végbe. A fenntarthatóság az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők együttes figyelembevételével valósítható meg (VÁRALLYAY, 1997; RUZSÁNYI-PEPÓ, 1999; PEPÓ, 2002).

A környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás gyakorlata során a termelési és környezeti igények összehangolása, a minimális környezeti terhelés, illetve a termőhelyi adottságokhoz való alkalmazkodás élvez prioritást. Termőhely-specifikus trágyázás esetében az optimális adagok alkalmazásával, illetve az alkalmazandó trágyák helyes megválasztásával a túltrágyázás elkerülését segíthetjük elő. Mindezek mellett nem hanyagolható el az okszerű, vagyis a növények tápelem-igényéhez igazodó trágyázás sem. A fokozódó környezeti terhelés; valamint ennek következtében fellépő talajállapot romlás felhívja a figyelmet az ésszerű talajhasználatra, valamint a talajtermékenység növelésének lehetőségére (NÉMETH, 1977; KÁDÁR, 1992; NÉMETH, 1995; ÁRENDÁS et al., 1999).

A tápanyag-utánpótlás nem okszerű alkalmazása esetén negatív hatások kerülhetnek előtérbe, amelyek közvetve a növényi termés csökkenését, a beltartalmi tulajdonságok romlását, valamint a környezetszennyezés (víz- és talajszennyeződés) fokozódását eredményezhetik. Megfelelő mennyiségű és minőségű ásványi tápanyag-utánpótlással a talajok tápanyag-készletének növelését, nagyobb terméshozamok megvalósulását célozhatjuk meg. Mindemellett a szakszerűen végrehajtott műtrágyázás - a talaj termékenységét megőrizve - egészségesebb talajéletet eredményezhet (KÁDÁR, 2011).

Az egyoldalú, nem megfelelő tápanyagarányú,- mennyiségű és minőségű műtrágyázás következtében fellépő negatív hatások, valamint az egyre nagyobb hangsúlyt kapó gazdaságossági szempontok eredményeképpen a biotrágyák mezőgazdasági alkalmazása került egyre fokozódó mértékben előtérbe. A biotrágyák mikroorganizmusokat tartalmazó készítmények, amelyek hatásukat tekintve nem ugyanazzal a mechanizmussal fejtik ki tevékenységüket, de ezekkel kapcsolatosan mégis számos téves nézet ismert. Célszerű ezért összehasonlító vizsgálatokat folytatni a kereskedelmi termékeként kapható néhány biotrágya és a műtrágyák növény-növekedésre és talajtulajdonságokra kifejtett hatására vonatkozóan.

CÉLKITŰZÉSEK

Az utóbbi években egyre gyakrabban alkalmaznak mikrobiológiai oltóanyagokat a mezőgazdasági termelésben; a talajok termékenységének javítására, talajélet serkentésére, növényi termés hozamok növelésére. Azonban a készítmények talaj-növény rendszerben kifejtett komplex hatásairól kevés tudományos adat áll rendelkezésünkre.

- Célul tűztük ki a baktériumtrágyázás (BactoFil A10, EM-1 és Microbion UNC) kontroll, NPK műtrágya, szalmakezelés; önmagukban, illetve műtrágya és növényi maradvány (búzaszalma) jelenlétében kifejtett változásainak vizsgálatát tenyészedényes kísérletben. Megállapítottuk, hogy melyek a készítmények legeredményesebbnek bizonyuló kombinációi, valamint azok miként befolyásolták a talajtulajdonságokat, és a növényi biomassa (angolperje, *Lolium perenne*, L.) mennyiségét.

- Célkitűzésünk volt a műtrágya és gyökérvitalizáló készítmény (Amykor) különböző dózisainak (egyszeres és kétszeres), és a dózisok műtrágyával kombinált kezeléseinek vizsgálata tenyészedényes körülmények között. Kiemeltük a leghatékonyabb kezeléseket, azon belül a gyökérvitalizáló optimális dózisait és kezeléskombinációit a vizsgált talajtulajdonságok, illetve a vöröshagyma (*Allium cepa*, L.) teszt növény biomasszája alapján.

- Célul tűztük ki szabadföldi kisparcellás kísérletekben az Amykor készítmény különböző dózisainak (egyszeres és háromszoros dózis), illetve eltérő kijuttatási módjainak (vetéssel egy időben - vetőmaggal együtt kijuttatva; és a talaj felső 20 cm-es rétegébe bedolgozva), valamint a kukorica (*Zea mays*, L.) fejlődésére gyakorolt kedvező hatásainak megállapítását.

Kutatásaink során arra törekedtünk, hogy komplexebb eredményt kapjunk a készítmények a talajkémiai, -mikrobiológiai tulajdonságairól, valamint, az alkalmazott teszt növények biomasszájára kifejtett hatásairól. Célkitűzésünk között szerepelt, hogy laboratóriumi vizsgálatokkal mérjük az egyes talajkémiai tulajdonságokat, így a kémhatást, a NO₃--N tartalmat, és az ammónium-laktát oldható foszfor- és kálium-tartalmat. A talajban élő mikroorganizmusok populáció dinamikájának követésére megállapítsuk az összes-, az aerob cellulózbontó és nitrifikáló baktériumok, valamint a mikroszkopikus gombák mennyiségét. A talajok mikrobiológiai aktivitásának nyomon követése érdekében meg kívántuk határozni a talajlégzés mértékét, a mikrobiális biomassa-C mennyiségét, a nitrát feltáródást, valamint az ureáz, a szacharáz, a kataláz, a foszfatáz és a dehidrogenáz enzimek aktivitását. Tenyészedényes kísérletben mérni kívántuk az angolperje és a vöröshagyma

biomasszáját, valamint szabadföldön a kukorica levélterületét, és bizonyos termésmutatókat (csőhosszúság, szem/cső%, ezerszemtömeg, betakarításkori termés mennyisége, nedvességtartalma, hektoliter tömege).

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A műtrágya és baktériumtrágyák hatásainak vizsgálata

2.1.1. A tenyészedényes kísérletek

A DE MÉK Agrokémiai és Talajtani Intézet tenyészedényházában 2010-2013 között tenyészedényes kísérleteket állítottunk be 3 különböző baktériumtrágya hatásának vizsgálatához. A kísérletet minden évben Debrecen-Látóképről származó mészlepedékes csernozjom talajon végeztük. A kísérletben alkalmazott tesztnövény minden évben angolperje (*Lolium perenne*, L.) volt.

2.1.2. A tenyészedényes kísérletben alkalmazott kezelések

A baktériumtrágyákat vizsgáló tenyészedényes kísérletben alkalmazott kezeléseket az 1. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat A műtrágya-baktériumtrágya kísérlet kezelései (2010-2013)

Kezelés	Alapkezelés	Baktériumtrágya
1	Kontroll (Kezeletlen)	0
2	NPK*	0
3	Szalma	0
4	0	BactoFil A10
5	NPK	BactoFil A10
6	Szalma	BactoFil A10
7	0	EM-1
8	NPK	EM-1
9	Szalma	EM-1
10	0	Microbion UNC
11	NPK	Microbion UNC
12	Szalma	Microbion UNC
*NPK: N=NH ₄ NO ₃ , P=KH ₂ PO ₄ , K=K ₂ SO ₄ + KH ₂ PO ₄		

A kísérletben kontroll-, NPK műtrágya-, valamint szalmakezelést alkalmaztunk, amelyeket bizonyos kombinációkban, három különböző baktériumkészítménnyel (BactoFil A10, EM-1, Microbion UNC) egészítettünk ki. Az edényeket naponta a szabadföldi vízkapacitás 60%-ára öntöttük, tömeg-kiegészítés alapján. A kísérlet időtartama a kelés kezdetétől számított 8 hét, mely után mintavételre került sor. A kísérletben alkalmazott 12

kezelést véletlen blokk elrendezésben, 3 ismétlésben állítottuk be, amely összesen 36 tenyészedényt jelentett.

A műtrágyakezelésben a nitrogént NH_4NO_3 (0,2857 g edény⁻¹), a foszfort KH_2PO_4 (0,1915 g edény⁻¹), a káliumot pedig KH_2PO_4 (0,1915 g edény⁻¹) és K_2SO_4 formájában (0,0625 g edény⁻¹) adagoltuk ki, edényenként 20 cm³ oldatban. A szalmás kezelések esetén 3 g aprított búzaszalmát kevertünk edényenként a talajba, amely 7 t ha⁻¹ értéknek felelt meg. A BactoFil A10 és EM-1 baktériumtrágyákat hígítva kevertük a talajhoz, edényenként 20 cm³ BactoFil A10-et és 15 cm³ EM-1-et. A szilárd halmazállapotú Microbion UNC baktériumtrágyából 0,01 g mennyiséget alkalmaztunk edényenként. A baktériumkészítmények alkalmazott dózisa a szántóföldi ajánlás kétszeresének felelt meg.

2.1.3. Az alkalmazott készítmények jellemzése

A kísérletben BactoFil A10, EM-1, Microbion UNC mikrobiológiai készítményeket alkalmaztunk. A készítmények könnyebb összehasonlíthatósága érdekében azok mikrotörzseit a 2. táblázatban mutatjuk be.

2. táblázat A műtrágya-baktériumtrágya kísérletben alkalmazott baktérium készítmények fontosabb mikrotörzsei

Mikroba	BactoFil A10	EM-1	Microbion UNC
<i>Azospirillum sp.</i>	+	n.a.	+
<i>Azotobacter vinelandii</i>	+	n.a.	+
<i>Bacillus megatherium</i>	+	n.a.	+
<i>Bacillus sp.</i>	+	n.a.	+
<i>Streptomyces albus</i>	+	+	+
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	-	+	+
Egyéb mikroszervezet	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Rhodospseudomonas sp.</i> , <i>Lactobacillus sp.</i> , <i>Propionibacterium sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Mucor sp.</i> , <i>Candida sp.</i> <i>Stb.</i>	<i>Clostridium sp.</i> , <i>Rhodobacter sp.</i> , <i>Lactobacillus sp.</i> , <i>Trichoderma sp.</i>
n.a.- nincs adat			

- A **BactoFil® A10** egyszikű növények termesztésénél alkalmazható baktériumtrágya. Alkalmazása Hu%>1 területeken ajánlott hektáronként 1 liter ha⁻¹ adagban, 200-400 liter ha⁻¹ öntözővízzel, 5°C feletti talajhőmérsékletnél.

- Az **EM-1** mikrobiológiai készítmény összes sejtszáma 5*10⁸ db cm⁻³, amelyben több mint 80 törzs található. A folyékony mikrobiológiai oltóanyag szabadföldi és kertészeti

kultúráknál alkalmazható kijuttatandó dózisa: 30-50 l ha⁻¹ (vetés előtt, illetve vetéskor bedolgozva).

- A **Microbion UNC** szilárd mikrobiológiai készítmény. Az ajánlott kijuttatandó dózis szántóföldi és kertészeti kultúrák esetében 1,5-3 kg ha⁻¹.

2.1.4. Mintavételezés: talaj- és növényi minták gyűjtése

A növénymintákat a talajfelszín felett 2 cm-rel vágtuk le és edényenként gyűjtöttük össze (4. és 8. héten). A 8. hét után minden edényből talajmintát is vettünk. A perje levágása után az edényeket kiborítottuk, a gyökérzet eltávolítása után a talajmintákat gondosan homogenizáltuk, szárítottuk, majd 2 mm-es lyukbőségű szitán átszitáltuk. Edényenként az összes talajt laboratóriumba vittük. A talajmikrobiológiai vizsgálatokig 5°C-on hűtőszekrényben tároltuk. A mikrobiológiai vizsgálatok elvégzését követően a talajmintákat légszáraz állapotúra szárítottuk, majd ismét szitáltuk, homogenizáltuk. A kísérletekben alkalmazott talajok legfontosabb tulajdonságait a 3. táblázatban mutatjuk be.

3. táblázat A műtrágya és baktériumtrágya kísérletekben alkalmazott talajok fontosabb tulajdonságai (2010-2013)

Paraméterek	Tenyészevek			
	2010	2011	2012	2013
K _A	38	37,5	40	40
Li%	51	50	45	50
Hu%	2,4	2,8	2,8	3,0
pH _{H2O}	6,6	6,6	7,2	6,9
pH _{KCl}	5,5	5,5	6,2	6,1
AL-P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	140	312	150	106
AL-K ₂ O (mg kg ⁻¹)	316	360	240	200

2.1.5. Talajminták vizsgálatának laboratóriumi módszerei

2.1.5.1 Talajfizikai vizsgálatok

A talajminták fizikai vizsgálatai közül mértük a kísérlet felszámolásakor azok *nedvesség-tartalmát* (RAJKAI, 1993), a *leiszapolható részek* mennyiségét (Li%), valamint az *Arany-féle kötöttségi számot* (K_A) (VÁRALLYAY, 1993).

2.1.5.2. Talajkémiai vizsgálatok

A talajkémiai vizsgálatok közül mértük a légszáraz talajból készített 1:2,5 arányú talaj:víz és talaj:1M KCl szuszpenzió *kémhatását* (BUZÁS, 1988). Kolorimetriás módszerrel mértük a talaj *humusz-tartalmát* (BUZÁS, 1988). A talaj *NO₃⁻-N tartalmát* FELFÖLDY (1987) módszerével határoztuk meg, valamint 37°C-on termosztátban

beállított érlelési kísérletben mért nitrát-nitrogén tartalom ismeretében megállapítottuk a *nitrát-feltáródás mértékét*. A talaj *ammónium-laktát (AL) oldható és kálium* tartalmát MSZ 20135:1999 alapján határoztuk meg.

2.1.5.3. Talajmikrobiológiai vizsgálatok

A talajok mikrobiológiai jellemzői közül az *összes-baktériumszámot* (húsleves táptalajon), *mikroszkopikus gombák* (pepton-glükóz táptalajon) mennyiségét hígítási sor elkészítésével, lemezöntéses módszerrel (SZEGI, 1979) határoztuk meg. POCHON-TARDIEUX (1962) szerint meghatároztuk az *aerob cellulózbontó és nitrifikáló baktériumok* mennyiségét. A *talajlégzés mértékét* a 10 napos inkubáció ideje alatt felszabaduló CO₂ tartalom NaOH-csapdázásával mértük (WITKAMP, 1966). A *mikrobiális biomassza-C mennyiségét* (CFI) JENKINSON-POWLSON (1976) kloroform fumigációs-inkubációs módszerével állapítottuk meg.

2.1.5.4. Enzimvizsgálatok

A biológiai folyamatok jellemzésére a talajok enzimaktivitásának meghatározása is segítséget nyújthat. A talajok *ureáz és szacharáz* aktivitását SZEGI (1979) szerint, *kataláz* aktivitását KUPREVICS-SCSERBAKOVA (1956) alapján, a *foszfatáz* enzim aktivitását KRÁMER-ERDEINÉ (1958), míg a *dehidrogenáz* enzim mérését MERSI-SCHINNER (1991) módszere szerint végeztük.

2.1.6. A növényi biomassza mérése

2.1.6.1. Zöldtömeg- és szárazanyag meghatározása

Mértük az angolperje *zöld /nedves/ tömegét*. A perje edényenkénti *száraz tömegét* először levegőn, majd 50°C-on tömeg-állandóságig szárítással határoztuk meg. Az értékek ismeretében kiszámítottuk a *szárazanyag-és a nedvesség-tartalom* arányát (%) is (LOCH et al., 2003).

2.2. A műtrágya és a mikorrhiza oltóanyag hatásainak vizsgálata

2.2.1. Hatásvizsgálat tenyészedényes kísérletben

A tenyészedényes kísérletet a DE MÉK Agrokémiai és Talajtani Intézet tenyészházában állítottuk be Debrecen-Pallagról származó humuszos homoktalajon, vöröshagyma (*Allium cepa*, L.) tesztnövényvel. Mérési eredményeink alapján a gyengén

savanyú, homok fizikai talajféleségű kísérleti talaj nitrogénnel és foszforral gyengén, káliummal jól ellátott. A fontosabb talajtulajdonságokat a 4. táblázatban szemléltetjük.

4. táblázat Az alkalmazott homoktalajok fontosabb paramétereit

Paraméterek	Tenyészedések	
	2012	2013
K_A	<30	<30
Li%	9	10
Hu%	1%	1,2%
pH_{H_2O}	6,3	6,0
pH_{KCl}	5,8	5,3
AL- P_2O_5 (mg kg ⁻¹)	160	240
AL- K_2O (mg kg ⁻¹)	250	200

A kísérletek beállítása az első évben 2012. június 5-én, a második évben 2013. május 2-án történtek. A tenyészedényekbe 1,35-1,35 kg légszáraz talajt mértünk be az első évben, második évben az előző évből megmaradt talajokat a kezeléseknek megfelelően visszaforgattuk, és kiegészítettük az adott tömegre. Edényenként 2-2 vöröshagyma dugványt ültettünk el. A tenyészedényeket a VK_{SZ} 70%-ig történő tömegkiegészítés alapján öntöztünk minden nap, a dugványok csírázását követően (ettől számítva 4 hét volt a kísérlet időtartama). A kísérletben alkalmazott kezeléseket az 5. táblázatban szemléltetjük.

5. táblázat A műtrágya és Amykor kísérletben alkalmazott kezelések (2012-2013)

	Kezelések	
	2012	2013
1	Kezeletlen (kontroll)	Kezeletlen (kontroll)
2	NPK műtrágya	NPK műtrágya
3	Amykor (1x dózis)	Amykor (1x dózis)
4	NPK műtrágya + Amykor (1x)	NPK műtrágya + Amykor (1x)
5	Amykor (2x dózis)	Amykor (2x dózis)
6	NPK műtrágya + Amykor (2x)	NPK műtrágya + Amykor (2x)
7	-	Amykor 2 (1x dózis)
8	-	NPK műtrágya + Amykor 2 (1x)
9	-	Amykor 2 (2x dózis)
10	-	NPK műtrágya + Amykor 2 (2x)

A műtrágyakezelésben alkalmazott NPK műtrágya összetétele a műtrágya és baktériumtrágya kezeléseknél alkalmazott NPK műtrágyáéval megegyező. A műtrágyát a talajokhoz alapos keverés mellett oldat formájában (20 cm³ edény⁻¹) adagoltuk, odafigyelve a homogenizálásra. Az Amykor 1 gombakészítményt 10 és 20 cm³ edény⁻¹, azaz növényenként 5-5 és 10-10 cm³ hagyma⁻¹ mennyiségben alkalmaztuk. Az Amykor 2 gombakészítményt 5 és 10 cm³ edény⁻¹, azaz növényenként 2,5-2,5 és 5-5 cm³ hagyma⁻¹ mennyiségben juttattuk ki. Az Amykor mennyiségeket előre kimérve, a hagyma

dugványnak kialakított lyukba öntöttünk, melyre a dugványokat, majd földet helyeztünk. A kijuttatott dózisok a szántóföldi és kertészeti kultúrákban javasolt értékeknek felelnek meg.

Az **Amykor 1** mikrobiológiai oltóanyag egy expandált agyagásvány (perlit) felszínére felvitt gombaspórákat (*Glomus intraradices* AM-27 mycorrhiza gomba) tartalmazó készítmény. A termék makroelemeket a következő mennyiségben tartalmaz (m/m%): N>0,4; P₂O₅>0,3; K₂O>0,2. Az **Amykor 2** készítmény egy szabadalmazás alatt álló gombakészítmény, melynek gombatorzse az Amykor 1 készítménnyel azonos. Különbség a két készítmény között a kijuttatandó dózisban is volt.

A kísérlet végén (2012. július 10., 2013. június 11.) elsőként a *hagyma föld feletti hajtásának* a hagymafej felett 1 cm-rel történő levágásával kezdtük. A *hagyma föld alatti részeit* a talajból óvatosan, az edény talajának átszitálását követően gyűjtöttük össze, szitáláskor vigyázva a gyökerek épségére. Ezután az átszitált talajokból edényenként mintákat vettünk, melyeket külön-külön dobozolva, további laboratóriumi célból 5°C-on hűtőben tároltunk. A hagyma föld feletti részeinek nedvesség-tartalmát 50°C-on tömeg-állandóságig történő szárítással határoztuk meg. A kísérletet véletlen blokk elrendezésben állítottuk be, kezelésként három ismétlésben. A talajmintákból mértük az *Arany-féle kötöttséget* (K_A), *leiszapolható részek arányát* (%), *kémhatást* (vizes és 1M KCL szuszpenzió), *NO₃⁻-N tartalmat*, *AL-oldható P₂O₅ és K₂O mennyiségeket*, *humusztartalmat*, *szerves C%-ot*, *összes-baktériumszámot*, *mikroszkopikus gombák mennyiségét*, *cellulóz-bontó és nitrifikáló baktériumok mennyiségét*, *ureáz és foszfatáz enzim aktivitásokat*.

2.2.2. Hatásvizsgálat szabadföldi kispárcellás kísérletben

A kispárcellás kísérletet Debrecen-Látóképen állítottuk be mészlepedékes csernozjom talajon, kukorica (*Zea mays*, L.) tesztnövényvel 2011-ben és 2012-ben. A kísérlet talaja az alábbi jellemzőkkel rendelkezett: K_A : 37,5; leiszapolható rész: 51%; pH_{KCl} : 5,5; pH_{H_2O} : 6,6; Hu%: 2,8; AL-P₂O₅: 140 mg kg⁻¹; AL-K₂O: 316 mg kg⁻¹. Mérési eredményeink alapján a gyengén savanyú, vályog fizikai féleségű kísérleti talaj nitrogénnel és foszforral közepesen, káliummal jól ellátott. A kukorica vetése: 2011. április 28-án történt és 2012. május 15-én történt. A parcellák mérete: 45,6-45,6 m² (10 m*4,56 m). A parcellánként 6 sor kukoricát vetettünk el (~4,56 m parcella⁻¹). A kísérletben alkalmazott kezeléseket a 6. táblázatban szemléltetjük.

6. táblázat Az Amykor szabadföldi kísérletben alkalmazott kezelések (2011 és 2012)

Kezelések		
	2011*	2012*
1	Kezeletlen/Kontroll	Kezeletlen/Kontroll
2	200 kg ha ⁻¹ NPK műtrágya	200 kg ha ⁻¹ NPK műtrágya
3	Amykor 200 kg ha ⁻¹ (egyszeres koncentráció, 0-20cm-es termőrétegbe dolgozva)	-
4	Amykor 600 kg ha ⁻¹ (háromszoros koncentráció, 0-20cm-es termőrétegbe dolgozva)	-
5	Amykor 150 kg ha ⁻¹ (egyszeres koncentráció, maggal egy időben kijuttatva)	Amykor 150 kg ha ⁻¹
6	Amykor 450 kg ha ⁻¹ (háromszoros koncentráció, maggal Egy időben kijuttatva)	Amykor 450 kg ha ⁻¹

* A parcellákra egységesen 200 kg ha⁻¹ NH₄NO₃ műtrágyát juttattunk ki.

A kisparcellás kísérletben 2011-ben 6 különböző kezelést alkalmaztunk, 2012-ben ezt lecsökkentettük 4 kezelésre. A kezeléseket 4 ismétlésben, randomblokk elrendezésben állítottuk be, ami összesen 24 (2011-ben) és 16 (2012-ben) parcellát jelentett. A kísérleti terület (minden parcella) vetés előtt 200 kg ha⁻¹ N műtrágyát kapott (NH₄NO₃ formájában, 68 kg N hatóanyagának megfelelő mennyiségben). A kezelésekből NPK műtrágya és Amykor oltóanyag (tenyészedényes kísérletben alkalmazott, előzőekben ismertetett összetételű gombakészítmény) különböző dózisait alkalmaztuk. A kísérletben alkalmazott kukorica hibrid mindkét évben *MV Tarján* volt, mely egy FAO 380-as, korai érésű, lófogú szemeskukorica.

A kísérletekben mindkét tenyészévben 2-2 alkalommal vettünk talajmintát. Az első talajmintavétel a címerhányás időszakában (csírázástól számított 65-75. napon), a második a kísérlet végén (fekete réteg kialakulásakor) történt. A talajmintavételezések parcellánként pontszerűen történtek, véletlenszerű kiválasztásban. Parcellánként 8-8 pontmintát vettünk, melyeket steril polietilén zacskókba helyeztünk, és a laboratóriumi vizsgálatokig 5°C-on hűtőszekrényben tároltuk. A mintavételezések az I. és III. parcella kezeléseiből történtek. A talajmintákból mértük a *talaj nedvesség-tartalmát* (%), *kémhatását* (pH_{H2O} és pH_{KCl}), *nitrát-nitrogén* tartalmát és *nitrát-feltáródás mértékét*. Meghatároztuk az *AL-oldható kálium és foszfor tartalmát*, *összes-baktériumszámot*, mikroszkopikus gombák mennyiségét, *talajlégzés mértékét*, *ureáz és foszfatáz enzim aktivitásokat*.

Minden parcellában kijelöltünk a parcellák 3. sorából a 6-10. növényeket, melyek paramétereit tanulmányoztuk. Címerhányás időszakában mértük a *kukorica levélterületi indexét* (LAI m² m⁻²). A „fekete réteg” kialakulásakor a kukorica betakarítására és a második talajmintavételre került sor. Ekkor meghatároztuk a *csőszámot* (db), *csőhosszúságot* (cm), *szem/csutka és szem/cső arányokat* (%), *az ezerszemtömeget* (g),

valamint a növény tömegét (g). Betakarításkor mértük a *termés mennyiségét* (kg parcella⁻¹), a *termés nedvesség-tartalmát* (%) és *hektoliter tömegét* (kg hl⁻¹).

2.3. Az eredmények statisztikai értékelése

A kapott adatok statisztikai elemzését AYDINAPL et al. (2010) statisztikai adatelemzésének *varianciaanalízisével* végeztük, amelyben meghatároztuk az 5%-os *szignifikáns differencia* értékeket (SzD_{5%}), *átlagértékeket* és a variációs koefficiens (*CV%-relatív szórás*) értékeit. A műtrágya és baktériumtrágya kísérletek eredményeinek értékelésekor a műtrágya, szalma és baktériumtrágya kezeléseket a kontrollhoz, a kombinált NPK+Baktériumtrágya átlagértékeket az NPK műtrágya, a Szalma+Baktériumtrágya kezeléseket a búzaszalma kezelés értékeihez viszonyítottuk. A műtrágya és Amykor tenyészedényes és szabadföldi kísérletek átlagértékeit minden esetben a kontrollhoz (kezeletlen) viszonyítottuk.

Az eredmények közötti összefüggések vizsgálatához az MS OFFICE Excel statisztikai adatelemzésének korreláció és regresszió-analízisét alkalmaztuk, melyben meghatároztuk a kezelések és a vizsgált paraméterek közötti kapcsolatok jellegét, megállapítottuk a korrelációs koefficiens (r) értékét, valamint a regressziós együtthatót (r²) (SVÁB, 1967).

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELELÉSÜK

3.1. Tenyészházi kísérletek eredményei

3.1.1. A műtrágya és baktériumtrágya tenyészedényes kísérlet eredményei

A műtrágya és baktériumtrágya kísérletek legfontosabb vizsgálati eredményeinél bemutatjuk a kezelések a talaj egyes kémiai és -mikrobiológiai paramétereire kifejtett hatásait - értékelésünket évenkénti felosztásban (2010-2013) végeztük el. A kísérletek eredményeinek értékelésekor a műtrágya, szalma és baktériumtrágya kezeléseket a kontrollhoz, a kombinált NPK+Baktériumtrágya átlagértékeket az NPK műtrágya, a Szalma+Baktériumtrágya kezeléseket a búzaszalma kezelés értékeihez viszonyítottuk.

A **talajfizikai paraméterek** közül a *kontroll talajokból* minden évben mértük az Arany-féle kötöttséget (K_A), nedvesség-tartalmat (%) és a leiszapolható részek arányát (%). Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy az alkalmazott talajok az alaptulajdonságaik alapján minden évben semleges, illetve gyengén savanyú kémhatású, vályog fizikai féleségű, nitrogénnel és foszforral közepesen, káliummal jól ellátott mészlepedékes csernozjom talajok voltak.

A **talajok kémiai tulajdonságai**, így a pH_{KCl} , illetve NO_3^- -N, AL- P_2O_5 és AL- K_2O tartalmak a kísérlet végén mért átlagértékekben a kontrollkezeléshez képest a *műtrágyázott edényekben* a legtöbb vizsgált paraméternél szignifikáns csökkent; a kémhatás csökkent, és a növényi felvétel következtében a tápelemek mennyisége szignifikánsan csökkent. A *szalmakezelés* összességében a legtöbbször növelte a talaj pH értékét, illetve hatására nőtt a felvehető tápelemek mennyisége. A *baktériumtrágyák* önmagukban, illetve *műtrágya és szalmakezeléssel* kombinált kezeléseikben pozitívan befolyásolták a talajok tápelem-tartalmát. A nitrát-tartalomban az NPK+BactoFil A10 és EM-1, a könnyen felvehető foszfor mennyiségében a szalma és NPK+Microbion UNC, a könnyen felvehető kálium mennyiségében az NPK és a szalma+baktériumtrágya kombinációk mellett tapasztaltunk növekedést.

A **talaj mikrobiológiai tulajdonságainál** a *műtrágyakezelés* hatására szinte minden évben tapasztaltunk szignifikáns mikrobaszám növekedést. A kezelés leginkább az összes-baktériumszámot fokozta. A *szalma* kijuttatása a cellulózbontók mennyiségét növelte leginkább, de egyes esetekben, a mikroszkopikus gombaszámban is eredményezett pozitív változásokat. Az *összes-baktériumszámot* az NPK és Microbion UNC kezelések növelték. A *cellulózbontó baktériumok* mennyiségére az EM-1, szalma+EM-1 és Microbion UNC kezelések, a *nitrifikáló baktériumszámra* a BactoFil A10 és az NPK+Baktériumtrágya kombinációk hatottak leginkább. A *mikroszkopikus gombáknál* a Szalma+BactoFil A10, EM-1 és NPK+EM-1 kezelések serkentő hatását igazoltuk. Az **inkubációs nitrát** tartalmat az NPK+Microbion UNC és szalma+Microbion UNC kezelések növelték statisztikailag igazoltan. A **talajlégzésre** serkentőleg hatottak az NPK+baktériumtrágya kombinációk. A mikroszervezetek számának növekedése és a kijuttatott műtrágya fokozta a talaj CO_2 kibocsátását.

A **talajok enzimaktivitásait** vizsgálva megállapítottuk, a *műtrágyakezelés* leginkább a foszfatáz enzim aktivitását fokozta, a többi vizsgált enzim aktivitásában főként szignifikáns csökkenést eredményezett. A *szalma kijuttatása* mellett a kísérlet végén az ureáz és esetenként a foszfatáz aktivitása fokozódott. A kezelések közül az ureáz enzim aktivitására a szalma+Microbion UNC, a szacharáz enzim aktivitására az NPK+EM-1 kombinációk hatottak pozitívan. A kataláz aktivitását az NPK+baktériumtrágya kombinációk serkentették. A Microbion UNC baktériumtrágya és annak műtrágyával és szalmával kombinált kezelése fokozták a talaj foszfatáz enzim aktivitását. Az NPK+EM-1 kezelés növelte a dehidrogenáz aktivitását.

A vizsgált **növényi paramétereknél** összefoglalóan megállapítottuk, hogy az angolperje *száraztömegét, szárazanyag- és nedvesség-tartalmát* az alkalmazott

kezeléskombinációk a legtöbb évben statisztikailag igazolhatóan befolyásolták. Az alkalmazott kezelések közül leginkább az *NPK kezelés* emelkedett ki, mely minden évben szignifikáns termésnövekedést eredményezett. A *szalmakezelésű* edényekben a legtöbbször biomassza csökkenést tapasztaltuk. A *baktériumtrágyák* önmagukban nem, míg *kombinált* kezeléseiknél a negatív hatások mérséklését eredményezték.

A készítmények közül a Bactofil A10 leginkább NPK műtrágyával kombináltan, az EM-1 önmagában, míg a Microbion UNC szalmával együtt eredményezett statisztikailag igazolható változást. A *szalma+baktériumtrágya* kombinált kezelésű edényeknél legtöbbször csökkenést tapasztaltunk.

3.2. A műtrágya és mikorrhiza oltóanyag kísérlet eredményei

3.2.1. A tenyészedényes kísérlet eredményei

A műtrágya és Amykor gyökérvitalizáló készítménnyel beállított tenyészedényes kísérlet eredményeinek értékelésekor az Amykor kezeléseket a kontrollhoz, az Amykor műtrágyával kombinált kezeléseit a kontrollhoz és az NPK műtrágyakezeléshez viszonyítjuk.

A **talajfizikai paraméterek** közül mértük a *kontroll* talajok Arany-féle kötöttségét (K_A), nedvesség-tartalmát (%) és a leiszapolható részek arányát (%). Mérési eredményeink alapján megállapítottuk, hogy kontroll talajaink minden évben gyengén savanyú kémhatású, homok fizikai féleségű, nitrogénnel és foszforral gyengén, káliummal közepesen ellátott humuszos homoktalaj volt.

A **talajok kémiai tulajdonságairól** összefoglalóan elmondható, a kísérlet végén mért értékekben a kontrollkezeléshez képest a *műtrágyázott edényekben* a vizsgált paramétereknél szignifikáns növekedést határoztunk meg; a kémhatás a műtrágya savanyító hatása következtében csökkent. Az *Amykor 1 kezelés dózisa* (1x és 2x) a legtöbbször növelték a talaj pH értékét, illetve hatásukra nőtt a felvehető tápelemek mennyisége is. Az *Amykor 1 műtrágyával kombinált kezelése* (1x és 2x dózis) a kontrollhoz képest kismértékben csökkentették a kémhatást, és egyes tápelemek (különösen a kálium) mennyiségét növelték a kísérlet végén. Az *Amykor 2 kezelés dózisa* (egyszeres és kétszeres) a kémhatás kismértékű savanyodását, a könnyen felvehető tápelemek (nitrát és kálium) mennyiségének növekedését eredményezték. Az *Amykor 2 kezelés műtrágyával kombinált dózisa* (egyszeres és kétszeres) a kémhatás javulását, illetve a felvehető tápelemek mennyiségének növekedését eredményezték. A *nitrát-tartalmat* az *Amykor 2 készítmény dózisa* és kombinációi, a *könnyen felvehető foszfort* az *NPK+Amykor 1* (1x és

2x) kombinációi, a *könnyen felvehető káliumot* az Amykor 1 és 2 2x dózisa növelték statisztikailag igazolható mértékben.

A **talajmikrobiológiai** tulajdonságoknál a kísérlet végén mért átlagértékek alapján megállapítottuk; a *műtrágyázott edényekben* a nitrifikáló baktériumok mennyiségében szignifikáns növekedést mértünk, a cellulózbontó baktériumok, valamint a mikroszkopikus gombák száma ezzel egyidejűleg csökkenést mutatott. Az *Amykor 1 kezelés dózisa* (1x és 2x) a statisztikailag igazolhatóan növelték az összes-baktériumszámot, illetve a cellulózbontó baktériumok mennyiségét. Az *Amykor 1 műtrágyával kombinált kezelése* (1x és 2x dózis) a kontrollhoz képest a nitrifikáló baktériumok mennyiségét serkentették a leginkább. Az *Amykor 2 kezelés dózisa* (egyszeres és kétszeres) és *műtrágyával kombinált dózisaik* az összes-baktériumszámot pozitívan befolyásolták.

Az **enzimaktivitások** közül az *ureáz* enzimre a műtrágyázás pozitívan hatott, a *foszfatáz* aktivitását az Amykor 2 dózisa és kombinációi csökkentették szignifikáns mértékben.

A készítmények alkalmazásával alátámasztottuk a kezelések talajtani paraméterekre kifejtett pozitív, esetenként (ritkábban) negatív hatásait. Az alkalmazott készítmények közül az *Amykor 1 dózisa* és *kombinációit* ajánljuk, hasonló ellátottságú, gyenge tápelem-szolgáltató képességű homoktalajokon.

A **vöröshagyma terméseredményeit** összegezve megállapíthatjuk, hogy az alkalmazott kezelések közül a *hagyma föld feletti mutatóinál* leginkább az NPK és az Amykor 1 dózisa és kezeléskombinációi eredményeztek szignifikáns változásokat. A *föld alatti részek* zöld tömegét az Amykor 1 2x és annak műtrágyával kombinált kezelése növelte. A *vöröshagyma* edényenként összesített nedves *biomasszájának* átlagértékeinél az Amykor 1 műtrágyával, és az Amykor 2 1x kezelése bizonyultak kedvezőbbnek. Az alkalmazott készítmények közül a *hajtásnövekedés* szempontjából az Amykor 1 készítmény, a *föld alatti mutatók* tekintetében az Amykor 2 készítmény alkalmazása javasolt.

3.2.2. Szabadföldi kísérlet eredményei

A műtrágya és Amykor gyökérvitalizáló készítménnyel beállított szabadföldi kisparcellás kísérletekben talajtani paraméterek, valamint a növényi biomassza az alkalmazott kezelések hatására bekövetkező változásait mutatjuk be (Debrecen-Látókép, 2011-2012).

A **talajfizikai paraméterek** közül mértük a kontroll parcellák talajainak Arany-féle kötöttségét (K_A), nedvesség-tartalmát (%) és a leiszapolható részek arányát. Mérési eredményeink alapján megállapítottuk, hogy minden évben gyengén savanyú kémhatású, vályog fizikai féleségű, enyhén kilugzott, nitrogénnel és foszforral közepesen, káliummal jól ellátott mészlepedékes csernozjom talajt alkalmaztunk.

A **talajkémiai paraméterek** közül a *műtrágyázás* és az *Amykor 0-20 cm-es* talajrétegbe bedolgozott kezelések dózissai nitrát-tartalmat, a *vetéssel egy időben kijuttatott Amykor kezelések dózissai* az AL-oldható foszfor és kálium-tartalmat befolyásolták leginkább. A tápanyagok mennyisége szempontjából az *Amykor 1x dózis (vetéssel egy időben kijuttatott)* alkalmazását ajánljuk.

A **mikrobiológiai paraméterek** tekintetében; az összes-baktériumszámot és a mikroszkopikus gombák mennyiségét az *Amykor (0-20 cm) dózissai* serkentették leginkább. A **nitrát-feltáródásnál** az *NPK műtrágyázás* eredményezett szignifikáns csökkenést. Az **enzimaktivitások** közül az ureáz enzimre az *Amykor (0-20 cm) dózissai* gátlón, a foszfatáz aktivitására az *Amykor vetéssel egy időben kijuttatott dózissai* pozitívan hatottak.

A **kukorica levélterületi indexét** a *műtrágya és Amykor vetéssel egy időben kijuttatott dózissai* szignifikánsan növelték. A **csőszámot** az *Amykor 1x (0-20 cm bedolgozva)* pozitívan, a **csőhosszúságot** az *Amykor 1x (vetéskor kijuttatott)* kezelés kismértékben növelte. A kukorica **szem/cső (%)** a *műtrágyázással* csökkent. Az **ezerszemtömeget** (g) *Amykor 1x (0-20 cm bedolgozva)* növelte. A betakarításkori **termés mennyiségét** (kg parcella^{-1}) az *Amykor (0-20 cm bedolgozott) dózissai* növelték statisztikailag igazolható mértékben, ugyanakkor a termés **nedvesség-tartalmát (%)** csökkentették. A **hektoliter tömegnél** (kg hl^{-1}) *Amykor vetéssel egy időben kijuttatott dózissai* növekedést eredményeztek.

A készítmények közül a legtöbb vizsgált mutató tekintetében az *Amykor vetéssel egy időben kijuttatott kezelés egyszeres és háromszoros dózissai* eredményeztek pozitív hatásokat. A készítmények alkalmazásával alátámasztottuk a kezelések talajtani és növénytani paraméterekre kifejtett pozitív, esetenként negatív hatásait. Az alkalmazott készítmények közül az *Amykor (vetéssel egy időben kijuttatott)* kezelés dózissait ajánljuk, hasonló ellátottságú, jó vagy gyengébb tápelem-szolgáltató képességű talajokon.

A mikrobiológiai oltóanyagok hatásmechanizmusa nagymértékben függ a hőmérséklettől, illetve a talaj nedvesség-tartalmától. Kísérletünkben mindkét kísérleti évben a növények vízutánpótlása kizárólag a csapadékból származott. A kísérleti területre vonatkozó egyes **meteorológiai** tulajdonságok az alábbiak:

- **2011**-ben, a tenyészedőszakban nagyobb havi hőmérsékleti átlagértékeket mértünk a 30 éves átlaghoz viszonyítva. A csapadékmennyiség eloszlásának egyenetlenségét mutatta a júliusban mért közel 180 mm csapadék mennyiség. A 30 éves átlaghoz viszonyítva a hőmérséklet kismértékű növekedését, mindemellett a csapadék azzal közel azonos mennyiségű jelenlétét tapasztaltuk.

- **2012**-ben a tenyészedőszak első felében több csapadékot és emellett nagyobb havi hőmérsékleti átlagértékeket mértünk a 30 éves átlaghoz viszonyítva. Az augusztus-szeptemberi időszakban a minimális csapadékmennyiség mellett nagyobb havi átlaghőmérsékletet tapasztaltunk, a tenyészedőszakban jelentős vízhiány jelentkezett.

4. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Vizsgálati eredményeink alapján új tudományos eredményeink és következtetéseink a következőben összegezhetőek:

1. Vizsgálataink igazolták, hogy a felhasznált **biotrágyák** (BactoFil A10, EM-1, Microbion UNC) és a **gyökérvitalizáló** Amykor általánosságban a vizsgált talajkémiai és mikrobiológiai paraméterek többségét kedvezően képesek befolyásolni. A növekvő hatás nagyobb része azonban az adott talajkörülmények mellett nem bizonyult szignifikánsnak, ami az alkalmazásnál egyfajta monitoring vizsgálat szükségességét is feltételezi.
2. Tenyészedényes kísérletben a tesztelt készítmények specifikus hatásait lehetett kimutatni, ezek leginkább a mikrobiális összetételükből adódtak. Statisztikailag igazolhatóan nőtt a nitrifikáló baktériumok száma a **BactoFil A10** alkalmazásával. Az **EM-1** növelte a cellulózbontó baktériumok és mikroszkopikus gombák mennyiségét. A **Microbion UNC** hatására az összes-baktérium és a cellulózbontó baktériumok száma emelkedett és fokozódott a foszfatáz enzim aktivitása is. A készítmények specifikus hatásait az alkalmazásnál figyelembe kell venni.
3. A **baktériumtrágyák műtrágyával** kombinált kezelése nagyobb mikrobiológiai aktivitást eredményeztek, általában közvetett, a növény táplálás javulásán keresztül is megjelenő hatásként. A **szalmával** történő kombinációs kezelések az elem-arányokból következő változások és a szalma egyéb közvetett hatásai miatt tudták növelni a növények számára felvehető ásványi tápanyagok mennyiségét és a talaj egyéb fizikai tulajdonságait.
4. A mikorrhiza gombákat alkalmazó **Amykor 1** készítmény a **javasolt és a megnövelt dózisban is** képes volt növelni a talajokban a baktérium populáció mennyiségét és több enzim aktivitását is. Közvetve is javult ezáltal a vöröshagyma föld alatti részeinek és az

edényenkénti biomaszájának a tömege. A gyökérvitalizáló és a növény-növekedésre kifejtett pozitív hatás **a vöröshagyma gazdanövénnel** a tenyészedény-kísérletekben igazolódott.

5. Szabadföldi körülmények között az **Amykor mikorriza gomba hatását az alkalmazási módszer erősen befolyásolja. A 0-20 cm-es talajrétegbe bedolgozott kezelés** egyszeres és megnövelt dózisa nem, a **kukorica vetésével egy időben, a mag közelébe kijuttatott kezelések pedig pozitív hatásúak voltak. Az egyszeres dózisánál** a nitrát, a könnyen felvehető foszfor tartalom és a mikroszkopikus gombák mennyisége növekedett. **A háromszoros dózisnál** a foszfatáz enzim aktivitása is nőtt, javítva ezzel a kukorica levélterületi indexét is.. A mikorrhiza oltóanyagok hatásaira a készítmény gomba-partnerének a tulajdonságai is erős befolyásoló hatást gyakorolhatnak, amit az alkalmazásnál figyelembe kell venni.

5. A GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A gyakorlat számára is átadható, tudományos eredményeink az alábbiak:

1. A baktériumtrágyákat azok jellege szerint szükséges alkalmazni. Nem tekinthetők általános, mindenre kiterjedő „trágyáknak”. A mikrobiológiai összetétel határozza meg leginkább az alkalmazás módját. Ennek megfelelően a **BactoFil A10** leginkább NPK műtrágyával kombináltan bizonyult hatásosnak a vizsgált talajparaméterek alapján. Az **EM-1** önmagában és műtrágyával, míg a **Microbion UNC** szalmával együtt eredményezett statisztikailag igazolható pozitív változásokat, mind a talaj, mind a növényi paraméterek esetében.
2. Az Amykor gyökérvitalizáló készítmények hatására a növény-mikroba kapcsolat alakulása a szimbiózis jellegéből adódóan befolyásoló tényező. Tenyészedényes körülmények között a legtöbb vizsgált mutató az **Amykor 1 készítménynél** pozitív hatásúnak bizonyult a hagyma tesztnövénynél. Alkalmazását így ajánljuk, különösen gyenge tápelem-szolgáltató képességű savanyú kémhatású homoktalajokon. A készítmény agyagásvány tartalma (perlit) talajjavító anyagként is szolgál, az oltóanyag közvetett fizikai tulajdonságait is figyelembe kell venni.
3. A szabadföldi kisparcellás kísérlet eredményei szerint az alkalmazott kezelések közül a **vetéssel egy időben kijuttatott Amykor dózisok** (egyszeres és háromszoros) bizonyultak a leghatékonyabbnak, mind a talaj, mind a növényi paraméterek vizsgálatánál. A mikorrhiza gomba oltóanyagok alkalmazását a kijuttatás ideje és módja is erősen befolyásolja.

6. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

6.1. Tudományos közlemény idegen nyelvű, lektorált folyóiratban

1. **Jakab, A.** Balla-Kovács, A., Sándor, Zs., Zsuposné Oláh, Á., 2013. Examination of biofertilizers in a pot experiment. 12th Alps-Adria Scientific Workshop, Opatija. ISSN 0546-8191 Növénytermelés Vol. **62**. 293-297.
2. Bákonyi, N., Bott, S., Gajdos, É., Szabó, A., **Jakab, A.**, Tóth, B., Makleit, P., Veres, Sz., 2013. Using biofertilizer to improve seed germination and early development of maize. Polish Journal of Environmental Studies **22**. (6.):1595-1599.
3. **Jakab, A.**, Szabó, A., Tállai, M., Balla Kovács, A., Kátai, J. 2012. On the effects of bacterial fertilization on the microbiological parameters of chernozem soil based on a pot experiment. Analele Universităţii Oradea, Fascicula Protecția Mediului, Nagyvárad. ISSN 2065-3484, 2012. Vol. **XVIII**: 19-24.
4. **Jakab, A.**, Kovács, Zs., Sándor, Zs., Kátai, J., 2012. Impact of microbial preparations on a calcareous chernozem soil parameters and on biomass of ryegrass (*Lolium perenne*, L.). 11th Alps Adria Scientific Workshop. Smolenice. Növénytermelés. ISSN 0546-8191. **61**: 73-76.
5. Kovács A. B., Kremper R., **Jakab A.**, Szabó A., 2012. Effects of farmyard manure and a bacterial fertilizer on the phosphorus and potassium content of grape leaves. Analele Universităţii Oradea, Fascicula Protecția Mediului,. ISSN 2065-3484 Nagyvárad. **XVIII**: 105-110.
6. Tállai, M., **Jakab, A.**, Kovács, Zs., Kátai, J., 2012. Comparative examination of a bacterial preparation (Bactofil A10[®]) and an artificial fertilizer (Ca(NO₃)₂) on humic sandy soil. Analele Universităţii Oradea, Fascicula Protecția Mediului, Nagyvárad. ISSN 2065-3484, 2012. Vol. **XVIII**: 81-88.
7. **Jakab, A.**, Tállai, M., Kátai, J., 2011. Effect of bacterial preparations on the ryegrass (*Lolium perenne*, L.) biomass of calcareous chernozem soil. Analele Universităţii Oradea, Fascicula Protecția Mediului, ISSN 1224-6255. Nagyvárad. **16**: 115-121.
8. Balla Kovács, A., **Jakab, A.**, 2010. Impact of ammonium-nitrate and Microbion UNC bacterial fertilizer on dry matter accumulation of ryegrass (*Lolium perenne*, L.). Journal of Agricultural Sciences, Debrecen. **38**. 35.-41.

6.2. Lektorált magyar nyelvű tudományos közlemény

9. **Jakab A.**, 2014. Mikrobiológiai oltóanyagok hatása az angolperje növekedésére és a talaj tápelem-tartalmára tenyészedényes kísérletben. Acta Agraria Debreceniensis-Agrártudományi Közlemények ISSN 1587-1282. **56**: 49-53.
10. **Jakab A.**, Balláné K. A., Sándor Zs., Tállai M., Kátai J., 2013. Néhány tápanyag-utánpótlási mód hatása egy csernozjom talajra tenyészedényes kísérletben. In.: Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában, ISBN 978-963-08-6322-3. Talajvédelem különszám. 271-280.
11. Balla-Kovács, A., Kremper, R., Szabó, A., **Jakab, A.**, Kincses, S.-né, 2013. Az istállótrágya és az EM-1 baktériumtrágya hatásának vizsgálata a homoktalaj könnyen oldható nitrogén frakcióinak, káliumtartalmának szezonális változására. In.: Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában, ISBN 978-963-08-6322-3. Talajvédelem különszám. 35-44.
12. Kátai J., Sándor Zs., **Jakab A.**, Tállai M., 2013. Egy baktériumkészítmény (Bactofil® A10) és egy műtrágya $[Ca(NO_3)_2]$ hatása humuszos homok talaj felvehető tápanyagtartalmára és a talaj szén-körforgalmának néhány elemére. In.: Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában, ISBN 978-963-08-6322-3. Talajvédelem különszám. 311-318.
13. **Jakab A.**, Kátai J., 2013. Biokészítmények hatása tenyészedényes kísérletben. Acta Agraria Debreceniensis ISSN 1587-1282. **52**: 45-50.
14. **Jakab A.**, Balláné Kovács A., Tállai M., Kátai J., 2013. A különböző baktériumkészítmények hatása a talaj könnyen felvehető foszfor tartalmára és az angolperje (*Lolium perenne*, L.) biomasszájára. Acta Agraria Debreceniensis-Agrártudományi Közlemények ISSN: 1587-1282. **50**: 93-98.
15. **Jakab A.**, Kátai J., 2012. A különböző baktériumtrágyák talajtulajdonságokra gyakorolt hatásai. Agrártudományi Közlemények-Acta Agraria Debreceniensis. ISSN: 1587-1282. **48**: 83-86.
16. **Jakab A.**, Balláné Kovács A., Tállai M., Kátai J., 2011: Baktériumtrágyák hatása a mészlepedékes csernozjom talaj tulajdonságaira és az angolperje (*Lolium perenne*, L.) biomasszájára. Agrokémia és Talajtan. Akadémiai Kiadó, Budapest. **60**: 219-232.
17. Balláné Kovács A., Kremper R. és **Jakab A.**, 2010. Az ammónium-nitrát és a Microbion UNC baktériumtrágya hatása az angolperje tápelemfelvételére. Az Élhető Vidékért 2010. ISBN: 978-963-229-871-9. Környezetgazdálkodási Konferencia, 142-149.

6.3. Idegen nyelvű lektorált konferencia kiadvány

18. **Jakab, A.,** Szabó, A., Kovács, Zs., Kátai, J., 2011. The effect of alternative methods of nutrient supply on some microbiological characteristics of a chernozem soil. International Symposia: “Risk Factors for Environment and Food Safety” & “Natural Resources and Sustainable Development” & “50 Years of Agriculture Research of Oradea”. 4th - 5th November. Oradea, Republic of Romania, ISSN 1224-6255, University of Oradea, Faculty of Environmental Protection, 124-129.
19. **Jakab, A.,** Tállai, M., Balláné Kovács, A., Kátai, J., 2010. The effect of different bacterial fertilizers on the AL-soluble P₂O₅ content of soil, and the biomass of the ryegrass (*Lolium perenne*, L.). A talajok ökológiai tulajdonságainak változása antropogén hatás alatt álló ökoszisztémákban Ukrajna és Magyarország csernozjom talajain. Ukrán-Magyar TÉT Konferencia. DE MÉK, Debrecen, 2010. november 30. Journal of Agricultural Sciences, Debrecen. (megjelenés alatt-angol)

6.4. Magyar nyelvű lektorált konferencia kiadvány

20. **Jakab A.,** 2013. Baktériumtrágyák talajbiológiai hatásai tenyészedényes kísérletben. XVI. Tavasz Szél Doktorandusz Konferencia Kiadványa, Sopron, I. kötet: 192-201. ISBN 978-963-89560-2-6.
21. **Jakab A,** 2013. Egy biokészítmény hatása kukorica szántóföldi kultúrában. Újabb kutatási eredmények a növénytudományokban. Konferenciakötet. ISBN 978-615-5183-40-9. Debrecen. 23-28.
22. **Jakab, A.,** Balláné Kovács, A., Tállai, M., Szabó, A., Kátai, J., 2012. Összefüggések a talaj tápanyagtartalma és a növényi biomassza között. Alap és alkalmazott kutatások eredményei a növénytudományokban. ISBN 978-615-5183-17-1. Debrecen. 86-92.
23. **Jakab, A.,** Szabó, A., Tállai, M., Balláné Kovács, A., Kátai, J., 2012. Baktériumtrágyázás hatásainak vizsgálata tenyészedényes kísérletben. XVIII. Ifjúsági Tudományos Fórum. Pannon Egyetem Georgikon Kar (CD-ROM). ISBN 978-963-9639-42-3. Keszthely.
24. **Jakab A.,** 2011. Baktériumtrágyázás hatása az angolperjére (*Lolium perenne*, L.) csernozjom talajon. XVII. Ifjúsági Tudományos Fórum. Pannon Egyetem Georgikon Kar (CD-ROM). ISBN 978-963-9639-42-3. Keszthely.
25. **Jakab A.,** Kátai J., 2011. Tápanyag-utánpótlás hatása a csernozjom talaj néhány mikrobiológiai tulajdonságára. Erdei Ferenc VI. Tudományos Konferencia, Kecskemét, ISBN 978-963-7294-99-0 I. kötet. 608-612.

6.5. Konferencia összefoglaló

26. **Jakab, A.**, Balláné, K. A., Sándor, Zs., Kátai J., 2013. Comparison of the effect of different bacterial fertilizers on a calcareous chernozem soil. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*. ISSN 1217-8950. Akadémiai Kiadó, Budapest. **60**: 26-27.
27. **Jakab, A.**, Balláné, K. A., Sándor, Zs., Kovács, Zs., Kátai, J., 2013. Impact of microbiological preparations on some parameters of humous sandy soil. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*. ISSN 1217-8950 Akadémiai Kiadó, Budapest. **60**: 152-153.
28. **Jakab A.**, 2013. Összefüggések egy mészlepedékes csernozjom talaj egyes paramétereinek között baktériumtrágyák alkalmazása mellett. Debreceni Fejlődés és Környezet Konferencia kiadványa. ISBN: 978-615-5183-84-3. CD-ROM. 3.
29. **Jakab, A.**, Balláné Kovács, A., Sándor, Zs., Tállai, M., Kátai, J., 2012. Néhány tápanyag-utánpótlási mód hatása egy csernozjom talajra tenyészedényes kísérletben. Talajtani Vándorgyűlés Absztrakt kötet, 2012. augusztus 23-25. Miskolc, Z-Press Kiadó Kft., 48-49.
30. **Jakab, A.**, Szabó, A., Balla-Kovács, A., Kátai, J. 2012. Impact of microbiological preparations on soil characteristics and on the ryegrass (*Lolium perenne*, L.) biomass. In: Proc. 4th EUROSIL, Bari, Italy. 2302.
31. **Jakab, A.**, Balláné Kovács, A., Sándor, Zs., Kátai, J. 2012. Comparison of the effect of different bacterial fertilizers on a calcareous chernozem soil. A Magyar Mikrobiológiai Társaság 2012. évi Nagygyűlése, Keszthely, Absztraktfüzet. 16.
32. **Jakab, A.**, Balla-Kovács, A., Szabó, A., Bákonyi, N., Kátai, J. 2012. Comparison of the effect of different bacterial fertilizers on a Hungarian soil of calcareous chernozem soil type. 14th International Conference, Sustainable Development and Eco-Innovation, Book of Abstracts, Krakow, Poland. p. 45. ISBN: 978-83-934620-0-1. Wydawnictwo JAK.
33. **Jakab A.**, 2010. Az NH₄NO₃ Műtrágya és a MICROBION UNC baktériumtrágya hatása az angolperje (*Lolium perenne*, L.) termésére, nitrogén felvételére, nitrát felhalmozására. XII. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia, Sopron, 2010. április 6-7. ISBN: 978-963-9883-50-5. 179.

6.6. A KUTATÁSI TÉMÁHOZ KÖZVETLENÜL NEM KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Tudományos közlemény idegen nyelvű, lektorált folyóiratban:

34. Sándor, Zs., Zsuposné, O. Á., **Jakab, A.**, Tállai, M., Kátai, J., 2013. Investigation of herbicides on some microbiological parameters of soils in an incubation experiment. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*. Akadémiai Kiadó, Budapest. **60**: 75.
35. Sándor, Zs., Zsuposné, O. Á., **Jakab, A.**, Tállai, M., Kátai, J., 2013. Comparison of different statistic soil respiration methods in an incubation experiment setting up on chernozem soil. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*. Akadémiai Kiadó, Budapest. **60**: 24-25.
36. Szabó, A., Balla-Kovács, A., **Jakab, A.**, Bákonyi, N., Vágó, I., 2012. The effect of increasing compost doses on the changes of Ca- and Mg content of soil and indicator plant (*Lolium perenne*, L.) in pot experiment. *Analele Universităţii Oradea, Fascicula Protecția Mediului*, ISSN 2065-3484. Nagyvárad. **XVIII**: 67-72.
37. Kovács, A. B. - Kremper, R. - **Jakab, A.** & Szabó, A., 2012. Organic and mineral fertilizer effects on the yield and mineral contents of carrot (*Daucus carota*). *International Journal of Horticultural Science*. **18**, (1). Budapest, 69-74.
38. Tállai, M., **Jakab, A.**, Kátai, J., 2011. Application of bentonite on acidic humic sandy soil. *Analele Universităţii Oradea, Fascicula Protecția Mediului*, ISSN 1224-6255. Nagyvárad. **16**: 479-484.
39. Szabó, A., Berta-Szabó, E., Balla Kovács, A., **Jakab, A.**, Vágó, I., 2011. The effect of compost doses on P- and K-contents of the soil and indicator plant (*Lolium perenne* L.). *Risk Factors for Environment and Food Safety & Natural Resources and Sustainable Development & 50 Years of Agriculture Researche of Oradea*. ISSN 1224-6255, University of Oradea. 196-202.
40. Kátai, J., Sándor, Zs., **Jakab, A.**, Tállai, M., 2010. Effect of Bentonite and Zeolite on the amount of some microbiological parameters of an acidic humic sandy soil. *Fascicula: Protecția Mediului Anul 15*. ISSN 1224-6255. Kiadó: University of Oradea. 109-114.

Lektorált magyar nyelvű tudományos közlemény:

41. Sándor Zs., Tállai M., **Jakab A.**, Kátai J., Zsuposné O. Á. 2012. Újgenerációs herbicidek hatásának vizsgálata a talaj mikroorganizmusaira inkubációs kísérletben. In.: *Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában*, ISBN 978-963-08-6322-3. Talajvédelem különszám. 417-424.

42. Kovács Zs., **Jakab A.**, Tállai M., Kátai J., 2013. Ólom és réz tartalmú nehézfémek talaj mikroorganizmusokra gyakorolt hatása laboratóriumi körülmények között. *Acta Agraria Debreceniensis* **52**. ISSN 1587-1282., 55-60.
43. Szabó, A., **Jakab, A.**, Bákonyi, N., Vágó, I., 2012. Növekvő komposzt dózisok hatása a tápközeg- és a jelzőnövény (*Lolium perenne* L.) Ca- és Mg-tartalmának változására tenyészedény-kísérletben. XVIII. Ifjúsági Tudományos Fórum. Pannon Egyetem Georgikon Kar (CD-ROM). ISBN 978-963-9639-42-3. Keszthely.
44. Szabó A., **Jakab A.**, Vágó, I., 2012. Növekvő komposztdózisok hatása a tápközeg Mg- és a jelzőnövény (*Lolium perenne*, L.) Mg-, Zn- és Mn-tartalmának változására tenyészedény kísérletben. Tavaszi Szél Konferencia, Győr. 39-45.
45. Kátai J., **Jakab A.**, Sándor Zs., Zsuposné O. Á., Tállai M., 2011. Bentonit és zeolit vizsgálata tenyészedény-kísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. **60**(1.): 203-218.
46. Szabó A., **Jakab A.**, Balla-Kovács A., Vágó I., 2012. Növekvő komposzt dózisok hatása a tápközeg és a jelzőnövény (*Lolium perenne*, L.) P é K-tartalmának változására tenyészedény kísérletben. Alap és alkalmazott kutatások eredményei a növénytudományokban. ISBN 978-615-5183-17-1. Debrecen. 111-118.

Idegen nyelvű konferencia kiadvány:

47. Sándor, Zs., Zsuposné, Oláh, Á., **Jakab, A.**, Tállai, M., Kátai, J., 2012. Investigation of herbicides on some microbiological parameters of soils in an incubation experiment. A Magyar Mikrobiológiai Társaság 2012. évi Nagygyűlése, Keszthely, Absztraktfüzet. 45-46.
48. Szabó, A., Berta-Szabó, E., **Jakab, A.**, Balla-Kovács, A., Vágó, I., 2012. Effects of different compost doses on the most important parameters of soils and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). 4th EUROSOIL, Bari, Italy. 2012. Július 2-6.
49. Szabó, A., Kremper, R., Balla-Kovács, A., Bákonyi, N., **Jakab, A.**, Vágó, I., 2012. The effect of different compost rates on the water balance of test plant (*Lolium perenne* L.). 14th International Conference, Sustainable Development and Eco-Innovation, Book of Abstracts, Krakow, Poland. ISBN: 978-83-934620-0-1. Wydawnictwo JAK. 105.
50. Bákonyi, N., Bott, S., Gajdos, É., Szabó, A., **Jakab, A.**, Tóth, B., Makleit, P., Veres, Sz., 2012. Using biofertilizer to improve seed germination and early development of maize. 14th International Conference, Sustainable Development and Eco-Innovation, Book of Abstracts, Krakow, Poland. ISBN: 978-83-934620-0-1. Wydawnictwo JAK. 22.

Magyar nyelvű konferencia kiadvány:

51. Balla-Kovács, A., Kremper, R., Szabó, A., **Jakab, A.**, Kincses, S.-né, 2012. Az istállótrágya és egy baktériumtrágya hatása a homoktalaj tápelem-tartalmának változására szőlő ültetvényben. Talajtani Vándorgyűlés Absztrakt kötet, 2012. augusztus 23-25. Miskolc, Z-Press Kiadó Kft., 36.
52. Kátai J., Sándor Zs., **Jakab A.**, Tállai M., 2012. Egy baktériumkészítmény (Bactofil® A10) és egy műtrágya [Ca(NO₃)₂] hatása humuszos homok talaj felvehető tápanyagtartalmára és a talaj szén-körforgalmának néhány elemére. Talajtani Vándorgyűlés Absztrakt kötet, 2012. augusztus 23-25. Miskolc, Z-Press Kiadó Kft., 50.
53. Sándor Zs., Tállai M., **Jakab A.**, Kátai J., Zsuposné O. Á. 2012. Újgenerációs herbicidek hatásának vizsgálata a talaj mikroorganizmusaira inkubációs kísérletben. Talajtani Vándorgyűlés Absztrakt kötet, 2012. augusztus 23-25. Miskolc, Z-Press Kiadó Kft., 62.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a **TÁMOP 4.2.4.A/2-11/1-2012-0001** azonosító számú **Nemzeti Kiválóság Program** – *Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című* kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

