



**DEBRECENI EGYETEM**  
**AGRÁRTUDOMÁNYI KÖZPONT**  
**MEZŐGAZDASÁG-, ÉLELMISZERTUDOMÁNYI**  
**ÉS KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI KAR**  
**AGROKÉMIAI ÉS TALAJTANI INTÉZET**

**HANKÓCZY JENŐ DOKTORI ISKOLA**

**Doktori Iskola vezető:**

**Dr. Kátai János**  
egyetemi tanár

**Témavezető:**

**Dr. Kátai János**  
egyetemi tanár

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

**Készítette:**

**JAKAB ANITA**  
doktorjelölt

**Debrecen**

**2014**

MŰTRÁGYÁK ÉS BOKKÉSZÍTMÉNYEK HATÁSA A TALAJ MIKROBIOLÓGIAI  
AKTIVITÁSÁRA ÉS TERMÉKENYSÉGÉRE

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében

a növénytermesztési és kertészeti tudományágban

Írta: JAKAB ANITA okleveles Környezetgazdálkodási agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem Hankóczy Jenő Növénytermesztési-, Kertészeti- és Élelmiszertudományok  
Doktori iskolája

(Fenntartható növénytermesztés programja) keretében

Témavezető: Dr. Kátai János

A doktori szigorlati bizottság:

	név	fokozat
elnök:	<u>Dr. Pepó Péter</u>	<u>DSc</u>
tagok:	<u>Dr. Füleky György</u>	<u>CSc</u>
	<u>Zsuposné Dr. Oláh Ágnes</u>	<u>CSc</u>

A doktori szigorlat időpontja: 2013. szeptember 23.

Az értekezés bírálói:

név	fokozat	aláírás
.....	.....	.....
.....	.....	.....

A bírálóbizottság:

	név	fokozat	aláírás
elnök:	.....	.....	.....
tagok:	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
titkár:	.....	.....	.....

Az értekezés védésének időpontja: 2014 . . . . .

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. BEVEZETÉS .....</b>	<b>4</b>
<b>2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Makro- és mikrotápelemek a talajban és a növényekben.....</b>	<b>5</b>
2.1.1. A nitrogén és a biológiai nitrogén-kötés .....	6
2.1.2. A foszfor és a foszfor-mobilizálás.....	7
2.1.3. A kálium és felvehetősége.....	8
2.1.4. Mikroelemek és a mikrobiológiai folyamatok .....	9
<b>2.2. Tápanyag-utánpótlás nem mikrobiális oltóanyagokkal.....</b>	<b>12</b>
2.2.1. Műtrágyák felhasználása .....	12
2.2.2. Szerves trágyák és egyéb anyagok felhasználása .....	14
<b>2.3. Tápanyag-utánpótlás mikrobiológiai készítményekkel .....</b>	<b>16</b>
2.3.1. A készítmények elterjedése és típusai .....	16
2.3.2. A készítmények összetétel szerinti csoportosítása .....	17
2.3.3. A készítmények elvárt és/vagy tényleges hatásai.....	19
2.3.4. A felhasználás és alkalmazás aktuális helyzete .....	22
<b>3. CÉLKITŰZÉSEK .....</b>	<b>25</b>
<b>4. ANYAG ÉS MÓDSZER .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1. A műtrágya és baktériumtrágyák hatásainak vizsgálata .....</b>	<b>26</b>
4.1.1. A tenyészedényes kísérletek.....	26
4.1.2. A tenyészedényes kísérletben alkalmazott kezelések.....	26
4.1.3. Az alkalmazott készítmények jellemzése.....	27
4.1.4. Mintavételezés: talaj- és növényi minták gyűjtése .....	28
4.1.5. Talajminták vizsgálatának laboratóriumi módszerei.....	29
4.1.6. A növényi biomassa mérése .....	31
<b>4.2. A műtrágya és a mikorrhiza oltóanyag hatásainak vizsgálata.....</b>	<b>31</b>
4.2.1. Hatásvizsgálat tenyészedényes kísérletben .....	31
4.2.2. Hatásvizsgálat szabadföldi kisparcellás kísérletben .....	33
<b>4.3. Az eredmények statisztikai értékelése .....</b>	<b>34</b>
<b>5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1. A műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérlet eredményei.....</b>	<b>35</b>
5.1.1. A műtrágya és baktériumtrágyák hatásai a talajtulajdonságokra .....	35
5.1.2. A műtrágya és baktériumtrágyák hatásai a jelzőnövényi biomasszájára.....	62
<b>5.2. A műtrágya és mikorrhiza oltóanyag hatásai a talajok vizsgált paramétereire .....</b>	<b>66</b>
5.2.1. A műtrágya és mikorrhiza oltóanyag tenyészedényes kísérlet eredményei .....	66
5.2.2. A műtrágya és gyökérvitalizáló szabadföldi kisparcellás kísérlet eredményei .....	81
<b>5.3. A műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérlet eredményeinek statisztikai értékelése; korreláció és regresszió-analízissel .....</b>	<b>94</b>

<b>5.4. A műtrágya és mikorrhiza oltóanyaggal végzett kísérletek eredményeinek statisztikai értékelése korreláció és regresszió-analízissel.....</b>	<b>97</b>
5.4.1. A tenyészedényes kísérlet eredményeinek összefüggései .....	97
5.4.1. A szabadföldi kispárcellás kísérlet eredményeinek összefüggései.....	99
<b>6. KÖVETKEZTETÉSEK .....</b>	<b>102</b>
6.1. Új és újszerű eredmények.....	107
6.2. A gyakorlatban hasznosítható eredmények .....	109
<b>7. ÖSSZEFOGLALÁS .....</b>	<b>110</b>
<b>8. SUMMARY .....</b>	<b>113</b>
<b>9. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN (SAJÁT IRODALOM) .....</b>	<b>116</b>
9.1. Tudományos közlemény idegen nyelvű, lektorált folyóiratban.....	116
9.2. Lektorált magyar nyelvű tudományos közlemény .....	116
9.3. Idegen nyelvű lektorált konferencia kiadvány.....	118
9.4. Magyar nyelvű lektorált konferencia kiadvány.....	118
9.4. Konferencia összefoglaló.....	119
9.5. A kutatási témához közvetlenül nem kapcsolódó publikációk.....	120
<b>10. IRODALOMJEGYZÉK .....</b>	<b>123</b>
<b>MELLÉKLETEK.....</b>	<b>135</b>
<b>I. Műtrágya és baktériumtágyák hatása tenyészedényes kísérletben (2010-2013).....</b>	<b>135</b>
<b>II. A műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérlet eredményeinek összefoglaló táblázatai (2012-2013).....</b>	<b>145</b>
<b>III. Műtrágya és Amykor hatása szabadföldi kispárcellás kísérletben (2011, 2012).....</b>	<b>150</b>
III.1. A műtrágya és Amykor szabadföldi kispárcellás kísérlet eredményeinek összefoglaló táblázatai.....	150
III.2. A műtrágya és Amykor szabadföldi kispárcellás kísérlet meteorológiai összefoglaló táblázata .....	153
<b>IV. A korrelációanalízis eredményeinek összefoglaló táblázatai .....</b>	<b>154</b>
<b>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....</b>	<b>157</b>
<b>NYILATKOZATOK.....</b>	<b>159</b>

## 1. Bevezetés

A fenntartható gazdálkodás gondolata kiegyensúlyozott tápanyag-gazdálkodáson, okszerű tápanyag-utánpótláson és környezetkímélő technológiák alkalmazásán alapszik. A fenntartható mezőgazdasági termelésnek három egyenrangú prioritást élvező célja van: a gazdaság jövedelmezősége mellett a táj- és a természeti környezet védelme, valamint a jó minőségű, egészséges élelmiszerek előállítása. A gazdasági haszon elérése mellett ugyanolyan súllyal kell figyelembe venni a környezetet kímélő és élelmiszerminőségre vonatkozó szempontokat is. 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-PEPŐ, 1999; PEPŐ, 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 hangsúly 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 növénynövekedésre és talajtulajdonságokra kifejtett hatására vonatkozóan.

## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1. Makro- és mikrotápelemek a talajban és a növényekben

A tápelemek sokirányú szerepet töltenek be a növények életfolyamataiban; metabolizmusában, szintetizáló folyamataiban, légzésében és fotoszintézisében, egészséges fejlődésében. A nitrogén (N), foszfor (P), kálium (K), a kalcium (Ca) és a magnézium (Mg) a növények számára nélkülözhetetlen, nagy mennyiségben szükséges létfontosságú tápelemeknek minősülnek. A nitrogén és foszfor, valamint kalcium és magnézium, mint szerves és szervetlen vegyületek alkotói, a kálium, mint ozmoregulátor és a sejtek elektrokémiai egyensúlyának szabályozója fontosak. Ezek a makroelemek a növényekben néhány százalékos nagyságrendet érnek el. A pázsitfűfélék (*Poaceae*) makroelem tartalma a következő értékek között változik; N 2,4-2,8%, P 0,47-0,58%, K 1,73-2,4% és Mg 0,20-0,50%. A tápelemek növényekben betöltött funkcióik alapján az alábbiak szerint csoportosíthatók (DEBRECZENI-SÁRDI, 1999; BOLAN et al., 2005; JARVIE et al., 2012):

*A, Szerves és szervetlen vegyületek alkotói (C, N, P, S, B, Fe);*

*B, Aktivátorok, koenzim-enzimrendszerek alkotói (K, Mg, Ca, Fe, Zn, Mn, Cu, Mo, Na, Cl);*

*C, Redox-rendszerek alkotói (P, S, Fe, Mn, Cu, Mo);*

*D, Ozmoregulátor és elektrokémiai egyensúlyt fenntartók (K, Na, Cl);*

*E, Stimulatív hatású biopozitív elemek (Co, Cr, Ni, V, Sn, Ti, Sr, Li, Cs, F, Se, Si).*

A talaj tápanyag-szolgáltató képességét leginkább befolyásoló tényező az, hogy a növények számára fontos tápelemek felvehető formában legyenek jelen a talajban, valamint a tápelem koncentrációja a gyökérfelszínen meghaladjon egy adott értéket, amely felett megtörténik a felvétel. Fontos tehát a növény gyökeréhez történő tápanyagszállítás sebessége és a vízben oldott anyag koncentrációja a gyökér közelében, valamint ezeken kívül a növények tápanyagtranszportot növelő, transzport távolságát csökkentő és tápanyagfeltáró szerepe. A növény szabályozza a tápanyagok felvételét, ha a növényben a tápelemek mennyisége egy adott szint alá süllyed, és a gyökér környezetében oldott állapotban találhatóak az elemek, a növény képes környezetéből felvenni azokat (RAJKAI, 1993; VÉGH, 1992). A növényi gyökér felvevőfelületét a gyökérszőrök nagy tömege adja, melynek növekedését gyökér

közvetlen környezetében kialakult tápanyaghiány is indukálhatja. A növények a teljes gyökérszőr felületén képesek a felvételre, a felvétel mértékét pedig a növényekben kialakuló tápelem hiány generálja (ROBINSON-RORISON, 1983).

### 2.1.1. A nitrogén és a biológiai nitrogén-kötés

Hazánk talajainak átlagos összes-nitrogén tartalma 0,02-0,40% között változik. A nitrogén 90-99%-a szerves formában található a talajban, azonban a növények csak a szervetlen formákat ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) tudják hasznosítani. A felvehető formák mennyisége a talajokban több tényezőtől függ, amelyek; a szerves anyag tartalom, növényi maradványok jelenléte, talajfauna tevékenysége és a mikrobiológiai tevékenység következtében fennálló ásványosodás intenzitása, szerves- és műtrágyázás, az  $\text{NH}_4^+$  ionok leköttetésének mértéke. A szervetlen nitrogénformák felvételét a közeg pH tartománya jelentősen befolyásolja a  $\text{NO}_3^-$  ionok felvétele 4,5-6,8 pH, savas kémhatás mellett növekszik (LATKOVICSNÉ, 1982; TIMÁR, 1984; BÍRÓ et al., 1992; STEFANOVITS et al., 1999; LOCH-NOSTICZIUS, 2004; WHITEHEAD-CROSSMAN, 2012; TARTOWSKY-HOWARTH, 2013; SCHLESINGER-BERNHARDT, 2013). A növények által felvett ionok mennyisége, illetve a kimosódás mértéke szintén nagymértékben befolyásolja a talajok változó nitrogén-tartalmát (DEBRECZENI-SÁRDI, 1999; IZSÁKI-IVÁNYI, 2002). Nem hanyagolható el a volutalizáció, illetve erózió útján eltávozó nitrogén mennyiség a talajokból (NELSON, 1982; LOCH, 2000; IZSÁKI, 2010).

SZABÓ (1986) kiemelte a mikroorganizmusok lényeges szerepét a tápelemek körforgalmában. A talajokban előforduló szabadon és szimbiózisban élő mikroszervezetek segítségével a talajok nitrogén készlete gyarapodhat. A biológiai nitrogénkötést más néven **nitrogén-fixációnak** nevezzük. A biológiai nitrogén-fixációban aerob (*Azotobacter*, *Azotomonas*, *Cyanobacteria*), és anaerob baktériumok (*Clostridium*), *Archaea* és *Methanobacteria* vesznek részt. A szabadon élő szervezetek (*Azotobacter*, *Azotomonas* fajok) évente 2-40 kg ha<sup>-1</sup> nitrogént köthetnek meg, közel hasonló mennyiség ismert az egyszikű fűféléknél található asszociatív *Azospirillum* baktériumoknál (30-60 kg), míg a szimbionták (*Rhizobium* fajok) ennek akár az ötszörösét (100-200 kg ha<sup>-1</sup>) is eredményezhetik a talajokban. A fixálásban résztvevő baktériumok a szerves vegyületek lebontása alatt energiát nyernek, mialatt a légköri N<sub>2</sub>-t ammóniává alakítják, nitrogenáz enzim segítségével. A nitrogén megkötését végző mikroorganizmusok optimális hőmérsékleti tartományban (25-30°C), illetve a semleges kémhatás mellett aktívak. Azonban más velük szimbiózisban álló szervezet, illetve a talaj egyes anyagai is befolyásolhatják, így az ammónia gátló hatást

fejtenek ki, míg egyes mikroelemek (Mo, Fe, Co) serkentőleg hatnak a nitrogén megkötésére. A szerves kötésben lévő nitrogén  $\text{NH}_3$ -á alakítása az **ammonifikáció** révén zajlik. Az ammónia - nitritté, majd nitrit - nitráttá alakítása a **nitrifikáció** segítségével aerob körülmények között zajlik le. Az ammónia nitritté alakítását a *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira*, *Nitrosovibrio* nemzetségbe tartozó szervezetek végzik, legjelentősebb fajuk a *Nitrosomonas europea*. A nitrit nitráttá alakítását a főként a *Nitrobacter* és *Nitrococcus* nemzetség tagjai végzik. A denitrifikáló baktériumok főként anaerob körülmények között oxigén hiányában a nitrátot elektronakceptorként használják a légzésben. A **denitrifikáció** során az alábbi nitrogénformák keletkeznek:  $\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$ . A denitrifikáló mikroszervezetek: *Pseudomonas* és *Alcaligenes* nemzetségek (*Ps. stutzerii*, *Ps. aeruginosa*, *A. denitrificans*, *A. odorans*, *Alcaligenes eutrophus*). Egyes nitrogénfixáló szervezet képes a denitrifikációra is (*Azospirillum brasilense*, *Rhizobium* sp.). Kiemelkedő a *Thiobacillus denitrificans*, mely egy kénoxidáló kemoautotróf baktérium, a nitrát redukálását egy disszimilatív folyamat révén végzi (HELMECZI, 1994; SZABÓ, 1996; BARÓTFI, 2000; PESTI, 2001; CSITÁRI, 2003; NÉMETHNÉ, 2005; SZABÓ, 2008).

### 2.1.2. A foszfor és a foszfor-mobilizálás

A foszfor (P) az élő szervezetek fontos tápeleme. Számos olyan élettani folyamatban megtalálható, mint a fotoszintézis, a légzés, az energiaközvetítő- és átalakító anyagcsere-folyamatok. A foszfor a DNS és RNS alkotórészeként közreműködik az életfolyamatok szabályozásában, a foszfolipidek felépítésében. Az ATP, ADP, koenzimek összetevőjeként foszforilálási folyamatokban, növények energiaháztartásában vesz részt (DEBRECZENI-SÁRDI, 1999).

A talaj összes-foszfor tartalma  $500-800 \text{ mg kg}^{-1} \text{ P}$ , száraz talajra vonatkoztatva (MENGEL-KIRKBY, 1987), ebből a talajoldat mindösszesen  $10^{-2}-10^{-3} \text{ mol m}^{-3}$  foszfort tartalmaz, ami a szántóföldi vízkapacitás 60%-ánál  $0,14-0,014 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$  mennyiségnek felel meg (HOSSNER et al., 1973). Talajaink foszfor-tartalma (0,02-0,10%) szerves és szervesetlen kötésben fordul elő, ezek aránya megközelítően 50-50%. A szerves kötésű foszfor fitin (60%), nukleinsavak, foszfolipidek, és cukorfoszfátok, a szervesetlen foszfor fluor-, klór-, és hidroxipatitok, calcium-foszfátok, variscit, strengit és vivianit formájában vannak jelen a talajban. Ennek aránya a pH tartomány változásával és a  $\text{CaCO}_3$  tartalom függvényében alakul (HSU-JACKSON, 1960; FÜLEKY, 1979; LOCH, 2000; SZÜCS-SZÜCSNÉ, 2003; Internet1). A növény  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  és  $\text{HPO}_4^{2-}$  ionok formájában képes a foszfor felvételére, melyet a pH befolyásol; savas közegben a  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , míg lúgos talajokban a  $\text{HPO}_4^{2-}$  felvétele jellemző



(LOCH-NOSTICZIUS, 2004). A foszfor a talajokban főként a felső rétegekben fordul elő, ugyanis az adszorpciónak köszönhetően a talajkolloidok felületén megkötődik, ezáltal nehezen, vagy nem felvehetővé válik a növények számára. Ennek következtében a foszfor nem tud a talajokból kimosódni, abban tartalék tápanyagként, lassú feltáródási folyamatok során válik a növények számára felvehetővé. A talajok nitrogén tartalma is befolyásolja a felvételét, ugyanis anion antagonizmus révén a nagy mennyiségű nitrogén gátolja azt (DEBRECZENI-SÁRDI, 1999; LOCH, 2000; WHITEHEAD-CROSSMAN, 2012; SCHLESINGER-BERNHARDT, 2013).

A szerves foszfor vegyületek lebomlása a talajokban enzimes hidrolitikus úton történik, mely során foszforsav keletkezik. A kedvező C és N arány befolyásolja a foszfor megkötődését és átalakulását, a legkedvezőbb elemarány C/N/P=100/10/1 körüli (FÜLEKY-RAJKAINÉ, 1999).

Egyes baktérium és gombafajok képesek szerves savképzésük által a szerves foszfor forma felszabadítására, ezáltal a szerves foszfátok oldatba vitelére (PAPP, 2011). Bizonyos baktériumfajok, mint az *Azotobacter*, *Azospirillum* elősegítik a foszfor mobilizációját. Ezen kívül jelentős a foszfor-mobilizációban betöltött szerepe a *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum*-nak, valamint a *Bacillus polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces albus* fajok is elősegítik a felvétel javulását. Kiemelkedő még az arbuskuláris mikorrhiza gombák foszfát-felvételben betöltött szerepe. A növényi gyökérzet és a gombafonalak közt kialakult kapcsolat révén - szimbiózison alapuló - anyagcsere történik. A gombafonalak vizet és abban oldott tápelemeket (különösen foszfor és mikroelemek), míg a növény szénhidrátokat, fotoszintézis során termelt anyagokat bocsát a gomba részére (SZEGI-VÖRÖS, 1993; PETHŐ, 1998; DEACON, 2006; SZABÓ, 2008).

### **2.1.3. A kálium és felvehetősége**

A talajok kálium-készletének mintegy 90-98%-a nehezen felvehető formában, ásványi kötésben található. Az elsődleges szilikátok és az agyagásványok (illit és vermikulit) nagy mennyiségű K megkötésére képesek, a talaj agyagtartalmának növekedésével egyenes arányban nő. Az összes-K a talajokban 0,2-3,3% között változik, de szikes talajokban ez az érték elérheti a 6%-ot is (PUSZTAI, 1978; FILEP, 1988; LOCH-NOSTICZIUS, 2004; Internet2). A növények számára az ionos formában, a talajoldatban és a talajkolloidokon adszorbeált kálium forrásnak, a fixált és az agyagásványok kristályrácsaiban abszorbeált formák a talajok K-tartalékának minősülnek (SÁRDI-NÉMETH, 1993; FILEP, 1999). Kötöttebb talajokon a kálium-készlet egy nagyságrenddel nagyobb a foszfor-készleténél, ami

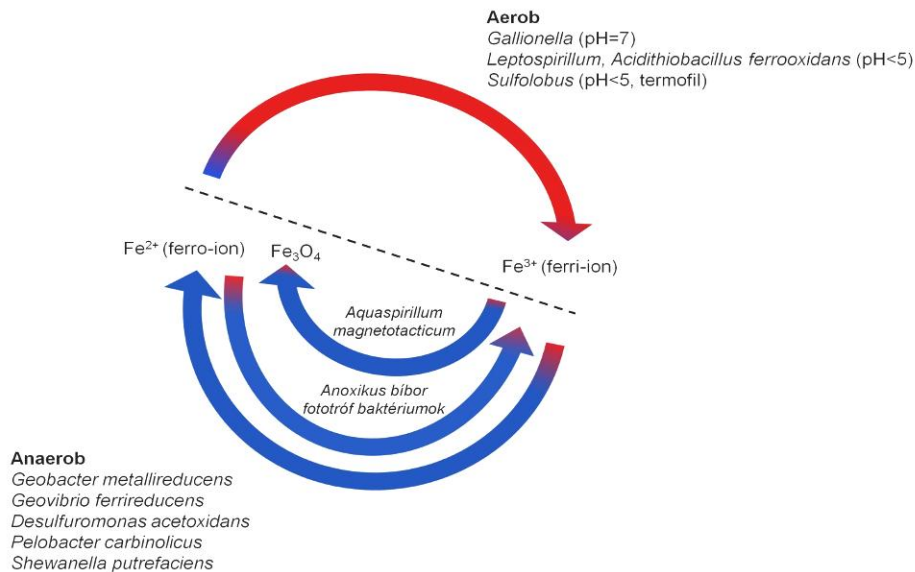
a növények számára több éven át áll rendelkezésre (KÁDÁR, 1980; SZÜCS-SZÜCSNÉ, 2003). A legfontosabb kálium tartalékok az elsődleges szilikátok, melyek a mállási folyamatok révén káliumvesztéssel agyagásványokká alakulhatnak (FILEP, 1999).

#### **2.1.4. Mikroelemek és a mikrobiológiai folyamatok**

Talajaink **vas** készlete 0,5-6% között változik. A felvehető, oldható vas mennyisége azonban csak kis hányadát teszi ki a teljes készletnek. Oldhatósága talaj kémhatásának csökkenésével nő. A tápelemek biogeokémiai körforgásában oxidok és hidroxidok révén vesznek részt, illetve befolyásolják más elemek oldhatóságát (szorpciók képesség) (STEFANOVITS et al., 1999; SIPOS et al., 2011; GOSZTONYI et al., 2011). A vas fontos szerepet tölt be a növények különböző folyamataiban. Szerkezet alkotó és enzimatis folyamatok közreműködő eleme. Legnagyobb arányban a növények leveleiben fordul elő. A talajban a kataláz, citokrómok, illetve más vastartalmú enzimekben azok red/oxi tulajdonságain alapul (DEBRECZENI-SÁRDI, 1999; GIBLIN, 2009). A létfontosságú mikroelem, csaknem valamennyi mikroorganizmus életműködéséhez szükséges (*Lactobacillus* spp., *Borrelia burgdorferi* a Fe-ionokat Mn-ionokkal helyettesíti). Felvehetősege a pH viszonyoktól, az ionformájától, kelátképző anyagoktól, redukciós-oxidációs viszonyoktól függ. Az anaerob légző baktériumok némelyike képes a Fe(III)-ion redukálására, míg egyesek a kemolitotróf anyagcsere által Fe(II)-ion oxidációját végzik (*I. ábra*). Az Fe(II) jól oldódó, könnyen felvehető, míg az Fe(III) rosszul oldódó, az élőlények számára nehezebben felvehető forma (SZABÓ, 1989; SZABÓ, 2008; MÁRIALIGETI, 2013).

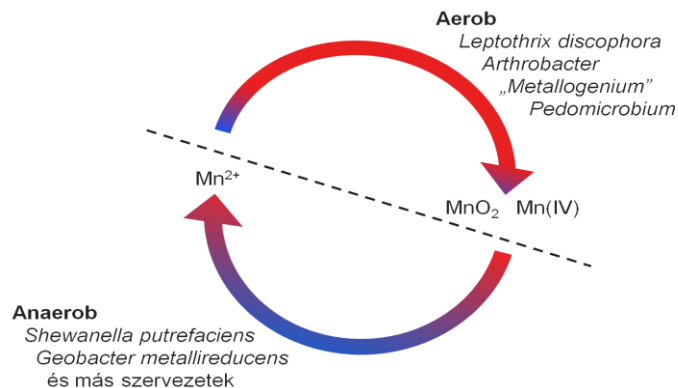
A **bór** összes mennyisége 2-200 mg kg<sup>-1</sup> között változik a talajokban. Savanyú talajok túlmeszezésekor a növényekben hiány léphet fel, mely a kalcium és a bór közötti ion-antagonizmusra vezethető vissza. Bórhiány léphet fel K-többlet esetén is. A bórt a növény borát-ionként passzívan veszi fel (KÁDÁR, 2012a). Szerepe a szénhidrát-anyagcserében és a cukrok szállításában jelentős (SZABÓ, 2008).

A **mangán** átlagosan 20-800 mg kg<sup>-1</sup> mennyiségben található meg talajainkban. A II, III és IV vegyértékű formában, a szilikátokban, karbonátokban és oxidokban fordul elő. A redoxipotenciál változásával vegyértékváltozás figyelhető meg az egyes formák között. Savanyú talajokon anaerob körülmények között a Mn<sup>2+</sup>-ion koncentrációja akár toxikus mértékben is megnőhet. A Mg és Fe-hoz, illetve némely fémhez hasonlóan a növények anyagcsere-folyamataiban enzimaktivátorként vesz részt, amely a fehérjeszintézisben, a citromsav-ciklusban és a fotoszintézisben is szerepet játszik (STEFANOVITS et al., 1999; DEBRECZENI-SÁRDI, 1999; GOLDMAN, 2009; GIBLIN, 2009).



1. ábra A vas-körforgalom fontosabb folyamatai és az abban részt vevő mikrobák  
(MAKK, 2013 cit. MÁRIALIGETI, 2013)

A mangán biológiailag esszenciális elem, élőlényekben kémiai folyamatokban, enzimek alkotórészeként vesz részt. Mangán-körforgalma során a baktériumok oxidáció révén (2. ábra) a Mn(II)-iont Mn(IV)-ionná, míg redukálva a Mn(IV) elektronakceptorként Mn(II)-ionná alakítva más mikrobák számára teszik hozzáférhetővé. A lignin fenolgyűrűinek oxidációját a mangán tartalmú peroxidáz végzi (PAPP, 2011; MÁRIALIGETI, 2013).



2. ábra A mangán-körforgalom fontosabb folyamatai és az abban részt vevő mikrobák  
(MAKK, 2013 cit. MÁRIALIGETI, 2013)

A **cink** a talajban kis mennyiségben (30-50 mg kg<sup>-1</sup>) fordul elő. Tulajdonságai a rézhez hasonlóak. Ásványi alkotóként kétértékű ionként fordul elő a talajban. Mozgékonyosága csekély, a pH csökkenéssel nő (3. ábra). A nagy mennyiségű szénsavas meszet tartalmazó, illetve a nagy adagú P-trágyázott talajok Zn hiányosak lehetnek. A növények számára

esszenciális mikrotápelem, enzimakotórész és enzimaktivátor, részt vesz a fehérjék anyagcseréjében és a növények növekedés szabályozásában. A természetben kadmiummal és higanyal fordul elő, főként oxidok, szulfidok, illetve karbonátok formájában. Denitrifikáló baktériumokban a nitrit-reduktázokban található elem (STEFANOVITS et al., 1999; DEBRECZENI-SÁRDI, 1999; TURÁN, 2003; GOLDMAN, 2009; PAPP, 2011; MÁRIALIGETI, 2013).

Talajainak összes **réz** tartalma 3,2-38 mg kg<sup>-1</sup> között változik. Erős komplexképző tulajdonsággal rendelkezik, a humuszsavakkal komplexet képez, felvehetősége csökken. A talajkolloidok felületén legerősebben adszorbeálódó a két vegyértékű elemek közt (STEFANOVITS et al., 1999). Enzimek alkotórésze, növényi légzésnél, elektrontranszportban (plasztocianinban), fotoszintézisben, fehérje- és szénhidrátszintézisben, lignin bontásában (lakkáz enzimekben, ami egy réztartalmú polifenol oxidáz), nitrifikációban (nitrit-reduktázban) vesz részt (DEBRECZENI-SÁRDI, 1999; BARNA-FÜLEKY, 2007; GOLDMAN, 2009; MÁRIALIGETI, 2013).

**Molibdén** hazánk talajaiban, kis mennyiségben 0,5-3 mg kg<sup>-1</sup> fordul elő. MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-ion formában adszorbeálódik a talaj adszorpciós felületein (foszfát-ionhoz hasonlóan), a kötés annál erősebb, minél kisebb a talaj pH-ja, így felvehetősége savanyú kémhatás mellett igen rossz. Enzimek fémkomponenseként (nitrogenáz és nitrátreduktáz) a nitrogén körforgalomban nélkülözhetetlen mikroelem (GOLDMAN, 2009; BÓDI et al., 2011; MÁRIALIGETI, 2013).

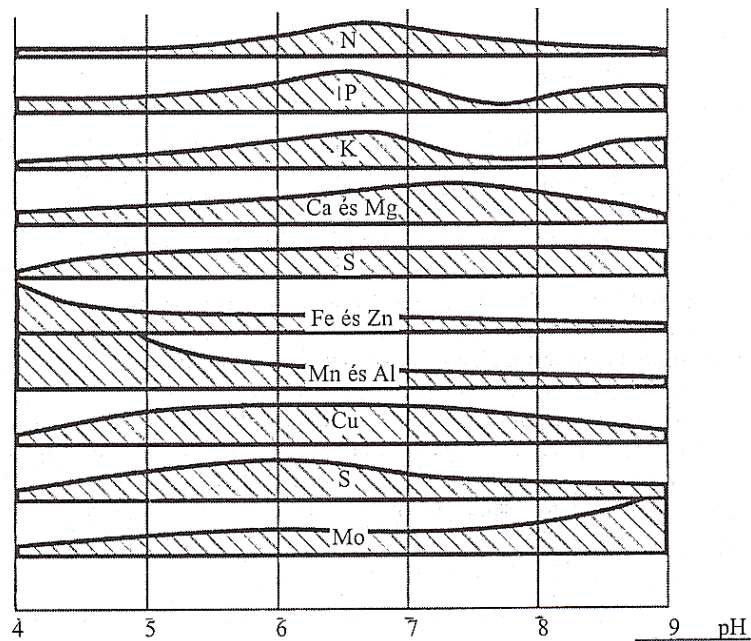
A **kobalt** szintén nélkülözhetetlen tápelem a nitrogén-fixálásban, rizobiumok az elemi nitrogén megkötésénél igénylik (PETHŐ, 1993, 1998; MÁRIALIGETI, 2013).

A baktériumok a különböző mikroelemek felvételében betöltött szerepén kívül az **arbuskuláris mikorrhiza gombák** is fontos szerepet töltenek be azok felvételében. GIDLON (1981, cit. SZEGI-VÖRÖS, 1993) és KILLHAM-FIRESTONE (1983, cit. SZEGI-VÖRÖS, 1993) kutatásai igazolták az arbuskuláris mikorrhiza gombák mikroelemek és nehézfémek felvételében betöltött pozitív szerepét.

A mikorrhizák kiterjedt gombafonál-hálózatának segítségével kiterjeszti a növény felvevő-felületét, elősegíti a nagyobb arányú tápanyag és víz felvételét. A kapcsolat segítségével elsősorban a foszfor, másodsorban a réz, a cink, a nitrogén felvételének javulása fokozódik (SMITH-READ 1997). A mikorrhizák segítségével a növények foszfor felvétele a növényi felvétel akár 100%-át is meghaladhatja (SMITH et al. 2003).

LEHMANN et al., 2014 cink, BALSAM et al., 2013 cink és réz, míg WU et al., 2013 kísérleteikben a vas, mangán, cink és réz felvételének javulását tapasztalták AM-gombák jelenlétében. Mindemellett a növényi nehézfém-felvétel csökkenését is megfigyelték.

Az AM gombák külső micéliumai nagy fémmegkötő képességgel rendelkeznek, ennek következtében a toxikus fémek a gazdaságilag hasznosítható növényi részekben nem halmozódnak fel káros mértékben (SASVÁRI, 2012).



3. ábra Az elemek felvehetősége a kémhatás függvényében  
(Forrás: FÜLEKY, 1999)

## 2.2. Tápanyag-utánpótlás nem mikrobiális oltóanyagokkal

### 2.2.1. Műtrágyák felhasználása

A világon az 1900-as évek elején fokozott mezőgazdasági termelés vette kezdetét, mely a növénytermesztés termékei iránti növekvő igénnyel, a technikai, technológiai, agronómiai, biológiai és kémiai fejlődéssel vált lehetővé. A II. világháborúig döntően a kis terméshozam és a minimális szerves- és műtrágya felhasználás volt jellemző. Ezt követően a nagyüzemi gazdálkodás megjelenésével (1950-es évek végén és az 1960-as évek elején), a műtrágya be- és kihozatal növekedésével, jelentős pozitív változásokat figyelhettünk meg. Főként a fejlett, de a fejletlen országokban is a népességnövekedéssel párhuzamosan a mennyiségi és minőségi termékek iránti igény emelkedésével nagyobb terméshozamok elérése vált célkitűzéssé. Intenzív gazdasági növekedés kezdete hazánkban az 1960-as évekre tehető, melyet főként a technológiai fejlődés és a kínálat növekedése jellemzett (ANTAL-JOLÁNKAI, 2005). A műtrágya felhasználás ettől az évtizedtől dinamikusabban növekedett (275 kg ha<sup>-1</sup>), valamint a termésátlagok mintegy 2-2,5-szeresére emelkedtek a korábbi évtizedekhez viszonyítva. A fejlődés mozgatórugójává vált a nagyobb termőképességű

növények természetben elterjedése, illetve a fejlettebb agrotechnika alkalmazása (öntözés, trágyázás és növényvédelem). A műtrágya felhasználás dinamikus fejlődése 1975-ig folytatódott, műtrágyák tápelem arányaiban változás volt megfigyelhető, kezdetben a nitrogén és foszfor egyenlő aránya, majd ennek az egyoldalú nitrogéntrágyázás felé eltolódása történt. A káliumtrágyázás esetében is kezdeti növekedés, majd stagnálás zajlott le. Ezekben az évtizedekben hazánk tápelem-mérlege pozitívnak minősült, hiszen több tápelemet juttattunk a talajba, mint amennyit termeléssel elvontunk abból. 1985-től jelentős csökkenés következett be a műtrágya felhasználásban. Kezdetben mérsékelten, majd erőteljesen csökkent a felhasznált műtrágya mennyisége. A 2000-es években főként egyoldalú és egyirányú nitrogéntrágyázást végeztek, amely számos környezeti kockázatot vont maga után. A talajok P és K készlete is csökkent. A problémák megoldásához a talajokat figyelembevevő termőhely-specifikus tápanyag-utánpótlás, okszerű gazdálkodás, racionális talajhasználat vált uralkodóvá. Napjainkban az intenzív gazdálkodást egyre inkább az integrált/fenntartható és az ökológiai gazdálkodási rendszerek váltják fel (NÉMETH, 2002; LOCH-NOSTICZIUS, 2004; ANTAL-JOLÁNKAI, 2005).

A műtrágyák különféle összetételük és eltérő tulajdonságaik révén a talajtól idegen anyagoknak minősülnek. Összetételük révén néhány elemet nagy koncentrációban tartalmaznak, de előfordulhat bennük vagy mellékanyagként, vagy szennyezőként számos más anyag, illetve vegyület is. A műtrágyák só-terhelésként hathatnak a talajra, növelhetik annak elektrolit tartalmát. A talajoknál minimális az anion-megkötő képesség, ezáltal egyes elemek túlsúlyban ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) kimosódhatnak, mélyebb talajrétegekbe kerülhetnek. Ez esetben fém-ionok is távozhatnak az adott rétegből, kationok kilúgzásával mennyiségük csökken (Ca, Mg), ezáltal talajsavanyodás következhet be. Az egyes elemek (foszfor) a talajban savmaradék formájában megkötődni képesek, azonban erózió és vagy defláció révén élővizekbe kerülve eutrofizációt okozhatnak. Mindezek függvényében egyéb tényezők változása is bekövetkezhet, mind a talajfizikai, mind a talajkémiai és talajbiológiai paramétereiben (BOLAN et al, 2005; GELLER-SCHULTZE, 2009; KÁDÁR, 2011; ZHAO et al., 2012; SEBASTIÁ et al., 2012; BARDHANA et al., 2012; CLIVOT et al., 2012; SHI et al., 2012).

Az EU-15 országa 2005-ben pozitív tápelem-mérleggel rendelkezett, ezen belül jelentős volt a nitrogén és foszfor-túltrágyázás, mely komoly környezeti veszélyeket rejt magában. „Az Európai Talajtani Iroda becslése szerint Nyugat-Európában 17 millió hektáron (mezőgazdasági területek 12%-án) kell túlzottan magas NP-ellátottságokkal számolnunk, amely ugrásszerűen megnöveli a felszíni vizekbe kerülő NP kockázatát. Más oldalról, a

közép-európai országokban tapasztalt, egyre súlyosabb NPK-alultrágyázás viszont agronómiai problémákban, alacsony termésszintekben, és komoly profitkiesésekben realizálódik” (CSATHÓ-RADIMSZKY, 2005).

Az 1960-as évektől kezdődően hazánk csökkenő állatállománya miatt csökkent a szerves trágya mennyisége és alkalmazása, emellett nőtt a műtrágya mezőgazdasági felhasználása. A műtrágyahatások megismerése céljából kísérletekben vizsgálták a műtrágyák alkalmazhatóságát (LÁNG, 1973; BOCZ, 1976). Ezen alapelvek napjainkban az okszerű gazdálkodás alapjait jelentik, ahol az egyik legfontosabb szempont, a kijuttatandó műtrágya helyes adagjának megválasztása, az adott talajtípus és környezeti körülmények figyelembe vétele mellett (SARKADI, 1975; BUZÁS-FEKETE, 1979; ABD EL GALIL et al., 1993; NÉMETH, 1993; SÁRDI-NÉMETH, 1993; SZŰCS-SZŰCSNÉ, 2003; KÁTAI, 2006; VAD et al., 2007; LENTE-PEPÓ, 2009; PEPÓ, 2010; BALÁZSY-SÁRDI, 2011; KÁTAI et al., 2011; TÁLLAI et al.; 2011), melyekben a N, P, illetve K műtrágyázás hatásait vizsgálják, főként a növények által könnyen felvehető tápelemeket hangsúlyozva.

A KSH adatai alapján hazánk talajainak becsült országos NPK-mérlege az 1960-as évekig negatívnak minősült. A mezőgazdasági területeink foszfor-mérlege 1960-tól, kálium-mérlege 1970-től vált pozitívvá. A N-mérleg az 1960–1965 évektől kezdve növekedett meg, ebben az időszakban több volt a nitrogén-bevitel, mint felhasználás. Az 1970-es évektől megduplázódott a talajba juttatott foszfor mennyisége a növényi felvételhez viszonyítva. Becslések szerint az 1990-es évek végére jelentős  $P_2O_5$  tartalék maradt művelt területek talajaiban. Az 1990-es évektől a nitrogén-mérleg pozitívvá, míg a foszfor- és kálium-mérleg negatívvá vált. Ahol intenzív trágyázás folyt még mindig pozitív foszfor- és kálium-mérleg figyelhető meg, mely függvényében a P-, illetve K-műtrágyázás elhanyagolható. A fenntartható gazdálkodás elterjedésével (1990-es évek végétől napjainkig) csökkent az egyirányú, főként egyoldalúan kijuttatott N-műtrágyázás, okszerű tápanyag-utánpótlás vette kezdetét, melynél a talaj tápelem-ellátottsága és a növények tápanyag-igényének figyelembe vétele vált elsődlegessé (KÁDÁR, 2012b).

### **2.2.2. Szerves trágyák és egyéb anyagok felhasználása**

A szerves trágyák mezőgazdasági felhasználásával nemcsak talajaink tápanyag-készletének, hanem azok számos tulajdonságának javítása is elvégezhető. A szerves trágyázás néhány előnyös tulajdonságai közé tartozik; a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak javítása (nagyobb humusz és szerves kolloid tartalom, lazább talajszerkezet, jobb víz- és levegőgazdálkodás, nagyobb pufferkapacitás, növekvő talaj tápanyagtőke, ennek

eredményeképpen a talajban élő heterotróf szervezetek aktívabbá válnak). Az istállótrágya-felhasználás egyik előnye, hogy a kijuttatott trágya hatása több év alatt jut érvényre, annak tápanyag-tartalma mineralizációs folyamatok révén válik a növények számára felvehetővé. Az intenzív gazdálkodás előtérbe kerülésével, illetve az állatállomány csökkenésével a szervesstrágyázás alkalmazása nagymértékben csökkent az utóbbi évtizedekben. Hazánkban az 1960-as években a mű- és szerves trágya felhasználás aránya körülbelül 50:50 % volt, azonban a műtrágyák hozzáférhetőségének javulásával és elterjedésével az arány a '70-es évekre elérte a 75:15 százalékot. A műtrágya-felhasználás csökkenésével párhuzamosan az állatállomány-csökkenése is bekövetkezett, az istállótrágya felhasználás mintegy felére csökkent az 1990-es években. A szerves trágyák (istállótrágya, hígtrágya, komposzt, zöldtrágyák) felhasználása napjainkban is alacsony részarányt tesz ki. 2010-ben közel 19 t ha<sup>-1</sup> volt az átlagos szerves trágya felhasználás hazánkban (BÓDAY, 2012; LOCH, 2012, Internet1).

Az istállótrágya felhasználás csökkenése mellett egyre nagyobb részarányt képviselnek a mezőgazdasági melléktermékek, szennyvíziszapok, biogázüzemi melléktermékek tápanyag-utánpótlás, illetve nem utolsó sorban talajjavítás céljából történő felhasználása. Ezen anyagok felhasználásával nemcsak a talaj tápanyag-forgalmának, hanem jelentős mértékben fizikai és kémiai paramétereinek, így a vízháztartás, hő- és szervesanyag- és tápanyag-gazdálkodás javulását is elérhetjük. Azonban a keletkező melléktermékek felhasználása nem kis anyagi vonzatot; előkezelést és tárolási költségeket rejt magában. Végző soron pedig nagy figyelmet igényel a nem megfelelő kezeléskből eredendő kedvezőtlen hatások korrigálása, kiküszöbölése (MAKÁDI et al, 2007; KÁTAI et al., 2011; BÓDAY, 2012, Internet5).

Az intenzív növénytermelési rendszerek elterjedésével a nagy termés hozamok mellett egyre nagyobb figyelmet igényelnek a szalma- és egyéb növényi maradványok (kukorica-, és egyéb szármaradványok) elhelyezésének és felhasználásának megoldása. A kalászosok szalmája, a kukorica- és egyéb szármaradványok jelentős része betakarításkor a területen maradvá visszakerülve a talajba, javítja annak tápanyag- és szervesanyag-ellátottságát, és nem utolsó sorban kedvezően befolyásolja a talaj vízháztartását, így a talajélet serkentését, jobb termés hozamok elérését (Internet5).



## 2.3. Tápanyag-utánpótlás mikrobiológiai készítményekkel

### 2.3.1. A készítmények elterjedése és típusai

SHEN (1997) szerint a mikroorganizmusok mezőgazdasági használata világszerte kb. 60 éve kezdődött el. Ezek segítségével javult a növények környezeti túlélő-, valamint a stressztűrő képessége (víz-, tápanyaghiány, nehézfém szennyezés hatásai).

Az 1960-as években megjelentek hazánkban az ún. „**baktériumtrágyák**” melyeket a mezőgazdasági termelésben alkalmaztak. A főként egy törzset tartalmazó készítmények hatásosnak bizonyultak, ezáltal több országban elterjedt használatuk (MANNINGER-SZEGLI, 1963; HAMATOVÁ és HLAMÁCKOVÁ, 1963).

A vetőmagvak különböző baktérium- (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum* sp.), illetve gombatörzsekkel (*Trichoderma*, *Aspergillus* sp.) való megfertőzése az 1960-as évektől kezdődően terjedt el. A növények pozitívan reagáltak a különböző kezelésekre. Az eredményesség az egyes kísérletek talajkémiai és mikrobiológiai paramétereiben, a termesztett növények növekedésében, szarazanyag-felhalmozásában, illetve beltartalmi mutatóiban is megnyilvánult (HAMATOVÁ-HLAMÁCKOVÁ, 1963).

Egyre több törzset izoláltak és vizsgáltak, hogy miként befolyásolják a termesztésben levő növények termését és beltartalmi mutatóit (SOÓS & KÓNYA, 1978; MANNINGER-KŐVÁRI, 1983). Később a baktériumokat tartalmazó készítményeket (melyek főként *Rhizobium*, majd *Azotobacter* sp.-t is tartalmaztak) környezetkímélő technológiáknak nevezték, amelyek az optimális tápelem-ellátottság mellett pozitívan befolyásolták a talajoltás eredményességét (KÖVES-PÉCHY et al., 1989).

ANATOLIJ (1990) véleménye szerint a mikrobiális készítmények alkalmazása a növénytermesztésben fontos feladatnak tekinthető, ugyanis az eddigi kutatási eredmények is igazolják az oltóanyagok használatának és széleskörű elterjedésének a szükségességét.

Napjainkban a szakemberek egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek arra, hogy a fenntartható fejlődés jellemző vonásait a növénytermesztésre is alkalmazzák. Előtérbe kerül a felhasznált műtrágyák mennyiségének, illetve összetételének helyes megválasztása. A talaj állapotának megőrzése, fenntartása, javítása minden gazdálkodó feladatának tekinthető. Az utóbbi években elterjedt a különböző mikrobiológiai készítmények mezőgazdasági termelésben való felhasználása. A termékek felhasználásával a kijuttatandó műtrágya mennyiségek csökkenthetővé válhatnak. Azonban ezeknek a készítményeknek a hatásairól kevés tudományos adat áll rendelkezésünkre. A termékek a környezetkímélő tápanyag-utánpótlás

egyfajta módjának bizonyulnak. A készítmények kibocsátói a baktériumtrágyák használatával a talaj mikrobiológiai potenciáljának fokozódását, a talajszerkezet javulását, a tápelemek felvehetőségének módosulását ígérik (SZAKÁL, 1999; SOLTI, 2004; FILEP, 2008; KISMÁNYOKY, 2009).

Kereskedelmi forgalomban egyre elterjedtebbek azok a mikrobiológiai oltóanyagok, amelyek nemcsak baktériumokat tartalmaznak. A készítményekben sokkal többcélúan; baktériumokat, gombákat, algákat találhatunk, melyek alkalmazásával növénykondicionálás-, vitalizálás, növényvédelem is megvalósítható. A növényvédelmi felhasználási célú mikrobiális készítmények, amelyek sok esetben főként gombákat (szabadon vagy szimbiózisban élőket) tartalmaznak nemcsak tápanyag-utánpótlást, hanem növényvédelmi célt is betöltenek. Ezek jelentősége különösen a biológiai gazdálkodásoknál kiemelkedő, ahol a növényvédő szereket ezen természetes hatóanyagú készítményekkel helyettesíthetik (DARVAS et al, 2008).

### 2.3.2 A készítmények összetétel szerinti csoportosítása

A kijuttatható és kereskedelmi forgalomban kapható, engedélyezett mikrobiológiai készítményeket az alkalmazandó hatások alapján az alábbiak szerint csoportosíthatjuk (a csoportosítás alapját a **36/2006. (V.18.) FVM rendelet** adja, a példaként felsorolt készítmények a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Termésnövelők adatbázisából származnak (Internet2 és Internet3):

- **Szimbiota mikroorganizmusokat tartalmazó készítmények:** Ezek az oltóanyagok főként a nitrogénkötésben résztvevő szimbiota baktériumokat (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*), mint például; Azorhiz, Iregi natúr szója oltópor, NPPL szója oltópor termékcsalád, valamint a foszfor és mikroelemek mobilizálásában szerepet játszó mikorrhiza gombákat (például *Glomus* sp.) tartalmazó készítmények (Amykor, Symbivit, Aegis Sym Argilla készítmények).
- **Cellulóz-bontó mikroorganizmusokat tartalmazó készítmények** (*Cellvibrio* sp., *Pseudomonas fluorescens*; *Cellulomonas cellulosea*), mint például Terra-Vita R komposzt-aktivátor, BactoFil-Cell Cellulóz-bontó készítmény, GeoCELL-1 mikrobiológiai készítmény. Ezen készítményekben a cellulóz-bontásban fontos, főként baktériumok találhatóak.
- **Komposztálási célra használható készítmények** (hasonló a cellulóz-bontásban fontos baktériumtörzseket, mint a cellulóz-bontó mikroorganizmusokat tartalmazó készítmények, illetve növényi maradványok lebontásában szerepet játszó gombatörzseket tartalmaz) AGROSOIL™ KOMPOSZT-A, GeoCELL-1 mikrobiológiai készítmény, Terra-Vita R

komposzt-aktivátor, melyek a növényi maradványok lebomlásának elősegítésében, illetve a komposztálási folyamat felgyorsítására alkalmazható készítmények. A mezőgazdasági szerves hulladékok (mint például az istállótrágya, a baromfitrágya, a szalma, és növényi maradványok) komposztálásának elősegítésére használhatóak.

- ***Elsődlegesen, talajon keresztül ható, terménynövelő hatású mikroorganizmusokat tartalmazó készítmények:***

- N körforgalomban fontos szervezeteket tartalmazók: szabadon élő nitrogénkötőket tartalmazó készítmények (melyekben például *Azospirillum*, *Azotobacter* sp. törzsek találhatóak), például AgroSoil™ –N, AgroSoil™ –Plex, Azoter, BactoFil, Biofil, Biorex, Microbion Phylazonit termékcsaládok. Elősegítik a talajban a légköri nitrogén asszociatív megkötését.
- P körforgalomban fontos törzseket is tartalmazó készítmények (*Bacillus* sp. *Pseudomonas* sp.) AgroSoil™ –P, GeoAgit-CNPK-1, Phomobil, Phylazonit termékcsalád, Symbion, TERRUM mikrobiológiai készítmények. A foszfor mobilizálásával annak felvehetőségét javítják a növények számára.
- Mikroelemek feltárását elősegítő készítmények (előzőekben ismertetett főként arbuskuláris mikorrhiza gombákat tartalmazó készítmények).

- ***Növényre ható mikroorganizmusokat tartalmazó készítmények:***

- A főként gombákat tartalmazó készítmények, például *Trichoderma* sp. (TRIFENDER, PROTECTOR), *Arthrobotrys oligospora* (ARTIS mikrobiológiai készítmény), *Coniothyrium minitans* (ÖKO-NI WP) tartalommal. A készítmények megelőzésként, a növények kórokozói, kártevői elleni védelem céljából alkalmazhatóak.
- *Viridis aurum* (Organic Green Gold), illetve *Chlorella vulgaris* (Algafix, BIOPLASMA algás trágyacsalád, Naturplasma), illetve egyéb alga tartalmú készítmények (Algamix, Amalgerol, Biolchim termékcsalád), melyek levélfelületre kijuttatandók, a növények fejlődésének serkentése céljából.
- Kombinált mikrobiológiai oltóanyagok, melyek alkalmazásával az előzőekben ismertetett hatások komplexen érhetőek el. A készítményekben baktériumok, gombák, azok által szintetizál hatóanyagok (hormonok, vitaminok stb.) találhatóak, például BactoFil, BioNitroPhos, EM, Microbion, Terrum termékcsaládok mikrobiológiai készítményei.

### 2.3.3. A készítmények elvárt és/vagy tényleges hatásai

A mikroorganizmusok a növényi maradványokon elszaporodva **gyorsítják annak bomlását**, elősegítve ez által a tápelemek ásványosítását és felvehetőségét. Emellett lényeges a szerves anyagok C/N aránya, amely nagymértékben befolyásolja azok mineralizációjának sebességét, illetve a felvehető formában lévő nitrogén mennyiségét a talajban (BUZÁS, 1987; SZABÓ, 1987). A mikroorganizmusok tápelemek körforgalmában betöltött szerepét hangsúlyozza és támasztja alá ZAVARZIN (2008) is.

SHETTY (1994) megállapította, hogy a talajban élő baktériumok és gombák nemcsak a talajok tápanyag felvételét befolyásolják kedvezően, hanem részt vesznek a talaj szerkezetének javításában (aggregátum képzés) és így csökkentik a talajerózió veszélyét és mértékét.

A mikroorganizmusok **a talajlakó állatokkal és a növényekkel is kölcsönhatásban állnak**. A kölcsönhatások speciális formája a szimbiózis. A legismertebb és legtöbbet tanulmányozott szimbiózis a pillangós virágú növények és *Rhizobium* baktériumok, továbbá a magasabb rendű növények és az arbuskuláris mikorrhiza gombák közötti együttélés (EHRENFELDT, 2013), amelyeknél a két legfontosabb jellemző a kölcsönhatás létrejötte és annak működőképessége. A *Rhizobium* baktériumok jelenléte fontos a talajban a pillangós virágú növények termesztésekor. A *Rhizobiumok* a növényeket megfertőzve gümőt képeznek a gyökerek felületén, és ezután alakul ki a szimbiózis, mint kölcsönhatás (GILLER et al., 1998). A kialakult szimbiózis pozitív hatását támasztják alá DÖBEREINER-PEDROSA (1987), LYNCH (1990) és KLOEPPER et al. (1989, 1991) tanulmányai.

MIA-SHAMSUDDIN (2010) *Rhizobium* törzsek növényekre kifejtett hatását és biotrágyaként való alkalmazását vizsgálták. A kísérletben a gabonafélék főbb növekedési mutatóit, valamint a tápelemek, akkumulációját mérték. Megállapították, hogy a gabonák növekedési mutatói, valamint a növényi tápelem-felvétel a szimbiózis kialakulását követően nőtt.

Az utóbbi években történtek olyan kísérletek, melyekben a baktériumok talajban, illetve vetőmagvak felületén történő túlélőképességét tanulmányozták. A magvak csírázóképeségére, ezáltal későbbi fejlődésére kifejtett hatását vizsgálták. *Rhizobium* és *Azospirillum* törzsek izolálásával, és azok különböző körülmények közti túlélőképességének vizsgálatával megállapították a két törzs nitrogénkötésben betöltött kiemelkedő szerepét (RUBAN, 2007; COMAKLI-DASCI, 2009; TOPRE et al., 2011).

YAHYA (1988) cianobaktériumos talajoltás, valamint szervesstrágyázás hatását vizsgálta rizs tesztnövény szalmatermésének alakulására. Megállapítása szerint, a kísérletben alkalmazott

baromfitrágya és cianobaktériumos talajoltás hatására a szalmatermés mennyiségi növekedését tapasztalta. Hasonló kísérleti beállításkor, hasonló eredményekről számoltak be STEWART et al. (1967, 1987), WHITTON-POTTS (2000).

A cianobaktériumok rizsföldeken való alkalmazását (SINGH et al, 2000), herbicidtűrő képességét (SINGH et al., 1979, 1986, 2003, 2004, 2006; és SINGH-DATTA, 2007), és nitrogénháztartásban való szerepét többen kutatták SINGH (1961).

NIRMALA-VADIVEL (1999) szerves trágyázás és baktériumos talajoltás hatását vizsgálta uborkán, indiai kísérletben. Megállapította, hogy a szerves trágyázás és baktériumos talajoltás együttesen hatékonyan növelte a terméseredményeket. Megállapításai hasonlóak YAHYA (1988) korábbi tudományos eredményeihez. MEKKI et al. (1999) egyiptomi kísérleteiben a N-kötő és foszfát-oldó baktériumokat tartalmazó biotrágyát, szerves- és műtrágyákat használt fel, kísérlete során a három hozzáadott trágya együttes alkalmazásánál ért el legmagasabb növényi zöldtömeget.

BIRÓ et al. (2000) a kombinált mikroorganizmus együttes alkalmazását javasolják, amely a mikrobiális oltások perspektíváját jelentheti. A kombinált készítmények több, hasznos mikroszervezetet foglalnak magukba, úgy, mint a nitrogénkötők, a foszfor feltáródást elősegítők, a cellulózbontók és a szaprofita gombák.

LEAUNGVUTIVIROJ et al. (2010) biotrágya N-fixálásban, foszfor és kálium oldhatóságában, valamint auxin termelésében fontos törzseit tanulmányozták, hagyományos műtrágyákkal összehasonlítva és kombináltan. A kezeléseket kukorica és zöldségnövények esetében végezték el, mérték a növények hozamát és növekedésének intenzitását.

A növényi gyökér felvevőfelületét nagymértékben fokozza a gyökér mikorrhiza fertőzöttsége. A gombafonalak nagyobb felvevőfelületet biztosítanak a növények számára, hiszen a hifák talajban való szétterjedése szerteágazóbb, mint amire gyökérszőrők képesek. A gombafonalak segítségével javulhat a növény tápanyag-felvételére, mint az a foszfor esetében is bizonyult. A gombafonalak révén a növények számára felvehetetlen foszfor vegyületek és mikroelemek feltáródnak és felvehetővé válnak. A gombafonalak nagy sűrűséggel hálózják be a talajt, elősegítve a növények számára távolabbi, és nehezebben felvehető tápanyagok felvételét. Az elágazó gombamicélium kiterjedtebb a növény gyökérszőreire, ezáltal nagyobb mennyiségű tápanyag felvételére képes. A gombasejtek lebontanak, feloldanak és tovább szállítanak olyan anyagokat is, amelyeket a növény gyökere nem képes felvenni. A gombafonalak a növény vízellátását biztosítják, ásványi anyagok felvételét segítik, illetve a növény számára sokszor nem felvehető szerves vegyületek mozgékonyosságát is befolyásolják (SYLVIA, 1989; RHODES-GERDEMANN, 1975; JAKUCS-VAJNA, 2003). MELIN (1925) és MIKOLA

(1948) tanulmányai bebizonyították, hogy a mikorrhiza gombák képesek az ásványi sókon kívül a szerves nitrogén vegyületek hasznosítására, így különböző aminosavakat, és amidokat is.

Magyarországon SZÉCSI et al. (1989) vizsgálták elsőként a mikorrhiza endofita gombákat. A monokultúrában termesztett kukorica talajának mintáiban *Acaulospora*, *Gigaspora* és *Glomus* nemzetséghez tartozó gombákat, spórákat találtak.

VÖRÖS-SZEGI (1991, 1992), VÖRÖS et al. (1993a, b) rekultiváció alatt álló bányameddők földjeiben tanulmányozták az árpa és kukoricagyökér VA-gombákkal való fertőzöttségét, valamint a *Glomus* és *Gigaspora* nemzetséghez tartozó gombák spóráit mutatták ki.

ROUTIEN-DAWSON (1943), McCOMB-GRIFFITH (1946), KRISHNA-BAGYARAJ (1991) és TORO et al. (1997), SMITH-READ (1997), KHAN et al. (2000,) tanulmányai bizonyították, hogy a mikorrhiza kapcsolat előnye a növényi gyökérzethez kapcsolódó micélium tömeg nagy aktív felvevő felületének köszönhető, melyen keresztül anyagok felvétele és leadása történik, azáltal, hogy a gomba micéliumok befolyásolják a növény anyagcseréjét.

MCDUGAL-DUFRENOY (1944), WHITE (1954) a mikorrhiza gombák pozitív hatását azzal magyarázzák, hogy a gombák micéliumaikon keresztül növekedésserkentő anyagokat is termelnek és juttatnak a növényekbe.

BAGYARAJ (1991) szerint a pillangós virágú növényeknél a *Rhizobium* és mikorrhiza szimbiózis mind számarányát, mind élettani jelentőségét tekintve kiemelkedő volt más növénycsoportokhoz viszonyítva.

VÖRÖS et al. (1993a, b) a *Rhizobium* és VA gombák együttélését bizonyította borsó gyökérzetében. Vizsgálta a *Rhizobium* oltás gümőképzésre és VA-mikotrofítás infekciójára gyakorolt hatásait is.

BIRÓ-ANTON (2003) a mikrobiális oltóanyagokat és azokat a mezőgazdasági gyakorlatban bizonyított hatásaik alapján az alábbiakban csoportosítja (*1. táblázat*):

1. táblázat A mikrobiális oltóanyagok és a mezőgazdasági gyakorlatban bizonyított hatásai (BIRÓ-ANTON, 2003)

A mikroba neve	Növénynövekedésre kifejtett hatás	Gazdanövénykör	Alkalmazási mód
<b>1. A tápelemellátás javulása, stressz-pufferképesség</b>			
Azospirillum sp.	Asszociatív N-kötés, növekedést segítő hormonok	Gabonafélék, köles, kukorica, cirok stb.	Fitostimulátor
<i>Rhizobium</i> , <i>Bradyrhizobium</i>	Szimbionta N-kötés	Pillangósok (lucerna, borsó, here, bab stb.)	Biotrágya
<i>Bacillus subtilis</i>	Foszfor-feltárás	Mezőgazd. növények	Biotrágya
Arbuskuláris mikorrhiza gomba	Foszfor és mikrotápelemfelvétel	Fás növények (gyümölcsök)	Biotrágya, biopeszticid
<b>2. A talajeredetű patogének elleni védelem</b>			
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Antagonista képesség	Mezőgazd. növények	Biokontroll ágens
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Vaskelát-képzés, antagonizmus	Bármilyen gazdanövény	Fitostimulátor és biopeszticid
<i>Trichoderma</i> sp	Antagonista és biocid képesség	Dísznövények, zöldségfélék	Biopeszticid
Élesztő-gombák	Antagonizmus, vitaminellátás	Gyümölcsök, szőlő	Biopeszticid
<i>Pythium oligandrum</i>	Antagonizmus (palántadőlés)	Disznóvénnyek (tulipán)	Biofungicid
<i>Coniothyrium minitans</i>	Antagonizmus, biológiai kontrol	Gabonafélék, rizs	Biofungicid

#### 2.3.4. A felhasználás és alkalmazás aktuális helyzete

Az ökológiai művelési módok szerepe fontos a talajok szervesanyag-tartalmának megóvása, fokozatos növelése szempontjából. A talaj szervesanyag-tartalmának változása egy bonyolult, összetett dinamikus egyensúlyi folyamat, amelyet irányított szerves/és szervesetlen eredetű anyagokkal, adalékokkal bizonyos mértékben fokozni lehet. A talajok biológiai folyamatait fokozni, irányítani és megőrizni szükséges. A talaj-növény rendszerek hasznos mikroszervezeteivel való talaj-biotechnológiai eljárások elterjedőben vannak. Elsősorban mikroszimbionta gombákkal és nitrogénkötő baktériumokkal való mesterséges szimbiózisok létrejötte hozzájárulhat a talaj-környezetvédelmi gyakorlat kialakításához (BIRÓ, 2005).

A klasszikus tápelem-visszapótlás során a mikrobiális oltás egy sajátos módját alkalmazzák, mely során nagy szervesanyag-tartalmú anyagokat juttatnak a talajba. Az állati trágyákkal ez megvalósítható, de napjainkban gazdaságossági és környezetvédelmi okok miatt is szükség van a mezőgazdasági és ipari eredetű hulladék anyagok felhasználására. A hulladékok azonban a talajbiológiai aktivitás tápelem-körforgalomban kifejtett előnyös hatásán túl a nem-kívánt potenciális állat-/emberpatogén mikroorganizmusok kockázatát is fokozzák. A hasznos mikroorganizmusok mennyisége pedig ezzel párhuzamosan csökkenhet, ami sok esetben indokolttá teheti a mikrobiális oltóanyagokkal való kombinációk kialakítását is (MAKÁDI et al., 2007, BIRÓ et al., 2008).

A mikrobiális oltások során a mikroorganizmusok életképességének megőrzése elengedhetetlenül szükséges a gyakorlati alkalmazásig és a későbbi infekció létrejöttéig (HARDARSON-ATKINS, 2003). Irodalmi adatokkal is alátámasztott tény ugyanakkor, hogy a tárolás és szállítás során az oltóanyag törzsek életképességét számos környezeti abiotikus stressz-tényező képes károsítani (BAYOUMI et al., 1995).

A talajokba került oltóanyagok vagy az ott előforduló „bennszülött” *Rhizobium* populáció aktivitására a talajfizikai tényezők (kötöttség, tömörödöttség) mellett a kémiai tulajdonságok, illetve elsősorban a toxikus elemek károsító hatása is bizonyított (BIRÓ et al., 2001; KÁDÁR et al., 2001).

A túlélőképesség fokozására azonban – hiányuk esetén – hasznos lehet már a vivőanyagban (és különösen a tőzegben) a különböző mikroelemekkel (B, Mo, Co) való tápanyag-kiegészítés (BIRÓ et al., 1993; BALÁZSY et al., 1994).

Alapvetően hiányoznak a talajbiológiai változók közötti összehasonlító vizsgálatok különböző magyarországi talajoknál. SZILI-KOVÁCS et al. (2009) hat különböző fizikai féleségű, szervesanyag-tartalmú, tartamkísérletben szereplő talaj összehasonlító elemzését célozták meg tíz talajbiológiai és -enzimológiai módszer együttes felhasználásával. A mintavételi időpont megválasztásával különbségeket kerestek a paraméterek között. Megállapították, hogy a tavaszi és őszi mintavételek között szignifikáns különbség adódott a legtöbb talajbiológiai változó esetében.

BIRÓ et al. (2000) vizsgálata alapján kiderült, hogy az AMF gombák jelenléte extrém körülmények mellett jobb feltételeket biztosított a növények számára. A növények AMF gombákkal való kapcsolata során a holtvíz egy részét is képesek hasznosítani és a növények számára hozzáférhetővé tenni. Ezáltal egyes nehezen felvehető tápelemek felvétele biztosítottabbá válik a kedvezőtlen, száraz időszakokban a növények számára. Hasonló pozitív hatást tapasztalt WU et al. (2005) is.

KAUR-REDDY (2014) szabadföldi kísérletben tanulmányozták a foszfor oldhatóságát elősegítő baktériumok (*Pseudomonas plecoglossicida*, *Pantoea cyripedii*) talajra és tesztnövényre kifejtett hatását. Az alkalmazott baktériumok mellett szignifikáns változást tapasztaltak a kukorica és őszi búza termésénél, a talaj felvehető foszfor-tartalmánál és a felvett növényi foszfor-tartalomban, talaj szerves-C tartalmában, a foszfor-oldhatóságot növelő baktériumok mennyiségében és dehidrogenáz enzim aktivitásában. Hasonló pozitív hatást tapasztalt KUREK et al. (2013) almakultúrában *Pseudomonas luteola* talajoltással.

VERMA et al. (2014) *Mesorhizobium*, *Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas aeruginosa* és *Trichoderma harzianum* oltás talajra és növényre gyakorolt hatásait tanulmányozták. A



*Pseudomonas* sp és *Trichoderma* sp. talajoltások esetében növekvő foszfor feltáródást igazolt. A négy törzs kijuttatásával a csicseriborsó termésének növekedését, valamint a felvehető foszfor mennyiségének növekedését tapasztalták.

LAVAKUSH et al. (2014) *Pseudomonas* sp (*P. aeruginosa*, *P. putida*, *P. fluorescence*) indolecetsav-termelését, rizsre kifejtett növekedésserkentő, termésmnövelő és talaj foszfor oldhatóságot elősegítő hatását, valamint a növényi N, P és K tartalmának (%) változását tanulmányozták, különböző foszfor műtrágya dózisok és *Azotobacter chroococcum* és *Azospirillum brasilense* oltásokkal kombinálva. Eredményeik alapján a *Pseudomonas* törzsek+*Azotobacter* sp.+*Azospirillum* sp.+30, valamint 60kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kezelése a rizs termésének, szalma mennyiségének és beltartalmának szignifikáns növekedését eredményezték a beállított kísérlet mindkét évében.

STEFAN et al. (2013) 24 a szója és futóbab gyökérszónájában előforduló sziderofor képző és növényi növekedésserkentő anyagokat kibocsátó mikrotörzset izolált, és tanulmányozta *Phaseolus coccineus*, L. termésére, fotoszintetikus aktivitására, transzspirációjára, vízhasznosító képességére és klorofill tartalmára, valamint a mikrobák a foszfor oldhatóságára, indol-ecetsav és sziderofor termelésére kifejtett hatását. Eredményei szerint a kijuttatott törzseknek köszönhetően javult a növények fotoszintetikus aktivitása, vízhasznosítása, klorofill tartalma, termése.

A szakirodalmi eredményeket **összefoglalva** megállapíthatjuk, hogy a mikrobiológiai oltóanyagok mezőgazdasági alkalmazása egyre elterjedtebbé válik mind hazánkban, mind a világban. A talajok termékenységének javítását célzó, alternatív tápanyag-utánpótlási formában alkalmazott készítmények pozitív hatásait támasztják alá hazai és külföldi szakirodalmak egyaránt. A készítmények hatásait vizsgálták laboratóriumi, tenyészedényes és szabadföldi kísérletekben is. Megállapították, hogy alkalmazásuk nemcsak a talaj fizikai-, kémiai-, és mikrobiológiai tulajdonságait, hanem a termesztett növények vizsgált paramétereit is legtöbb esetben pozitívan befolyásolták.

### 3. 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 biomaszát (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 biomaszája 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 biomaszájára kifejtett hatásairól.

Célkitűzésünk között szerepelt, hogy laboratóriumi vizsgálatokkal mérjük az egyes talajkémiai tulajdonságokat, így a kémhatást, a  $\text{NO}_3^-$ -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 biomaszát-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 biomaszáját, valamint szabadföldön a kukorica

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

## 4. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 4.1. A műtrágya és baktériumtrágyák hatásainak vizsgálata

#### 4.1.1. A tenyészedényes kísérletek

A DE ATK 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.

#### 4.1.2. A tenyészedényes kísérletben alkalmazott kezelések

A baktériumtrágyákat vizsgáló tenyészedényes kísérletben alkalmazott kezeléseket a 2. táblázatban mutatjuk be.

2. 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<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, P=KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, K=K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

Az alul perforált tenyészedényekbe a talaj kifolyása ellen kis szövetet helyeztünk, majd edényenként 1-1 kg légszáraz talajt mértünk be. A tenyészedényeket kocsikra tettük, eső esetén, illetve éjszaka tető alatt tartottuk. Minden edényben a talajfelszínére 0,6-0,6 g angolperje magot vetettünk el. 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 öntöztük, 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  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (0,2857 g edény<sup>-1</sup>), a foszfort  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (0,1915 g edény<sup>-1</sup>), a káliumot pedig  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (0,1915 g edény<sup>-1</sup>) és  $\text{K}_2\text{SO}_4$  formájában (0,0625 g edény<sup>-1</sup>) adagoltuk ki, edényenként 20 cm<sup>3</sup> oldatban. A szalmás kezelések esetén 3 g aprított búzaszalmát kevertünk edényenként a talajba, amely 7 t ha<sup>-1</sup> értéknek felelt meg. A BactoFil A10 és EM-1 baktériumtrágyákat hígítva kevertük a talajhoz, edényenként 20 cm<sup>3</sup> BactoFil A10-et és 15 cm<sup>3</sup> EM-1-et. A szilárd halmazállapotú Microbion UNC baktériumtrágyából 0,01 g mennyiséget alkalmaztunk edényenként. A baktériumkészítmények alkalmazott dózisa a szántóföldi ajánlás kétszeresének feleltek meg.

#### 4.1.3. Az alkalmazott készítmények jellemzése

A kísérletben BactoFil A10, EM-1, Microbion UNC mikrobiológiai készítményeket alkalmaztunk. Melyek fontosabb jellemzőit az alábbiakban ismertetünk.

-A **BactoFil<sup>®</sup> A10** egyszikű növények termesztésénél alkalmazható baktériumtrágya. Alkalmazása Hu%>1 területeken ajánlott hektáronként 1 liter ha<sup>-1</sup> adagban, 200-400 liter ha<sup>-1</sup> öntözővízzel, 5°C feletti talajhőmérsékletnél. A készítmény az alábbiakat tartalmazza: *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter vinelandii*, *Bacillus megatherium*, *Bacillus polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces albus*, tápelemeket (m/v%-ban kifejezve: N>0,8; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>>1,8; K<sub>2</sub>O>1,6; Mg>0,25; Ca>1,4), a mikroorganizmusok által szintetizált enzimeket és növekedésserkentőket, növényi hormonokat, vitaminokat. A készítmény átlagos összes mikroba tartalma: 4,3\*10<sup>9</sup> sejt cm<sup>-3</sup>. A készítmény legfontosabb tulajdonságai: jellegzetes, savanyú (cefre) szagú, barnásfehér színű vizes szuszpenzió, amelynek kémhatása enyhén savanyú (5-6,5 pH). A készítmény nem mérgező, nem veszélyes, nem fertőző, nem tűzveszélyes. A készítmény 6 hónapig eltartható eredeti csomagolásban (OCSKÓ, 2012; Internet4).

-Az **EM-1** mikrobiológiai készítmény összes sejtszáma 5\*10<sup>8</sup> db cm<sup>-3</sup>, amelyben több mint 80 törzs (aerob és anaerob baktériumok:>2,1\*10<sup>6</sup> db cm<sup>-3</sup>; mikroszkopikus gombák:>1,4\*10<sup>3</sup> db cm<sup>-3</sup>; és sugárgombák:>2,8\*10<sup>4</sup> db cm<sup>-3</sup>) található. A készítmény néhány ismert összetevője: *Rhodopseudomonas sphaeroides*, *Lactobacillus plantarum*, *Propinebacterium freudenreichii*, *Streptococcus lactis*, *Streptomyces albus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*, *Candida utilis*. A folyékony mikrobiológiai

oltóanyag szabadföldi és kertészeti kultúráknál alkalmazható kijuttatandó dózisa: 30-50 l ha<sup>-1</sup> (vetés előtt, illetve vetéskor bedolgozva) (OCSKÓ, 2012; Internet5).

-A **Microbion UNC** szilárd mikrobiológiai készítmény. Alapanyagai: mikroorganizmusok (*Azotobacter vinelandii*-B1795, *Bacillus megatherium*-B1091, *Clostridium pasteurianum*, *Azospirillum sp.*, *Bacillus subtilis*, *Rhodobacter sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Trichoderma reesei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Streptomyces sp.*), azok által szintetizált hatóanyagok, vitaminok, GM-8 kukoricacsutka őrlemény, szárított sörélesztő. Fontosabb jellemzői: sárgásbarna színű, édes-savanykás illatú por, melynek kémhatása savanyú (5,5 pH), nedvességtartalma 25 m/m%, összcsíra-száma ( $4 \cdot 10^{10}$  db g<sup>-1</sup>). Mikroelem tartalma (legfeljebb, mg kg<sup>-1</sup>-ban kifejezve): As (10), Cd (2), Co (50), Cr (100), Cu (100), Hg (1), Ni (50), Pb (100), Se (5). Az ajánlott kijuttatandó dózis szántóföldi és kertészeti kultúrák esetében 1,5-3 kg ha<sup>-1</sup>. A készítmény eltarthatósága eredeti csomagolásban 30°C feletti hőmérsékleten 6 hónap (OCSKÓ, 2012; Internet5).

A készítmények könnyebb összehasonlíthatósága érdekében azok mikrobatorzseit a 3. táblázatban mutatjuk be.

3. táblázat A műtrágya-baktériumtrágya kísérletben alkalmazott baktérium készítmények fontosabb mikrobatorzsei

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 ceravisiae</i>	-	+	+
Egyéb	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Rhodospseudomonas sp.</i> , <i>Lactobacillus sp.</i> , <i>Propinebacterium 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>

#### 4.1.4. 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 4. táblázatban mutatjuk be.

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

Paraméterek	Tenyészevek			
	2010	2011	2012	2013
K <sub>A</sub>	38	37,5	40	40
Li%	51	50	45	50
Hu%	2,4	2,8	2,8	3,0
pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	6,6	6,6	7,2	6,9
pH <sub>KCl</sub>	5,5	5,5	6,2	6,1
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	140	312	150	106
AL-K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )	316	360	240	200

#### 4.1.5. Talajminták vizsgálatának laboratóriumi módszerei

##### 4.1.5.1 Talajfizikai vizsgálatok

A talajminták fizikai vizsgálatai közül mértük a kísérlet felszámolásakor azok *nedvességtartalmát*, melyet tömegszázalékban fejeztünk ki (RAJKAI, 1993). Meghatároztuk a *leiszapolható részek* mennyiségét (Li%), valamint az *Arany-féle kötöttségi* számot (K<sub>A</sub>), amelyek segítségével a talaj fizikaiféleségére és textúrájára következtettünk (VÁRALLYAY, 1993).

##### 4.1.5.2. 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* (%), melyből következtettünk a *szerves-C*, illetve *szerves-N* tartalomra (BUZÁS, 1988). A talaj *NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N tartalmát* FELFÖLDY (1987) nátrium-szalicilátos módszerével határoztuk meg. A talajminták laboratóriumba kerülésekor 37°C-on termosztátban beállított érlelési kísérletben határoztuk meg a talaj nitrát-nitrogén tartalmát. A két ismert nitrát-nitrogén mennyiség különbségéből állapítottuk meg a *nitrát-feltáródás mértékét*. A talaj *ammónium-laktát (AL) oldható foszfor* tartalmát fotometriásan, 660 nm-en spektrofotométerrel, állapítottuk meg, az AL-oldható *kálium* tartalmat lángfotométerrel mértük (EGNÉR et al, 1960; MSZ 20135:1999).

#### 4.1.5.3. Talajmikrobiológiai vizsgálatok

A talajok mikrobiológiai jellemzői közül az *összes-baktériumszámot* (húsleves táptalajon), *mikroszkopikus gombák* (pepton-glükóz táptalajon) mennyiségét hígítási sor elkészítésével, lemezöntéses módszerrel (SZEGLI, 1979) határoztuk meg. POCHON-TARDIEUX (1962) szerint meghatároztuk az *aerob cellulózbontó és nitrifikáló baktériumok* mennyiségét, melyet az MPN (Most Probable Number - Legvalószínűbb élő sejszám) módszerrel folyékony táptalajon, kéthetes 28°C-os inkubációt követően állapítottunk meg. A *talajlégzés mértékét* a 10 napos inkubáció ideje alatt felszabaduló CO<sub>2</sub> tartalom NaOH-csapdázásával mértük (WITKAMP, 1966). A *mikrobiális biomassza-C mennyiségét* (CFI) JENKINSON-POWLSON (1976) kloroform fumigációs-inkubációs módszerével állapítottuk meg.

#### 4.1.5.4. Enzimvizsgálatok

A biológiai folyamatok jellemzésére a talajok enzimaktivitásának meghatározása is segítséget nyújthat. Az enzimek főként növény fiziológiai folyamatai, valamint mikroszervezetek anyagcseréje révén kerülnek a talajba. Mintáinkból ureáz, szacharáz, kataláz, foszfatáz, és dehidrogenáz enzimek aktivitását határoztuk meg. *Ureáz enzim aktivitás mérése:* Az ureáz enzim a karbamidot ammóniává alakító hidrolízisben, ezáltal a nitrogén ciklusban betöltött szerepe révén emelkedik ki. Az ureáz enzim aktivitását SZEGLI (1979) szerint fotometriásan határoztuk meg. *Szacharáz enzim aktivitás mérése:* A szén ciklus egyik fontos enzime, a szacharóz bontásával redukált cukrok felszabadulását végzi. A szacharáz enzim aktivitását SZEGLI (1979) szerint végeztük; a felszabaduló glükóz mennyiségét határoztuk meg. *Kataláz enzim aktivitás mérése:* A talajban a hidrogén-peroxid, alkoholok vízre és széndioxidra történő bontásában, illetve egyes szerves anyagok bontásánál betöltött szerepe fontos, közvetlen kapcsolatban áll a talajtermékenységgel. Mérése a felszabaduló O<sub>2</sub> mérésén alapszik (KUPREVICS-SCSERBAKOVA, 1956). *Foszfatáz enzim aktivitás mérése:* A foszfor szerves kötésből szervetlen formává alakításában a foszfatáz enzim fontos szerepet tölt be. Talajaink foszfatáz enzim aktivitását KRÁMER-ERDEINÉ (1958) kolometriás módszerével végeztük. *Dehidrogenáz enzim mérése:* A talajban aerob körülmények között a szubsztrátokról hidrogént választ le, amely oxigénnel egyesülve vizet képez. Mérése a felszabaduló INTF spektrofotométerrel történő meghatározásán alapul (MERSI-SCHINNER, 1991).

#### 4.1.6. A növényi biomassza mérése

##### 4.1.6.1. 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 (%) (LOCH et al., 2003).

#### 4.2. A műtrágya és a mikorrhiza oltóanyag hatásainak vizsgálata

##### 4.2.1. Hatásvizsgálat tenyészedenyes kísérletben

A tenyészedenyes kísérletet a DE ATK MÉK Agrokémiai és Talajtani Intézet tenyészházában állítottuk be Debrecen-Pallagról származó humuszos homoktalajon, vöröshagyma (*Allium cepa*, L.) teszt növényvel. Mérési eredményeink alapján a gyengén savanyú, homok fizikai talajféleségű kísérleti talaj nitrogénnel és foszforral gyengén, káliummal jól ellátott. A fontosabb talajtulajdonságokat az 5. táblázatban szemléltetjük.

5. táblázat Az alkalmazott homoktalajok fontosabb paraméterei

Paraméterek	Tenyészévek	
	2012	2013
K <sub>A</sub>	<30	<30
Li%	9	10
Hu%	1%	1,2%
pH <sub>H2O</sub>	6,3	6,0
pH <sub>KCl</sub>	5,8	5,3
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	160	240
AL-K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )	250	200

A kísérletek beállítása az első évben 2012. június 5-én, a második évben 2013. május 2-án történtek. A kísérlet felszámolása az első évben 2012. július 10-én, a második évben 2013. június 11-én történt. A tenyészedenyekbe 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 tenyészedenyeket a VK<sub>SZ</sub> 70%-ig történő tömeg-kiegészítés alapján öntöztünk minden nap, a dugványok csírázását követően (ettől számítva 4 hét volt a kísérlet időtartama). A kísérletben alkalmazott kezeléseket a 6. táblázatban szemléltetjük. A műtrágyakezelésben alkalmazott NPK műtrágya összetétele a műtrágya és baktériumtrágya kezeléseknél alkalmazott NPK műtrágyáéval megegyező. A műtrágyát a talajokhoz alapos keverés mellett



oldat formájában ( $20 \text{ cm}^3$  edény<sup>-1</sup>) adagoltuk, odafigyelve a homogenizálásra. Az Amykor 1 gombakészítményt  $10$  és  $20 \text{ cm}^3$  edény<sup>-1</sup>, azaz növényenként  $5\text{-}5$  és  $10\text{-}10 \text{ cm}^3$  hagyma<sup>-1</sup> mennyiségben alkalmaztuk. Az Amykor 2 gombakészítményt  $5$  és  $10 \text{ cm}^3$  edény<sup>-1</sup>, azaz növényenként  $2,5\text{-}2,5$  és  $5\text{-}5 \text{ cm}^3$  hagyma<sup>-1</sup> 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.

6 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)

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%):  $N > 0,4$ ;  $P_2O_5 > 0,3$ ;  $K_2O > 0,2$ .

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  $1 \text{ cm}$ -rel történő levágásával kezdtük. A *hagyma föld alatti részeit* a talajból óvatosan, az edény talajának átszitálását követően gyűjtöttük össze, szitálásor vigyázva a gyökerek épségére. Ezután az átszitált talajokból edényenként mintákat vettünk, melyeket külön-külön dobozolva, további laboratóriumi célból  $5^\circ\text{C}$ -on hűtőben tároltunk. A hagyma föld feletti részeinek nedvesség-tartalmát  $50^\circ\text{C}$ -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  $1M \text{ KCL}$  szuszpenzió),  $NO_3^-$ - $N$  tartalmat,  $AL$ -oldható  $P_2O_5$  és  $K_2O$  mennyiségeket, *humusztartalmat*, *szerves C%-ot*, *összes-*

baktériumszámot, mikroszkopikus gombák mennyiségét, cellulózbontó és nitrifikáló baktériumok mennyiségét, ureáz és foszfatáz enzim aktivitásokat.

#### 4.2.2. Hatásvizsgálat szabadföldi kisparcellás kísérletben

A kisparcellás kísérletet Debrecen-Látóképen állítottuk be mészlepedékes csernozjom talajon, kukorica (*Zea mays*, L.) teszt növényvel 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;  $AL-P_2O_5$ : 140 mg  $kg^{-1}$ ;  $AL-K_2O$ : 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  $m^2$  (10 m\*4,56 m). A parcellánként 6 sor kukoricát vetettünk el (~4,56 m parcella<sup>-1</sup>). A kísérletben alkalmazott kezeléseket a 7. táblázatban szemléltetjük.

7. 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 $ha^{-1}$ $NH_4NO_3$ műtrágyát juttattunk ki.		

A kisparcellás kísérletben 2011-ben 6 különböző kezelést alkalmaztunk, 2012-ben ezt lecsökkentettük 4 kezelésre. A kezeléseket 4 ismétlésben, random blokk 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 ( $NH_4NO_3$  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. Az első mintavételek időpontjai: 2011. május 26. és 2012. július 17. Kísérletek vége: 2011. szeptember 29. és szeptember 19. 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* ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  és  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ), *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 a *kukorica levélterületi indexét* (LAI  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ). 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 ( $\text{kg parcella}^{-1}$ ), a termés nedvesség-tartalmát (%) és hektoliter tömegét ( $\text{kg hl}^{-1}$ ).

#### **4.3. 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 ( $\text{SzD}_{5\%}$ ), *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. A szignifikáns különbségeket a táblázatokban félkövér betűvel, ábrákon piros színnel és csillaggal emeltük ki.

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 ( $r^2$ ) (SVÁB, 1967).

## 5. Eredmények és értékelésük

### 5.1. A műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérlet eredményei

#### 5.1.1. A műtrágya és baktériumtrágyák hatásai a talajtulajdonságokra

Jelen fejezetben a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletek legfontosabb vizsgálati eredményeit mutatjuk be a talajkémiai és -mikrobiológiai paraméterek alapján. Értékelésünket évenkénti felosztásban (2010-2013), és a könnyebb áttekinthetőség érdekében négy év átlagában végeztük el. Eredményeinket összefoglaló táblázatok (1-18. táblázat) a *Mellékletek I. fejezetében* találhatóak, melyekben a szignifikáns különbségeket félkövér betűkkel emeltük ki.

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 **talajfizikai paraméterek** közül a *kontroll talajokból* minden évben mértük az Arany-féle kötöttséget ( $K_A$ ), nedvesség-tartalmat (%) és a leiszapolható részek arányát (Li%) melynek ismertetése az *Anyag és módszer 4. táblázatban* és a *Mellékletek I. táblázatában* történt. Mérési eredményeink alapján megállapítottuk, hogy az alkalmazott talajok az alaptulajdonságaik alapján minden évben semleges, illetve gyengén savanyú kémhatású, vályog fizikai fűleségű, nitrogénnel és foszforral közepesen, káliummal jól ellátott mészlepedékes csernozjom talajok voltak.

##### 5.1.1.1. A kezelések hatása a talaj kémiai tulajdonságaira

A **talajkémiai paraméterek** közül jelen fejezetben a kezelések a *talaj könnyen felvehető tápelem-tartalmára* ( $\text{NO}_3^-$ -N, AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  és AL- $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{mg kg}^{-1}$ ) kifejtett hatásait ismertetjük.

A talaj **nitrát-tartalmának** változásai kísérleti évenkénti lebontásban, valamint a négy év átlagában a 8. táblázatban figyelhetőek meg. A talaj  $\text{NO}_3^-$ -N tartalma **2010**-ben a műtrágyával kezelt edényekben a kontrollhoz viszonyítva kisebb volt a kísérlet végén, melyet a nagyobb növényi produktum fokozottabb tápanyag-felvételével magyarázzuk. Ez a későbbiekben ismertetésre kerülő angolperje száraz tömegeinél is megfigyelhető növekedéssel mutatkozik. A szalmakezelésű edényekben szignifikánsan nagyobb nitrát mennyiséget figyeltünk meg a kísérlet végén, a növény biomasszájánál mindeközben kisebb átlagértékeket mértünk, a

kezelés mellett termésdepressziót jelentkezett. A baktériumtrágyázás hatására minden esetben szignifikánsan nagyobb értéket mértünk a kontrollhoz képest. A kijuttatott készítmények mikroszervezetei segítették a talajban a nitrát feltáródását. A baktériumtrágyák NPK-val kombinálva a műtrágyakezeléshez viszonyítva szignifikáns növekedést okoztak. A szalmakezeléshez képest a baktériumkészítmények növényi maradvánnyal kombinált kezeléseiben a talaj nitrát tartalma szignifikánsan növekedett. A baktérium készítmények a tenyésztési időszak végén mért nitrát-tartalomra kifejtett pozitív hatása a szalmakezelésű edényekben jelentkezett a legnagyobb mértékben. A mikroorganizmusok a növényi maradványokon elszaporodva elősegítik annak bontását, valamint a tápelemek ásványosítását és felvehetőségét (BUZÁS, 1987; SZABÓ, 1987).

A talaj nitrát-nitrogén tartalma **2011**-ben, a műtrágyázott edényekben a kontrollhoz képest kisebb értékeket mutatott a kísérlet végén, hasonlóan az előző évben tapasztaltakhoz. A szalmakezelés esetében szignifikánsan nagyobb nitrát-nitrogént mértünk, az előző évhez hasonlóan. A baktériumtrágyák közül az EM-1 készítmény edényeinél a kontrollhoz képest kisebb nitrát mennyiséget mértünk a talajban, a csökkenés valószínűleg a növényi felvétellel magyarázható. A másik két baktériumkészítmény alkalmazása mellett szignifikáns növekedést tapasztaltunk. A műtrágyakezeléshez képest a baktériumtrágyák NPK-val alkalmazott kezeléseinél a nitrát mennyiségének növekedését figyeltük meg. A baktériumtrágyák szalmával kombinált kezelése hatására szignifikáns csökkenést figyelhetünk meg a tenyésztési időszak végén.

**2012**-ben a kontroll átlagértékéhez képest a műtrágyázás csak tendencia jellegű csökkenést eredményezett a nitrát-tartalomban, az előző években szintén csökkenést figyeltünk meg. A szalmakezelésű edényeknél szignifikánsan több nitrátot mértünk, hasonlóan az előző évek kísérleteihez, mindemellett a növényi biomassa csökkenését, termésdepressziót figyelhetünk meg (későbbiekben). A BactoFil A10 és EM-1 baktériumtrágyázásnál szignifikáns növekedést mértünk. A baktériumtrágyák hatására a műtrágyázás mellett szignifikánsan több felvehető nitrátot mértünk a kísérlet végén, mint az a műtrágya kezelésnél volt megfigyelhető, míg emellett a növényi biomassa esetében csökkenést tapasztaltunk. A BactoFil A10 és Microbion UNC baktériumtrágyák búzaszalma jelenlétében a szalmakezeléshez viszonyítva szignifikánsan több felvehető nitrátot eredményeztek a kísérlet végén.

**2013**-ban minden kezelés alacsonyabb átlagértéket eredményezett a kísérlet végén a kontroll értékéhez képest. A műtrágyázás, hasonlóan az előző években tapasztaltakhoz, és a szalmakezelés kisebb átlagértékeket eredményeztek a kontrollhoz képest. A BactoFil A10 és EM-1 baktériumtrágya edényeknél szignifikánsan kisebb nitrát tartalmat mértünk a

kontrollhoz képest, a növényi felvétel következtében. A baktériumtrágyák NPK-val a műtrágyázáshoz viszonyítva nem eredményeztek változást a nitrát kísérlet végi mennyiségét illetően. Azonban szalmával együtt a búzaszalma kezeléshez képest szignifikánsan kisebb átlagértékeket kaptunk, a készítmények mellett a termésdepresszió mérséklődését figyelhetjük meg.

A kísérlet **4 évének átlagértékei alapján** megállapítottuk, a kezelések közötti különbségek összességében statisztikailag nem igazolódtak. A műtrágyázás csökkentette, míg a szalma és baktériumtrágya kezelések növelték a nitrát-tartalom kísérlet végén mért átlagértékeit. A műtrágyázáshoz viszonyítva az NPK+Baktériumtrágya kombinációk növekedést eredményeztek. A Szalma+Baktériumtrágya kezelések hatására a legtöbb esetben növekedést tapasztaltunk.

8. táblázat A  $\text{NO}_3^-$ -N mennyiségének változása a műtrágya és baktériumtrágyák hatására tenyészedényes kísérletben (2010-2013)

Kezelés	$\text{NO}_3^-$ -N mg kg <sup>-1</sup>					
	Év	2010	2011	2012	2013	Átlag
<b>Kontroll</b>		4,86	3,72	2,41	5,15	4,04
<b>NPK</b>		<b>4,09</b>	3,05	1,89	4,67	3,43
<b>Szalma</b>		<b>5,87</b>	<b>4,59</b>	<b>4,67</b>	4,11	4,81
<b>BactoFilA 10</b>		<b>8,70</b>	3,00	<b>5,43</b>	<b>3,40</b>	5,13
<b>NPK+Bact.A 10</b>		<b>7,91</b>	3,39	<b>3,35</b>	4,36	4,75
<b>Szalma+Bact.A 10</b>		<b>10,46</b>	<b>2,94</b>	<b>5,60</b>	<b>2,82</b>	5,46
<b>EM-1</b>		<b>6,71</b>	<b>2,34</b>	<b>4,09</b>	<b>3,11</b>	4,06
<b>NPK+EM-1</b>		<b>5,71</b>	3,35	<b>3,61</b>	4,34	4,25
<b>Szalma+EM-1</b>		<b>5,99</b>	<b>2,58</b>	4,22	<b>1,76</b>	3,64
<b>Microbion UNC</b>		<b>7,17</b>	4,31	2,26	4,69	4,61
<b>NPK+M. UNC</b>		<b>6,91</b>	<b>4,70</b>	<b>2,83</b>	3,86	4,58
<b>Szalma+M. UNC</b>		<b>7,73</b>	5,01	<b>5,55</b>	<b>2,53</b>	5,21
<i>Átlag</i>		6,84	3,58	3,82	3,73	4,50
<i>CV%</i>		8,7	12,03	9,4	16,2	28,6
<i>SzD<sub>5%</sub></i>		0,08	0,73	0,61	1,05	1,85

A talajminták **AL-oldható foszfor tartalma** (9. táblázat) **2010**-ben a kontroll átlagértékéhez képest a műtrágyázás hatására szignifikánsan nőtt, a tápanyag-ellátás következtében. A szalma kijuttatása mellett a kísérlet végén csak kismértékű, nem szignifikáns növekedést tapasztaltunk. A baktérium készítmények hatásait vizsgálva megállapítottuk, hogy az EM-1 baktériumtrágya statisztikailag igazolhatóan növelte a talaj könnyen felvehető foszfor tartalmát, a feltáródást a készítményben található mikrobák fokozták. A műtrágyázáshoz képest a baktériumtrágyák NPK-val kombinált kezelése nagyobb felvehető foszfor tartalmat eredményeztek, azonban a kezelések hatása szignifikánsan nem igazolódott. A

baktériumtrágyák növényi maradvány jelenlétében a szalmakezelésnél tapasztaltakhoz hasonló eredményeztek.

**2011**-ben kontrollhoz képest a műtrágyázás hatására a talaj könnyen felvehető foszfor tartalma megemelkedett, hasonlóan az előző évhez. A szalma talajba keverésével szignifikáns csökkenést tapasztaltunk. BactoFil A10 és Microbion UNC baktériumtrágyák edényeinél csökkent a talaj könnyen felvehető foszfor tartalma, amit a mikroszervezetek illetve a tesztnövény foszfor felvételével magyarázunk. Az NPK műtrágyakezeléshez viszonyítva az NPK+BactoFil A10 és NPK+Microbion UNC kombinációknál kevesebb felvehető foszfor mennyiséget mértünk. Az EM-1 készítmény növényi maradvány mellett a szalmakezeléshez képest statisztikailag igazolhatóan növelte a felvehető foszfor mennyiségét. A növényi maradvány jelenléte elősegítette a mikroszervezetek elszaporodását, emellett a tápanyagok immobilizálódásának mértékét fokozta. Ebben az évben az előző évben mért értékeknél minden kezelésnél nagyobb átlagértékeket mértünk, valószínűleg az alkalmazott talajt előző években valamilyen foszfor-műtrágyával kezelték.

Következő évben (**2012**) a műtrágyázás értékénél a kontrollhoz képest szignifikáns növekedést mértünk, a növekedés a tápanyag-utánpótlásnak tulajdonítjuk, hasonlóan az előző években tapasztaltakhoz. A szalmakezelés hatására szignifikánsan kevesebb felvehető foszfort mértünk a kísérlet végén. A baktériumtrágyák alkalmazása statisztikailag igazolhatóan növelte a kísérlet végén felvehető foszfor tartalmát, a készítményekben található, foszfor-feltáródását elősegítő mikrobáknak köszönhetően. A műtrágyázáshoz viszonyítva a baktériumtrágyák NPK-val alkalmazva szignifikáns csökkenést eredményeztek (BactoFil A10 és EM-1). A tápanyag-utánpótlással talajba juttatott foszfor nagyobb mennyisége, és annak a felvehetőségét befolyásoló mikroszervezetek mennyiségi csökkenésével (későbbiekben ismertetett) magyarázzuk. A baktériumtrágyák szalma melletti alkalmazása a szalmakezeléshez viszonyítva szignifikáns növekedést eredményeztek (BactoFil A10 és Microbion UNC), az előző évhez hasonlóan.

**2013**-ban a kontrollhoz képest minden kezelés nagyobb értékeket eredményezett. A műtrágyázás az előző évekhez hasonlóan kismértékben növelte a kísérlet végén felvehető foszfor mennyiségét, a hatás azonban szignifikánsan nem igazolódott. A szalmakezelés az előző években tapasztaltakhoz képest azonban statisztikailag igazolhatóan növelte az AL- $P_2O_5$  mennyiségét. A baktériumtrágyák alkalmazása segítette a foszfor feltáródását, hiszen a kísérlet végén minden esetben szignifikánsan nagyobb foszfor-tartalmat mértünk. A BactoFil A10 és EM-1 készítmények műtrágya melletti alkalmazásával statisztikailag igazoltan nagyobb felvehető foszfor-tartalmat mértünk, a tápanyag-ellátottság javulása ez esetben

elősegítette a mikroszervezetek elszaporodását (összes-baktériumszám növekedése), valamint ezáltal további feltáró tevékenységüket. A baktériumtrágyák szalmával kombinált kezeléseknél minden esetben szignifikánsan nagyobb értékeket tapasztaltunk. A növényi biomassza csökkenése és a kevesebb tápanyag felvétele a kísérlet végén felvehető nagyobb foszfor mennyiségét magyarázza.

A **négy év átlagában** a kezelések nem eredményeztek statisztikailag igazolható változást a könnyen felvehető foszfor mennyiségében. Összességében elmondható, hogy a mű- és baktériumtrágya kezelések, illetve a szalmakijuttatás kismértékű növekedést eredményeztek. A kombinált kezelések nagyobb átlagértékeket mértek, mint az alapkezelések (műtrágya, szalma) esetében.

9. táblázat Az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mennyiségének változása a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletben (2010-2013)

Kezelés	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>				Átlag	
	Év	2010	2011	2012		2013
Kontroll		126,0	312,0	149,2	55,4	160,7
NPK		<b>149,0</b>	326,7	<b>170,4</b>	109,8	189,0
Szalma		134,0	<b>267,2</b>	<b>136,3</b>	<b>143,2</b>	170,2
BactoFilA10		126,0	<b>236,2</b>	<b>168,6</b>	<b>122,1</b>	163,2
NPK+Bact.A10		162,0	<b>276,7</b>	<b>157,7</b>	<b>176,8</b>	193,3
Szalma+Bact.A10		130,0	283,7	<b>153,8</b>	<b>246,7</b>	203,6
EM-1		<b>148,0</b>	305,2	<b>136,6</b>	<b>136,6</b>	181,6
NPK+EM-1		161,0	329,2	<b>151,2</b>	<b>180,5</b>	205,5
Szalma+EM-1		138,0	<b>309,7</b>	132,7	<b>206,6</b>	196,8
Microbion UNC		127,0	<b>253,2</b>	<b>127,9</b>	<b>156,3</b>	166,1
NPK+M. UNC		161,0	<b>279,2</b>	172,2	161,2	193,4
Szalma+M. UNC		129,0	268,7	<b>144,9</b>	<b>233,4</b>	194,0
<i>Átlag</i>		141,0	287,3	150,1	160,7	184,8
<i>CV%</i>		4,5	6,98	3,4	22,4	17,5
<i>SzD<sub>5%</sub></i>		14,0	33,8	8,76	61,1	46,6

Az AL-K<sub>2</sub>O mennyiségénél (10. táblázat) 2010-ben nem tapasztaltunk statisztikailag igazolható változásokat. Azonban ha a különböző kezeléseknél mért értékeket tanulmányozzuk, megállapíthatjuk, hogy a műtrágyázás kismértékben növelte a felvehető kálium-tartalmat a kísérlet végén. A szalmakezelés, annak nem elhanyagolható kálium tartalma, illetve a szalma tenyészedény alatt végbemenő mineralizációja következtében, és a kisebb termés jelenlétében növelte a felvehető kálium mennyiségét. A baktériumtrágyák (BactoFil A10 és EM-1) nagyobb átlagértéket eredményeztek. A műtrágya melletti baktériumtrágyázás az átlagértékek további növekedését okozták, a készítmények fokozták a



kálium feltáródását. A baktériumtrágyák szalma melletti alkalmazásával (BactoFil A10 és Microbion UNC) a kálium mennyiségének kismértékű csökkenését tapasztaltuk.

**2011**-ben a talajminták AL-oldható kálium tartalma sem a műtrágyával kezelt edényekben, sem a szalma kijuttatása esetében nem változott szignifikáns mértékben. A BactoFil A10 és EM-1 baktériumtrágyák alkalmazásával kisebb könnyen felvehető kálium tartalmat mértünk, a csökkenést a kijuttatott mikroorganizmusok tápelem-felvételével magyarázzuk. A műtrágya+baktériumtrágya kombinációknál (NPK+EM-1 kivételével) növekedést tapasztaltunk a műtrágyakezeléshez viszonyítva. A szalmakezeléshez képest a szalma+Microbion UNC kezelés szignifikáns növekedést eredményezett a kísérlet végén.

**2012**-ben a műtrágya kezelésű edényekben szignifikánsan kevesebb felvehető káliumot mértünk a kísérlet végén, melynek a növényi felvétellel indokunk. A szalmakezelés esetében a kontrollhoz viszonyítva nagyobb kálium tartalmat mértünk, amit a szalma tenyészidőszak végére végbemenő mineralizációjával magyarázunk. A baktériumtrágyák alkalmazása statisztikailag igazolható eltérést nem okozott. A BactoFil A10 műtrágyával alkalmazva szignifikánsan nagyobb felvehető kálium-tartalmat eredményezett a kísérlet végén. A baktériumtrágyák növényi maradvány mellett kisebb felvehető kálium mennyiséget okoztak a kísérlet végén, az előző évekhez hasonlóan.

*10. táblázat Az AL-K<sub>2</sub>O mennyiségének változása a műtrágya és baktériumtrágyák tenyésztedényes kísérletben (2010-2013)*

Kezelés	AL-K <sub>2</sub> O mg kg <sup>-1</sup>					
	Év	2010	2011	2012	2013	Átlag
<b>Kontroll</b>		375	360	249,5	168,6	288,3
<b>NPK</b>		378	340	<b>203,3</b>	168,6	272,5
<b>Szalma</b>		419	353	<b>286,5</b>	<b>265,0</b>	<b>330,9</b>
<b>BactoFilA10</b>		398	<b>318</b>	240,3	<b>210,8</b>	291,8
<b>NPK+Bact.A10</b>		392	350	<b>240,3</b>	<b>234,9</b>	<b>304,3</b>
<b>Szalma+Bact.A10</b>		414	350	<b>221,8</b>	<b>253,0</b>	309,7
<b>EM-1</b>		416	<b>323</b>	268,0	<b>240,9</b>	312,0
<b>NPK+EM-1</b>		380	311	221,8	<b>246,9</b>	289,9
<b>Szalma+EM-1</b>		424	331	<b>240,3</b>	<b>253,0</b>	312,1
<b>Microbion UNC</b>		367	368	258,7	<b>253,0</b>	311,7
<b>NPK+M. UNC</b>		394	353	221,8	<b>228,9</b>	299,4
<b>Szalma+M. UNC</b>		388	<b>375</b>	<b>249,5</b>	259,0	317,9
<i>Átlag</i>		395	<i>344,1</i>	<i>241,8</i>	<i>231,9</i>	<i>303,4</i>
<i>CV%</i>		3,9	3,6	6,8	2,1	7,1
<i>SzD<sub>5%</sub></i>		64	21,65	27,78	10,8	30,8

**2013**-ban a műtrágyázás nem fejtett ki a kontrollhoz képest számottevő változást. A szalmakezelésű edényekben szignifikánsan nőtt a felvehető kálium mennyisége a kísérlet

végén, amely a szalma kísérlet ideje alatt végbemenő mineralizációjával, illetve annak kálium-tartalmával is magyarázunk. A baktériumtrágyázással szignifikánsan nőtt a kálium tartalom, a hatást a mikroszervezetek feltáró tevékenységének tulajdonítjuk. A baktériumtrágyák műtrágya melletti alkalmazása fokozta a kísérlet végén felvehető kálium mennyiségét, a jobb tápelem-ellátottság segítette a mikrobák elszaporodását, ezáltal azok feltáró tevékenységének javulását. A BactoFil A10 és EM-1 baktériumtrágyák növényi maradvány jelenlétében szignifikánsan csökkentették a kísérlet végén felvehető kálium mennyiségét, az előző években tapasztaltakhoz hasonlóan.

A **négy év átlagértékeiben** a műtrágyázás kismértékű csökkenést okozott. A búzaszalma kijuttatása szignifikánsan növelte az ammónium-laktát oldható kálium mennyiségét. A baktériumtrágyák hatására minden esetben (statisztikailag nem igazolható) növekedést tapasztaltunk. Az NPK+BactoFil A10 kombináció szignifikáns növekedést eredményezett. A kombinált Szalma+Baktériumtrágya kezelések kismértékű csökkenést okoztak a szalmakezeléshez képest.

A talajok kémiai tulajdonságairól **összefoglalóan** elmondhatjuk, hogy a kísérlet végén mért átlagértékekben a kontrollkezeléshez képest a *műtrágyázott edényekben* a legtöbb vizsgált paraméternél szignifikáns csökkenést mértünk; 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 könnyen-felvehető tápelemek mennyiségének növekedését tapasztalták hasonló körülmények között beállított tenyészedényes kísérletekben BALLÁNÉ et al. (2008a,b,c) valamint KINCSES et al. (2008a, b), TÁLLAI (2010). Baktériummal történő talajoltásnak a felvehető tápelemek mennyiségére kifejtett pozitív hatását igazolta VESSEY (2003).

### **5.1.1.2. A kezelések hatása a talaj mikrobiológiai paramétereire**

#### **A. Populáció dinamika**

A **talajmikrobiológiai** vizsgálatok során meghatároztuk talajok kísérlet végén mért összes-baktériumszámát, mikroszkopikus gombák mennyiségét, mértük a cellulózbontó és nitrifikáló baktériumok mennyiségét. Elsőként a talajok **összes-baktériumszámának** változásait tanulmányozzuk, melynek átlagértékeit a *11. táblázatban* mutatunk be. **2010**-ben a műtrágyázással a kontrollhoz képest a baktériumok mennyiségében nagymértékű, szignifikáns növekedés jelentkezett, melyet a tápanyag-ellátottság javulásának tulajdonítunk. A szalmakijuttatás ezzel ellentétes, szignifikáns csökkenést előidéző hatást eredményezett. A baktériumtrágyák alkalmazásakor a kontrollhoz viszonyítva (EM-1 és Microbion UNC) a csíraszám csökkenését figyeltük meg a kísérlet végén. A hatás valószínűleg a talajban lecsökkent tápelem-tartalom, az enyhén savanyú kémhatás, és az ezzel egy időben megnövekedett mikroszkopikus gombaszám következménye. A műtrágyázáshoz képest a kísérlet végén a baktériumtrágyák NPK-val kombinálva szignifikánsan csökkentették az összes-baktériumszámot, emellett a mikroszkopikus gombaszám nem változott, azonban nagyobb arányban voltak jelen a vizsgált edények talajában. A szalmakezeléshez képest a baktériumtrágyák szalmával alkalmazva egy esetben, a Szalma+Microbion UNC kezelésnél a baktériumok mennyiségének csökkenését eredményezték a kísérlet végén. Az összes-baktériumszámon belül megvizsgálva a cellulózbontó baktériumok mennyiségét, azok nagy számban való jelenlétét tapasztaltuk, a növényi maradványok bontásában résztvevők elszaporodásával az egyéb mikroszervezetek száma lecsökkent, amely az összes-baktériumszámban is megmutatkozott.

**2011**-ben az NPK kezelés a baktériumszám növekedését eredményezte. A szalmakezelésnél a kontrollhoz képest csökkenést mértünk a kísérlet végén. A baktériumtrágyák alkalmazása mellett (kivéve Microbion UNC) a kontrollnál nagyobb baktériumszámot tapasztaltunk. A baktérium készítmények műtrágya melletti kijuttatásával a baktériumszámban minden esetben kisebb átlagértékeket eredményezett a műtrágyakezeléshez képest a kísérlet végén. A hatások egyike sem igazolódott szignifikánsan. Azonban a baktériumtrágyák szalmával kombinált kezeléseknél statisztikailag igazolhatóan nőtt az összes-baktériumszám. A növényi maradvány jó táptalajt szolgált a mikroszervezeteknek, melyek a szalma mineralizációs folyamataiban is részt vesznek.

2012-ben a műtrágyázás szignifikánsan növelte a baktériumszámot, az előző évhez hasonlóan. Hasonló tendenciát és szignifikáns növekedést tapasztaltunk a szalmakezelés esetében is a kísérlet végén, ami a szalma bontási folyamatait igazolja. A baktériumtrágya kezelések a kísérlet végére minden edényben szignifikáns mikrobaszám növekedést eredményeztek. A készítmények NPK melletti alkalmazása statisztikailag igazolható csökkenést eredményezett. A baktériumtrágya szalmával kombinált kezelése a szalmakijuttatáshoz viszonyítva minden esetben szignifikáns csökkenést eredményezett.

2013-ban a műtrágyázás és a szalmakezelés hasonló növekedést eredményezett, mint azt előző évben is tapasztaltuk, azonban statisztikailag csak a szalmakezelés hatása igazolódott. A baktérium készítmények alkalmazása növelte az összes-baktériumszámot, szignifikánsan az EM-1 és Microbion UNC kezeléseknél. A műtrágya melletti baktériumtrágyázás az NPK kezeléshez viszonyítva minden esetben mennyiségi növekedést eredményezett, statisztikailag igazoltan az NPK+EM-1 és NPK+Microbion UNC kombinációknál, az előző évekkkel ellentétben. A baktériumtrágyák növényi maradvány jelenlétében szintén növelték a baktériumok mennyiségét, azonban a hatás csak a szalma+Microbion UNC kezelésnél bizonyult szignifikánsnak. A szalma jó táptalajt szolgáltatott bizonyos mikroszervezeteknek, melyek így elszaporodtak.

11. táblázat Az összes-baktériumszám változása a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletben (2010-2013)

Kezelés	Összes-baktérium *10 <sup>6</sup> db g talaj <sup>-1</sup>					
	Év	2010	2011	2012	2013	Átlag
Kontroll		17,88	10,18	3,91	3,77	8,94
NPK		<b>26,27</b>	15,09	<b>7,23</b>	6,55	<b>13,79</b>
Szalma		<b>11,70</b>	5,91	<b>7,05</b>	<b>7,00</b>	7,92
BactoFilA10		14,52	14,45	<b>5,09</b>	6,00	10,02
NPK+Bact.A10		<b>17,61</b>	10,91	<b>5,77</b>	9,00	10,82
Szalma+Bact.A10		13,12	<b>14,00</b>	<b>4,55</b>	8,59	10,07
EM-1		<b>13,67</b>	14,18	<b>4,73</b>	<b>10,95</b>	10,88
NPK+EM-1		<b>16,82</b>	15,00	<b>4,64</b>	<b>10,23</b>	11,67
Szalma+EM-1		10,79	<b>12,55</b>	<b>4,05</b>	7,45	8,71
Microbion UNC		<b>11,91</b>	9,45	<b>7,55</b>	6,55	8,87
NPK+M. UNC		<b>13,30</b>	13,41	<b>7,95</b>	<b>10,32</b>	11,25
Szalma+M. UNC		<b>7,24</b>	<b>12,18</b>	<b>6,77</b>	<b>10,05</b>	9,06
Átlag		14,56	12,27	5,77	8,04	10,16
CV%		16,5	1,2	28,1	21,0	29,3
SzD <sub>5%</sub>		4,15	4,93	0,18	2,91	4,28

A négy év átlagértékei tekintetében kizárólag a műtrágyázás szignifikáns pozitív eredménye mutatkozott. A szalmakezelés csökkenést, baktériumtrágyák növekedést okoztak. A

kombinált NPK+Baktériumtrágya kezelések hatására kisebb baktériumszámot mértünk a műtrágyakezeléshez képest. A Szalma+baktériumtrágya kezelések baktériumszám növekedést eredményeztek.

Az összes-baktériumszámon belül az **aerob cellulózbontó baktériumok mennyiségének** meghatározása egy pontosabb képet nyújthat a talajban végbemenő folyamatokról. A cellulózbontó baktériumok számának a kezelések hatására bekövetkező változásait a *12. táblázatban* mutatjuk be. A négy év átlagértékeinél megfigyelhető, hogy 2010-ben tapasztaltuk a legnagyobb összes-baktériumszámot. 2012-ig csökkenés volt tapasztalható, 2013-ban ismét magasabb átlagértékek fordultak elő. A cellulózbontók a legtöbbször követték ezt a tendenciát, a kezelések hatásai mindkét vizsgált mutatónál közel hasonlóan mutatkoztak. **2010**-ben a műtrágyázás hatására nem történt számottevő változás a kontrollhoz képest. A szalmakezelés esetében kismértékű növekedést tapasztaltunk. Ha az összes baktériumszámon belül megvizsgálva a cellulózbontók mennyiségét, megállapítottuk, hogy a növényi maradványok bontásában résztvevők aránya növekedett, miközben az összes-mikrobaszám szignifikáns csökkenése igazolódott. A baktériumtrágyázás minden esetben nagymértékben szignifikánsan serkentette a cellulózbontókat. A készítmények műtrágyával kombinálva növelték a mikrobák mennyiségét, azonban csak az NPK+EM-1 kezelésnél mértünk statisztikailag igazolható csíraszám növekedést. A baktériumtrágyák szalmával alkalmazva jelentős mértékben, szignifikánsan növelték a cellulózbontók mennyiségét. A növényi maradvány táptalajul szolgált a mikroszervezeteknek, melyek elszaporodtak, miközben annak mineralizációja erősödött, eközben a nitrát-mennyiségi növekedését is tapasztaltuk.

**2011**-ben a műtrágyázás kissé csökkentette a cellulózbontók mennyiségét, a kijuttatott tápanyagok mennyisége a növényi felvétellel a kísérlet végére lecsökkent, mely a cellulózbontók mennyiségében is látható változást idézhetett elő. A szalmakezelés esetében kismértékű csökkenést tapasztaltunk a kísérlet végén. A baktériumtrágyázás készítményenként különböző hatást eredményezett; a BactoFil A10 csökkenést, az EM-1 (nem szignifikáns) és Microbion UNC (szignifikáns) növekedést váltott ki. A baktériumtrágyák műtrágyával alkalmazva a legtöbb esetben növekedést eredményeztek, a tápanyagokkal egy időben kijuttatott oltóanyag mikrobái elszaporodtak, a növekedés az NPK+Microbion UNC kombinációnál statisztikailag is igazolódott. A szalmakezeléshez viszonyítva a BactoFil A10 és Microbion UNC készítmények növényi maradvány jelenlétében a cellulózbontók mennyiségi növekedését okozták. Ha a készítményeket külön-

külön megfigyeljük, látható, hogy a vizsgált paraméternél a Microbion UNC és kombinációi bizonyultak kedvezőnek.

**2012**-ben a műtrágyázás növelte a cellulózbontók számát, a hatás azonban statisztikailag nem igazolódott. A szalmakezelés következtében szignifikáns mennyiségi növekedés következett be, amely a szervezeteknek kedvező feltételekkel is magyarázható (növényi maradvány, tápanyagok, kémhatás). A baktériumtrágyák a mikrobaszám növekedését eredményezték, az előző évhez hasonlóan készítményenként eltérő dinamikával; az EM-1 és Microbion UNC serkentő hatása statisztikailag is igazolódott. A műtrágya melletti baktériumtrágyázás két esetben (EM-1 és Microbion UCN) szignifikáns növekedést eredményezett. A készítmények szalmával alkalmazva szignifikáns változást eredményeztek; BactoFil A10 és EM-1 mellett növekedést, Microbion UNC esetében csökkenést tapasztaltunk a kísérlet végén.

12. táblázat **A cellulózbontó baktériumok mennyiségének változása a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletben (2010-2013)**

Kezelés	Cellulózbontó baktériumok *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>				
	2010	2011	2012	2013	Átlag
Év					
Kontroll	4,09	1,09	0,242	0,196	1,405
NPK	4,06	0,89	0,287	0,313	1,388
Szalma	5,03	0,70	<b>1,595</b>	0,169	1,874
BactoFilA10	<b>18,75</b>	0,38	0,293	0,277	4,925
NPK+Bact.A10	4,79	0,90	0,219	0,515	1,606
Szalma+Bact.A10	<b>18,82</b>	1,07	<b>3,961</b>	0,452	6,076
EM-1	<b>18,84</b>	1,36	<b>0,302</b>	<b>0,794</b>	5,324
NPK+EM-1	<b>18,51</b>	0,87	<b>0,684</b>	0,310	5,094
Szalma+EM-1	<b>18,65</b>	0,23	<b>2,039</b>	<b>0,621</b>	5,385
Microbion UNC	<b>18,80</b>	<b>1,96</b>	<b>3,160</b>	0,319	6,060
NPK+M. UNC	4,89	<b>2,06</b>	<b>1,194</b>	0,440	2,146
Szalma+M. UNC	<b>18,86</b>	0,92	<b>0,364</b>	0,300	3,753
Átlag	12,84	1,04	1,195	0,39	1,405
CV%	35,4	2,6	3,3	43,3	97,9
SzD <sub>5%</sub>	7,85	0,77	0,06	0,29	5,30

**2013**-ban, hasonlóan 2011. évhez, a műtrágyázás esetében a baktériumszám növekedését, a szalma kijuttatása mellett csökkenést tapasztaltunk. A baktériumtrágyázás pozitívan hatott a cellulózbontók mennyiségére; minden esetben növekedést mértünk, statisztikailag az EM-1 kezelés hatása igazolódott. A műtrágyázáshoz viszonyítva az NPK+EM-1 kezelés kivételével minden kombinációnál növekedést mértünk. A baktériumtrágyák szalmakezeléssel alkalmazva minden esetben a cellulózbontók növekedését eredményezték, a szalma+EM-1 kombinációnál szignifikánsan.

Az **eredményeket összesítve a négy év átlagértékeiben** nem mértünk statisztikailag igazolható változást. Megállapítottuk azonban, hogy a műtrágyázással csökkent, szalmakijuttatással növekedett a cellulózbontók mennyisége. A szalma, mint növényi maradvány jó táptalajként szolgált a mikroszervezeteknek, elősegítette azok elszaporodását. A Baktériumtrágyázás minden esetben nagymértékű baktériumszám növekedést eredményezett. A kombinált NPK+Baktériumtrágya kezeléseknél a műtrágyázáshoz képest nagyobb átlagértékeket tapasztaltunk. A Szalma+Baktériumtrágya kombinációk hasonló pozitív növekedést eredményeztek.

A **nitrifikáló baktériumok** mennyiségének ismeretében a nitrogén körforgalom egy fontos folyamatáról tájékozódunk. A nitrifikálók mennyiségét nagymértékben befolyásolja a közeg kémhatása, a nitrogén, mint tápelem jelenléte, illetve a talajok levegőzöttsége is. Az aerob nitrifikáló baktériumok mennyiségének a kezelések következtében végbemenő változásait a *13. táblázatban* mutatjuk be. **2010**-ben műtrágyázás hatására a nitrifikáló baktériumok mennyiségében csökkenést tapasztaltunk. A kijuttatott nitrogén tartalmú műtrágya a baktériumok tevékenységeit visszaszorította, gátlón hatott azok szaporodására. A szalma kijuttatása szignifikánsan csökkentette a mikrobák mennyiségét, emellett a cellulózbontók kismértékű növekedését tapasztaltuk, a csökkenés az összes-baktériumszámban is jelentkezett. A baktériumtrágyázás csökkenést eredményezett, az EM-1 kezelésnél szignifikánsan, míg ezzel egy időben a cellulózbontók nagymértékű szignifikáns növekedését tapasztaltuk. A Microbion UNC baktériumtrágya műtrágyával kombinált kezelésénél szignifikáns növekedést tapasztaltunk, a többi kombináció nem eredményezett igazolható változást. A baktériumtrágyák szalmával kombinálva minden esetben nagyobb baktériumszámot eredményeztek, azonban ez statisztikailag nem igazolódott. Az összes-baktériumszámon belül e kezeléseknél a cellulózbontók nagyarányú előfordulását nem tudtuk igazolni.

**2011**-ben a műtrágyázással szignifikánsan csökkent a nitrifikálók mennyisége, és a nitrát tartalom, míg a növényi biomassza szignifikánsan növekedett. A szalma kijuttatása mellett statisztikailag igazolható növekedést figyeltünk meg, melyet a nitrát tartalom változásánál is tapasztaltunk. Ebben az évben is szignifikáns csökkenést mértünk az EM-1 baktériumtrágya kezelésnél. Az EM-1 baktériumtrágya műtrágyával kombinálva az NPK kezeléshez képest szignifikáns növekedést eredményezett. A szalmakezelés melletti baktériumtrágyázás a nitrifikálók mennyiségi csökkenését okozta, a legtöbb esetben emellett a cellulózbontók számának növekedését mértük.

2012-ben a műtrágyázás szignifikáns növekedést okozott. A szalma kijuttatás a nitrifikálók csökkenését, emellett a cellulózbontók számának növekedését eredményezte. A kialakult feltételek, a növényi maradványok jelenléte inkább a cellulózbontó baktériumok számára kedvezett, ez lehet a magyarázat számuk szignifikáns növekedésére. A baktériumtrágyák alkalmazásával a BactoFil A10 kezelésnél szignifikáns csökkenést, az EM-1-nél növekedést tapasztaltunk. A baktériumtrágyák műtrágyával alkalmazva minden esetben a nitrifikáló számának statisztikailag igazolható csökkenését eredményezték. Az oltóanyag és a tápanyag egyidejű kijuttatása a nitrifikálók tevékenységét korlátozta, emiatt számuk csökkenése következett be. A szalma+baktériumtrágya kezelések a szalmakezeléshez viszonyítva minden esetben szignifikáns növekedést eredményeztek. A szalma+Microbion UNC kombinációnál a nitrifikálók nagy arányban fordultak elő, emellett a cellulózbontók szignifikáns csökkenését figyeltük meg.

13. táblázat A nitrifikáló baktériumok mennyiségének változása a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletben (2010-2013)

Kezelés	Nitrifikáló baktériumok *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>					
	Év	2010	2011	2012	2013	Átlag
Kontroll		1,99	0,53	6,03	0,564	2,279
NPK		0,92	<b>0,23</b>	<b>10,23</b>	0,882	3,066
Szalma		<b>0,57</b>	<b>0,57</b>	<b>1,95</b>	0,591	0,920
BactoFilA10		0,82	<b>1,62</b>	<b>2,73</b>	0,381	1,388
NPK+Bact.A10		1,23	0,23	<b>2,65</b>	<b>1,424</b>	1,384
Szalma+Bact.A10		0,57	<b>0,43</b>	<b>6,15</b>	<b>1,275</b>	2,106
EM-1		<b>0,68</b>	0,51	<b>10,75</b>	0,555	3,124
NPK+EM-1		2,53	<b>0,50</b>	<b>1,89</b>	<b>1,551</b>	1,618
Szalma+EM-1		1,28	<b>0,09</b>	<b>2,51</b>	<b>1,496</b>	1,344
Microbion UNC		0,82	<b>0,23</b>	5,91	0,262	1,806
NPK+M. UNC		<b>2,50</b>	0,23	<b>0,77</b>	<b>1,664</b>	1,291
Szalma+M. UNC		0,82	<b>0,09</b>	<b>10,53</b>	<b>1,616</b>	3,264
<i>Átlag</i>		1,23	0,43	5,17	1,022	1,966
<i>CV%</i>		56,7	4,7	2,1	29,0	10,9
<i>SzD<sub>5%</sub></i>		1,20	0,03	0,19	0,513	2,85

2013-ban a műtrágyázás az előző évhez hasonlóan növelte a nitrifikálók számát, a szalmakezelés csak minimális növekedést eredményezett. A baktériumtrágyák kijuttatásával nem történt számottevő változás a talajban. A feltételek valószínűleg nem kedveztek a nitrifikálók számára, inkább a cellulózbontók mennyiségi növekedése történt. A műtrágyázáshoz képest az NPK+baktériumtrágya kombinációk minden esetben csíraszám növekedést eredményeztek, e a kezeléseknél a talaj nitrát-tartalmában nem tapasztaltunk jelentős változásokat a kísérlet végén. A szalmakezeléshez viszonyítva minden kombinált



kezelésnél statisztikailag igazolhatóan megnőtt a nitrifikálók mennyisége, ezzel egy időben, a talajban a kísérlet végén szignifikánsan kevesebb nitrátot mértünk, valamint a növény biomasszájában depresszió jelentkezett.

A **négy év összesítésekor** megállapítottuk, hogy az alkalmazott kezelések jelentősen befolyásolták a nitrifikáló baktériumok mennyiségét, bár a hatások statisztikailag nem igazolhatóak. A műtrágyázással növekedést, szalmakijuttatás csökkenést eredményezett. Ugyanekkor a cellulózbontók számának ellentétes változását tapasztaltuk. A baktériumtrágyák közül leginkább az EM-1 emelkedik ki, mely baktériumszám növekedést eredményezett. A kombinált NPK+Baktériumtrágya kezelések a műtrágyázáshoz képest mennyiségi csökkenést okoztak, míg a cellulózbontóknál ismételten ellentétes eredményt mértünk. A Szalma+Baktériumtrágya kombinációk segítették a szervezetek szaporodását, számuk e kezeléseknél jelentősen megemelkedett. Ha az összes-baktériumszámon belül megvizsgáljuk a cellulózbontók és nitrifikálók számának változásait, megállapíthatjuk, hogy az egyik mennyiségének növekedésével egy időben a másik csökkenését tapasztaltuk.

A **mikroszkopikus gombák** mennyiségének változásait a *14. táblázatban* mutatjuk be. **2010-**ben a műtrágyázás szignifikánsan növelte a mikroszkopikus gombák mennyiségét. A növekedés a savanyú kémhatásnak, és a kijuttatott műtrágyának tulajdonítható, így lehetséges ezzel egy időben az összes-baktériumszám szignifikáns növekedése is. A szalmakijuttatás hasonlóan elősegítette a gombák elszaporodását, a növényi maradvány jó táptalajként szolgált a gombáknak, míg a baktériumok számában csökkenést mértünk. A baktériumtrágyázás nem eredményezett statisztikailag igazolható változást, a kijuttatott oltóanyagok inkább a baktériumok mennyiségét befolyásolták. A baktériumtrágyák műtrágyával alkalmazva nem változtatták meg a mikroszkopikus gombák mennyiségét jelentős mértékben. A szalma melletti baktériumtrágyázás a szalmakezeléshez képest leginkább csökkenést eredményezett a kísérlet végén. A szalma+EM-1 kombinációnál statisztikailag igazoltan csökkent a gombák mennyisége.

**2011-**ben az előző évben mért gombaszámhoz hasonló átlagértékek mutatkoztak. A kontroll edényben az összes kezelésnél nagyobb mikroszkopikus gombaszámot mértünk. A műtrágyázás, szalmakezelés szignifikáns csökkenést eredményezett. Azonban a szalma kezelésnél a csökkenés erőteljesebben jelentkezett. A baktériumtrágyázás szintén csökkenést okozott, amíg ezzel egy időben a baktériumok száma szignifikánsan nőtt. A műtrágya melletti baktériumtrágyázásnál az NPK kezeléshez képest szignifikáns csökkenést mértünk (NPK+BactoFil A10 és NPK+EM-1). A szalmakezeléshez viszonyítva a szalma+baktériumtrágya kezelések statisztikailag igazoltan növelték a telepszámot.

2012-ben a műtrágyázás nem befolyásolta a gombák mennyiségét. A szalmakezelés következtében a kísérlet végén a gombák számának szignifikáns növekedését tapasztaltuk. A baktériumtrágyák szintén kedvezően, statisztikailag igazoltan növekedést eredményeztek. Ezzel egyidejűleg mindkét kezeléskor szignifikánsan nőtt a baktériumok mennyisége is. A baktériumtrágya és műtrágya egyidejű alkalmazása mellett minden esetben telepszám növekedését mértük a műtrágyázáshoz képest. A hatás a tápanyag-ellátás javulásának köszönhető. A szalmakezeléssel egy időben kijuttatott baktériumtrágyák erőteljesen, szignifikánsan csökkentették a gombák mennyiségét. A körülmények inkább a cellulózbontó baktériumoknak kedvezhetett inkább, hiszen azok számának szignifikáns növekedését tapasztaltuk egyidejűleg.

14. táblázat A mikroszkopikus-gombaszám változása a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletben (2010-2013)

Kezelés	Mikroszkopikus gombák mennyisége *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>					
	Év	2010	2011	2012	2013	Átlag
Kontroll		22,33	58,33	22,00	31,50	33,54
NPK		<b>42,00</b>	<b>45,00</b>	21,00	<b>24,50</b>	33,13
Szalma		<b>35,00</b>	<b>22,00</b>	<b>58,00</b>	<b>48,50</b>	40,88
BactoFilA10		31,33	<b>30,00</b>	<b>43,00</b>	29,00	33,33
NPK+Bact.A10		43,33	<b>29,00</b>	<b>30,00</b>	<b>38,50</b>	35,21
Szalma+Bact.A10		37,33	<b>48,00</b>	<b>36,00</b>	<b>42,50</b>	40,96
EM-1		32,33	53,67	<b>29,00</b>	<b>58,50</b>	43,38
NPK+EM-1		37,33	51,00	<b>25,00</b>	<b>31,00</b>	36,08
Szalma+EM-1		<b>17,33</b>	<b>34,00</b>	<b>38,00</b>	<b>6,50</b>	<b>23,96</b>
Microbion UNC		20,33	<b>37,00</b>	<b>26,00</b>	<b>46,00</b>	32,33
NPK+M. UNC		37,67	<b>36,67</b>	<b>38,00</b>	<b>27,50</b>	34,96
Szalma+M. UNC		27,33	<b>41,00</b>	<b>32,00</b>	<b>9,50</b>	27,46
<i>Átlag</i>		31,97	40,47	33,00	32,80	34,60
<i>CV%</i>		19,4	2,5	24,0	4,4	33,9
<i>SzD<sub>5%</sub></i>		10,72	7,06	1,70	2,50	16,87

2013-ban a műtrágyázás szignifikáns telepszám csökkenést eredményezett. A szalmakezelés statisztikailag igazolható növekedést okozott, a növényi maradvány, hasonlóan az előző évhez, jó táptalajként szolgált a mikroszkopikus gombáknak. Az EM-1 és Microbion UNC baktériumtrágyák a kontrollhoz képest statisztikailag igazoltan növelték a kísérlet végén a telepszámot, az EM-1 kezelés az összes-baktériumszám esetében is pozitív hatásának bizonyult. A baktériumtrágyák műtrágyával alkalmazva szignifikáns növekedést eredményeztek az NPK kezeléshez képest. Azonban a növényi maradvány jelenlétében nagymértékű szignifikáns telepszám csökkenést tapasztaltunk, ezalatt az összes-baktériumszámban növekedést mértünk.

Az **összesített négy év átlagértékei** alapján elmondhatjuk, a műtrágyázás nem idézett elő számottevő változást a mikroszkopikus gombák mennyiségében. A szalma kijuttatásával azonban csekély növekedés volt megfigyelhető. A kijuttatott növényi maradvány elősegítette a gombák elszaporodását. A baktériumtrágyák esetében csak egy esetben tapasztaltunk kismértékű növekedést a kontrollhoz viszonyítva (EM-1). A kombinált kezelések közül az NPK+Baktériumtrágya kombinációk nem, a Szalma+Baktériumtrágya kezelések egyes esetekben negatívan befolyásolták a gombaszámot. Szignifikáns csökkenést eredményezett a szalmakezeléshez képest a Szalma+EM-1 kombináció.

A talaj vizsgált mikrobiológiai tulajdonságai alapján **összefoglalóan** megállapíthatjuk, hogy 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 gombaszámokban 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. Hasonló pozitív hatást tapasztaltak baktériumtrágyák alkalmazása mellett a mikrobák mennyiségében KÁTAI et al. (2007, 2008), KÁTAI-TÁLLAI (2008), TÁLLAI et al (2008), TÁLLAI (2010), PEŠAKOVIĆ-MITROVIĆ (2013).

### ***B. Mikrobiológiai aktivitás***

A mikrobiológiai folyamatok jellemzésére vizsgáltuk kísérletünkben a talajok nitrát-feltáródását és a talajlégzés mértékét.

Kísérletünk felszámolását követően laboratóriumi körülmények között talajainkból 14 napos inkubációt követően tanulmányoztuk a kezelések hatására bekövetkező **nitrát-feltáródás mértékét** (15. táblázat).

**2010**-ben a kontroll talajhoz viszonyítva minden kezelésnél alacsonyabb nitrát tartalmat mértünk az inkubációt követően. A műtrágyakezelésnél a kontrollhoz képest kevesebb feltárt nitrátot mértünk, a hatást a növény tápanyag-felvételének tulajdonítjuk. A szalma kijuttatása szintén csökkenést eredményezett. A hatások statisztikailag nem igazolódtak. Azonban ha megfigyeljük a nitrifikáló baktériumok mennyiségét mindkét kezelésnél hasonló tendenciát

tapasztaltunk, a szalmakezelésnél szignifikáns mértékben. A baktériumtrágya kezelésű talajokban szignifikáns csökkenést mértünk a kontrollhoz képest. Az EM-1 kezelésű talajnál a nitrifikálók mennyiségi csökkenése is igazolódott statisztikailag. A műtrágyázáshoz képest a műtrágya+baktériumtrágya kombinációk statisztikailag igazolhatóan csökkentették a feltáródás mértékét. Az NPK+Microbion UNC kezelésnél a nitrifikálók mennyiségi csökkenését figyeltük meg. A növényi maradványok jelenlétében végzett baktériumtrágyázásnál a szalmakezeléshez viszonyítva szignifikánsan kevesebb nitrátot mértünk (szalma+BactoFil A10). A növények a tenyészidőszak alatt jelentős mennyiségű nitrogént vesznek fel, és a feltáródás során mikroszervezetek a felvehető nitrogént saját szervezetük felépítéséhez is használják, emiatt mérhettünk csökkenést.

15. táblázat Az inkubációs nitrát-feltáródás mértéke a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedenyes kísérletben (2010-2013)

Kezelés	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg kg <sup>-1</sup> 14 nap <sup>-1</sup>					
	Év	2010	2011	2012	2013	Átlag
Kontroll		8,41	19,98	13,89	5,27	11,89
NPK		7,60	12,27	4,87	9,84	8,65
Szalma		5,77	13,92	9,04	10,46	9,80
BactoFilA10		1,57	16,14	10,82	8,51	9,26
NPK+Bact.A10		0,74	16,09	8,44	5,00	7,57
Szalma+Bact.A10		0,34	16,22	9,94	10,24	9,19
EM-1		4,04	10,34	8,98	4,54	6,98
NPK+EM-1		1,15	10,21	9,05	8,75	7,29
Szalma+EM-1		5,44	10,77	10,52	5,76	8,12
Microbion UNC		3,23	16,45	11,49	3,28	8,61
NPK+M. UNC		0,53	18,35	6,34	8,94	8,54
Szalma+M. UNC		5,73	20,06	6,82	5,16	9,44
Átlag		3,71	15,06	9,18	7,15	8,78
CV%		47,7	15,20	23,3	35,2	33,8
SzD <sub>5%</sub>		3,06	3,95	3,69	4,35	4,26

2011-ben a minták nitrát tartalmánál nagyobb átlagértékeket tapasztaltunk, mint előző évben. A műtrágya kezelésű talajnál szignifikánsan kevesebb feltárt nitrátot mértünk. A hatás a a növényi felvétel következményének tulajdonítjuk, emellett a nitrifikálók számának csökkenését tapasztaltuk. A szalmakezelés hasonló csökkenést eredményezett, mind a feltáródás, mind a nitrifikálók mennyiségénél. A szalma lebontásában résztvevő szervezetek a rendelkezésre álló nitrát bizonyos részét saját szervezetük felépítéséhez használták fel, emiatt történhetett csökkenés a feltáródásban. Az EM-1 baktériumtrágyás talajoknál szignifikáns csökkenést mértünk. A műtrágyás talajokhoz viszonyítva az NPK+baktériumtrágya kezelésűeknél a legtöbb esetben növekedést tapasztaltunk (BactoFil A10, Microbion UNC-

szignifikáns). Az NPK+EM-1 kezelésnél a nitrifikálók számának növekedését figyeltük meg. A baktériumtrágyák szalmával kombinált kezeléseknél a szalma+Microbion UNC szignifikáns feltáró hatása emelkedett ki, hasonlóan a nitrifikáló baktériumok esetében is.

**2012**-ben az előző két évhez hasonlóan a kontroll talajnál feltáródott nitrát értéke volt a legnagyobb a kezelések közül. A műtrágyakezelés értéke statisztikailag igazolhatóan csökkent a kontrollhoz képest, emellett a mikrobák száma szignifikánsan nőtt. A szalmakezelés szintén csökkenést okozott, azonban a csökkenés mérsékeltebb volt, mint azt az NPK kezelésnél tapasztaltuk, emellett a nitrifikálók mennyisége is csökkent. A baktériumtrágya kezelések közül az EM-1 készítménynél mértünk szignifikánsan kevesebb feltárt nitrátot a kísérlet végén, a többi készítmény nem eredményezett igazolható változást. A csökkenő nitrát tartalom mellett az EM-1 kezelésnél a nitrifikáló mikroszervezetek számának növekedését tapasztaltuk. A műtrágya+baktériumtrágya kombinációk a műtrágyakezeléshez viszonyítva nagyobb feltárt nitrátot eredményeztek, azonban statisztikailag csak az NPK+EM-1 kezelés eredményezett változást, emellett - a kijuttatott műtrágyának köszönhetően - a nitrifikálók mennyiségi csökkenése történt. A baktériumtrágyák szalmával kombinált kezelése nem eredményeztek változást a feltáródás mértékében, azonban a nitrifikálók számában minden esetben statisztikailag igazolható növekedést figyeltünk meg.

**2013**-ban a kontrollhoz képest a műtrágyázás statisztikailag igazoltan növelte a nitrát tartalmat. A szalma kijuttatása szignifikáns növekedést eredményezett. A baktériumtrágyák statisztikailag igazolható eltérést nem okoztak, a készítményeket összehasonlítva, a BactoFil A10 a kontrolltól nagyobb, a többi készítménynél kisebb átlagértékeket figyeltünk meg. A műtrágyakezeléshez képest a BactoFil A10 NPK-val kijuttatott kezelésénél szignifikáns csökkenés figyelhető meg, a nitrifikálók emellett statisztikailag igazolhatóan elszaporodtak. A szalmakezeléssel kombinált baktériumtrágya kezeléseknél a feltáródás szignifikáns csökkenést mutatott (szalma+EM-1 és szalma+Microbion UNC), míg a nitrifikálók száma nőtt.

A **négy év átlagértékei** alapján megfigyelhető, hogy a műtrágya, szalma, és baktériumtrágya kezelések kismértékű csökkenést eredményeztek a nitrát mennyiségénél. Egy esetben szignifikáns volt a csökkenés (EM-1 kezelés). A műtrágyázáshoz viszonyítva a kombinált NPK+Baktériumtrágya kezelések kisebb átlagértékeket eredményeztek, hasonlóan a szalma kombinált kezeléseknél tapasztaltakhoz.

Inkubációs kísérletben NaOH csapdázással vizsgáltuk a **talajlégzés** mértékének a kezelések hatására bekövetkező változásait (*16. táblázat*).

2010-es mérési eredményeinkben a műtrágyázás hatására a kontrollhoz képest szignifikánsan csökkent a talajlégzés mértéke. A szalmakijuttatás nem okozott statisztikailag igazolható eltérést, kismértékben fokozta a talaj CO<sub>2</sub> kibocsátását, ami valószínűleg a növényi maradvány mineralizációjából eredhet. A baktériumtrágyák alkalmazása mellett nem történt szignifikáns változás. A kombinált NPK+Baktériumtrágya kezelések a műtrágyázáshoz képest statisztikailag igazolhatóan fokozták a talajlégzést, a kijuttatott tápanyagoknak köszönhetően kismértékben nőtt a mikroszervezetek mennyisége, ezáltal azok élettevékenységével fokozódhatott a kibocsátott CO<sub>2</sub> mennyisége is. A legnagyobb növekedést az NPK+Microbion UNC kombinációnál figyeltünk meg. A szalmakezeléshez képest a baktériumtrágyák növényi maradvánnyal kismértékben, de nem szignifikánsan fokozták a CO<sub>2</sub> kibocsátás mértékét.

2011-ben a kontroll talajhoz képest a műtrágya, valamint a növényi maradvány kijuttatása mellett kismértékű csökkenést tapasztaltunk. A BactoFil A10 és Microbion UNC kezelésű mintáknál a kontrollhoz képest szignifikánsan csökkent a termelt CO<sub>2</sub> mennyisége. Az NPK+baktériumtrágya kezeléseknél kismértékű statisztikailag nem igazolható csökkenést tapasztaltunk. A szalmakezelés melletti baktériumtrágyázás a legtöbb esetben csökkenést eredményezett, egy esetben a Szalma+EM-1 kezelésnél statisztikailag igazolt mértékben.

16. táblázat A talajlégzés mértékének változása a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletben (2010-2013)

Kezelés	mg CO <sub>2</sub> 100g <sup>-1</sup> 10 nap <sup>-1</sup>					
	Év	2010	2011	2012	2013	Átlag
Kontroll		16,02	15,77	14,30	10,25	14,09
NPK		<b>12,79</b>	15,27	<b>13,00</b>	12,31	13,34
Szalma		16,88	15,48	<b>13,20</b>	<b>13,87</b>	14,86
BactoFilA10		13,50	<b>13,30</b>	<b>13,20</b>	<b>13,43</b>	13,36
NPK+Bact.A10		<b>16,52</b>	14,19	12,70	13,06	14,12
Szalma+Bact.A10		17,39	14,27	13,70	14,23	14,90
EM-1		16,17	14,29	<b>13,60</b>	11,33	13,85
NPK+EM-1		<b>17,11</b>	14,24	13,00	14,02	14,59
Szalma+EM-1		17,34	<b>12,50</b>	13,30	13,04	14,05
Microbion UNC		17,11	<b>13,87</b>	<b>13,20</b>	11,19	13,84
NPK+M. UNC		<b>20,17</b>	15,59	12,60	13,91	<b>15,57</b>
Szalma+M. UNC		17,10	15,52	13,40	13,91	14,98
Átlag		16,51	14,52	13,30	12,88	14,29
CV%		11,1	5,7	1,8	7,5	8,7
SzD <sub>5%</sub>		3,17	1,67	0,52	2,12	1,79

2012-ben szignifikáns csökkenést mértünk mind a műtrágya, mind a szalma, mind a baktériumtrágya kezeléseknél (kontrollhoz képest). A baktériumtrágyák NPK kezeléssel

kombinálva kismértékű csökkenést eredményeztek a műtrágyázáshoz képest. A szalma+baktériumtrágya kombinációknál a termelődött CO<sub>2</sub> mennyisége kismértékben nőtt, a növényi maradvány mineralizációja, és a nagyobb mikrobaszámnak köszönhetően.

**2013**-ban, az előző évben tapasztaltakhoz viszonyítva, a kontrollhoz képest nőtt a talajlégzés mértéke, a műtrágya, a szalma (szignifikánsan), és a baktériumtrágya kezelések (szignifikánsan BactoFil A10 kezelésnél) esetében is. A hatás a növekvő mikrobiológiai aktivitásnak, a mikrobák elszaporodásának, illetve a szalma mineralizációjának tulajdonítható. A baktériumtrágyák műtrágyával kombinált kezelése a műtrágya kijuttatáshoz képest kismértékben fokozták a talajlégzést. A növényi maradvány melletti baktériumtrágyázás szinte minden esetben növelte a termelődött szén-dioxid mennyiségét (kivéve a szalma+EM-1 kezelés), a hatás statisztikailag nem igazolódott.

A **négy év összesített eredményeit** alapján megállapítottuk, a legtöbb kezelés kis mértékben befolyásolta a talajlégzést. A műtrágyázás összességében csökkenést, a szalmakijuttatás növekedést eredményezett a szén-dioxid termelésben. A baktériumtrágyázás negatívan, az NPK+Baktériumtrágya kombinációk a műtrágyázáshoz képest pozitívan, a Szalma+Baktériumtrágya kezelések a legtöbb esetben pozitívan hatottak a talajlégzésre. A hatások közül kizárólag egy esetben volt szignifikáns a különbség (NPK+Microbion UNC).

Eredményeinkről **összességében** elmondhatjuk, hogy az **inkubációs nitrát** kísérletben az NPK+Microbion UNC és szalma+Microbion UNC kezelések igazoltan növelték a feltárt nitrát mennyiségét. A feltárt nitrát mennyiségének növekedését tapasztalták KÁTAI et al (2007) baktériumtrágyával beállított tenyészedényes kísérletben.

A **talajlégzésre** serkentőleg hatottak az NPK+baktériumtrágya kombinációk. A mikroszervezetek számának növekedése és a kijuttatott műtrágya fokozta a talaj CO<sub>2</sub> kibocsátását. A talajlégzés műtrágyahasználat melletti növekedését igazolták SZILI-KOVÁCS et al (2012).

### ***C. Enzimaktivitás***

A következőkben a talajok **enzimaktivitásának** a kezelések hatására bekövetkező változásait ismertetjük. Laboratóriumi körülmények között meghatároztuk a talajok ureáz, szacharáz, kataláz, foszfatáz és dehidrogenáz enzim aktivitását.

Az **ureáz** enzim aktivitás a talajok N-körforgalmáról nyújt egyféle tájékoztatást (*17. táblázat*).

**2010**-ben a műtrágyakezelésnél csökkent aktivitást tapasztaltunk. Ugyanekkor a nitrát tartalomban és a nitrifikáló baktériumok számában is ugyanez a tendencia volt jellemző. A szalmakezelés a kontrollhoz képest nem eredményezett jelentős változást. A baktériumtrágyák (különösen az EM-1) csökkentették az enzimaktivitást. A műtrágya melletti baktériumtrágya használat fokozta az ureáz aktivitását, leginkább az NPK+Microbion UNC kezelés bizonyult hatékonynak, ez esetben nagymértékű szignifikáns növekedést mértünk. Emellett a nitrifikáló baktériumok mennyisége is hasonló mértékben növekedett. A szalma+baktériumtrágya kezeléseket különböző hatást fejtettek ki; a BactoFil A10 és EM-1 készítmények növényi maradvány mellett csökkenést, míg a szalma+Microbion UNC esetében statisztikailag igazolhatóan növekedést okozott.

**2011**-ben szinte minden kezelés szignifikáns változást idézett elő. A szalmakezelés a kontrollhoz képest szignifikáns aktivitásnövekedést eredményezett, ezzel egy időben szignifikánsan nagyobb nitrát tartalmat, és nitrifikáló baktériumszámot mértünk. A hatást a szalma kísérlet alatt végbemenő mineralizációjának tulajdonítjuk. A baktériumtrágyák minden esetben, de leginkább a Microbion UNC készítménynél okoztak fokozott aktivitást. A műtrágyázáshoz viszonyítva annak baktériumtrágyákkal kombinált kezelése minden esetben statisztikailag igazolhatóan segítették az enzimaktivitást. A kijuttatott műtrágya nitrogén tartalmának átalakítási folyamatait valószínűleg a készítmények mikroszervezetei is elősegíthették. A szalmakezeléshez képest a kombinált kezeléseknél a Szalma+EM-1 kezelés kivételével minden esetben növekvő ureáz aktivitást figyeltünk meg.

**2012**-ben az előző években mért átlagértékeknél nagyobb enzimaktivitást tapasztaltunk. A kontrollhoz képest a műtrágya és növényi maradvány kijuttatása is szignifikáns növekedést eredményezett. A Microbion UNC kezelésnél a kontrollnál szignifikánsan nagyobb értéket mértünk. A baktériumtrágyák műtrágyával kombinált kezelése kismértékű változást okoztak, az NPK+Microbion UNC kezelésnél a műtrágyázáshoz képest alacsonyabb aktivitást mértünk. A hatás a műtrágya nitrogéntartalmának tulajdonítható, csökkenés mehet végbe az enzim működésében, emellett szignifikánsan kisebb nitrát tartalmat, és a nitrifikálók mennyiségét mértük. A növényi maradvány mellett alkalmazott baktériumtrágyázás a BactoFil A10 esetében csökkenést, a Microbion UNC-nél növekedést fejtett ki, a hatások szignifikánsak.

**2013**-ban csak egy esetben mértünk statisztikailag igazolható változást (szalma+BactoFil A10). A műtrágyázás az enzimaktivitás csökkenését, emellett a kísérlet végén mért nitrát tartalom csökkenését, a nitrifikáló baktériumok mennyiségének növekedését eredményezte. A szalmakezelés mellett az ureáz aktivitásának növekedése volt megfigyelhető a kontrollhoz



képest. Baktériumtrágyák alkalmazása mellett a legtöbb esetben kismértékű aktivitásnövekedést tapasztaltunk (kivéve EM-1). A baktériumtrágyák műtrágyával minden kezelésnél növekedést okoztak a műtrágyakezeléshez viszonyítva. A baktériumtrágyák növényi maradvány mellett leginkább csökkentették az enzimaktivitást (BactoFil A10 szignifikánsan, Microbion UNC).

17. táblázat **Ureáz enzim aktivitásának változása a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletben (2010-2013)**

Kezelés	Ureáz NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg 100g <sup>-1</sup>					
	Év	2010	2011	2012	2013	Átlag
Kontroll		25,61	2,65	86,4	9,78	31,11
NPK		19,61	10,10	<b>105,5</b>	8,91	36,03
Szalma		24,37	<b>25,05</b>	<b>107,7</b>	11,61	42,18
BactoFilA10		23,12	<b>21,25</b>	86,5	10,28	35,29
NPK+Bact.A10		20,72	<b>40,09</b>	101,0	11,38	43,30
Szalma+Bact.A10		23,50	<b>48,94</b>	<b>91,9</b>	<b>5,59</b>	42,48
EM-1		9,70	<b>26,24</b>	81,7	8,90	31,64
NPK+EM-1		22,22	<b>35,74</b>	102,6	13,10	43,42
Szalma+EM-1		10,41	20,45	102,3	14,68	36,96
Microbion UNC		34,49	<b>49,59</b>	<b>102,7</b>	13,87	50,16
NPK+M. UNC		<b>94,66</b>	<b>31,23</b>	<b>96,8</b>	11,78	<b>58,62</b>
Szalma+M. UNC		<b>51,91</b>	<b>57,32</b>	<b>116,9</b>	9,77	58,98
Átlag		30,03	30,72	98,5	10,80	42,51
CV%		52,4	26,70	6,7	26,5	32,2
SzD <sub>5%</sub>		27,34	10,89	7,94	4,85	19,72

Az **összesített eredmények** alapján megállapítottuk, hogy a műtrágyázás, szalmakezelés, baktériumtrágyázás növelte az enzimaktivitást. A kombinált kezelések legtöbb esetben pozitív változást idéztek elő. Az NPK+Microbion UNC kezelés hatása szignifikánsan pozitív volt.

A szén ciklus egyik fontos enzime a **szacharáz**, a talajok enzimaktivitását a glükóz mennyiségi meghatározásával végeztük.

Kísérletünk **első évében** (18. táblázat) az NPK kezelés szignifikáns enzimaktivitás növekedést eredményezett a kontrollhoz képest. A kijuttatott tápelemekkel fokozódott az enzim aktivitása, az átalakulási folyamatok felerősödtek. A szalma talajba keverésével nem történt statisztikailag igazolható változás az enzimaktivitásban. A BactoFil A10 és Microbion UNC kezelések a kontroll értékéhez képest szignifikánsan csökkentették a szacharáz aktivitását. Az NPK+baktériumtrágya kezelések a műtrágyázáshoz képest minden esetben csökkenést okoztak. A szalma+baktériumtrágya kombinációk esetében a szalmakezeléshez képest nem okoztak változást.

2011-ben, az előző évvel ellentétben, a műtrágyázás szignifikáns csökkenést eredményezett. A szalmakezelés hasonló hatást fejtett ki. A baktériumtrágyás kezeléseknél minden esetben statisztikailag igazoltan csökkent a szacharáz aktivitása, hasonlóan az előző évhez. A műtrágyakezeléshez viszonyítva a kombinált NPK+baktériumtrágya kezeléseknél (NPK+EM-1 kezelés kivételével) szignifikáns csökkenést mértünk, a szalma+baktériumtrágya kezelésekhöz hasonlóan.

2012-ben a műtrágyázás kismértékű csökkenést okozott a kontroll értékéhez viszonyítva, a hatás statisztikailag nem igazolódott. A szalma kijuttatása szignifikánsan kisebb enzimaktivitást eredményezett. A baktériumtrágyák mellett a kísérlet végén (BactoFil A10 és EM-1) szignifikáns csökkenést tapasztaltunk. Az NPK+EM-1 kombináció a kezelésekek közül az egyetlen statisztikailag igazolt pozitív hatást fejtette ki a műtrágyázáshoz viszonyítva. A szalmakezeléssel alkalmazott baktériumtrágyázás egyik esetben sem okozott jelentős változást az enzimaktivitásban.

18. táblázat Szacharáz enzim aktivitásának változása a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletben (2010-2013)

Kezelés	Szacharáz glükóz mg 100g <sup>-1</sup>					
	Év	2010	2011	2012	2013	Átlag
Kontroll		15,93	16,17	14,70	14,70	15,38
NPK		<b>21,81</b>	<b>14,46</b>	13,97	<b>13,48</b>	15,93
Szalma		14,46	<b>14,21</b>	<b>12,99</b>	<b>13,23</b>	13,72
BactoFilA10		<b>10,54</b>	<b>12,50</b>	<b>12,74</b>	<b>13,48</b>	12,32
NPK+Bact.A10		<b>13,48</b>	<b>12,99</b>	14,33	14,33	13,78
Szalma+Bact.A10		14,95	<b>12,99</b>	13,35	13,48	13,69
EM-1		14,46	<b>14,46</b>	<b>12,96</b>	<b>12,72</b>	13,65
NPK+EM-1		<b>15,93</b>	14,21	<b>14,95</b>	<b>14,95</b>	15,01
Szalma+EM-1		13,72	13,97	12,99	13,23	13,48
Microbion UNC		<b>12,01</b>	<b>13,72</b>	13,52	<b>13,28</b>	<b>13,13</b>
NPK+M. UNC		<b>15,44</b>	<b>13,48</b>	13,48	13,97	14,09
Szalma+M. UNC		13,72	<b>12,99</b>	12,13	12,62	12,87
Átlag		14,70	13,84	13,5	13,62	13,92
CV%		13,5	3,80	5,4	3,2	9,5
SzD <sub>5%</sub>		3,44	0,90	1,25	0,96	1,91

2013-ban a műtrágyázás szignifikáns csökkenést okozott a kontrollhoz viszonyítva. A szalma kijuttatása hasonló eredményezett. A baktériumtrágyák alkalmazásával minden esetben szignifikáns csökkenést tapasztaltunk a kontrollhoz viszonyítva. A műtrágyával kombinált baktériumtrágya kezelésekek közül kizárólag az NPK+EM-1 kezelés szignifikáns pozitív hatása mutatkozott, a többi kombináció csak kismértékű aktivitás növekedést eredményezett. A

szalma+baktériumtrágya kezelések a szalmakezeléshez képest egy esetben sem okoztak szignifikáns változást.

A **négy év átlagértékei** alapján több esetben is statisztikailag igazolható változást mutattunk ki jelentkezett a kezelések következményeként. A műtrágyázás növelte, a szalmakezelés csökkentette az aktivitást. A BactoFil A10 és EM-1 kezelések szignifikáns csökkenést eredményeztek. Az NPK+BactoFil A10 kezelés a műtrágyázáshoz képest statisztikailag igazoltan csökkentette a szacharáz aktivitását. A Szalma+Baktériumtrágya kezelések nem eredményeztek számottevő változást.

A talajok **kataláz** enzim aktivitásának a kezelések hatására bekövetkező változásainál kizárólag a statisztikailag igazolható eltéréseket ismertetjük (*19. táblázat*).

**2010**-ben a kataláz aktivitás kizárólag a búzaszalma kijuttatása mellett nőtt szignifikánsan, az alkalmazott baktériumkészítmények önmagukban és kombinált kezeléseikben is csak kizárólag tendencia jellegű változásokat eredményeztek.

**2011**-ben a műtrágya, szalma és BactoFil A10 kezelések szignifikánsan csökkentették az enzimaktivitást a kontrollhoz képest. Az EM-1 és Microbion UNC kezeléseknél az átlagértékek statisztikailag igazolható növekedését tapasztaltunk. A műtrágyázáshoz képest a kezelések, az NPK+BactoFil A10 kezelés kivételével fokozták a kataláz aktivitását. A szalmakezeléshez képest a szalma+BactoFil A10 csökkenést, és a Szalma+Microbion UNC növekedést eredményezett.

**2012**-ben statisztikailag igazolható csökkenést eredményezett a műtrágyázás, szalmakijuttatás, az előző évhez hasonlóan. EM-1 és Microbion UNC kezelés csökkentette, a BactoFil A10 műtrágyával a műtrágyázáshoz képest, szalmakezelésben a szalma kijuttatásához képest szignifikánsan növelte a kataláz enzim aktivitását.

A műtrágya és szalmakezelések, valamint a baktériumtrágyázás **2013**-ban szintén csökkenést eredményeztek az átlagértékekben (kontrollhoz viszonyítva). A műtrágyázáshoz képest az NPK+baktériumtrágya kezelések minden esetben szignifikánsan növelték a kataláz aktivitását. A szalmakijuttatáshoz képest a baktériumtrágyák növényi maradvány jelenlétében minden esetben szignifikánsan nagyobb kataláz aktivitást eredményeztek.

A **4 éves átlagok** esetében a műtrágyázás szignifikáns csökkenését figyelhetjük meg. A szalma és baktériumtrágya kezelések nem eredményeztek számottevő változást. Az NPK+Baktériumtrágya kombinációk egy esetben szignifikánsan fokozták az aktivitást (EM-1). A Szalma+Baktériumtrágya kezelések esetében kis mértékű, statisztikailag nem igazolható növekedést tapasztaltunk.

19. táblázat Kataláz enzim aktivitásának változása a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletben (2010-2013)

Kezelés	Kataláz O <sub>2</sub> 2perc <sup>-1</sup>					
	Év	2010	2011	2012	2013	Átlag
Kontroll		19,0	28,0	31,0	27,5	26,4
NPK		17,5	<b>25,0</b>	<b>22,5</b>	<b>24,5</b>	<b>22,4</b>
Szalma		<b>21,5</b>	<b>27,0</b>	<b>26,0</b>	<b>26,0</b>	<b>25,1</b>
BactoFilA10		18,5	<b>26,0</b>	29,0	<b>25,5</b>	24,8
NPK+Bact.A10		18,5	25,0	<b>28,0</b>	<b>28,0</b>	24,9
Szalma+Bact.A10		23,0	<b>26,0</b>	<b>29,5</b>	<b>29,5</b>	27,0
EM-1		18,0	<b>29,0</b>	<b>26,0</b>	<b>24,5</b>	24,4
NPK+EM-1		18,5	<b>30,0</b>	25,5	<b>29,5</b>	<b>25,9</b>
Szalma+EM-1		18,0	27,0	26,0	<b>30,5</b>	25,4
Microbion UNC		20,0	<b>30,0</b>	<b>27,5</b>	<b>25,5</b>	25,8
NPK+M. UNC		18,0	<b>31,0</b>	25,5	<b>26,0</b>	25,1
Szalma+M. UNC		21,0	<b>29,0</b>	25,5	<b>28,5</b>	26,0
<i>Átlag</i>		19	27,6	27,0	27,1	25,3
<i>CV%</i>		6,8	1,9	7,2	1,2	7,6
<i>SzD<sub>5%</sub></i>		2,27	0,88	3,3	0,70	2,77

A talajok **foszfatáz** enzim aktivitása a 20. táblázatban kerül bemutatásra.

**2010**-ben a műtrágyázás szignifikánsan növelte a foszfatáz aktivitását. Emellett a talaj könnyen felvehető foszfor tartalma is szignifikánsan nőtt. A szalmakezelés szintén növekedést eredményezett a kontrollhoz képest. A baktériumtrágyák alkalmazása mellett minden esetben fokozott aktivitást mértünk. A készítmények műtrágya melletti alkalmazása kismértékben növelte az értékeket a műtrágyakezeléshez viszonyítva, azonban statisztikailag nem igazolódott a hatásuk. Szalma melletti alkalmazásuk csak egy esetben, a szalma+EM-1 kezeléskor okozott szignifikánsan nagyobb aktivitást.

**2011**-ben a műtrágyázás kismértékű növelő hatása mutatkozott, emellett a könnyen felvehető foszfor szintén nem szignifikáns mennyiségi növekedését tapasztaltuk. A szalmakezelés mellett hasonlóan nagyobb aktivitást mértünk, a hatás statisztikailag nem igazolódott. A baktériumtrágyák kedvező hatása minden esetben érvényesült, szignifikánsan nagyobb aktivitást mértünk a kontrollhoz képest a kísérlet végén. A készítmények műtrágyával kombinált kezeléseik növelték az átlagértékeket, szignifikáns növekedést csak az NPK+Microbion UNC kombináció eredményezett, emellett a felvehető foszfor mennyisége is nőtt. A szalmakezeléshez képest a szalma+EM-1 és szalma+Microbion UNC kezelések statisztikailag igazolhatóan növelték a foszfatáz aktivitást.

20. táblázat Foszfátáz enzim aktivitásának változása a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletben (2010-2013)

Kezelés	Foszfátáz P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100g 2h <sup>-1</sup>					
	Év	2010	2011	2012	2013	Átlag
Kontroll		18,10	10,44	9,53	19,75	14,46
NPK		<b>22,79</b>	12,03	<b>5,98</b>	<b>22,86</b>	15,92
Szalma		<b>22,70</b>	11,08	<b>6,29</b>	<b>21,82</b>	15,47
BactoFilA10		<b>28,63</b>	<b>12,97</b>	<b>6,89</b>	<b>26,70</b>	<b>18,80</b>
NPK+Bact.A10		25,99	12,66	5,38	<b>24,87</b>	17,23
Szalma+Bact.A10		25,88	13,29	7,80	<b>24,27</b>	17,81
EM-1		<b>25,05</b>	<b>14,24</b>	<b>7,12</b>	<b>24,42</b>	<b>17,71</b>
NPK+EM-1		24,16	13,92	<b>8,17</b>	23,50	17,44
Szalma+EM-1		<b>26,65</b>	<b>14,87</b>	6,97	<b>23,83</b>	<b>18,08</b>
Microbion UNC		<b>23,83</b>	<b>14,87</b>	11,35	<b>26,23</b>	<b>19,07</b>
NPK+M. UNC		22,93	<b>14,87</b>	<b>8,10</b>	<b>25,65</b>	17,89
Szalma+M. UNC		25,20	<b>16,14</b>	<b>11,88</b>	<b>24,96</b>	<b>19,55</b>
Átlag		24,33	13,45	7,95	24,07	17,45
CV%		7,80	10,60	21,8	4,0	9,7
SzD <sub>5%</sub>		3,64	2,41	1,97	1,62	2,44

2012-ben a műtrágyázás mellett csökkenő foszfátáz aktivitást tapasztaltunk. A könnyen felvehető foszfor mennyisége ezalatt szignifikánsan nőtt, a csökkenést ennek tulajdonítjuk. A szalma kijuttatása szintén csökkenést okozott, emellett a felvehető foszfor mennyisége is csökkent. BactoFil A10 és EM-1 kezelések a kontrollhoz képest statisztikailag igazolt gátló hatást eredményeztek, az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mennyiségeinél is azonos hatást észleltünk. A készítmények műtrágyával kombinált kezeléseknél (EM-1 és Microbion UNC) a műtrágyázáshoz viszonyítva igazoltan nagyobb aktivitást tapasztaltunk. A szalma kijuttatáshoz képest csak a szalma+Microbion UNC kombináció fejtett ki statisztikailag igazolható pozitív hatást.

2013-ban szinte minden esetben szignifikánsan igazolódott a kezelések hatása. A műtrágyázás, szalmakezelés és baktériumtrágyázás a kontrollhoz képest szignifikánsan növelte az enzimaktivitást. Az NPK+baktériumtrágya kombinációk, kivéve NPK+EM-1 kezelést, szignifikáns növekedést eredményeztek. A szalma+baktériumtrágya kezelések hasonló eredményt idéztek elő a szalma kijuttatásához viszonyítva.

A **négy év átlagértékeiben** a kontrollhoz képest minden kezelés nagyobb aktivitást eredményezett. A baktériumtrágyák és azok szalmával kombinált kezelései minden esetben (Szalma+EM-1 és Szalma+Microbion UNC) szignifikánsan növelték a foszfátáz aktivitást.

A **dehidrogenáz** enzim aktivitásának a kezelések hatására bekövetkező változásainál kizárólag a statisztikailag igazolható eltéréseket ismertetjük (21. táblázat).

2010-ben két kezelésnél tapasztaltunk szignifikáns változást. A műtrágyázáshoz képest az NPK+EM-1 kombináció szignifikánsan növelte a dehidrogenáz aktivitását, míg a Szalma+Microbion UNC a szalmakezeléshez viszonyítva csökkenést eredményezett.

21. táblázat **Dehidrogenáz enzim aktivitásának változása a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletben (2010-2013)**

Kezelés	Dehidrogenáz INTF $\mu\text{g g}^{-1}$					
	Év	2010	2011	2012	2013	Átlag
Kontroll		530	129,5	478,7	268,1	351,6
NPK		506	<b>110,8</b>	521,2	260,4	349,6
Szalma		586	<b>118,1</b>	585,0	274,8	391,0
BactoFilA10		552	127,3	563,7	271,6	378,7
NPK+Bact.A10		411	<b>124,8</b>	548,7	252,7	334,3
Szalma+Bact.A10		448	<b>130,0</b>	<b>415,0</b>	241,1	<b>308,5</b>
EM-1		478	132,0	427,5	223,1	315,2
NPK+EM-1		<b>687</b>	<b>157,3</b>	450,0	297,8	398,0
Szalma+EM-1		499	<b>127,3</b>	506,2	278,1	352,7
Microbion UNC		465	<b>140,2</b>	456,2	233,8	323,8
NPK+M. UNC		451	<b>162,6</b>	443,7	240,7	324,5
Szalma+M. UNC		<b>390</b>	<b>125,2</b>	528,7	235,2	<b>319,8</b>
<i>Átlag</i>		500,25	132,9	493,7	256,4	345,6
<i>CV%</i>		16,6	3,00	13,1	14,0	13,9
<i>SzD<sub>5%</sub></i>		143,6	6,67	111,9	60,7	68,9

2011-ben a legtöbb kezelés statisztikailag igazolhatóan növelte az enzimaktivitást. A műtrágya és, szalmakezelések a kontrollhoz viszonyítva szignifikáns csökkenést fejtettek ki. A baktériumtrágyák közül a Microbion UNC kezelés a kontrollhoz képest szignifikánsan nagyobb átlagértéket eredményezett. Az NPK+baktériumtrágya kombinált kezelések minden esetben fokozták az aktivitást a műtrágyakezeléshez képest. A szalma+baktériumtrágya kezelések hasonló pozitív eredményt okoztak a szalmakezeléshez viszonyítva. Azonban az előző évben mért értékeknél kisebb átlagértékeket mértünk minden kezelésnél.

2012-ben statisztikailag igazolt eltérést csak egy esetben, a Szalma+BactoFil A10 kezelésnél tapasztaltunk, a szalmakezeléshez képest csökkentő hatása igazolódott.

2013-ban nem mértünk szignifikáns különbséget a kezelések között, azonban ez évben is kisebb átlagértékeket mértünk, hasonlóan a 2011-ben tapasztaltakhoz.

A **4 év átlagában** megállapítottuk, a műtrágyázás kis mértékben csökkenést, a szalmakezelés növekedést eredményezett a dehidrogenáz enzim aktivitásában. A baktériumtrágyák a legtöbb esetben növelték az értékeket. A kombinált NPK+Baktériumtrágya kezelések kevésbé haladták meg a műtrágyázás értékét. Azonban a Szalma+BactoFil A10 és Szalma+Microbion UNC szignifikáns csökkenést eredményeztek.

A talajok enzimaktivitásait vizsgálva **összefoglalóan** megállapítottuk, a *műtrágyakezelés* leginkább a foszfátáz enzim aktivitását fokozta, a többi vizsgált enzim aktivitásában főként szignifikáns csökkenést eredményezett. A *szalma kijuttatása* mellett a kísérlet végén az ureáz és esetenként a foszfátáz 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 **foszfátáz** enzim aktivitását. Az NPK+EM-1 kezelés növelte a **dehidrogenáz** aktivitását. Növényi maradványok jelenlétében igazoltan megnövekedett enzimaktivitást és nagyobb gombaszámot tapasztalt WARING (2013). Az ureáz és foszfátáz enzimek aktivitásának növekedését tapasztalta rhizobaktériumos talajoltás hatására SHOEBITZ et al. (2014). Baktériumtrágyázás melletti növekvő enzimaktivitást tapasztalt MAKÁDI et al. (2007).

**Összefoglalóan** megállapítottuk, hogy a műtrágya és baktériumtrágya tenyészedényes kísérlet 4 évének talajtani eredményeit, akár a vizsgálati évek, akár a készítmények szempontjából vizsgáltuk, nagy különbségek adódtak közöttük. A készítmények sokfélesége nagyban hozzájárulhatott a vizsgált talajkémiai és -mikrobiológiai paraméterek közötti különbségekhez. Az alkalmazott kezeléskombinációk számos vizsgált talajtulajdonság esetében eredményeztek szignifikáns változásokat.

### **5.1.2. A műtrágya és baktériumtrágyák hatásai a jelzőnövényi biomasszájára**

Jelen fejezetben a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletekben alkalmazott **angolperje** (*Lolium perenne*, L.) teszt növény biomasszájának a kezelések hatására bekövetkezett változásait ismertetjük. Értékelésünket vágásonként (1. és 2. vágás), vágásokat évenként (2010-2013) és összesítve (átlag) végeztük el. Az angolperje zöld tömegét, száraztömegét, szárazanyag és nedvesség-tartalmát összefoglaló táblázatokat évenkénti lebontásban a *Melléletek I. fejezetében* mutatjuk be, amelyben a szignifikáns eltéréseket félkövér betűkkel emeltük ki. Hasonlóan a kísérletek talajtani eredményeinek értékeléséhez, a műtrágya, szalma és baktériumtrágya kezeléseket a kontrollhoz, a kombinált NPK+Baktériumtrágya átlagértékeket az NPK műtrágya értékeihez, a Szalma+Baktériumtrágya kezeléseket a búzaszalma kezelés értékeihez viszonyítottuk. Ábráinkon a szignifikáns különbségeket piros színnel és *csillaggal* (\*) jelöltük.

Jelen fejezetben a perje **száraztömegének** a kezelések hatására bekövetkező változásait ismertetjük. A kísérlet felszámolásakor számított összes biomasszát az összesítéskor kapott értékek edényenkénti ismétlések átlagértékeiből kaptuk.

**2010**-ben az *első vágás* alkalmával a műtrágyakezelésnél a kontrollhoz képest szignifikánsan növekedett a száraztömeg. A szalma és baktériumtrágya kezelések nem eredményeztek statisztikailag igazolható változást a kontrollhoz képest. A baktériumtrágyák műtrágyával kombinált kezelése mellett eltérő tendenciával változásokat tapasztaltunk a műtrágyás edényben mért száraztömegekhez viszonyítva. Az NPK+BactoFil A10 kombináció kismértékben növelte a perje száraztömegét. Az NPK+Microbion UNC kezelésnél szignifikánsan kisebb száraztömeget mértünk az első vágásnál. A szalma+baktériumtrágya kombinációk közül leginkább a szalma+Microbion UNC kezelés hatása mutatkozott. A legnagyobb növényi biomasszát az NPK+BactoFil A10 kezelésű edényben mértük. A *2. vágásnál* közel hasonló tendenciát figyeltünk meg, mint az 1. vágásnál. A kezelések között statisztikailag igazolható eltérést egyik kezelésnél sem tapasztaltunk. A legnagyobb növényi biomasszát az ismét NPK+BactoFil A10 kezelés eredményezte. A 1. és 2. vágás *összesített* értékei alapján megállapítottuk, hogy 2010-ben kizárólag a műtrágyázás szignifikáns termésmenővelő hatása igazolódott. A perje száraztömege a legnagyobb átlagértéket az NPK+BactoFil A10 kezelésnél érte el. A perje nedvesség-tartalma kizárólag ennél a kezelésnél változott, nőtt statisztikailag igazolhatóan (*Melléklet 5. táblázat*).

**2011**-ben a perje *száraztömege (1. vágás, Melléklet 9. táblázat)* a műtrágya kijuttatása esetében pozitívan nőtt. A szalmakezelés szignifikáns csökkenést eredményezett, mely hatást a szalma mineralizációs folyamatai következtében fellépő termésdepresszióknak tulajdonítunk. A baktériumtrágya kezelések közül a Microbion UNC-nél szignifikánsan kisebb termést tapasztaltunk. Az NPK+Baktériumtrágya kombinációk edényeinél minden esetben statisztikailag igazolható csökkenést tapasztaltunk a kontrollhoz viszonyítva. A baktériumtrágyák növényi maradvány jelenlétében a szalmakijuttatáshoz viszonyítva nem eredményeztek változást a perje biomasszájában. A legnagyobb növényi tömeget a műtrágyakezelésnél mértük. A *2. vágásnál* kapott átlagértékeknél a műtrágyakezelés szignifikáns pozitív hatása mutatkozott. A szalma és baktériumtrágya kezelések nem eredményeztek statisztikailag igazolható változást. A műtrágyázáshoz képest a baktériumtrágya és műtrágya kombinációk kismértékben csökkentették a perje biomasszáját, statisztikailag igazolhatóan csak az NPK+EM-1 kezelés. A szalmakezeléshez viszonyítva a



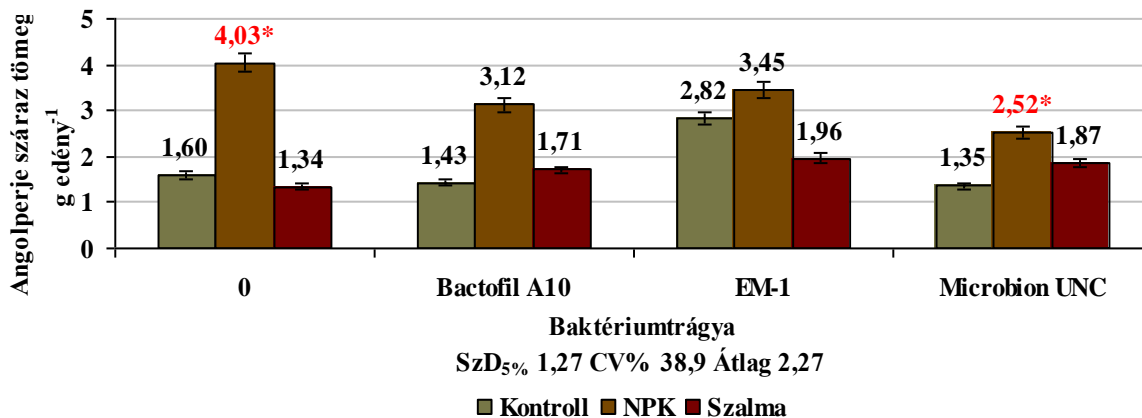
szalma+BactoFil A10 és szalma+Microbion UNC kombinációk szignifikáns csökkenést előidéző hatása mutatkozott. A legnagyobb átlagértéket a műtrágyázott edénynél mértük. Az 1. és 2. vágás *összesített száraztömegeiben* kizárólag a műtrágyakezelés szignifikáns pozitív hatása mutatkozott 2011-ben. A legnagyobb növényi tömeget is ennél e kezelésnél mértük. A növény szárazanyag-tartalma a műtrágyázás, és az ahhoz viszonyított NPK+BactoFil A10 kezelésnél nőtt szignifikáns mértékben. A nedvesség-tartalmat illetően ugyanezen kezeléseknél szignifikáns csökkenést tapasztaltunk.

**2012-ben** (1. vágás, *Melléklet 13. táblázat*) a műtrágyázás statisztikailag igazolható pozitív hatását tapasztaltuk. A szalma és baktériumtrágya kezeléseket a kontrollhoz viszonyítva nem eredményeztek változást. Az NPK+BactoFil A10, NPK+EM-1 kombinációk a műtrágyakezeléshez képest szignifikánsan csökkentették a perje termését. A szalmakezelések baktériumtrágyával alkalmazva kismértékű, statisztikailag nem igazolható csökkenést fejtettek ki a perje száraztömegeinél. A legnagyobb biomasszát a műtrágyakezelésnél mértük. A 2. vágás esetében kizárólag a műtrágyázás szignifikáns pozitív hatása mutatkozott a kontrollhoz képest. A szalmakijuttatásnál kismértékű növekedést, a baktériumtrágya kezelésű edények többségénél csökkenést tapasztaltunk, ami statisztikailag nem igazolódott. A kombinált NPK+Baktériumtrágya kezelésű edényeknél a műtrágyázáshoz hasonló növényi tömeget mértünk. A szalma+baktériumtrágya kezelésű növényeknél gyenge biomassza depressziót tapasztaltunk, nem szignifikáns csökkenés jelenlétében. A legnagyobb átlagértéket az NPK+BactoFil A10 kezelésnél mértük. Az *összesített átlagértékekben* kizárólag a műtrágya kezelés biomasszát növelő hatása igazolódott. A legnagyobb átlagértéket ennél a kezelésnél határoztuk meg. A perje szárazanyag-tartalma a szalmakezeléshez viszonyított szalma+Microbion UNC kezelésnél csökkent statisztikailag igazolható mértékben, míg a nedvesség-tartalom ugyanezen kezelésnél ezzel egyidejűleg mért szignifikáns növekedését tapasztaltuk.

**2013-ban** (1. vágás, *Melléklet 17. táblázat*) műtrágyakezelés szignifikánsan növelte a száraztömeget. A szalmakezelésű edényeknél statisztikailag csökkent a növényi biomassza. A BactoFil A10 kezelés esetében a kontrollhoz képest szignifikánsan kevesebb növényi tömeget mértünk. A műtrágyakezeléshez viszonyított kombinált NPK+Baktériumtrágya kezelésekből többsége csökkenést eredményezett (NPK+EM-1 és NPK+Microbion UNC). A Szalma+Baktériumtrágya kombinációk minden esetben biomassza növekedést okoztak a szalmakijuttatáshoz képest. A legnagyobb növényi száraztömeget az NPK+BactoFil A10

kezelésű edényekben mértük. A 2. vágás értékeinél a műtrágya, szalma és baktériumtrágyák kontroll edényhez viszonyított pozitív hatása igazolódott. Az NPK+Baktériumtrágya kezelések minden esetben szignifikáns növekedést okoztak. A Szalma+Microbion UNC kombinációnál szignifikáns biomassza növekedést tapasztaltunk. A legnagyobb átlagértéket az NPK+BactoFil A10 kombinációnál tapasztaltuk. Az angolperje száraztömegének *összesített átlagértékeinél* 2013-ban több kezelés statisztikailag igazolt hatását mutattuk ki. A műtrágyázásnál szignifikáns biomassza növekedést mértünk. Az NPK+Bactofil A10 kezelésű edényeknél növekedett, az NPK+Microbion UNC-nál csökkent a perje száraztömege. A kombinált Szalma+Baktériumtrágya kezelések minden esetben a száraztömeg szignifikáns növekedését eredményezték. A növényi szárazanyag-tartalmakban a kontrollhoz képest a baktériumtrágya kezelésű edényeknél, a műtrágyázáshoz viszonyítva az NPK+Microbion UNC kombináció kivételével, valamint a szalmakijuttatáshoz képest a szalma+baktériumtrágya kezelésű edények mindegyikénél statisztikailag igazolható növekedést tapasztaltunk. A nedvesség-tartalomban ezzel ellentétes, szignifikáns csökkenéseket mértünk az említett kezeléseknél, illetve a kontrollhoz képest még a szalmakezelésű edénynél igazoltunk szignifikáns növekedést.

**Összességében** megállapítható, hogy az **angolperje** száraztömegét (4. ábra), 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 terménynövekedést eredményezett. A *szalmakezelésű* edényekben a legtöbbször depressziót figyeltünk meg a növényi biomasszában. A *baktériumtrágyák* önmagukban nem, míg *kombinált* kezeléseiknél a negatív hatások mérséklését eredményezték több esetben is. 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. A vágások között is esetenként különbségeket tapasztaltunk. Az 1. vágásnál a készítmények jelentősebb, főként negatív irányú váltásokat (biomassza csökkenés) előidéző hatása érvényesült. A 2. vágás idejében, ami a kísérlet végi állapotokat jól tükrözte, szinte minden évben hasonló dinamikával jelentkező hatások mutatkoztak. A baktériumtrágyák alkalmazása mellett a növényi biomassza szignifikáns növekedését, illetve a műtrágya melletti használatuk pozitív hatásait igazolták BALLÁNÉ et al. (2008a,b,c) és KINCSES et al. (2008a, b) kutatásai. WU et al (2005) és BIDONDO et al (2012) baktériumos talajoltás mellett igazolták annak a kukorica biomasszára kifejtett pozitív hatását.



4. ábra Az angolperje száraztömegének összesített átlagértékei a műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérletben (2010-2013)

## 5.2. A műtrágya és mikorrhiza oltóanyag hatásai a talajok vizsgált paramétereire

### 5.2.1. A műtrágya és mikorrhiza oltóanyag tenyészedényes kísérlet eredményei

Jelen fejezetben a műtrágya és Amykor gyökérvitalizáló készítménnyel beállított tenyészedényes kísérlet talajtani paramétereit mutatjuk be. A kísérletben kapott eredmények éves (2012, 2013) és összesítő átlagokat tartalmazó táblázatait (19-27. táblázat) a *Melléklet II. fejezetében* foglaljuk össze. Leíró értékelésünket évenkénti felosztásban végeztük el. A szignifikáns különbségeket minden esetben a kontroll értékéhez viszonyítva néztük, melyeket az ábrákon piros színnel és csillaggal (\*) emeltünk ki.

Az eredmények értékelésekor az Amykor kezeléseket a kontrollhoz, az Amykor műtrágyával kombinált kezeléseit a kontrollhoz és az NPK műtrágyakezeléshez viszonyítjuk.

#### 5.2.1.1. A kezelések hatása a talajtulajdonságokra

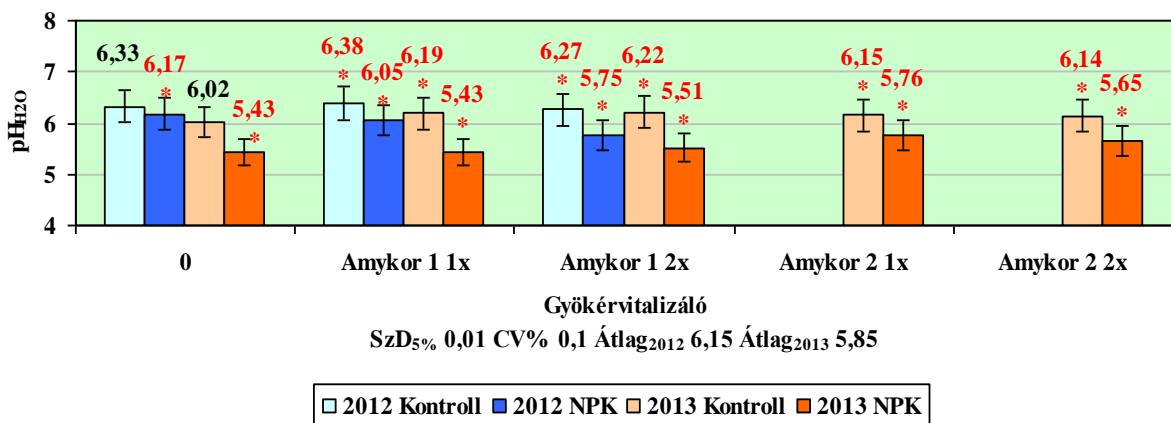
A **talajfizikai paraméterek** közül mértük a *kontroll* talajok Arany-féle kötöttségét ( $K_A$ ), nedvesség-tartalmát (%) és a leiszapolható részek arányát (%), melyek ismertetése az *Anyag és módszer 5. táblázatban* és a *Mellékletek 19. táblázatában* történt. Mérési eredményeink alapján megállapítottuk, hogy kontroll talajaink minden évben gyengén savanyú kémhatású, homok fizikai féleségű, nitrogénnel és foszforral gyengén, káliummal közepesen ellátott humuszos homoktalajok voltak.

## A. A fontosabb talajkémiai paraméterek

A talajkémiai paraméterek közül mértük a desztillált vizes kémhatást, illetve  $\text{NO}_3^-$ -N, AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  és AL- $\text{K}_2\text{O}$  mennyiségeit ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

A talajok **desztillált vizes kémhatása** a kísérlet első évében (2012, 5. ábra) az alkalmazott kezelések hatására minden esetben szignifikánsan változott. Az NPK kezelés szignifikáns csökkenést eredményezett, melyet a műtrágya savanyító hatásának tulajdonítunk. Az Amykor 1 1x kezelés a kontrollhoz képest növelte a pH értékét. Az Amykor 1 1x műtrágyával kombinált kezelése a műtrágyázáshoz képest további csökkenést eredményezett. Az Amykor 1 2x kezelések csökkentették a kémhatást a kontrollhoz képest. A műtrágyázáshoz viszonyítva az NPK+Amykor 1 2x kombináció további savanyodást idézett elő. A legnagyobb pH érték csökkenést az NPK+Amykor 1 2x kombináció eredményezte.

2013-ban szintén minden kezelés szignifikáns változást eredményezett. A műtrágyázás hasonlóan az előző kísérleti évhez a pH érték csökkenését eredményezte. Az Amykor készítmények 1 1x, 1 2x, 2 1x és 2 2x dózisa minden esetben szignifikáns növekedést okoztak. A kombinált NPK+Amykor kezelésekkal a kontrollhoz képest minden esetben savanyúbb kémhatást mértünk. Azonban az NPK kezeléshez viszonyítva az NPK+Amykor 1 1x kezelés kivételével a pH átlagértékek növekedését mértük. Megállapítottuk, hogy az új Amykor (2) készítmény dózisa és kombinációi mérsékeltebb pH csökkenést eredményeztek. A legsavanyúbb kémhatást az NPK kezelésnél mértük.



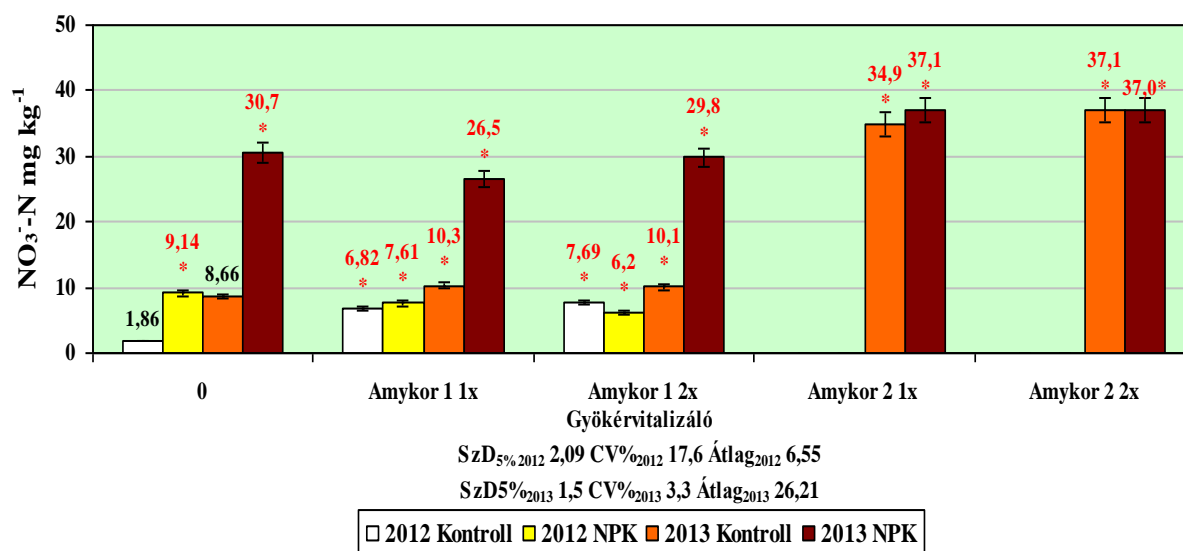
5. ábra A talaj  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  értékeinek változása a kezelések hatására a műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

A két év összesített átlagértékeiben (Melléklet 20. táblázat) a műtrágya és az NPK+Amykor kombinált kezelésekkal eredményeztek statisztikailag igazolható változást. Mind az Amykor 1,

mind az Amykor 2 készítmény műtrágyával kombinált kezelése csökkentették a pH értékeit. A készítmények közti különbségek kevésbé mutatkoztak az összesítésben.

A talaj **nitrát-tartalma 2012-ben** (6. ábra) a kontrollhoz képest a műtrágyázott edényeknél szignifikánsan nőtt. Az Amykor 1 1x és 2x dózisa szintén statisztikailag igazolhatóan növelték a kísérlet végén mért felvehető tápelem mennyiségét, a dózisoknak megfelelő növekvő sorrendben. Az NPK+Amykor kombinált kezeléseknél (1x és 2x dózis) a kontrollhoz képest szintén nagyobb a nitrát-tartalmat mértünk. Azonban az NPK kezeléshez viszonyítva csökkenést eredményeztek. Az említett kezeléseknél a növényi biomassza növekedését tapasztaltuk. A legnagyobb nitrát-tartalmat a kísérlet végén az NPK kezelésnél mértük.

**2013-ban** a kontrollhoz képest a műtrágyakezelés statisztikailag igazolható növekedést eredményezett, hasonlóan az előző évben tapasztaltakhoz. Az Amykor 1 1x és 2x kezelése a kontrollhoz képest szignifikáns növekedést eredményeztek. Az Amykor 1 1x és 2x dózisok műtrágya melletti alkalmazásával a kísérlet végén szignifikánsan nagyobb nitrát-tartalmat mértünk, mely a dózisok emelkedésével nőtt. A hatás a növényi felvételnek tulajdonítható. Az Amykor 2 készítmény 1x és 2x dózisa a kontrollhoz képest nagymértékben növelték a nitrát mennyiségét. A készítmény műtrágyával kombinált kezelése a kísérlet végén szignifikánsan nagyobb nitrát-tartalmat okozott. A növekedés az NPK kezeléshez képest is szignifikáns volt. A legnagyobb felvehető nitrát-tartalmat a kísérlet végén az NPK+Amykor 2 1x és Amykor 2 2x kezelése eredményezték.

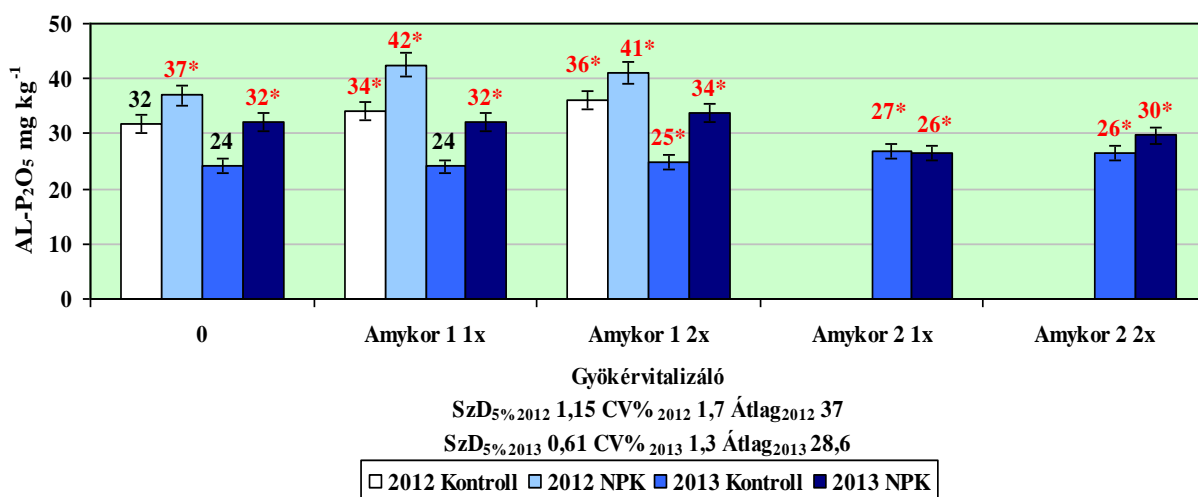


6. ábra A talaj nitrát-nitrogén tartalmának változása a műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

A két év összesített átlagértékei alapján megállapítottuk, hogy a műtrágyázás, és Amykor 2 1x és 2x dózisa szignifikánsan növelték a nitrát mennyiségét. Az NPK+Amykor 1 és 2 kombinációk minden esetben szignifikáns növekedést eredményeztek (Melléklet 22. táblázat).

A kísérlet végén mért **AL-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** mennyisége **2012**-ben (7. ábra) a kontrollhoz képest a műtrágyakezelésnél, illetve az Amykor kezeléseknél 1x és 2x dózisainál szignifikánsan nőtt. Az oltóanyag műtrágyával kombinált kezeléseknél szintén növekedést tapasztaltunk mind a kontroll, mind a műtrágyakezeléshez viszonyítva. A legnagyobb könnyen felvehető foszfor tartalmat az NPK+Amykor 1 1x kezelésnél mértük.

**2013**-ban a műtrágyakezelés mellett szignifikánsan több felvehető foszfort mértünk a kísérlet végén a kontrollhoz képest. Az Amykor 1 1x kezelésnél nem tapasztaltunk statisztikailag igazolható változást. Az Amykor 1 kezelés 2x dózisánál a kontrollhoz viszonyítva szignifikáns növekedést mértünk. Az NPK+Amykor 1 1x és 2x kezeléseknél a kontrollhoz viszonyítva fokozták a könnyen felvehető foszfor mennyiségét, a műtrágyázáshoz viszonyítva azonban hasonlóan csak az NPK+Amykor 1 2x kombináció eredményezett. Az Amykor 2 1x és 2x kezeléseknél a kontrollhoz képest növelték a foszfor-tartalmat a kísérlet végén. A készítmény műtrágyával kombinált kezeléseknél a kontrollhoz viszonyítva szignifikáns növekedést, az NPK kezeléshez képest szignifikáns csökkenést eredményeztek. A kísérlet végén a legnagyobb könnyen felvehető foszfor-tartalmat az NPK+Amykor 1 2x kezeléskombináció mellett mértük.



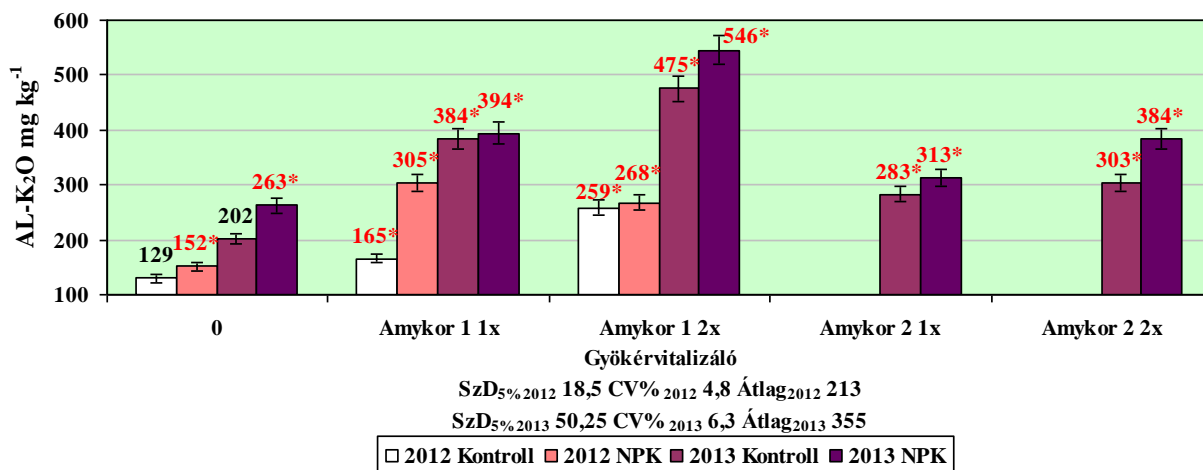
7. ábra A talaj könnyen felvehető foszfor-tartalmának változása a műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

A két év összesített átlagértékeinél a műtrágyázás és a kombinált NPK+Amykor 1 kezelések szignifikáns növekedést eredményeztek a kontrollhoz képest. Az NPK-hoz viszonyítva az NPK+Amykor 2 kombinációk kisebb átlagértékeket eredményeztek (*Melléklet 22. táblázat*).

A talaj könnyen felvehető kálium tartalmát 2012-ben a kísérlet végén (8. ábra) a műtrágyakezelés a kontrollhoz képest statisztikailag igazolható mértékben növelte. Az Amykor 1 dózisa szignifikánsan növelték az AL-K<sub>2</sub>O-t, emellett szembevetően a dózisok emelkedésével tapasztalt kálium tartalom növekedés is, ez esetben a készítmények agyagásvány-tartalma (perlit, 0,3% K<sub>2</sub>O tartalom) nem hanyagolható el. Az NPK-hoz viszonyítva az NPK+Amykor 1 1x és 2x kombinációk jelentős növekedést okoztak. A két dózis közötti különbséget a hagyma biomasszájában is észrevehető eltérés is mutatja. A 2x dózis mellett nagyobb föld alatti biomasszát mértünk, miközben a felvehető kálium mennyisége kisebbnek bizonyult. A legnagyobb könnyen felvehető kálium-tartalmat az NPK+Amykor 1 1x kombináció eredményezte.

2013-ban a kísérlet végén mért kálium-tartalmat a műtrágyázás szignifikánsan növelte. Az Amykor 1 1x és 2x kezelések jelentősen fokozták a könnyen felvehető kálium mennyiségét, ami azzal magyarázható, hogy a kísérlet előző évéből visszamaradó talajokat a kezeléseknél megfelelően visszaforgattuk, és kiegészítettük frissen behozott talajokkal, ami miatt a talajok kálium-tartalma láthatóan nőtt. Az Amykor 1 dózisa műtrágyával kiegészítve még inkább fokozták a kálium mennyiségét, mind a kontroll, mind a műtrágyakezelésekhez viszonyítva. Az Amykor 2 1x és 2x kezelések a kontrollhoz képest szignifikáns növekedést eredményeztek. Ha az átlagértékeket összehasonlítjuk az előző évben alkalmazott Amykor 1 készítménynél kapott értékekkel közel hasonló tendenciát kapunk (az alkalmazott talaj AL-K<sub>2</sub>O tartalma 2013-ban nagyobbak bizonyult). A kontroll és műtrágyakezeléshez képest az NPK+Amykor 2 1x és 2x kombinációk statisztikailag igazolhatóan növelték a kálium mennyiségét. A kijuttatott mennyiségeket illetően megállapítottuk, hogy a legnagyobb kálium-tartalmat az NPK+Amykor 1 2x kombináció tartalmazta, hiszen ebben a kezelésben mind a műtrágya, mind az agyagásvány-hordozó (perlit, 20cm<sup>3</sup> edény<sup>-1</sup>) már jelentős felvehető káliumot nyújtott a gyenge ellátottságú homoktalajon.

A két év összesítésekor (*Melléklet 22. táblázat*) a műtrágyázás nem, azonban az Amykor és NPK+Amykor kombinációk minden esetben szignifikáns növekedést eredményeztek.



8. ábra Az AL-K<sub>2</sub>O változása a műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

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 talaj **kémhatása** tekintetében a kezelések közül kiemelnénk az Amykor 1x dózist és annak kombinált kezeléseit, melyek kismértékben mérsékeltek a műtrágya észlelt savanyító hatását. A hatás esetlegesen a készítmény perlit tartalmának köszönhető. Az észlelt hatással ellentétben CSOMA (2010) a perlit elhanyagolható sav/bázis pufferoló képességét igazolta, megállapítása szerint a perlit a savas és lúgos behatásokat kevésbé képes tompítani.

A **könnyen felvehető tápelem-tartalmak** esetében; 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 meg szignifikáns mértékben. BIRÓ et al. (2010) megállapításaik szerint az arbuskuláris mikorrhiza gombák alkalmazása mellett jelentősen javulhat a növények számára felvehető



foszfor mennyisége a talajban. A mikorrhiza gombák a könnyen felvehető tápelemek mennyiségére kifejtett pozitív hatásait igazolták CABELLO et al. (2005), DUPONNOIS et al (2005), ANTUNES et al. (2007) és BIDONDO et al. (2012) kutatásai.

### **B. A fontosabb talajmikrobiológiai paraméterek**

A **talajmikrobiológiai** vizsgálatok során lemezöntéses módszerrel meghatároztuk mintáink összes-baktériumszámát, mikroszkopikus gombák mennyiségét. Mértük a cellulózbontó és nitrifikáló baktériumok mennyiségét.

A talajok **összes-baktériumszámát** (22. táblázat) **2012**-ben a műtrágyakezelés kismértékben csökkentette, statisztikailag nem igazoltan. Az Amykor 1 1x és 2x kezeléseket esetében szignifikánsan nőtt az összes-baktériumszám a kísérlet végén. Az NPK+Amykor 1 1x kezelés a kontrollhoz, illetve a műtrágyakezeléshez képest is a mikrobák számának növekedését eredményezte. A legnagyobb összes-baktériumszámot az Amykor 1 kezelés 2x dózisánál mértük. **2013**-ban a műtrágyázás szignifikáns növekedést eredményezett az összes-baktériumszámban a kontrollhoz képest. Az Amykor 1 dózisainál és kombinációinál ugyanazon hatásokat tapasztaltuk, mint 2012-ben. Az Amykor 2 1x és 2x dózisa statisztikailag igazolhatóan serkentették a baktériumszámot, az egyszeres dózis nagyobb növekedést okozott. Az NPK+Amykor 2 kezeléseknél (1x és 2x dózis) nagyobb baktériumszámot mértünk, mint az Amykor 1 készítménynél. A műtrágya Amykor 2-vel kombinált kezelése mind a kontrollhoz, mind az NPK kezeléshez viszonyítva növekedést eredményeztek. Ha a két készítményt és dózisaikat összehasonlítjuk, megállapíthatjuk, hogy az Amykor 2 készítmény kedvezőbben befolyásolta a baktériumok mennyiségét. A legnagyobb összes-baktériumszám az NPK+Amykor 2 1x kombinációnál jelentkezett. A **két év eredményeit összegezve** megállapítottuk, hogy a kezeléseket szignifikáns változást nem eredményeztek. Az Amykor 1 készítmény kombinációi és dózisaik növekedést, az Amykor 2 kombinációi és dózisaik csökkenést eredményeztek az összes-baktériumszámban.

A **cellulózbontó baktériumok** mennyiségére (22. táblázat) az alkalmazott kezeléseket az összes-baktériumszámmal azonos módon hatottak **2012**-ben, az Amykor 1 2x kezelés műtrágyával kombinálva a cellulózbontók számát nullára csökkentette. **2013**-ban a műtrágyázás szignifikánsan csökkentette, az Amykor 1 kezeléseket növelték a cellulózbontók mennyiségét (az Amykor 1x dózis nagymértékben). Az Amykor 1 1x és 2x dózisaik műtrágyával kombinálva fokozták a cellulózbontók mennyiségét, mind a kontroll, mind a műtrágyakezeléshez képest. Az Amykor 2 dózisaik és kezeléskombinációi hasonló tendenciát követtek, mint az Amykor 1 kombinációi. A legnagyobb baktériumszámot az NPK+Amykor

1 2x kombináció eredményezte. A két év összesítésekor a kezelések statisztikailag igazolható változásokat nem eredményeztek a cellulózbontók mennyiségében.

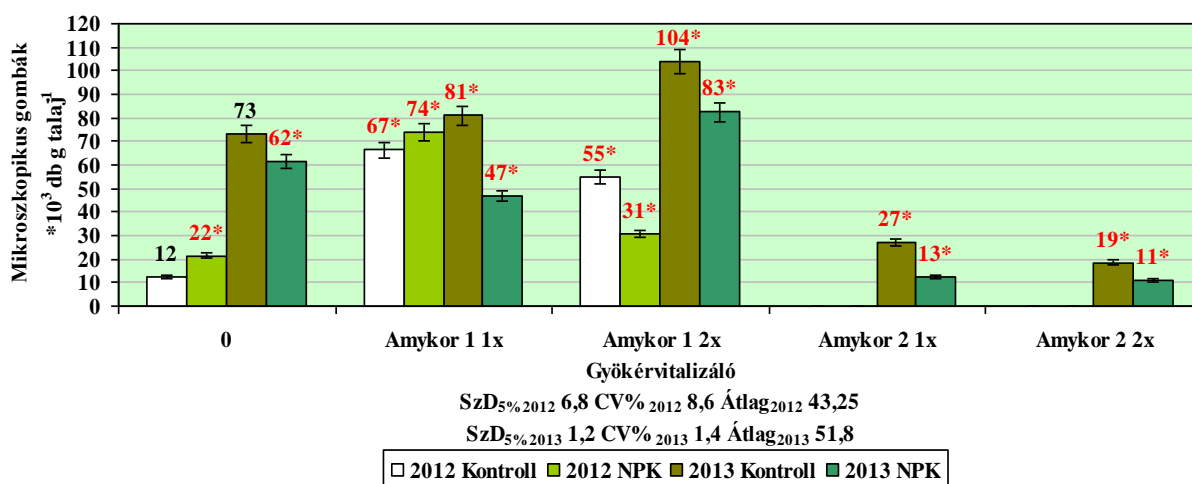
22. táblázat Az összes-baktériumszám, aerob cellulózbontók és nitrifikálók mennyiségének változása tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

Összes-baktériumszám, aerob cellulózbontók és nitrifikálók									
Kezelés	2012			2013			Átlag		
	Összes-baktériumszám * 10 <sup>6</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Cellulózbontó baktériumok * 10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Nitrifikáló baktériumok * 10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Összes-baktériumszám * 10 <sup>6</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Cellulózbontó baktériumok * 10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Nitrifikáló baktériumok * 10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Összes-baktérium szám * 10 <sup>6</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Cellulózbontó baktériumok * 10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Nitrifikáló baktériumok * 10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>
Kontroll	25,5	0,227	0,089	3,82	0,029	0,013	11,05	0,027	0,038
NPK	21,5	0,213	<b>0,245</b>	<b>6,45</b>	<b>0,019</b>	<b>0,104</b>	11,47	0,020	<b>0,151</b>
Amykor 1 1x	<b>36,0</b>	<b>0,434</b>	0,152	<b>5,50</b>	<b>0,152</b>	0,004	16,39	0,075	0,057
NPK+Amykor 1 1x	<b>34,5</b>	<b>0,486</b>	0,184	<b>4,45</b>	<b>0,152</b>	<b>0,152</b>	15,67	0,073	<b>0,126</b>
Amykor 1 2x	<b>38,0</b>	<b>0,736</b>	0,151	<b>5,23</b>	<b>0,042</b>	<b>0,103</b>	16,59	0,047	0,090
NPK+Amykor 1 2x	24,5	0	<b>0,254</b>	3,82	<b>0,306</b>	<b>0,197</b>	11,27	0,024	<b>0,160</b>
Amykor 2 1x	-	-	-	<b>7,68</b>	0,030	0,015	7,68	0,030	0,015
NPK+Amykor 2 1x	-	-	-	<b>8,05</b>	<b>0,018</b>	<b>0,042</b>	8,05	0,018	0,042
Amykor 2 2x	-	-	-	<b>6,55</b>	<b>0,024</b>	0,015	6,55	0,024	0,015
NPK+Amykor 2 2x	-	-	-	<b>5,50</b>	<b>0,030</b>	0,030	5,50	0,030	0,030
Átlag	30,0	0,035	0,179	5,70	0,080	0,067	13,74	0,044	0,104
CV%	14,4	88,4	24,7	0,5	2,1	12,4	28,0	83,5	39,5
SzD <sub>5%</sub>	7,86	0,108	0,155	0,05	0,004	0,019	6,99	0,067	0,074

A nitrifikáló baktériumok számát (22. táblázat) 2012-ben a műtrágyakezelés statisztikailag igazolható mértékben növelte. Az Amykor 1 1x és 2x dózisaik kismértékű, nem szignifikáns változást idéztek elő. A készítmény műtrágyával kombinált kezeléseik közül az NPK+Amykor 1 2x kombináció szignifikáns baktériumszámot növelő hatása mutatkozott. A kezeléseik közül szignifikáns változásokat előidézőknél a cellulózbontó baktériumszámában csökkenést tapasztaltunk a kísérlet végén. A legnagyobb nitrifikáló baktériumszámot a NPK+Amykor 1 2x kombinációnál mértük. 2013-ban a műtrágyázás hatására a kísérlet végén szignifikánsan nagyobb nitrifikáló baktériumszámot mértünk, emellett a cellulózbontók mennyiségének csökkenését tapasztaltuk. Az Amykor 1 kezeléseik közül a 2x dózisú statisztikailag igazolhatóan nagyobb baktériumszámot eredményezett a kontrollhoz képest. A készítmény NPK-val kombinált kezeléseik a kontrollhoz viszonyítva szignifikáns növekedést okoztak. Az Amykor 2 dózisaik nem befolyásolták a nitrifikálók mennyiségét. Azonban az Amykor 2 1x

dózisa műtrágya alkalmazása mellett a kontrollhoz képest növekedést, míg a műtrágyakezeléshez viszonyítva csökkenést okozott. A legnagyobb nitrifikáló baktériumszámot az NPK+Amykor 1 2x kombinációnál mértük. A **két év összesített átlagértékei** alapján megállapítottuk, hogy a műtrágya és NPK+Amykor 1 (1x és 2x) kezelések szignifikánsan növelték az aerob nitrifikáló baktériumok számát. Az Amykor 2 dózisa és kombinációi statisztikailag nem igazolható csökkenést eredményeztek.

A **mikroszkopikus gombák** mennyiségét **2012**-ben (9. ábra) a műtrágyázás szignifikánsan növelte a kísérlet végén, ezzel egy időben az összes-baktériumszám kismértékű csökkenését tapasztaltuk. Az Amykor 1 1x és 2x dózisa a kontrollhoz képest szignifikánsan nagyobb telepszámot eredményeztek. Ha a mikrobák számát összehasonlítjuk, akkor nagyobb gombaszám mellett kisebb baktériumszámot tapasztalunk (Amykor 1 1x). Az NPK+Amykor 1 1x és 2x kezeléseknél a kontrollhoz képest statisztikailag igazolhatóan több gombaszámot eredményezett. A legnagyobb telepszámot az NPK+Amykor 1 1x kombinációnál mértük. **2013**-ban az előző évben tapasztalt hatásokkal ellentétesen a műtrágyázásnál a kontrollhoz képest a mikroszkopikus gombák mennyiségében szignifikáns csökkenést, emellett az összes-baktériumszámban növekedést tapasztaltunk. Az Amykor 1 1x és 2x dózisa szignifikánsan növelték a gombaszámot a kontrollhoz képest. A készítmény műtrágyával kombinált dózisaival az 1x dóziskombinációnál szignifikánsan csökkenő, a 2x-nél szignifikánsan növekvő telepszámot figyeltünk meg. Az Amykor 2 1x és 2x dózisa és kezeléskombinációi minden esetben szignifikánsan, nagymértékben csökkentették a mikroszkopikus gombák mennyiségét. A legnagyobb mikroszkopikus gombaszámot az Amykor 1 2x kezelésnél mértük. A **két év összesített átlagértékeinél** szignifikáns változást nem tapasztalunk. Megállapítottuk, hogy az Amykor készítmények az Amykor 1 gyökérvitalizáló serkentette jobban a mikroszkopikus gombák mennyiségét (*Melléklet 23. táblázat*).



9. ábra A mikroszkopikus gombák mennyiségének változása a műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

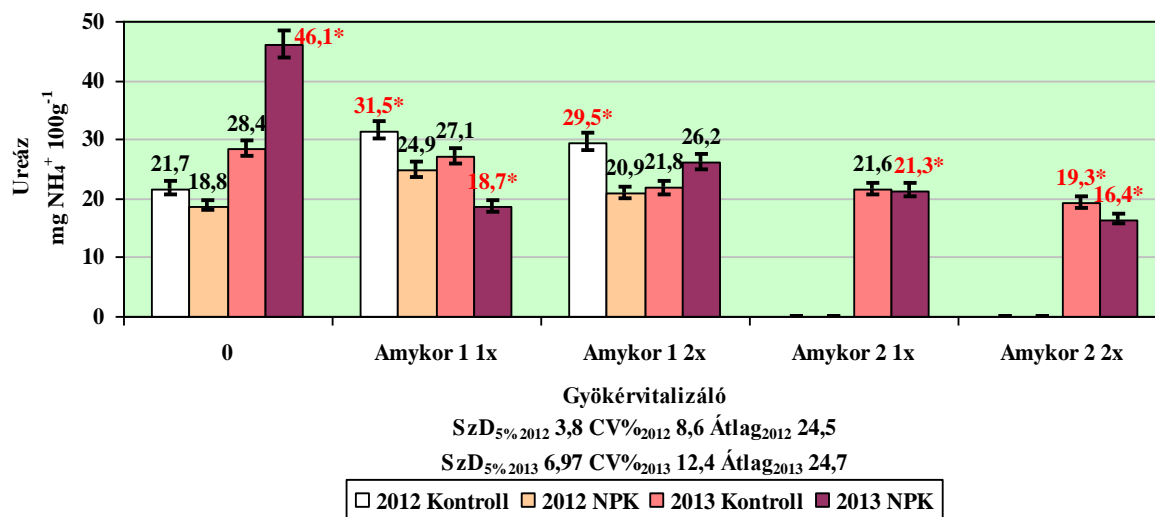
A talajok mikrobiológiai tulajdonságairól **összefoglalóan** elmondható, a kísérlet végén mért átlagértékekben a kontrollkezeléshez képest a *műtrágyázott edényekben* a nitrifikáló baktériumok mennyiségében szignifikáns növekedést mértünk, a cellulózbontó baktériumok, valamint a mikroszkopikus gombák 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.

A **mikrobiológiai paraméterek** tekintetében a kezeléseik közül kiemelnénk; az *összes-baktériumszámát* az Amykor 1 1x és 2x dózisaikat, a *cellulózbontó baktériumok* mennyiségénél az Amykor 1 1x dózisaikat és kombinációit, a *nitrifikáló baktériumok* számánál a műtrágyázást és az NPK+Amykor 1 dózisaikat és kombinációit. A *mikroszkopikus gombák* mennyiségére az Amykor 1 dózisaikat és kombinációit hatottak pozitívan. OUAHMANE et al. (2007), WANG et al. (2009), MIRÁS-AVALOS et al. (2011), ORTAS (2012) és VERESOGLOU et al. (2012) mikorrhiza készítményeket alkalmazó kísérletekben igazolták, a készítmények alkalmazásával főként a gombák mennyiségének növekedése volt megfigyelhető.

### C. A fontosabb enzimaktivitások (ureáz és foszfatáz)

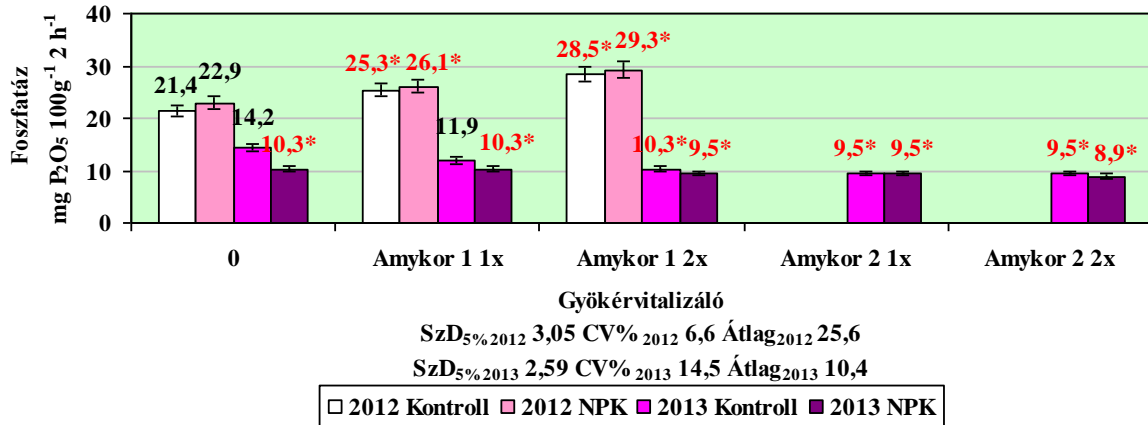
Az **enzimaktivitások** közül laboratóriumi körülmények között mértük az ureáz és foszfatáz enzimek aktivitását.

A talajok **ureáz enzim** aktivitását **2012**-ben a műtrágyakezelés nem befolyásolta. Az Amykor 1 1x és 2x kezelései statisztikailag igazolható mértékben növelték. A készítmény dózisainak műtrágyával kombinált kezelése nem eredményeztek számottevő változást. A legnagyobb aktivitást az Amykor 1 1x kezelésnél mértük (*10. ábra*). **2013**-ban a műtrágyázás szignifikánsan növelte az enzimaktivitást. Az Amykor 1 1x és 2x dózisa nem okozott statisztikailag igazolható változást. Az NPK+Amykor 1 1x kombináció mind a kontroll, mind a műtrágyakezeléshez képest szignifikáns gátló hatást fejtett ki. Az Amykor 2 2x kezelésnél a kontrollhoz képest szignifikánsan kisebb enzimaktivitást mértünk, valamint műtrágyával kombinált kezeléseiben az Amykor 2 (1x és 2x dózis) további szignifikáns csökkenést eredményezett. A legnagyobb enzimaktivitást az NPK kezelésnél mértük. A **két év eredményeinek összesítésekor** a kezelések között statisztikailag igazolható különbséget nem állapítottunk meg (*Melléklet 23. táblázat*).



*10. ábra* A talaj ureáz enzim aktivitásának változása a műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

A **foszfátáz enzim** aktivitásánál **2012**-ben a műtrágyázott edényekben nem tapasztaltunk statisztikailag igazolható különbséget. Az Amykor 1 növekvő dózisa szignifikánsan, növekvő mértékben fokozták az enzimaktivitást. A készítmény műtrágya mellett alkalmazott dózisa szintén növekedést eredményeztek. A legnagyobb foszfátáz aktivitást az NPK+Amykor 1 2x kezelés eredményezte (*11. ábra*). **2013**-ban szinte minden kezelés, az Amykor 1 1x kezelést kivéve, statisztikailag igazolhatóan csökkentette az enzimaktivitást. A legkisebb átlagértéket az NPK+Amykor 2 2x kezeléskombinációnál mértük. A **két év összesítésekor** statisztikailag igazolható csökkenést mértünk az Amykor 2 dózisa és kombinációi esetében (*Melléklet 23. táblázat*).



11. ábra A talaj foszfatáz enzim aktivitásának változása a műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

Az **enzimaktivitások** közül az *ureáz* enzimre a műtrágyázás pozitívan hatott, a *foszfatáz* aktivitását az Amykor 2 dózisa és kombinációi csökkentették. Hasonló hatást tapasztalt AGHABABAEI et al. (2014) mésztartalmú talajon.

A műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérlet talajtani eredményeit **összefoglalóan** megállapítottuk, hogy az alkalmazott kezelések a legtöbb vizsgált paraméter esetében szignifikáns változásokat eredményeztek. Eredményeinket a kísérleti évek szempontjából összegeztük. A **kísérleti évek** szempontjából a vizsgált paramétereknél okozott változások mértékét illetően megállapítottuk:

- **2012**-ben a talaj desztillált vizes kémhatása, könnyen felvehető tápelem-tartalma, összes-baktériumszáma, cellulózbontó baktériumok mennyisége, mikroszkopikus gombaszáma, illetve a foszfatáz enzim aktivitása szinte minden kezelés hatására szignifikánsan változott.
- **2013**-ban ugyanezen paraméterek esetében tapasztaltunk nagymértékű, statisztikailag igazolható változásokat.

A készítmények közül a legtöbb vizsgált mutató tekintetében az *Amykor 1 készítmény dózisa* és *kombinációi* eredményeztek pozitív hatásokat. A készítmény hatásait előidézhette, hogy az alkalmazott Amykor 1 készítmény kijuttatott tényleges mennyisége nagyobb volt, mint az Amykor 2 készítménynél ajánlott meghatározott kijuttatandó mennyiség.

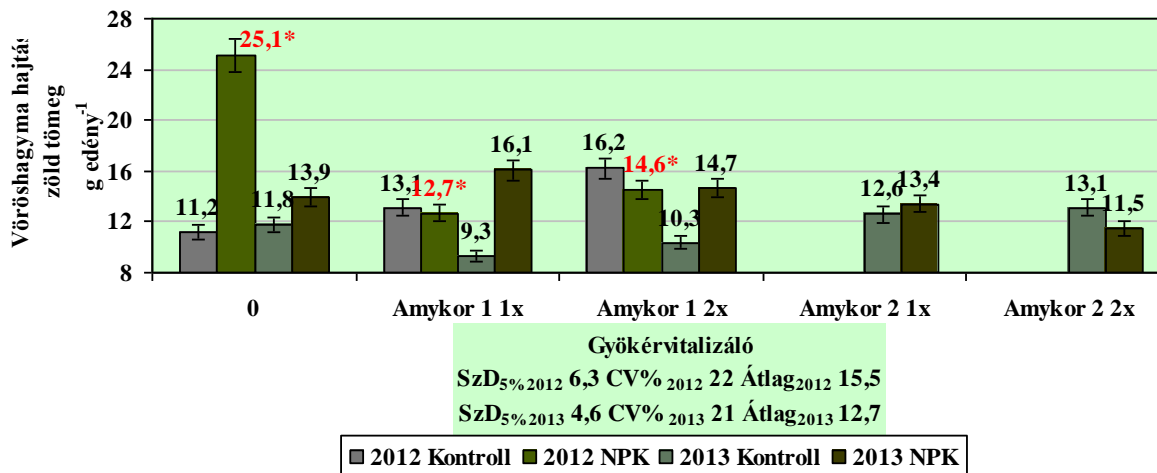
A készítmények alkalmazásával tulajdonképpen alátámasztottuk a kezelések talajtani paraméterekre kifejtett pozitív, esetenként (ritkábban) negatív hatásait. Az alkalmazott készítmények közül az Amykor 1 dózisa és kombinációit ajánljuk, hasonló ellátottságú, gyenge tápelem-szolgáltató képességű homoktalajokon.

### 5.2.1.2. A kezelések hatása a növényi biomasszára

Jelen fejezetben a műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérletekben alkalmazott **vöröshagyma** (*Allium cepa*, L.) biomasszájának a kezelések hatására bekövetkezett változásait ismertetjük. Értékelésünket évenkénti felosztásban végeztük el. Eredményeink összefoglaló táblázatait (24-25. táblázat) a *Mellékletek II. fejezetében* mutatjuk be. A szignifikáns különbségeket a táblázatokban félkövér betűvel, ábráinkon *csillaggal* jelöltük (\*). A szignifikáns különbségeket, hasonlóan a talaj vizsgált paramétereinél alkalmazott értékelésnél, a kontroll kezelés átlagértékeihez viszonyítottuk. Mértük a vöröshagyma föld feletti részeinek zöld tömegét, föld alatti részeinek zöld tömegét, összesített (föld alatti és föld feletti részek) biomasszáját, a hagymahajtás száraz tömegét (g edény<sup>-1</sup>), a hajtás szárazanyag- és nedvesség-tartalmát (%). Az összesítéskor kapott értékek edényenkénti ismétlések átlagértékei. Jelen fejezetben a vöröshagyma nedves biomasszáját (föld feletti és föld alatti részek) ismertetjük.

A **hagyma hajtásának (föld feletti részek) zöld tömegét 2012-ben** (12. ábra). A műtrágyázás statisztikailag igazolható mértékben növelte a kontrollhoz képest. Az Amykor kezelések kismértékű biomassza növekedést eredményeztek a kontrollhoz képest, amely a különbség nem igazolódott. A készítmények műtrágyával kombinált kezeléseinél az NPK kezeléshez képest szignifikánsan kisebb hajtástömeget mértünk. A legnagyobb zöld biomassza az NPK kezelésnél volt. **2013-ban** egyik kezelés sem eredményezett statisztikailag igazolható változást. Az eredményeket megfigyelve azonban megállapítottuk, hogy a műtrágyakezelés kismértékű hajtásnövekedést eredményezett a kontrollhoz képest. Az Amykor 1 készítmény dózisa mellett a kontrollhoz képest alacsonyabb növényi tömeget mértünk, míg a talaj tápanyag-tartalma a kísérlet végén szignifikánsan magasabb volt. A műtrágya+Amykor 1 kombinációknál ugyanez a tendencia volt megfigyelhető. Az Amykor 2 készítmény dózisa mellett nagyobb zöld tömeget tapasztaltunk a kontrollhoz képest, emellett a talaj tápanyag-tartalma kisebb volt, mint az 1 készítménynél mért értékek. A műtrágya+Amykor 2 kezelések a műtrágyakezeléshez viszonyítva kismértékű csökkenést eredményeztek. A legnagyobb hajtástömeget az NPK+Amykor 1 1x kezelésnél mértük.

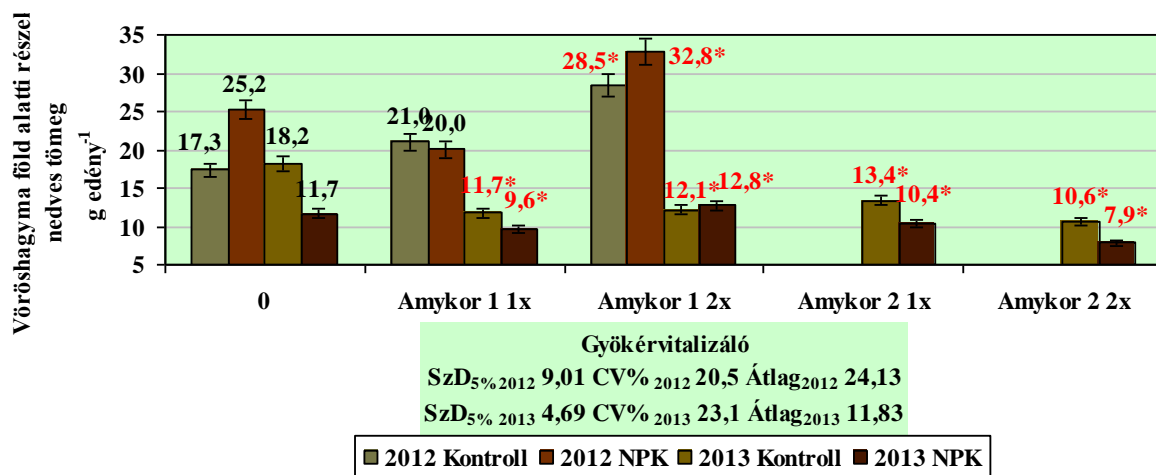
A **vöröshagyma föld feletti részeinek összesített zöld tömege** a kezelések közül kizárólag a műtrágya kijuttatásnál emelkedett meg statisztikailag igazolható mértékben (*Melléklet 24. táblázat*).



12. ábra A vöröshagyma föld feletti részeinek zöld tömege a műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

A hagyma föld alatti részeinek zöld tömege 2012-ben (13. ábra) a műtrágyakezelés mellett kismértékben növekedett, a hatás statisztikailag nem igazolódott. Az Amykor 1 1x kezelés nem szignifikánsan növelte a föld alatti részek zöld tömegét. Az NPK+Amykor 1 1x kombinált kezelésnél a kontrollhoz képest nagyobb, a műtrágyázáshoz viszonyítva azonban kisebb zöldtömeget mértünk. Az Amykor dupla dózisa mellett szignifikánsan nagyobb volt a hagyma föld alatti részeinek zöld tömege. A gyökérvitalizáló dupla dózisa fokozta a gyökérnövekedést, ami annak tömegében mutatkozott. A készítmény műtrágyával kombinált kezelésében statisztikailag igazolhatóan nőtt a kontrollhoz viszonyított biomassza, azonban a műtrágyázáshoz képest nem állt fenn statisztikailag igazolható különbség. A legnagyobb átlagértéket az NPK+Amykor 1 2x kombinációnál mértük. 2013-ban (13. ábra) minden kezelés mellett szignifikánsan csökkent a hagyma föld alatti részeinek zöld tömege. A készítmények közül az Amykor 2 1x dózisa mellett mértük a legkisebb statisztikailag igazolható csökkenést. A kombinált kezelések szinte minden esetben kisebb föld alatti biomasszát eredményeztek az Amykor kezelésekhöz képest (kivéve NPK+Amykor 1 2x). A legnagyobb csökkenést az NPK+Amykor 2 dózisainál mértük. Valószínűleg e kezelésnél az alkalmazott dózisek gátlóan hatottak a hagyma növekedésére, ami a föld feletti részeknél is megfigyelhető volt. A legnagyobb átlagértéket a kontroll edénynél mértük. A föld alatti részek összesített zöld tömegét az NPK+Amykor 2 2x kezelés szignifikánsan csökkentette. A gyökérvitalizáló ajánlott kijuttatott dózisének kétszerese már negatívan befolyásolta a hagyma gyökérvitalizálását.





13. ábra A vöröshagyma föld alatti részeinek zöld tömege a műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

A hagyma edényenkénti összesített zöld biomasszája (föld feletti+föld alatti részek) 2012-ben a műtrágyázás hatására szignifikánsan nőtt (Melléklet 24. táblázat). Az Amykor 1 1x dózis és műtrágyával kombinált kezelése a kontrollhoz képest nem eredményezett változást. Azonban az NPK+Amykor 1 1x kombinációnál a műtrágyakezeléshez viszonyítva szignifikánsan kisebb növényi biomasszát mértünk. Az Amykor 1 2x és NPK+Amykor 1 2x kezelések statisztikailag igazolhatóan növelték a biomassza mennyiségét a kontrollhoz képest, míg az NPK kezeléshez viszonyítva a kombinált kezelés hatásának különbsége nem igazolódott. A legnagyobb edényenkénti biomasszát az NPK kezelésnél mértük. 2013-ban a kezelések a kontrollhoz viszonyítva minden esetben csökkentették a hagyma biomasszájának mennyiségét. Statisztikailag igazolható különbséget kizárólag az Amykor 1 1x és az NPK+Amykor 2 2x kezelések eredményeztek (NPK-hoz képest nem szignifikáns a csökkenés). A legnagyobb edényenkénti biomasszát a kontroll edényben mértük. A vöröshagyma edényenkénti összes zöld biomasszájának összesített értékeinél a kezelések statisztikailag igazolható változást nem eredményeztek. A kezelések közti különbségek csupán tendencia jellegűek voltak. Azonban, ha megvizsgáljuk az átlagértékeket, megállapíthatjuk, hogy az NPK, Amykor 1 2x és NPK+Amykor 1 2x kezelések jelentősen növelték a zöld biomassza tömegét.

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 kezelései bizonyultak kedvezőbbnek.

Az alkalmazott készítmények közül a hajtásnövekedés szempontjából az Amykor 1 készítmény, a föld alatti mutatók tekintetében az Amykor 2 készítmény alkalmazása javasolt.

**A vöröshagyma nedves biomasszájára** az Amykor 1 (1x-föld feletti, 1x+NPK-föld alatti és edényenkénti zöldtömeg) negatívan hatott. Az Amykor 1 2x dózisa és műtrágyával kombinált kezelése a föld alatti és edényenkénti mutatók pozitív irányú változását idézték elő. Póréhagyma biomasszájának növekedését tapasztalta JABAJI-HARE-KENDRICK (1987) egy mikorrhiza faj talajba juttatása mellett.

### **5.2.2. A műtrágya és gyökérvitalizáló szabadföldi kisparcellás kísérlet eredményei**

Jelen fejezetben a műtrágya és Amykor gyökérvitalizáló készítménnyel beállított szabadföldi kisparcellás kísérlet meteorológiai, talajtani paramétereit és növényi mutatókat mutatjuk be (Debrecen-Látókép, 2011-2012). A kísérletben kapott eredmények összefoglaló táblázatait (27-29. táblázat) a *Melléklet III. fejezetében* ismertetjük. Értékelésünket mintavételenként, évenkénti felosztásban, és a kísérleti éveket összegezve végeztük el. A szignifikáns különbségeket minden esetben a kontroll értékéhez viszonyítva néztük, melyeket félkövér betűkkel emeltünk ki. Ábráinkon a statisztikailag igazolható különbségeket csillaggal (\*) is jelöltük.

#### **5.2.2.1. A kezelések hatásai a talajok vizsgált paramétereire**

Laboratóriumi körülmények között vizsgáltuk a **talajok fizikai- (kontroll talaj), kémiai- és mikrobiológiai paramétereit.**

A **talajfizikai paraméterek** közül mértük a kontroll parcellák talajainak Arany-féle kötöttségét ( $K_A$ ), nedvesség-tartalmát (%) és a leiszapolható részek arányát (%), melyek ismertetése az *Anyag és módszer* és a *Mellékletek 27. táblázatában* történt. Mérési eredményeink alapján megállapítottuk, hogy minden évben gyengén savanyú kémhatású, vályog fizikai féleségű, enyhén kilúgzott, nitrogénnel és foszforral közepesen, káliummal jól ellátott mészlepedékes csernozjom talajt alkalmaztunk.

#### **A. A fontosabb talajkémiai paraméterek**

A **talajkémiai paraméterek** közül mértük a talajok könnyen felvehető tápelem-tartalmát.

A talaj NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N tartalma **2011**-ben (*1. mintavétel*) az alkalmazott kezeléseknél statisztikailag igazolhatóan nem változott. Az Amykor kezeléseket összehasonlítva, az Amykor 3x (vetéssel egy időben kijuttatott) kezelésnél kevesebb nitrát-tartalmat mértünk a címerhányás időszakában, mint azt az Amykor 1x és 3x (0-20 cm talajrétegbe dolgozott) kezeléseknél volt tapasztalható (*23. táblázat*). A *2. mintavétel* idejében, a kísérlet felszámolásakor minden kezelésnél szignifikánsan csökkent a felvehető nitrát mennyisége a kontrollhoz képest. A kezelések közt is különbséget tapasztaltunk, az Amykor vetéssel egy időben kijuttatott dózisa alacsonyabb felvehető nitrát mennyiséget eredményeztek a kísérlet végén. Következő évben (**2012**, *1. mintavétel*) a kontrollhoz képest a műtrágyakezelésnél szignifikánsan kevesebb nitrát-tartalmat mértünk a talajban, amit a címerhányás időszakában jellemző fokozott növényi felvétel következményének tekintünk. Az Amykor kezeléseknél a kontrollhoz viszonyítva nagyobb nitrát-tartalmat mértünk. A *2. mintavétel* idejében az alkalmazott kezeléseknél nagyobb felvehető nitrátot mértünk, statisztikailag igazolható különbség csak az Amykor 1x (vetéssel egy időben kijuttatott) kezelésnél volt. A nagyobb nitrát-tartalom a tenyésztési időszak végén fennálló növényi felvétel csökkenésének következménye. A **két évet összegezve megállapítottuk**, hogy az *1. mintavétel*nél az Amykor 1x és 3x (0-20 cm) kezelések szignifikánsan növelték a nitrát-mennyiségét. A *2. mintavétel*nél a kezelések közt statisztikailag igazolható különbséget nem mértünk, minden kezelés kevesebb felvehető nitrátot eredményezett a kontrollnál.

*23. táblázat* Műtrágya és Amykor hatása a talaj nitrát-tartalmára szabadföldi kisércellás kísérletben (2011, 2012)

A NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mennyiségének változása						
Kezelés	2011		2012		Átlag	
	1. mintavétel (Továbbiakban mv.)	2. mv.	1. mv.	2. mv.	1. mv.	2. mv.
<b>Kontroll</b>	78,20	201,67	3,78	29,09	53,39	144,14
<b>NPK</b>	73,89	<b>73,89</b>	<b>2,82</b>	38,73	50,20	62,17
<b>Amykor 1x 0-20</b>	87,22	<b>97,23</b>	-	-	<b>87,22</b>	97,23
<b>Amykor 3x 0-20</b>	85,82	<b>85,82</b>	-	-	<b>85,82</b>	85,82
<b>Amykor 1x vetéskor</b>	55,86	<b>57,86</b>	<b>4,66</b>	<b>57,27</b>	49,25	70,79
<b>Amykor 3x vetéskor</b>	43,72	<b>55,25</b>	<b>4,61</b>	37,39	44,72	59,49
<i>Átlag</i>	70,78	95,28	3,75	39,38	49,39	84,15
<i>CV%</i>	20,3	13,6	11,8	24,6	23,1	50,8
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	36,98	33,22	0,81	17,65	22,76	85,35

A talajok **könnyen felvehető foszfor** tartalma (*24. táblázat*) **2011**-ben az *1. mintavétel* idejében az alkalmazott kezeléseknél nem változott statisztikailag igazolható mértékben. A

legnagyobb átlagértéket az Amykor 3x (0-20 cm) kezelésnél mértük. A 2. *mintavétel*nél szintén nem mértünk szignifikáns különbséget. A két *mintavétel*t összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy az alkalmazott kezelések közti különbségek a 2. *mintavétel* idejében jobban láthatóvá váltak. A legnagyobb felvehető foszfor mennyiséget a vetéssel egy időben kijuttatott Amykor (1x dózis) kezelésnél mértük. **2012**-ben (1. *mintavétel*) az Amykor kezelések esetében a kontrollnál szignifikánsan nagyobb az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mennyiséget mértünk. A legnagyobb könnyen felvehető foszfor tartalmat a vetéskor kijuttatott Amykor (1x dózis) kezelésnél mértük. A 2. *mintavétel*nél statisztikailag igazolható különbség nem volt a kezelések között, az 1. *mintavétel*nél megfigyelt közel hasonló tendencia jelentkezett. A legnagyobb átlagértéket az Amykor 3x maggal kijuttatott kezelésnél mértük. A **két év összegzésekor** megállapítottuk, hogy az 1. és a 2. *mintavétel*nél is az Amykor 1x (0-20 cm bedolgozott) kezelés eredményezett szignifikáns csökkenést a felvehető foszfor mennyiségében. A 2. *mintavétel*nél az Amykor 1x (vetéskor kijuttatva) kezelés statisztikailag igazolható növekedést eredményezett.

24. táblázat **Műtrágya és Amykor hatása a talaj könnyen felvehető foszfor-és kálium-tartalmára szabadföldi kisparcellás kísérletben (2011, 2012)**

Kezelés	A talaj könnyen felvehető tápelem-tartalma											
	2011				2012				Átlag			
	1. mv.		2. mv.		1. mv.		2. mv.		1. mv.		2. mv.	
	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O
<b>Kontroll</b>	55	224	47	232	211	305	115	440	107	251	102	301
<b>NPK</b>	52	223	54	244	223	277	122	375	109	241	110	288
<b>Amykor 1x 0-20</b>	49	213	65	238	-	-	-	-	<b>49</b>	<b>213</b>	<b>65</b>	238
<b>Amykor 3x 0-20</b>	66	248	75	230	-	-	-	-	66	248	75	230
<b>Amykor 1x vetéskor</b>	60	220	76	233	<b>288</b>	323	125	570	132	252	<b>143</b>	347
<b>Amykor 3x vetéskor</b>	53	215	56	227	<b>279</b>	342	144	<b>671</b>	133	268	137	376
<i>Átlag</i>	56	224	62	234	248	289	127	511	120	253	123	328
<i>CV%</i>	21	10	19	3	6	16	22	22	18	7	14	24
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	30	56	30	15	27	85	45	170	44	35	35	159

A **könnyen felvehető kálium** mennyiségét (24. táblázat) **2011**-ben az alkalmazott kezelések egyik *mintavétel* során sem változtatták meg statisztikailag igazolható mértékben. A *mintavételi* időpontok értékei között jelentős különbséget nem tapasztaltunk, azonban megfigyelhető, hogy az őszi *mintavétel* idejében kis mértékben megemelkedett a kálium mennyisége a talajban, ami a növényi felvétel csökkenésének tulajdonítható. A legnagyobb AL-K<sub>2</sub>O átlagértéket az 1. *mintavétel*nél a háromszoros dózisú Amykor (0-20) kezelésnél, a

2. mintavételnél az NPK kezelésnél mértük. **2012**-ben az előző évhez képest nagyobb átlagértékeket mértünk. A kísérlet ugyanazon a területen került beállításra, a kezelésekből alkalmazott készítmények alkalmazásával a talajok könnyen felvehető kálium-tartalma nőtt. Az *1. mintavétel* idejében nem tapasztaltunk statisztikailag igazolható különbséget a kezelések között. A legnagyobb átlagértéket a vetéskor kijuttatott Amykor (3x dózis) kezelésnél tapasztaltuk. A *2. mintavétel*nél a kísérlet végén mért nagyobb átlagértékekben az Amykor 3x (vetéskor kijuttatott) kezelés szignifikáns növekedést eredményezett. A talaj nagyobb tápanyag-tartalmát a készítmény kálium-tartalma, illetve a tenyészidőszak végi csökkent növényi felvétel is magyarázhatja. A **két év összegzésekor** az összegzett *1. mintavétel* átlagértékeiben az Amykor 1x (0-20 cm bedolgozva) kezelés szignifikáns csökkenést eredményezett. A *2. mintavétel* értékeiben a kezelések statisztikailag igazolható változást nem eredményeztek. A készítmény kijuttatási módjainak az AL-K<sub>2</sub>O mennyiségére kifejtett hatása esetében nagy különbséget tapasztaltunk, ugyanis a vetéssel egy időben kijuttatott kezeléseknél nagyobb átlagértékeket tapasztaltunk.

A műtrágya és Amykor szabadföldi kisparcellás kísérlet talajkémiai paramétereit **összefoglalva** megállapítottuk, hogy az alkalmazott kezelések közül a *műtrágyázás* és az *Amykor 0-20 cm-es talajrétegbe bedolgozott* kezelések dózisa nitrát-tartalmat, a vetéssel egy időben kijuttatott Amykor kezelések dózisa az AL-oldható foszfor és kálium-tartalmat befolyásolták leginkább. A tápanyagok mennyisége szempontjából az Amykor 1x (vetéskor kijuttatott) kezelés alkalmazását ajánljuk. A *könnyen felvehető foszfor- és kálium-tartalom* az Amykor 1x (0-20 cm) kezelés mellett csökkent. A csökkenés magyarázata lehet a kísérlet befejezéséhez közeledett, illetve a növényi felvétel következménye. A felvehető tápelemek mennyiségének növekedését igazolta BIDONDO et al. (2012). A nitrogén-tartalom mikorrhiza gombák jelenlétében tapasztalt növekedését támasztja alá READ-PEREZ-MORENO (2003) tanulmánya is. A foszfor felvételében jelentős baktériumok és gombák jelentőségét támasztották alá PAPP (2011), SZEGI és VÖRÖS (1993), PETHŐ (1998), DEACON (2006) és SZABÓ (2008).

## **B. Néhány talajmikrobiológiai paraméter**

A **talajmikrobiológiai** mérések alkalmával meghatároztuk mintáink összes-baktériumszámát, és a mikroszkopikus gombák mennyiségét.

A talajok **összes-baktériumszáma** **2011**-ben (*1. mintavétel*) az NPK műtrágya kijuttatásával szignifikánsan nőtt, a kijuttatott tápanyagok kedvezően hatottak a baktériumokra, emellett a

mikroszkopikus gombaszám csökkenését tapasztaltuk. Az Amykor készítmények kezeléseinél az esetek többségében csökkent a baktériumok mennyisége, egy kezelésnél statisztikailag igazolható mértékben (Amykor 3x vetéskor kijuttatott). A legnagyobb átlagértéket a műtrágyakezelésnél tapasztaltuk. A 2. *mintavétel* idejében kisebb átlagértékeket mértünk, mint az 1. *mintavétel*nél. Az Amykor kezelésekből többsége növelte a mutatót, egy esetben szignifikánsan (Amykor 3x 0-20 cm), ahol a legnagyobb baktériumszámot mértük (25. táblázat).

25. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a talaj egyes mikrobiológiai paramétereire szabadföldi kispárcellás kísérletben (2011, 2012)

A talaj mikroorganizmusainak mennyiségi változása (*10 <sup>x</sup> db g talaj <sup>-1</sup> )												
Kezelés	2011				2012				Átlag			
	1. mv.		2. mv.		1. mv.		2. mv.		1. mv.		2. mv.	
	Összes-baktérium szám (10 <sup>6</sup> db)	Mikroszkopikus gombaszám (10 <sup>3</sup> db)	Összes-baktérium	Mikroszkopikus gombaszám	Összes-baktérium	Mikroszkopikus gombaszám	Összes-baktérium	Mikroszkopikus gombaszám	Összes-baktérium	Mikroszkopikus gombaszám	Összes-baktérium	Mikroszkopikus gombaszám
<b>Kontroll</b>	10,9	71,3	4,1	45,8	3,6	24,5	6,6	29,3	8,5	55,7	4,9	40,3
<b>NPK</b>	<b>12,7</b>	<b>61,5</b>	4,2	<b>30,3</b>	<b>4,8</b>	26,5	<b>4,4</b>	26,0	<i>10,1</i>	49,8	4,2	28,9
<b>Amykor 1x 0-20</b>	9,9	65,3	5,3	45,0	-	-	-	-	9,9	<b>65,3</b>	5,3	45,0
<b>Amykor 3x 0-20</b>	11,9	68,5	<b>6,1</b>	44,0	-	-	-	-	<b>11,9</b>	<b>68,5</b>	6,1	44,0
<b>Amykor 1x vetéskor</b>	9,7	73,0	3,8	38,3	2,2	23,0	6,0	<b>39,8</b>	7,3	53,8	5,0	41,0
<b>Amykor 3x vetéskor</b>	<b>9,2</b>	63,8	5,2	<b>73,3</b>	<b>4,6</b>	<b>18,0</b>	<b>3,9</b>	<b>38,5</b>	8,6	<i>50,1</i>	5,0	51,9
<i>Átlag</i>	<i>10,7</i>	<i>67,2</i>	4,8	<i>46,1</i>	3,7	20,3	5,3	35,6	8,6	52,4	4,8	40,5
<i>CV%</i>	<i>12,7</i>	<i>11,0</i>	<i>16,3</i>	<i>12,2</i>	<i>14,1</i>	<i>13,4</i>	<i>10,9</i>	<i>10,8</i>	9,5	8,3	23,7	23,6
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	<i>1,6</i>	8,8	2,0	<i>14,4</i>	1,0	5,0	0,7	4,6	1,6	8,6	2,3	<i>19,1</i>

2012-ben (1. *mintavétel*) az NPK és Amykor 3x (vetéskor kijuttatott) kezelésekből szignifikánsan növelték az összes-baktériumszámot a kontrollhoz képest. Az előző évben az 1. *mintavétel*nél vett talajok csíraszámát nagyobb volt, a legnagyobb összes-baktériumszámot a műtrágyakezelésnél mértük, hasonlóan az előző évhez. A 2. *mintavétel* idejében a baktériumszám kismértékű növekedését tapasztaltuk az első *mintavétel*hez képest. A műtrágyázás növekedést, az Amykor 3x kezelés statisztikailag igazolt csökkenést eredményezett. A legnagyobb átlagértéket a kontroll parcellánál mértük. A két év *összegzésekor* az 1. *mintavétel* összes baktériumszámában az Amykor (0-20 cm bedolgozva)

kezelések növekedést eredményeztek, a 3x dózis szignifikánsan. A vetéskor kijuttatott Amykor kezelések kismértékű, statisztikailag nem igazolt csökkenést okoztak. Az összesített 2. mintavétel baktériumszámában szignifikáns változást nem tapasztaltunk. A két mintavételi időpont között megfigyeltük, hogy a kukorica címerhányásához közeli időpontban vett talajokban nagyobb mikrobaszám alakult ki, mint a tenyészidőszak végénél mérve. A baktériumok számára optimális környezeti feltételek és a növény fiziológiai tulajdonságainak romlásával azok számában csökkenést figyeltünk meg (alacsonyabb átlaghőmérséklet, nedvesség-tartalom csökkenése).

A talajok **mikroszkopikus gombaszáma 2011**-ben a műtrágyakezelésnél statisztikailag igazolhatóan csökkent (*1. mintavétel*). A kontrollhoz viszonyítva szinte minden esetben csökkent a gombák telepszáma. A legnagyobb átlagértéket a vetéskor kijuttatott Amykor (1x dózis) kezelésnél tapasztaltuk. A *2. mintavétel*nél kisebb mikroszkopikus gombaszámot mértünk, mint a címerhányás idejében. A műtrágyázás ismételt szignifikáns csökkenést eredményezett a kontrollhoz viszonyítva. Az Amykor 3x (vetéskor kijuttatott) kezelés szignifikánsan növelte a mikroszkopikus gombák mennyiségét, a legnagyobb átlagértéket ennél a kezelésnél mértük (*25. táblázat*). **2012**-ben az Amykor 3x (vetéskor kijuttatott) kezelés szignifikáns csökkenést eredményezett a mikrobák mennyiségében az *1. mintavétel* alkalmával a kontrollhoz képest. A legnagyobb gombaszámot a műtrágyakezelésnél mértük. A *2. mintavétel* idejében minden Amykor kezelésnél a mikroszkopikus gombák számának növekedését mértük. Az átlagértékek csökkenését tapasztaltuk az előző mintavételi időponthoz viszonyítva. A két év *összegezésekor* megállapítottuk, az *1. mintavételi* időpontban az Amykor 0-20 cm-es talajrétegbe bekevert dózisa szignifikánsan növelték a mikroszkopikus gombák mennyiségét. A *2. mintavétel* idejében nem mértünk statisztikailag igazolható különbséget a kezelések között, azonban jól látható, hogy a műtrágya alkalmazása csökkentette a gombák mennyiségét. A **két év értékeit** összegezve szembevetjük, hogy 2011-ben a mikroszkopikus gombaszám nagyobb átlagértékekkel mutatkozott, a körülmények ezeknek a szervezeteknek kedveztek.

A **mikrobiológiai paraméterek** tekintetében; az **összes-baktériumszámot** és a **mikroszkopikus gombák mennyiségét** az Amykor (0-20 cm) dózisa serkentették leginkább. Mikorrhiza gombát tartalmazó kezelések következtében a talajok főleg mikroszkopikus gombaszámában, de a mikroorganizmusok mennyiségében általánosságban növekedést tapasztalt MIRÁS-AVALOS et al. (2011), ORTAS (2012) és VERESOGLOU et al. (2012).

### C. Ureáz és foszfatáz enzimek aktivitása

A talaj **enzimaktivitásai** közül az ureáz és foszfatáz enzimeket vizsgáltuk. Az **ureáz enzim aktivitásánál 2011-ben** az *1. mintavétel* idejében a kezelések sorrendjében kismértékű csökkenést figyeltünk meg (kivéve Amykor 3x, 0-20 cm bedolgozott). Azonban az értékek/kezelések között statisztikailag igazolható különbséget nem állapítottunk meg. A legnagyobb enzimaktivitást a kontrollnál mértük. A *2. mintavétel* idejében kisebb aktivitási átlagértékeket figyeltünk meg. A kezelések sorrendjében a csökkenés ugyanúgy fennállt, mint az *1. mintavétel*kor. Egy esetben a csökkenés szignifikánsnak bizonyult; Amykor 3x (vetéskor kijuttatott) kezelésnél. A legnagyobb átlagértéket hasonlóan az első mintavételhez, a kontrollnál mértük (26. táblázat). **2012-ben** az *1. mintavétel* során az előző évben tapasztaltakhoz hasonlóan csökkenő enzimaktivitást figyeltünk meg a kezelések sorrendjében. Az Amykor 3x (vetéssel egy időben kijuttatott) kezelés statisztikailag igazolható enzimaktivitás csökkenést eredményezett. A *2. mintavétel* idejében az NPK kezelés mellett szignifikánsan nagyobb aktivitást mértünk, melyet a kijuttatott műtrágya nitrogén tartalma fokozhatott. Az Amykor 3x vetéskor kijuttatott kezelése mellett szignifikáns aktivitás csökkenést tapasztaltunk, hasonlóan az előző év *2. mintavételéhez*. A legnagyobb enzimaktivitást a műtrágyakezelésnél tapasztaltuk. A **két év összesített eredményei** alapján megállapítottuk, hogy az Amykor 0-20 cm-es talajrétegbe bedolgozott kezelés dózisainak szignifikáns enzimaktivitást csökkentő hatása igazolódott.

A talaj **foszfatáz enzim aktivitásában 2011-ben** az *1. mintavétel* idejében a kezelések között statisztikailag igazolható különbséget nem tapasztaltunk. A kontrollhoz képest minden kezelésnél kisebb enzimaktivitást mértünk (26. táblázat). A *2. mintavétel idejében* az első mintavételhez közel hasonló átlagértékeket mértünk, azonban azzal ellentétesen a kezelések sorrendjében növekvő enzimaktivitást mértünk. Az Amykor 3x (vetéssel egy időben kijuttatott) kezelés kontrollhoz viszonyított statisztikailag igazolt, pozitív hatását tapasztaltuk. **2012-ben** hasonló a tendenciát figyeltük meg, mint azt 2011-ben. A kontrollhoz viszonyítva statisztikailag igazolható különbséget az Amykor 3x (vetéskor kijuttatott) kezelésnél mértünk. A **két év összegzésekor** megállapítottuk, hogy a mintavételek átlagértékei között nagy eltérést nem tapasztaltunk. Az *1. mintavétel* kezeléseiben az Amykor 3x (0-20 cm) kezelés statisztikailag igazolható pozitív hatását észleltük. A *2. mintavételnél* mind a műtrágya kezelés, mind az Amykor maggal kijuttatott dózisa szignifikáns enzimaktivitást növekedést eredményeztek.



A **vizsgálat enzimek aktivitása** közül az **ureáz** enzimre az Amykor (0-20 cm) dózisa gátlón, a **foszfátáz** aktivitására az Amykor maggal kijuttatott dózisa pozitívan hatottak. Ezzel ellentétes hatást tapasztalt AGHABABAEI et al. (2014) mésztartalmú talajon.

26. táblázat **Műtrágya és Amykor hatása a talaj enzimaktivitására szabadföldi kiscellás kísérletben (2011, 2012)**

Kezelés	A talaj enzimaktivitásának változása											
	2011				2012				Átlag			
	1. mintavétel		2. mintavétel		1. mv.		2. mv.		1. mv.		2. mv.	
	Ureáz NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg 100g <sup>-1</sup> )	Foszfátáz P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg 100g <sup>-1</sup> 2h <sup>-1</sup> )	Ureáz NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Foszfátáz P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ureáz NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Foszfátáz P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ureáz NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Foszfátáz P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ureáz NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Foszfátáz P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ureáz NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Foszfátáz P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
<b>Kontroll</b>	58,4	12,38	14,89	8,22	58,0	6,10	52,69	9,05	58,40	10,29	27,49	8,50
<b>NPK</b>	51,6	11,82	12,55	9,05	50,2	5,91	<b>58,04</b>	10,44	51,60	9,85	27,71	<b>9,51</b>
<b>Amykor 1x 0-20</b>	51,6	9,98	12,75	9,05	-	-	-	-	51,6	9,98	<b>12,75</b>	9,05
<b>Amykor 3x 0-20</b>	56,4	12,01	13,04	9,15	-	-	-	-	56,4	<b>12,01</b>	<b>13,04</b>	9,15
<b>Amykor 1x vetéskor</b>	46,1	12,19	11,60	9,24	50,1	6,28	54,06	10,34	48,85	9,48	26,14	<b>9,54</b>
<b>Amykor 3x vetéskor</b>	44,3	10,71	<b>11,03</b>	<b>10,34</b>	45,3	5,73	<b>46,89</b>	<b>11,82</b>	50,35	9,48	23,65	<b>10,44</b>
<i>Átlag</i>	51,4	11,51	12,64	9,17	51,0	6,28	52,24	10,88	52,30	9,78	26,25	9,50
<i>CV%</i>	15,7	9,9	11,7	8,5	14,2	4,4	6,3	10,1	7,8	8,3	10,4	4,4
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	20,8	2,94	3,81	2,02	20,2	0,51	4,92	1,65	12,94	1,63	5,46	0,83

A műtrágya és Amykor szabadföldi kísérlet **vizsgált talajtani paramétereit összefoglalva** megállapítottuk, hogy az alkalmazott műtrágya és Amykor kezelések a legtöbb vizsgált paraméter esetében szignifikáns változásokat eredményeztek. Összegezésünket a kísérleti évek, valamint az alkalmazott kezelések szempontjából végeztük el.

A **vizsgálati évek** szempontjából a paramétereknél az alábbi fontosabb hatásokat tapasztaltuk:

- **2011-ben az 1. mintavétel** eredményeinél a kezelések pozitív hatása mutatkozott az összes-baktériumszámban. Csökkenést tapasztaltunk a mikroszkopikus gombák mennyiségénél, valamint egyes esetekben az összes-baktériumszámban. A **2. mintavétel** során a kezelések szignifikáns növekedést eredményeztek az összes-baktériumszámban, foszfátáz enzim aktivitásában, és egyes esetekben a mikroszkopikus gombák mennyiségénél. Statisztikailag igazolt csökkenést mértünk a nitrát-nitrogén tartalomban, a mikroszkopikus gombák számában, ureáz enzim aktivitásában.
- **2012-ben az 1. mintavételnél** szignifikánsan csökkent a NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N mennyisége és a mikroszkopikus gombaszám. Igazolt növekedést tapasztaltunk a könnyen felvehető foszfor és

összes-baktériumszám esetében. A 2. *mintavétel* eredményeinél statisztikailag igazolt csökkenést mértünk az összes-baktériumszámban, és egyes kezeléseknél az ureáz aktivitásában. Növekedett a nitrát-nitrogén mennyisége, könnyen felvehető kálium, mikroszkopikus gombák mennyisége, és a foszfatáz enzim aktivitása.

#### **A kezelések hatékonysága szempontjából:**

- A könnyen felvehető tápelem-tartalmak közül a **nitrát**-tartalmat az Amykor (0-20 cm) dózisa növelték, az **AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**-t és **AL-K<sub>2</sub>O**-t az Amykor 1x (0-20 cm) kezelés csökkentette.
- A **mikrobiológiai paraméterek** tekintetében; az **összes-baktériumszámot** és a **mikroszkopikus gombák mennyiségét** az Amykor (0-20 cm) dózisa növelték leginkább.
- Az **enzimaktivitások** közül az **ureáz** enzimre az Amykor (0-20 cm) dózisa gátlón, a **foszfatáz** aktivitására az Amykor maggal kijuttatott dózisa pozitívan hatottak.

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

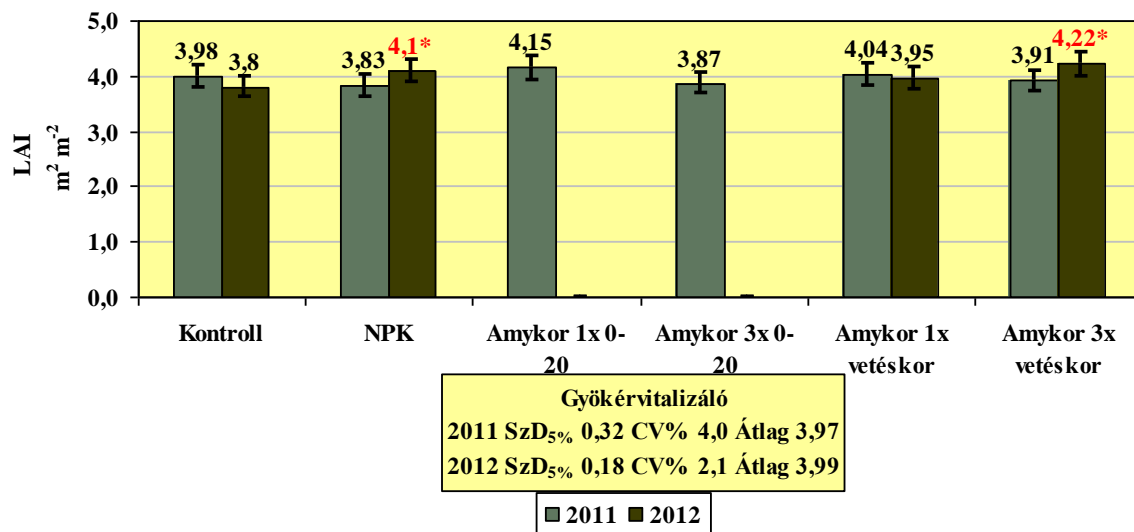
#### **5.2.2.2. A kukorica mutatóinak ismertetése**

Jelen fejezetben a Debrecen (Látókép) környékén beállított szabadföldi kisparcellás kísérletben alkalmazott **kukorica (*Zea mays, L.*) tesztnövény** vizsgált fontosabb mutatóit ismertetjük. A kukorica *MV Tarján* (FAO 380) hibridkukorica volt. A kísérlet összesített eredményeit a *Melléklet III. fejezet 30-33. táblázataiban* mutatjuk be.

A kukorica terméseredményein belül vizsgáltuk kukorica levélterületi indexét (LAI, m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>), szem/cső (%), ezerszemtömegét (g) és a kukorica növény felszámoláskori zöld tömegét (g), valamint az aratáskori termés mennyiségét (kg parcella<sup>-1</sup>), a termés nedvesség-tartalmát (%), és hektoliter tömegét (kg hl<sup>-1</sup>).

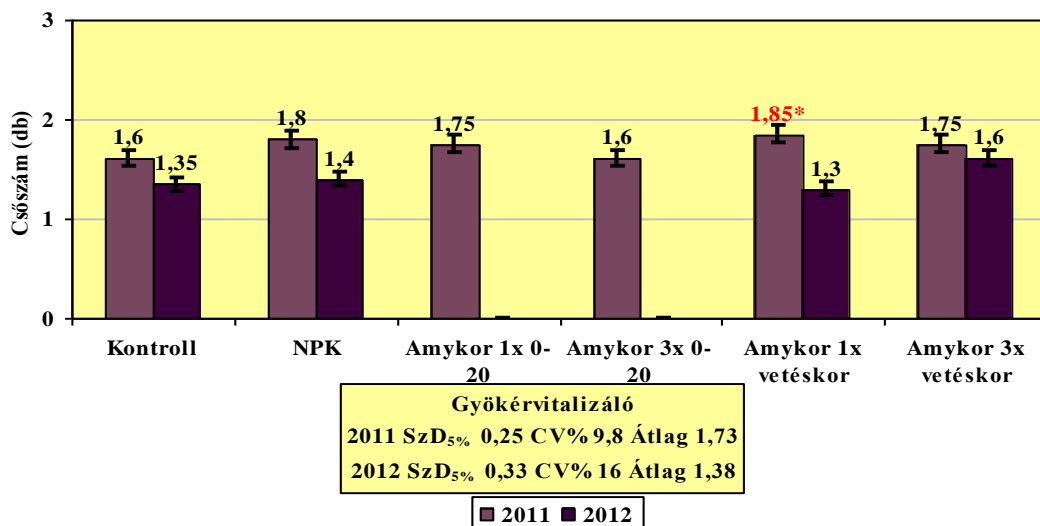
Eredményeink értékelését kísérleti évenként végeztük. Azokat az eredményeket ismertetjük, melyek termesztési szempontból kiemelkedő fontosságú paraméterek, illetőleg azoknál statisztikailag igazolható eltéréseket mértünk a kezelésekre hatására. A szignifikáns különbségeket minden esetben a kontroll értékéhez viszonyítjuk, melyeket a táblázatokban félkövér betűvel, ábrákon piros színnel és csillaggal jelöltük.

A kukorica **levélterületi indexének (LAI)** mérését a címerhányás időpontjában végeztük (14. ábra). **2011**-ben a kukorica levélterülete 3,8-4,2 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> közötti tartományban változott. A kezelések között szignifikáns különbséget nem mértünk. Azonban megállapíthatjuk, hogy az Amykor 1x (0-20 cm bedolgozva) kezelés növelte a leginkább a kukorica átlagos levélterületét. **2012**-ben a kezelések között statisztikailag igazolható különbségeket tapasztaltunk. Az NPK és Amykor 3x (vetéskor kijuttatott) kezelések statisztikailag igazolhatóan növelték a vizsgált paramétert. A tápanyag-ellátottság, és a növényi gyökérzet feltételeinek javulásával a növényi fejlődés javulását segítették a kezelések.



14. ábra A kukorica levélterületi indexének változása a műtrágya és Amykor szabadföldi kísérletben (2011, 2012)

A kukorica egyedenkénti átlagos **csőszáma** 1-3 db egyed<sup>-1</sup> között változott (15. ábra) **2011**-ben a kezelések hatására egy esetben szignifikánsan változott. A műtrágyázás, és a legtöbb Amykor kezelés (kivéve Amykor 3x, 0-20 cm) esetében nőtt a csövek száma, a hatás statisztikailag nem igazolódott. **2012**-ben a kezelések nem eredményeztek szignifikáns változást.



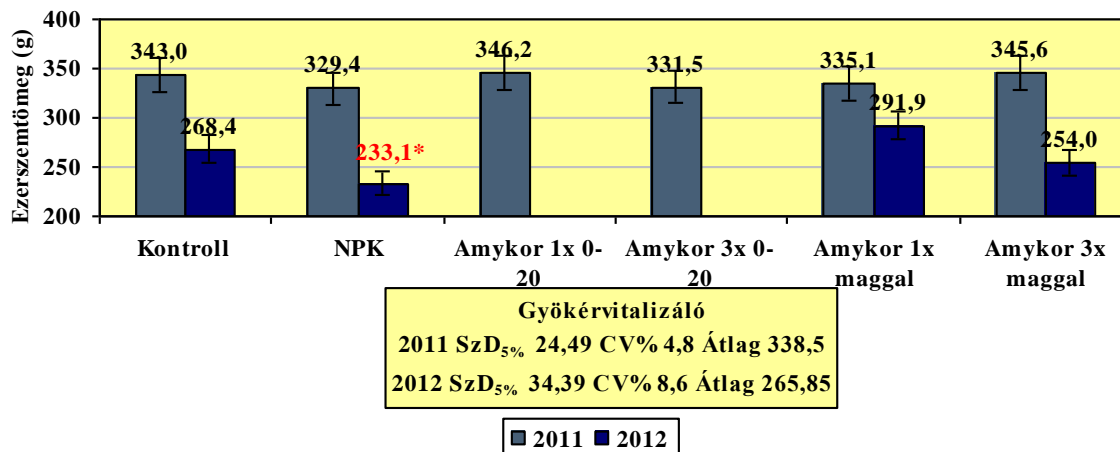
15. ábra A kukorica egyedenkénti átlagos csőszámának változása a műtrágya és Amykor szabadföldi kisparcellás kísérletben (2011, 2012)

A szem/cső % tekintetében 2011-ben alig észrevehető különbségeket tapasztaltunk a kezelések következtében (27. táblázat). 2012-ben a kontrollhoz viszonyítva szignifikáns különbséget tapasztaltunk a műtrágyakezelés hatására, ami az arány csökkenését okozta, és az ezerszemtömegében is megmutatkozott.

27 táblázat Műtrágya és Amykor hatása a kukorica szem/cső (%) szabadföldi kisparcellás kísérletben (2011, 2012)

Szem/cső (%)		
Kezelés	2011	2012
Kontroll	84,46	82,77
NPK	84,88	<b>76,90</b>
Amykor 1x 0-20	84,11	-
Amykor 3x 0-20	84,62	-
Amykor 1x vetéskor	84,92	84,58
Amykor 3x vetéskor	84,35	84,47
Átlag	84,56	82,67
CV%	1,1	3,80
SzD <sub>5%</sub>	1,44	4,72

A kukorica ezerszemtömegét 2011-ben egyik kezelés sem befolyásolta statisztikailag igazolható mértékben. A kukorica átlagos ezerszemtömege 340 gramm körül változott (16. ábra). 2012-ben a kontrollhoz viszonyítva a műtrágyázás szignifikánsan csökkentette a mutatót. Az ezerszemtömeg ebben az évben alacsonyabb értékekkel mutatkozott, átlagosan 265 gramm volt.



16. ábra A kukorica átlagos ezerszemtömegének változása a műtrágya és Amykor szabadföldi kisparcellás kísérletben (2011,2012)

A kukorica **betakarításkori termésének mennyisége 2011-ben** az alkalmazott kezelések következtében alig változott (28. táblázat). **2012-ben** alacsonyabb termésátlagokat mértünk, mint 2011-ben, azonban a kezelések között nem mértünk statisztikailag igazolható különbséget. A **két évet összességében** vizsgálva megállapítottuk, hogy az Amykor (0-20 cm-es talajrétegbe kijuttatott) 1x dózisa növekedést eredményezett a betakarított termés mennyiségében.

28. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a kukorica termésmutatóira szabadföldi kisparcellás kísérletben (2011, 2012)

Kukorica termésmutatóinak változása									
	2011			2012			Átlag		
	Termés (kg parcella <sup>-1</sup> )	Nedvesség tartalom (%)	Hektoliter tömeg (kg hl <sup>-1</sup> )	Termés (kg parcella <sup>-1</sup> )	Nedvesség tartalom (%)	Hektoliter tömeg (kg hl <sup>-1</sup> )	Termés (kg parcella <sup>-1</sup> )	Nedvesség tartalom (%)	Hektoliter tömeg (kg hl <sup>-1</sup> )
<b>Kontroll</b>	15,47	14,05	75,80	11,18	15,63	76,90	14,04	14,58	76,17
<b>NPK</b>	15,38	14,08	76,33	10,84	15,33	77,28	13,87	14,50	76,65
<b>Amykor 1x 0-20</b>	15,58	13,88	75,85	-	-	-	<b>15,58</b>	<b>13,88</b>	75,85
<b>Amykor 3x 0-20</b>	15,47	13,75	76,65	-	-	-	<b>15,47</b>	<b>13,75</b>	76,65
<b>Amykor 1x maggal</b>	15,95	13,78	76,63	11,69	15,51	77,73	14,41	14,39	<b>76,74</b>
<b>Amykor 3x maggal</b>	15,16	14,28	76,63	10,47	15,10	78,35	13,70	14,38	<b>77,21</b>
<b>Átlag</b>	15,50	13,97	76,31	11,00	15,44	77,06	14,00	14,46	76,69
<b>CV%</b>	3,7	1,8	0,8	11,6	5,0	2,1	1,7	1,5	0,4
<b>SzD<sub>5%</sub></b>	0,59	0,38	0,96	1,63	0,81	1,73	0,47	0,43	0,56

A kukorica termésének betakarításkori **nedvesség-tartalma** (28. táblázat) **2011**-ben 13,5-14,1% között változott. A kezelések között szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk, azonban látható, hogy a legkisebb nedvesség-tartalmat az Amykor 3x (vetéskor kijuttatott) kezeléskor mértük. **2012**-ben 15,1-15,6% közötti nedvesség-tartalmat mértünk. A kezelések között statisztikailag igazolható különbséget nem tapasztaltunk. Az Amykor 3x (maggal kijuttatott) kezelések kismértékben csökkentették a termés nedvesség-tartalmát. Megfigyelhető, hogy ugyanazon kezeléseknél egyidejűleg a termés mennyiségének növekedése mellett, annak nedvesség-tartalmának kismértékű csökkenése történt. A **két év átlagértékeit összegezve** megállapítottuk, hogy az Amykor (0-20 cm-es talajrétegbe bedolgozott) 1x dózisa szignifikáns csökkenést eredményezett a termés nedvesség-tartalmában.

A kukorica **hektoliter tömege** **2011**-ben és **2012**-ben (28. táblázat) a kezelések következtében statisztikailag igazolhatóan nem változott. A **két év összehasonlításakor** a vetéssel egy időben kijuttatott Amykor kezelések szignifikánsan nagyobb hektoliter tömeget eredményeztek a kontrollhoz képest.

A műtrágya és Amykor kisparcellás kísérlet kukorica termésadatait **összefoglalva** megállapítottuk, hogy a kísérleti évek, és a kezelések is befolyásolták a vizsgált mutatókat.

A **kísérleti évek** szempontjából az alábbiakat emeljük ki:

- **2011**-ben a kezelések *pozitívan* befolyásolták a kukorica egyedenkénti átlagos csőszámát. Sok termésmutató esetében *nem tapasztaltunk* statisztikailag igazolható változást, melynek magyarázata lehet az egyenetlen csapadékeloszlás, és a sokéves átlagtól magasabb átlag hőmérséklet előfordulása a tenyészidőszak első felében.
- **2012**-ben a kezelések statisztikailag igazolhatóan *növelték* a kukorica átlagos levélterületi indexét (LAI). Szignifikáns *csökkenést* mértünk a szem/cső%, ezerszemtömeg átlagértékei esetében.
- A **kísérleti éveket összegezve** megállapítottuk, hogy az alkalmazott kezelések pozitívan befolyásolták a kukorica csőszámát, ezerszemtömegét, termés mennyiségét, hektoliter tömegét. Az összességében szignifikáns csökkenést mutató nedvesség-tartalom alacsony értéke a szárítás nélkülözhetőségét támasztotta alá.

A **kezelések hatékonysága** szempontjából kiemeljük az alábbiakat:

- A **kukorica levélterületi indexét** a műtrágya és Amykor maggal kijuttatott dózisai 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<sup>-1</sup>) az Amykor (0-20 cm bedolgozott) dózisa növelték statisztikailag igazolható mértékben, ugyanakkor a termés nedvesség-tartalmát (%) csökkentették. A hektoliter tömegnél (kg hl<sup>-1</sup>) Amykor vetéssel egy időben kijuttatott dózisa növekedést eredményeztek.

A szakirodalomban leggyakrabban a mikorrhiza kezelések növények termésmennyiségére, tápelem-felvételére, gyökérkolonizáltságára kifejtett hatásait vizsgálták. MALCOVÁ et al. (2003), ZHANG et al. (2011) és ORTAS (2012) az oltások kukorica tápelem-felvételére és termésmennyiségére kifejtett pozitív hatását igazolták.

### 5.2.2.3. A kísérleti évek fontosabb meteorológiai adatai

A mikrobiológiai oltóanyagok hatásmechanizmusa nagymértékben függ a hőmérséklettől, illetve a talaj nedvesség-tartalmától. Kísérletünkben egyik kísérleti évben sem történt öntözés a területen, a növények vízutánpótlása kizárólag a csapadékból származott. Ezáltal fontosnak tartjuk ismertetni a kísérleti területre vonatkozó tenyészidőszakban mért havi hőmérsékleti és csapadék átlagértékeket (*Melléklet 34. táblázat*).

**2011**-ben a tenyészidőszakban 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 tenyészidőszak 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 tenyészidőszakban jelentős vízhiány jelentkezett.

### 5.3. A műtrágya és baktériumtrágyák tenyésztedényes kísérlet eredményeinek statisztikai értékelése; korreláció és regresszió-analízissel

Eredmények közötti összefüggések feltárására korreláció analízist végeztünk (SVÁB, 1967). A kapcsolatok jellegét az alábbiak szerint csoportosítottuk:

*$r > 0,9$  igen szoros kapcsolat,*

*$r = 0,9-0,7$  szoros kapcsolat,*

*$r = 0,7-0,5$  közepes kapcsolat,*

*$r = 0,5-0,4$  gyenge kapcsolat,*

*$r < 0,4$  nincs kapcsolat.*

A korreláció analízis eredményeit a *Melléklet IV. fejezetében* mutatjuk be. Néhány igen szoros és szoros kapcsolatot ábrákon is szemléltettük, illetve azokra regresszió-analízist végeztünk. Az eredmények közül a mellékelt táblázatokban kizárólag a közepes, szoros és igen szoros kapcsolatokat mutatjuk be. A szoros és igen szoros kapcsolatok értékeléseit az alábbiakban ismertetjük.

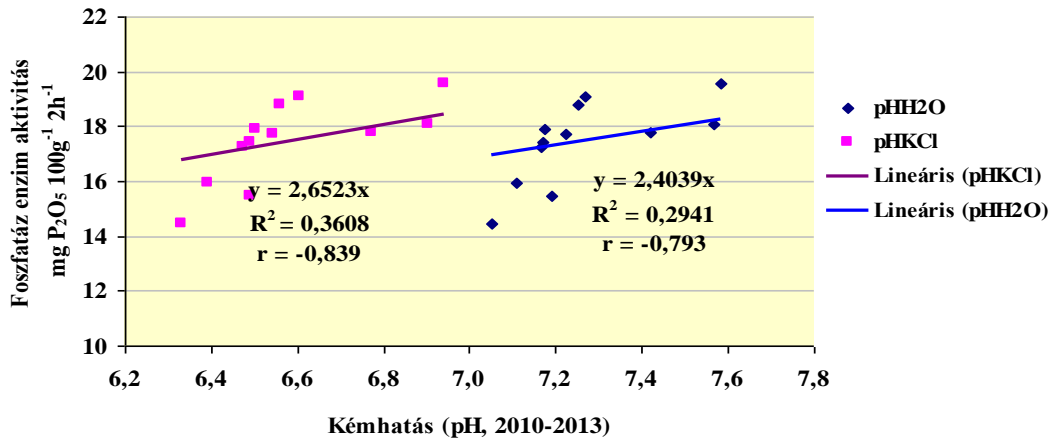
A tenyészedényes **mútrágya és baktériumtrágya kísérlet** eredményei között fennálló összefüggéseket az alábbiakban ismertetjük (*Melléklet 35. táblázat*). Néztük a kezelések, kísérleti évek, talajtani és növényi paraméterek közötti összefüggéseket.

**Negatív, igen szoros kapcsolatot** tapasztaltunk a kísérleti évek és az AL-K<sub>2</sub>O mennyisége között ( $r = -0,910$ ).

**Negatív, szoros kapcsolat** állt fenn a kísérleti évek és a CO<sub>2</sub> ( $r = -0,725$ ) és CFI ( $r = -0,712$ ), foszfatáz enzim aktivitás és pH<sub>H2O</sub> ( $r = -0,793$ ) és pH<sub>KCl</sub> ( $r = -0,839$ ) (*17. ábra*), az ureáz enzim aktivitás és hu% ( $r = -0,768$ ) és szerves-C% ( $r = -0,770$ ), a dehidrogenáz enzim aktivitás és az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ( $r = -0,714$ ), az ureáz és foszfatáz enzim aktivitás ( $r = -0,725$ ), illetve a növényi szárazanyag- és nedvesség-tartalmak ( $r = -0,882$ ) között.

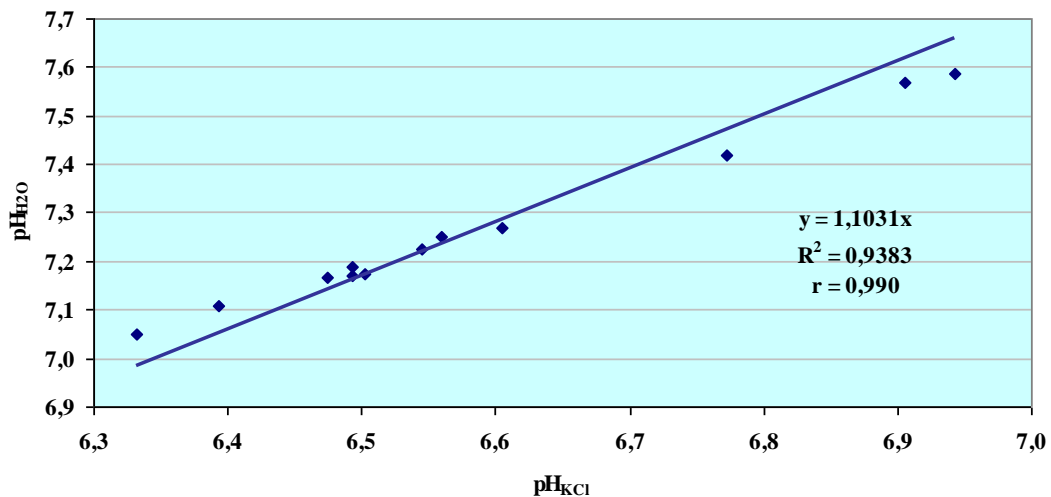
**Pozitív szoros kapcsolatot** tapasztaltunk a cellulózbontó baktériumok és a NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N mennyisége ( $r = 0,740$ ), a talajlégzés és AL-K<sub>2</sub>O ( $r = 0,765$ ), a növényi zöldtömeg 1. és 2. vágásának ( $r = 0,772$ ), a 2. vágásának és összesített zöld tömegének ( $r = 0,874$ ), száraz tömegének 2. vágási ( $r = 0,898$ ), és összesített száraz tömegének értékei ( $r = 0,804$ ) között, illetve a perje összes zöld tömege és a száraz tömeg 2. vágás ( $r = 0,776$ ) eredményei között.





17. ábra Negatív, szoros összefüggés a talaj foszfátáz enzim aktivitása és a kémhatások között a tenyészedényes műtrágya és baktériumtrágyák kísérletben (2010-2013)

*Pozitív, igen szoros kapcsolatot* állt fenn a  $pH_{H_2O}$  és  $pH_{KCl}$  ( $r=0,990$ ) között (18. ábra), valamint a növényi paraméterek esetében az alábbiaknál; perje zöld tömegének 1. vágás és összesített zöld tömege ( $r = 0,976$ ), és száraz tömeg 1. vágás ( $r = 0,948$ ), és száraz összesített tömegek ( $r = 0,954$ ), illetve a perje összes zöld tömege és a száraztömeg 1. vágás ( $r = 0,921$ ), és összes száraztömeg ( $r = 0,966$ ) között.



18. ábra Pozitív, igen szoros összefüggés a talaj kémhatásai között a tenyészedényes műtrágya és baktériumtrágyák kísérletben ( $pH_{H_2O}$  és  $pH_{KCl}$ ), 2010-2013

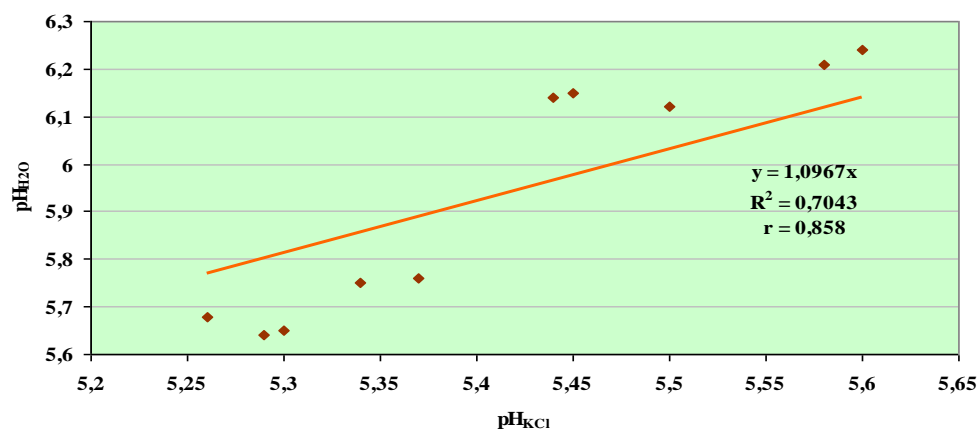
#### 5.4. A műtrágya és mikorrhiza oltóanyaggal végzett kísérletek eredményeinek statisztikai értékelése korreláció és regresszió-analízissel

##### 5.4.1. A tenyészedényes kísérlet eredményeinek összefüggései

A következőkben a tenyészedényes **műtrágya és Amykor kísérlet** eredményei között fennálló összefüggéseket ismertetjük (*Melléklet 36. táblázat*), melyben néztük a kezelések, kísérleti évek, talajtani és növényi paraméterek közötti kapcsolatok jellegét.

**Negatív, igen szoros összefüggést** tapasztaltunk a kísérleti évek és az összes-baktériumszám ( $r = -0,948$ ) és a foszfatáz enzim aktivitás ( $r = -0,956$ ), valamint a hagyma hajtás szárazanyag- és nedvesség-tartalma ( $r = -1,000$ ) között.

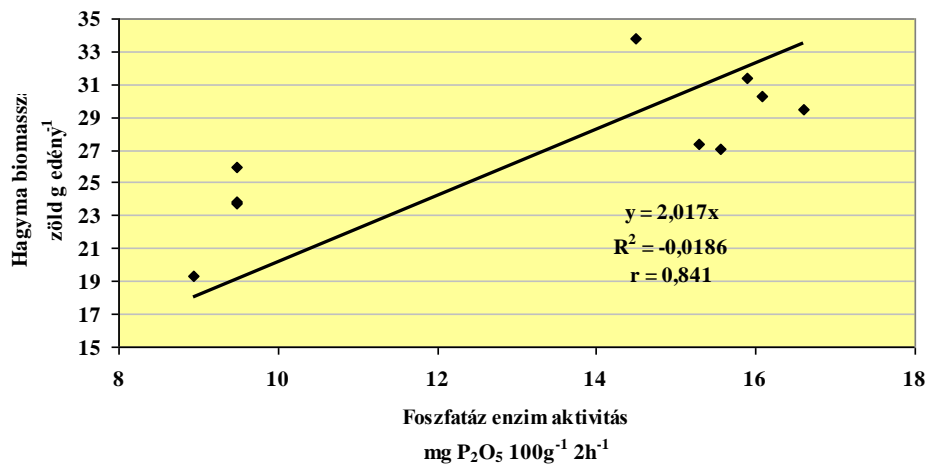
**Negatív, szoros kapcsolat** állt fenn a kísérleti évek és  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  ( $r = -0,824$ ),  $\text{hu}\%$  ( $r = -0,718$ ), szerves-C% ( $r = -0,717$ ),  $\text{AL-P}_2\text{O}_5$  ( $r = -0,763$ ), hagyma föld alatti zöldtömege ( $r = -0,819$ ), és a hagyma összes zöld biomasszája ( $r = -0,789$ ) között, valamint hagyma hajtás nedvesség-tartalma % és a  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  és ( $r = -0,751$ ), és  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  ( $r = -0,769$ ), az  $\text{NO}_3^-$ -N és foszfatáz enzim aktivitás ( $r = -0,756$ ) és hagyma föld alatti részeinek zöld tömege ( $r = -0,709$ ) között. Ilyen kapcsolatot tapasztaltunk még a hagyma hajtás szárazanyag-tartalma % és a hagyma hajtás száraztömege között ( $r = -0,882$ ).



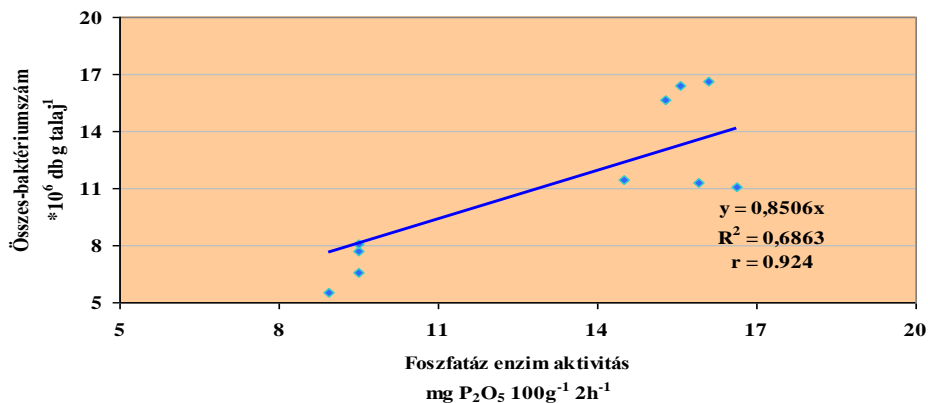
19. ábra Pozitív, szoros összefüggés a talaj kémhatásai között a tenyészedényes műtrágya és Amykor kísérletben ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  és  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ), 2012-2013

**Pozitív szoros kapcsolatot** tapasztaltunk a  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  és  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  ( $r = 0,858$ ) (19. ábra) és hagyma hajtásának szárazanyag-tartalma ( $r = 0,751$ ), a  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  és összes-baktériumszám ( $r = 0,834$ ), foszfatáz enzim aktivitás ( $r = 0,765$ ), és hagyma hajtásának szárazanyag-tartalma ( $r = 0,769$ ) között. Pozitív szoros kapcsolat állt fenn a talaj  $\text{hu}\%$  (és ugyanígy a szerves-C% tartalma) és az  $\text{AL-P}_2\text{O}_5$  ( $r = 0,845$ ), összes-baktériumszám ( $r = 0,766$ ), a nitrifikáló baktériumok

mennyisége ( $r = 0,722$ ), a foszfatáz enzim aktivitása ( $r = 0,733$ ), valamint a hagyma zöld biomasszája (0,71) között. Hasonló korrelációt tapasztaltunk az  $AL-P_2O_5$  és összes-baktériumszám ( $r = 0,724$ ), nitrifikáló baktériumok mennyisége ( $r = 0,877$ ), és a foszfatáz enzim aktivitása ( $r = 0,727$ ) között. Ilyen összefüggés állt fenn még az összes-baktériumszám és a hagyma föld alatti részeinek zöld tömege ( $r = 0,742$ ), a hagyma összes zöld biomasszája és a mikroszkopikus gombák mennyisége ( $r = 0,727$ ), foszfatáz enzim aktivitás ( $r = 0,841$ ) (20. ábra), és a hagyma hajtásának zöldtömege ( $r = 0,706$ ), valamint a hagyma hajtás száraztömege és a nedvesség-tartalma ( $r = 0,882$ ) között.

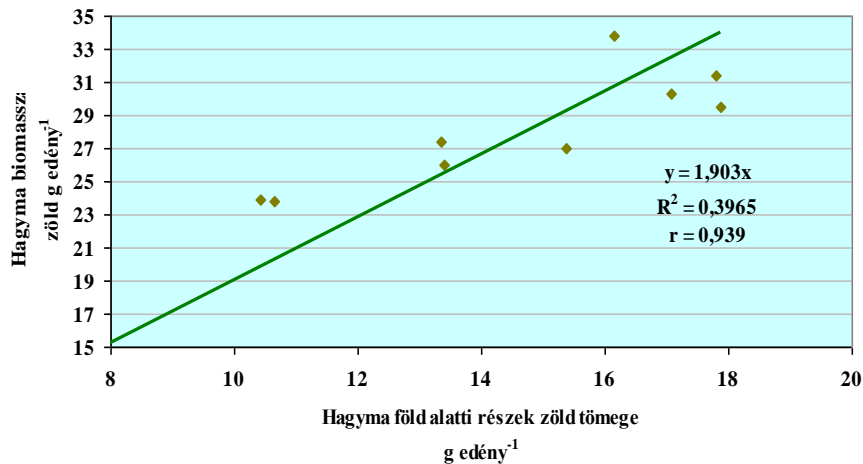


20. ábra Pozitív, szoros összefüggés a hagyma összes zöld biomasszája és a talaj foszfatáz enzim aktivitása között a tenyészedényes műtrágya és Amykor kísérletben (2012-2013)



21. ábra Pozitív, igen szoros összefüggés a talaj foszfatáz enzim aktivitása és összes-baktériumszáma között a tenyészedényes műtrágya és Amykor kísérletben (2012-2013)

**Pozitív, igen szoros összefüggés** állt fenn az összes-baktériumszám és foszfatáz enzim aktivitás ( $r = 0,924$ ) (21. ábra), a foszfatáz enzim aktivitás és hagyma föld alatti részeinek zöld tömege ( $r = 0,919$ ), a hagyma föld alatti részeinek zöld tömege és a hagyma összes zöld biomasszája ( $r = 0,939$ ) (22. ábra) között.



22. ábra Pozitív, igen szoros összefüggés a hagyma összes zöld biomasszája és föld alatti részeinek zöld tömege között a tenyészedényes műtrágya és Amykor kísérletben (2012-2013)

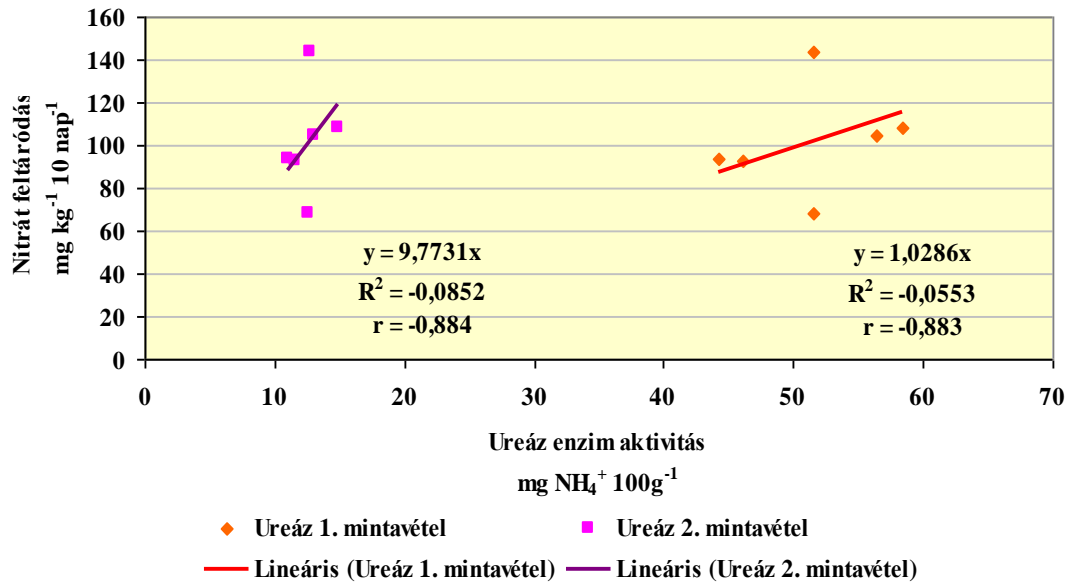
#### 5.4.1. A szabadföldi kisparcellás kísérlet eredményeinek összefüggései

A szabadföldi **műtrágya és Amykor kísérlet** eredményei között fennálló összefüggéseket (Melléklet 37. táblázat), a kezelések, kísérleti évek, talajtani és növényi paraméterek közötti kapcsolatok jellege alapján tanulmányoztuk.

**Negatív, igen szoros összefüggést** tapasztaltunk a kísérleti évek és a talaj ureáz enzim aktivitása között ( $r = -0,980$ ).

**Negatív szoros kapcsolatot** állt fenn a  $pH_{H_2O}$  és ureáz enzim aktivitás ( $r = -0,723$ ), az AL- $P_2O_5$  és foszfatáz enzim aktivitás ( $r = -0,701$ ), a kukorica csőszáma ( $r = -0,831$ ), kukorica meddő csöveinek száma ( $r = -0,753$ ), kukorica csőhossza ( $r = -0,840$ ), kukorica szemsorainak száma ( $r = -0,843$ ), kukorica csőtömeg ( $r = -0,823$ ), kukorica csutkatömeg ( $r = -0,833$ ), Szem-csutka aránya ( $r = -0,834$ ), Szem/cső % ( $r = -0,843$ ), kukorica ezerszemtömege ( $r = -0,825$ ), növény tömege ( $r = -0,839$ ), kukorica termésmennyisége ( $r = -0,816$ ), a termés nedvesség-tartalma ( $r = -0,841$ ) és a hektoliter tömeg ( $r = -0,844$ ) között. Ugyanilyen kapcsolat állt fenn a talajban az AL- $K_2O$  és a kukorica csőszáma ( $r = -0,746$ ), kukorica csőhossza ( $r = -0,748$ ), kukorica

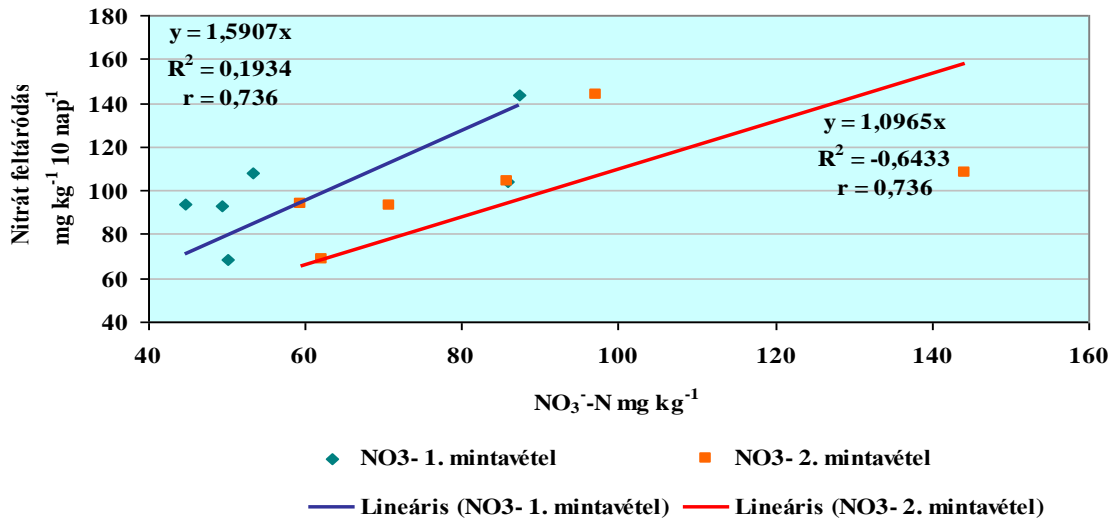
szemsorainak száma ( $r = -0,752$ ), kukorica csőtömege ( $r = -0,741$ ), kukorica csutkatömege ( $r = -0,745$ ), Szem-csutka aránya ( $r = -0,751$ ), Szem/cső % ( $r = -0,753$ ), kukorica ezerszemtömege ( $r = -0,742$ ), növény tömege ( $r = -0,752$ ), kukorica termése ( $r = -0,733$ ), a termés nedvesség-tartalma ( $r = -0,746$ ) és a hektoliter tömeg ( $r = -0,751$ ) között, valamint a talajban az ureáz enzim aktivitás és a nitrát-feltáródás értékei ( $r = -0,884$ ) között (23. ábra).



23. ábra Negatív, szoros összefüggés a talaj ureáz enzim aktivitása és a nitrát-feltáródás mértéke között a szabadföldi műtrágya és Amykor kísérletben (2011-2012)

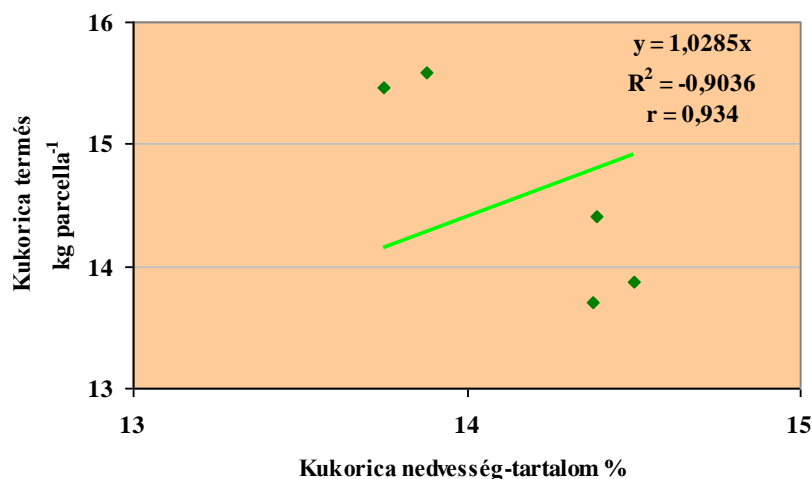
**Pozitív szoros összefüggést** tapasztaltunk a kísérleti évek és a  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  ( $r = 0,788$ ) és nitrát-feltáródás ( $r = 0,898$ ), az  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  és nitrát-feltáródás ( $r = 0,736$ ) (24. ábra), az összes-baktériumszám és mikroszkopikus gombák mennyisége ( $r = 0,784$ ), foszfatáz enzim aktivitás ( $r = 0,729$ ), és kukorica meddő csöveinek száma ( $r = 0,781$ ) között. Ilyen kapcsolat volt a mikroszkopikus gombák mennyisége és a foszfatáz enzim aktivitása ( $r = 0,781$ ), a kukorica csőszáma ( $r = 0,796$ ), kukorica meddő csöveinek száma ( $r = 0,851$ ), kukorica szemsorainak száma ( $r = 0,726$ ), kukorica csőtömege ( $r = 0,797$ ), kukorica csutkatömege ( $r = 0,774$ ), Szem-csutka aránya ( $r = 0,759$ ), Szem/cső % ( $r = 0,734$ ), kukorica ezerszemtömege ( $r = 0,809$ ), növény tömege ( $r = 0,766$ ), kukorica termése ( $r = 0,822$ ), és a hektoliter tömeg ( $r = 0,704$ ) között. Pozitív szoros korreláció állt fenn még a nitrát-feltáródás és a kukorica csőhossza ( $r = 0,731$ ) és termés nedvesség-tartalma ( $r = 0,729$ ), a kukorica meddő csöveinek száma és a csőhossza ( $r = 0,838$ ), a szemsorok száma ( $r = 0,875$ ), a szem-csutka arány ( $r = 0,896$ ), a

szem/cső % ( $r = 0,883$ ), a termés nedvesség-tartalma ( $r = 0,834$ ), valamint a termés hektoliter tömege ( $r = 0,869$ ) között.



24. ábra Pozitív, szoros összefüggés a talaj nitrát-tartalma és a nitrát-feltáródás mértéke között a szabadföldi műtrágya és Amykor kísérletben (2011-2012)

**Pozitív, igen szoros korrelációt** tapasztaltunk a pozitív szoros összefüggéseknél felsorolt növényi paramétereken kívül az összes vizsgált növényi paraméternél. Ez esetben a korrelációs érték minden esetben  $r > 0,9$  mutatott (Melléklet 37. táblázat). A kukorica szemtermése és annak nedvesség-tartalma közötti korrelációt a 25. ábrán szemléltetjük.



25. ábra Pozitív, igen szoros összefüggés a kukorica termés mennyisége és annak nedvesség-tartalma között a szabadföldi műtrágya és Amykor kísérletben (2011-2012)

## 6. Következtetések

A mikrobiológiai oltóanyagok alkalmazásával lehetőség nyílik talajaink kedvezőbb, műtrágyák és egyéb mezőgazdasági kemikáliák használatának csökkenése melletti művelésére, termékenységének mikrobiológiai módszerekkel történő javítására. A különböző összetételű készítmények segítségével az adott területeken fennálló hiányok kiküszöbölését, a talajállapot javítását segíthetjük elő. Tenyészedényes, szabályozott vízellátottságú kísérletben és szabadföldi, természetes körülmények között beállított kísérletben összehasonlítottuk a készítmények hatásmechanizmusát különböző talaj-növény rendszerekben.

**A műtrágya és a baktériumtrágyák önállóan adagolt és kombinált kezeléseinek a tanulmányozott hatásait az alkalmazott baktériumtrágyáknál kétféleképpen csoportosíthatjuk:**

### **1. *Állandó, minden alkalmazott baktériumtrágyánál jelentkező hatások:***

- Önmagukban alkalmazva mindhárom készítmény pozitívan befolyásolta a talajok kimutatható baktériumszámát. A vizsgált baktériumok fiziológiai csoportjai közül a BactoFil A10 az **aerob nitrifikáló baktériumok mennyiségét**, az EM-1 és a Microbion UNC pedig az **aerob cellulózbontó baktériumok számát** fokozta. A készítményekben található baktériumtörzsek kijuttatva vagy elszaporodtak a talajban, vagy elősegítették a talajok hasonló mikroorganizmusainak a szaporodását, növelve ezzel a kísérlet végén mért kitenyészhető baktériumszámokat.
- Műtrágya melletti alkalmazásukkal általában a plusz tápanyagbevitel fokozta a növények legfontosabb tápelemekhez való jutását és ezzel közvetve is nőtt a nitrifikáló baktériumok mennyisége, egyes talajenzimek aktivitása, illetve a talajok összes mikrobiális aktivitását jelző talajlégzés is.
- Szalma melletti alkalmazásukkal általában a **könnyen felvehető foszfor mennyiségének növekedését tudtuk kimutatni**. A készítmények az alkalmazott növényi maradvány, a szalma jelenlétében kedvezően hatottak a talajban a mineralizációs folyamatokra. A szalma megváltoztatja a talajokban a tápelem-arányokat, így például a C:N arányt, amely erős befolyást gyakorol a többi elem felvehetőségére is. A lebontó folyamatok optimalizálásához a növények számára felvehető foszfor mennyiségének a javulására volt szükség, ami a szalma alkalmazásával ily módon javulhatott. Ezen túl a szalma jó

vízfelvevő képessége és ismert talajlazító hatása is hozzájárulhatott az egyik legfontosabb növényi tápelemnek, a foszfornak a jobb feltáródásához.

2. *Készítményenként specifikusan megjelenő hatások:*

- A **BactoFil A10** készítményben nitrogén-kötő baktériumok jelenléte a domináns. Ennek megfelelően a nitrifikációs folyamatokban betöltött szerepét tudtuk leginkább kimutatni. A műtrágyák alkalmazásával a BactoFil A10 fokozta a **kataláz enzim** aktivitását, azaz szintén a katabolikus, lebontó folyamatokra fejtett ki pozitív hatást. Búzaszalma jelenlétében a készítmény növelte a mikrobiális biomassza-C mennyiségét, valamint közvetve elősegítette a növényi biomassza növekedését is.
- Az **EM-1 önállóan kijuttatva** a cellulózbontó baktériumok és mikroszkopikus gombák mennyiségét növelte. Műtrágyákkal kiegészítve a **mikroszkopikus gombák** mennyiségét fokozta, valamint a **szacharáz, kataláz, dehidrogenáz, foszfatáz enzimek** aktivitását is. A készítmény műtrágyák mellett is a mikrobiológiai aktivitásokat, valamint a feltáró folyamatokat serkentette, ezek hatása a növényi folyamatok befolyásolásán keresztül közvetve is megnyilvánult. Az EM-1 szalma kijuttatásával a cellulózbontó baktériumok mennyiségét, valamint a növényi biomasszát emelte. A készítmény jelenlétében a biomassza depresszió mérséklődését, valamint a **mikrobiális aktivitás általános növekedését** igazoltuk.
- A készítmény több mint 80 mikrobatörzset tartalmaz, melyen belül **nagyobb részarányban a lebontó mikroorganizmusok** szerepelnek, így azok javulása volt várható. Ott érdemes tehát alkalmazni elsősorban, ahol a talajban van jelenlevő és lebontható szervesanyag-mennyiség, így a készítmény a várt hatását kifejtheti.
- A **Microbion UNC önállóan alkalmazva** az összes-baktérium és azon belül az aerob **cellulózbontó baktériumok** számára, illetve a **foszfatáz enzim** aktivitására hatott pozitívan. A készítmény kijuttatásával a talaj összes-baktériumszáma is szignifikánsan nőtt, de ezek mellett a specifikus fiziológiai csoportok csíraszám-értékei is javulhattak. Műtrágyák alkalmazásával a készítmény növelte a felvehető nitrát mennyiségét, a nitrát-feltáródás mértékét és a foszfatáz aktivitását, igazoltan fokozta a **nitrifikációs folyamatokat, és a foszfor feltáródását is**. A Microbion UNC a szalma növényi maradvány jelenlétében növelte a nitrát-feltáródás mértékét, valamint a foszfatáz és ureáz enzimek aktivitását, így a **mineralizációs folyamatok javulását** idézte elő. A készítmény igen nagy csíraszámokban kerül alkalmazásra, így a kis mikrobiális aktivitással jellemzett talajokban alkalmazható eredményesen kiegészítő műtrágyákkal és szerves anyagokkal is.



A tenyészedényes kísérletek igazolták, hogy a baktériumtrágyák műtrágyával kombinált kezelése általában a közvetett hatások miatt is javítani képesek a talajok mikrobiológiai tulajdonságait és aktivitását is. A baktériumtrágyák és a szalma kombinációs kezelések is a tápelem-arányok módosulásán keresztül képesek növelni a növények számára felvehető ásványi tápanyagok mennyiségét, mely mellett a biomasza depresszió mérséklődése jelentkezhet.

### **Az Amykor gyökérvitalizáló alkalmazása mellett az alábbi paraméterek megváltozását tapasztaltuk:**

#### **1. Tenyészedényes körülmények között vizsgált gyökérvitalizálók hatásai:**

- **Az Amykor 1 egyszeres dózisa mellett** a pH érték, az összes-baktériumszám, az aerob cellulózbontó baktériumok és mikroszkopikus gombák mennyisége, ureáz és foszfatáz enzimek aktivitása nőtt. A készítmény ajánlott kijuttatandó dózisa **kedvezően befolyásolta a talaj általunk vizsgált mikrobiológiai paramétereit**. Az *NPK műtrágyával kombinált kezelése*nél növekedett a könnyen felvehető foszfor mennyisége, az összes-baktérium-, és a cellulózbontó baktériumok száma. A kezelés várt hatása az AL-oldható foszfor tartalomnál igazolódott. A mikroszkopikus gombaszámnál nem a várt hatást tapasztaltuk, melynek magyarázatához további kísérletek beállítása lenne szükséges.
- **Az Amykor 1 kétszeres dózisa mellett** a nitrát és a könnyen felvehető kálium tartalom, az összes-baktériumszám és a cellulózbontók mennyisége szignifikánsan nőtt. Továbbá kedvezően befolyásolta a vöröshagyma földalatti részeinek és az edényenkénti biomaszájának a zöld tömegét. A *műtrágya melletti* kezelésnél növekedett az AL-oldható tápelem-tartalom, a nitrifikáló baktériumok száma és a mikroszkopikus gombák mennyisége, valamint a hagyma földalatti, és edényenkénti biomaszájának zöld tömege.

A nagyobb dózis kijuttatásával pozitív hatásokat tapasztaltunk; a mineralizációs folyamatokban fontos szerepet betöltő baktériumok száma nőtt, a felvehető tápelemek nagyobb mennyiségben álltak rendelkezésre, a gyökérvitalizáló a növényi gyökérzet és ezáltal hagymafaj fejlődését serkentette, ami a biomasza szignifikáns növekedésében mutatkozott meg.

- **Az Amykor 2 készítmény egyszeres dózisa** kedvezően befolyásolta a kémhatást és a nitrát mennyiségét, valamint kismértékben az összes-baktériumszámot. A műtrágyával *kombinált kezeléssel* több AL-oldható foszfort, és nagyobb összes-baktériumszámot

mértünk. Az alkalmazott készítmények között nagy különbséget nem tapasztaltunk, a hatások közel hasonlóak voltak.

- **Az Amykor 2 kétszeres dózisa** az ajánlott - egyszeres - dózishoz hasonlóan a pH érték és a nitrát mennyiségének emelkedését, *műtrágyával kombinált* kezelése a könnyen felvehető foszfor-tartalom növekedését eredményezte.
- Az Amykor 2 kezeléseknél több esetben negatív hatást tapasztaltunk, mind a mikrobiológiai, mind a növényi paraméterek tekintetében is.

A mikorrhiza gombák alkalmazásánál ezért fontos tényező annak ismerete, hogy az alkalmazott gomba biológiai tulajdonságai (agresszivitása, fertőzőképessége) milyen mértékű és az hogyan nyilvánul meg a talajokban. Fontos lehet a talajok eredeti, abundáns AM gombáinak is az előzetes monitorozása ahhoz hogy a kívánt hatást elérhessük.

## **2. Szabadföldi körülmények között:**

- Az Amykor (0-20 cm-es talajrétegbe bedolgozott) kezelés egyszeres dózisa mellett nem tapasztaltuk lényes eltérést a talaj tulajdonságokban, a kukorica betakarításkor mért nedvesség-tartalmának kismértékű csökkenését, és a hektoliter tömeg növekedését tapasztaltuk. A *háromszoros dózisonál* növekvő összes-baktériumszámot, javuló nitrát feltáródást, a meddő csövek számának, és a termés nedvesség-tartalmának csökkenését tapasztaltuk.
- A kukorica vetésével egy időben kijuttatott Amykor kezelésének egyszeres dózisánál a nitrát, a könnyen felvehető foszfor tartalom és a mikroszkopikus gombák mennyiségi növekedését mértük. Nőtt a kukorica csöveinek száma, a cső hosszúsága, szem-cső%-a, ezerszemtömege, a betakarításkori termése és a hektoliter tömege. A *háromszoros dózis* mellett az AL-oldható tápelemek és a mikroszkopikus gombák mennyisége, a foszfatáz enzim aktivitása nőtt. A kukorica levélterületi indexe, a csutka tömege, és a termés betakarításkori hektoliter tömege szintén nőtt e kezelés mellett. A vetéssel egy időben kijuttatott gyökérvitalizáló készítmény több mért paraméter esetében eredményezett pozitív változást. A dózisok tekintetében a háromszoros dózis nem okozott gátló hatást a vizsgált paraméterekben.

A kijuttatási módok közül a vetéssel egy időben alkalmazott Amykor kezelések bizonyultak hatásosnak. A dózisok között nagy eltérést nem tapasztaltunk, a nagyobb koncentrációk/dózisok nem fejtettek ki gátló hatást sem a vizsgált talaj, sem a növényi paraméterek tekintetében.

Összességében az eredményekből kitűnik, hogy a különböző biokészítmények sokszínűen befolyásolják a talajok kémiai és mikrobiológiai paramétereit, valamint a növényi biomassza eredményeit is. Ezek az eredmények alátámasztják a készítmények eltérő összetételéből eredő különbözően megnyilvánuló kedvező hatásokat. Az egyes készítmények így célzottan alkalmazhatók alternatív tápanyag-utánpótlásra és/vagy talajjavításra, különösen a szervesanyagokkal történő kombinációkban. Az eredmények azonban igazolták azt is, hogy a különböző készítményeknél monitoring elővizsgálatokra is feltétlenül szükség lehet ahhoz, hogy az elvárt hatásokat képesek legyenek maximálisan kifejteni.

## 6.1. Új és újszerű eredmények

Vizsgálati eredményeink alapján új tudományos eredményeink és következtetéseink a következőkben összegezhetők:

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 biomasszájának a tömege. A gyökérvitalizáló és a növény-növekedésre kifejtett pozitív hatás **a vöröshagyma gazdanövény** a tenyészedény-kísérletekben igazolódott.
5. Szabadföldi körülmények között az **Amykor mikorrhiza 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 dózisonál** 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.

## 6.2. A gyakorlatban hasznosítható 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

## 7. Összefoglalás

Kutatásunk során tenyészedényes és szabadföldi kisparcellás kísérletekben tanulmányoztuk a kereskedelmi forgalomban is kapható mikrobiológiai oltóanyagok a talajok egyes fizikai, kémiai és mikrobiológiai tulajdonságaira, valamint az alkalmazott tesztnövények biomasszájára kifejtett hatásait. A tenyészedényes kísérleteket a DE ATK MÉK Agrokémiai és Talajtani Intézet tenyészedényházában, a szabadföldi kísérleteket DE ATK Látóképi Kísérleti Telepén állítottuk be.

A **műtrágya és baktériumtrágya kísérletünkben** melyet, 4 egymást követő évben állítottunk be (2010-2013), 3 különböző baktériumtrágyát alkalmaztunk (BactoFil A10, EM-1 és Microbion UNC). A készítményeket önmagukban; kontroll, NPK műtrágya, valamint búzaszalma kezelésekhöz; és azokkal kombinált kezelésekből tanulmányoztuk, 12 kezeléskombinációt alkalmazva. A kísérletet minden évben Debrecen-Látóképről származó mészlepedékes csernozjom talajon állítottunk be. A kísérletben alkalmazott tesztnövény minden évben angolperje (*Lolium perenne*, L.) volt. Vizsgálati eredményeink alapján a műtrágya és baktériumtrágya kísérletekről a következőket állapítottuk meg: Az alkalmazott baktérium készítmények esetében állandó, minden baktériumtrágyánál jelentkező és készítményekre specifikusan jellemző hatások mutatkoztak.

- Állandó, minden készítménynél jelentkező fontosabb eredményeink: Önmagukban alkalmazva mindhárom készítmény pozitívan befolyásolta a talajok kimutatható baktériumszámát. Műtrágya melletti alkalmazásukkal általában a plusz tápanyagbevitel fokozta a növények legfontosabb tápelemekhez való jutását és ezzel közvetve is nőtt a nitrifikáló baktériumok mennyisége, egyes talajenzimek aktivitása, illetve a talajok összes mikrobiális aktivitását jelző talajlégzés is. Búzaszalma melletti alkalmazásukkal leginkább a könnyen felvehető foszfor mennyiségének növekedését tudtuk kimutatni, valamint kedvezően hatottak a talajban a mineralizációs folyamatokra.
- *Készítményenként specifikusan jelentkező fontosabb eredményeink:* A **BactoFil A10** készítményben nitrogén-kötő baktériumok jelenléte a domináns, ezt igazolva a nitrifikációs folyamatokban betöltött szerepét tudtuk leginkább kimutatni. A műtrágya melletti alkalmazásával a katabolikus, lebontó folyamatokra fejtett ki pozitív hatást. Búzaszalma jelenlétében növelte a mikrobiális biomassza-C mennyiségét, valamint közvetve elősegítette a növényi biomassza növekedését is. Az **EM-1** önállóan kijuttatva a cellulózbontó baktériumok és mikroszkopikus gombák mennyiségét növelte. A

készítmény műtrágyák mellett is a mikrobiológiai aktivitásokat, valamint a feltáró folyamatokat serkentette, melyek a növényi biomassza esetében is megmutatkoztak. Az EM-1 szalma kijuttatásával a biomassza depresszió mérséklődését, valamint a mikrobiális aktivitás általános növekedését igazoltuk. A készítmény több mint 80 mikrobatörzset tartalmaz, melyen belül nagyobb részarányban a lebontó mikroorganizmusok szerepelnek, így azok javulása volt várható. A **Microbion UNC** önállóan alkalmazva az összes-baktérium és azon belül az aerob cellulózbontó baktériumok számára, illetve a foszfatáz enzim aktivitására hatott pozitívan. Műtrágya melletti alkalmazásával fokozta a nitrifikációs folyamatokat, és a foszfor feltáródását is. A szalma növényi maradvány jelenlétében növelte a nitrát-feltáródás mértékét, valamint a foszfatáz és ureáz enzimek aktivitását, így a mineralizációs folyamatok javulását idézte elő. A készítmény igen nagy csíraszámában kerül alkalmazásra, így a kis mikrobiális aktivitással jellemzett talajokban alkalmazható eredményesen kiegészítő műtrágyákkal és szerves anyagokkal is.

A tenyészedényes kísérletek igazolták, hogy a baktériumtrágyák műtrágyával kombinált kezelése általában a közvetett hatások miatt is javítani képesek a talajok mikrobiológiai tulajdonságait és aktivitását is. A baktériumtrágyák és a szalma kombinációs kezelések is a tápelem-arányok módosulásán keresztül képesek növelni a növények számára felvehető ásványi tápanyagok mennyiségét, mely mellett a biomassza depresszió mérséklődése jelentkezik.

A **műtrágya és Amykor kísérleteinkben** melyet, 2 egymást követő évben állítottunk be, tenyészedényes és szabadföldi kksparcellás kísérletekben, az Amykor gyökérvitalizáló különböző dózisait (1x, 2x, 3x), illetve annak NPK műtrágyával kombinált kezeléseit, valamint kijuttatási módjait (vetéssel egyidőben és talaj felső 20cm-es rétegébe kijuttatva) tanulmányoztuk. A tenyészedényes kísérletet minden évben Debrecen-Pallagról származó enyhén savanyú kémhatású humuszos homoktalajon, míg szabadföldön Debrecen-Látóképen mészlepedékes csernozjom talajon állítottuk be. A kísérletben alkalmazott tesztnövény minden évben vöröshagyma-tenyészedény (*Allium cepa*, L.) és kukorica-szabadföld (*Zea mays*, L.) volt. Vizsgálati eredményeink alapján a következőket állapítottuk meg:

- *Tenyészedényes körülmények között vizsgált gyökérvitalizálók hatásai: Az Amykor 1 egyszeres dózisa* mellett a pH érték, az összes-baktériumszám, az aerob cellulózbontó baktériumok és mikroszkopikus gombák mennyisége, ureáz és foszfatáz enzimek aktivitása nőtt. Az NPK műtrágyával kombinált kezeléseknél növekedett a könnyen felvehető foszfor mennyisége, az összes-baktérium-, és a cellulózbontó baktériumok száma. A kezelés várt hatása az AL-oldható foszfor tartalomnál igazolódott. Az **Amykor 1**



*kétszeres dózisa* mellett pozitív hatásokat tapasztaltunk; a mineralizációs folyamatokban fontos szerepet betöltő baktériumok száma nőtt, a felvehető tápelemek nagyobb mennyiségben álltak rendelkezésre, a gyökérvitalizáló a növényi gyökérzet és ezáltal hagymafej fejlődését serkentette, ami a biomassza szignifikáns növekedésében mutatkozott meg. Az *Amykor 2 készítmény egyszeres dózisa* kedvezően befolyásolta a kémhatást és a nitrát mennyiségét, valamint kismértékben az összes-baktériumszámot. A műtrágyával kombinált kezeléssel több AL-oldható foszfort, és nagyobb összes-baktériumszámot mértünk. Az Amykor 2 kétszeres dózisa az ajánlott - egyszeres - dózishoz hasonlókat eredményezett. Azonban az Amykor 2 kezeléseknél több esetben negatív hatást tapasztaltunk, mind a mikrobiológiai, mind a növényi paraméterek tekintetében is.

- *Szabadföldi körülmények között: Az Amykor (0-20 cm-es talajrétegbe bedolgozott)* kezelés egyszeres dózisa mellett nem tapasztaltuk lényes eltérést a talaj- és növényi tulajdonságokban. A háromszoros dózisonál növekvő összes-baktériumszámot, javuló nitrát feltáródást, a meddő csövek számának, és a termés nedvesség-tartalmának csökkenését tapasztaltuk. *A kukorica vetésével egy időben kijuttatott Amykor* kezelésének egyszeres dóziséknél a nitrát, a könnyen felvehető foszfor tartalom és a mikroszkopikus gombák mennyiségi növekedését mértük. A háromszoros dózis mellett az AL-oldható tápelemek és a mikroszkopikus gombák mennyisége, a foszfatáz enzim aktivitása nőtt. A kukorica levélterületi indexe, a csutka tömege, és a termés betakarításkori hektoliter tömege szintén nőtt e kezelés mellett. *A kijuttatási módok közül* a vetéssel egy időben alkalmazott Amykor kezeléseket bizonyultak hatásosnak. A dózisok között nagy eltérést nem tapasztaltunk, a nagyobb koncentrációk/dózisok nem fejtettek ki gátló hatást sem a vizsgált talaj, sem a növényi paraméterek tekintetében.

**Összességében az eredményekből kitűnik, hogy a különböző biokészítmények sokszínűen befolyásolják a talajok kémiai és mikrobiológiai paramétereit, valamint a növényi biomassza eredményeit is. Ezek az eredmények alátámasztják a készítmények eltérő összetételéből eredő különbözően megnyilvánuló kedvező hatásokat. Az egyes készítmények így célzottan alkalmazhatók alternatív tápanyag-utánpótlásra és/vagy talajjavításra, különösen a szerves-anyagokkal történő kombinációkban. Az eredmények azonban igazolták azt is, hogy a különböző készítményeknél monitoring elővizsgálatokra is feltétlenül szükség lehet ahhoz, hogy az elvárt hatásokat képesek legyenek maximálisan kifejteni.**

## 8. Summary

In the course of our research activity we studied the effects of the commercially available microbiological inoculants on the physical, chemical and microbiological properties of soil, as well as the impact on the test plants in pot and in small plot field experiments. The pot experiments were performed at the greenhouse of the Institute of Agricultural Chemistry and Soil Sciences (University of Debrecen), and the small plot field experiments were performed at University of Debrecen, Experimental Station of Látókép.

In our **artificial and bacterial fertilizer experiment** which was carried out for four consecutive years (2010-2013), we used three different bacterial preparations (BactoFil A10, EM-1, and Microbion UNC). The effects of the various preparations were investigated alone, compared to control; NPK fertilizer, wheat straw treatment, and 12 combined treatments were applied. The experiment was set on calcareous chernozem soil every year, from the surrounding area of Debrecen (Látókép). The test plant was ryegrass (*Lolium perenne*, L.) in the experiment in every year. Based on the test results of the artificial and bacterial fertilizer experiments we stated that there were permanent effects characterising of all bacterial products and specifically characteristics effects also were found.

• *Permanent results observed at every bacterial fertilizer were the following:* All bacterial fertilizer applied alone increased the total number of bacteria in the soil. Bacteria fertilizers combined with NPK fertilizer help to admittance the plants the main nutrients through extra nutrient uptake resulted indirectly an increase on the number of aerobic nitrifying bacteria, on some enzymes activity and the soil respiration indicated better soil total microbial activity. Bacterial fertilizers combined with wheat straw increased the AL-soluble phosphorus content and the mineralization processes of soil.

• *Specifically occurring more important effects of bacterial fertilizers:* In treatments of **BactoFil A10** the nitrifying bacteria are dominated which confirmed the important role/part in nitrification processes of soil. The BactoFil A10 combined with NPK fertilizer had significant positive effect on the catabolic, mineralization processes of soil. Applying with wheat straw the BactoFil A10 increased the microbial biomass carbon content of soil and indirectly helped the growth of plant biomass. The **EM-1** applied alone increased the number of aerobic cellulose decomposing bacteria and the amount of microscopic fungi. EM-1 combined with NPK fertilizer influenced positively the microbial activities of soil and stimulated the exploratory processes of soil which showed in the biomass of test plant. EM-1 with wheat

straw moderated the depression of plant biomass and the increased the microbial activity of soil. It contains more than 80 strains of microbes, higher proportion the catabolic microbes in it, resulted an increased decomposition microbial processes. The *Microbion UNC* applying alone influenced positively the total number of bacteria, the aerobic cellulose decomposing bacteria and phosphatase enzyme activity of soil. The preparation combined with NPK fertilizer enhanced the nitrification processes and the mobilization of phosphorus of soil. With wheat straw enlarged the nitrate exploration and the activity of urease and phosphatase enzymes improving the mineralization processes of soil. The preparation is available commercially with high number of cells, so it can be used alone and supplement with artificial fertilizers and organic manures or materials on soils with low microbial activity.

The pot experiments confirmed the improving indirect effects of artificial+bacterial fertilizer combinations on the microbial parameters and activity of soils. The bacterial fertilizer and wheat straw combinations increased the soluble nutrient content of soil through the proportion of nutrient effected positively the plant biomass depression.

In the experiment of **the artificial fertilizer and Amykor root vitalising product** which was carried out two consecutive years in pot and field experiments, different doses of Amykor (simple, double and triple dose) and combined with NPK fertilizer were applied, and two application methods (with sown simultaneously, and worked in to the 0-20cm of soil layer) were studied. For the pot experiment slightly acidic humus sandy soil was used from the surrounding area of Debrecen (Pallag), and the field experiment was carried out on a calcareous chernozem soil near to Debrecen in Látókép. Each year the test plant was onion (*Allium cepa*, L.) in the pot experiment and maize (*Zea mays*, L.) in the small plot field experiment. On the basis of the results, the following were established:

- The effects of root vitalising product examined in pot experiments:* The **simple dose of Amykor 1** increased the pH value, the number of aerobic cellulose decomposing bacteria, the amount of microscopic fungi and activity of urease and phosphatase enzymes were increased. **Amykor 1 simple dose combined with NPK fertilizer** influenced positively the AL-soluble phosphorus content, the total number of bacteria and cellulose decomposing bacteria of soil. The expected impact of this treatment was confirmed in the AL-soluble phosphorus content of soil. The positive effects of **Amykor 1 double dose** were experienced on the number of important mineralizing bacteria and on the amount of uptakeable nutrients for test plants; the root vitalising increased the plant root system and the growth of onion bulbs which can realized in significant plant biomass increasing. The simple dose of Amykor 2 influenced positively the soil pH, the nitrate content of soil a, and slightly the total number

of bacteria. The **Amykor 2 combined with NPK fertilizer** increased the quantity of AL-soluble phosphorus content and the total number of bacteria. The **double dose of Amykor 2** effected similar impacts to the simple dose of Amykor 1. However there were negative effects of the treatments of Amykor 2 in the microbial parameters of soil and biomass of onion too.

•*Effects of root vitalising product in field experiment:* The **simple dose of Amykor (worked in the 0-20cm layer of soil)** had not significant impacts on the examined soil and plant parameters. The **triple dose of Amykor** (worked in the 0-20cm soil-layer) increased the total number of bacteria, improved the nitrate exploration, decreased the number of sterile cobs and the moisture content of maize biomass. The **simple dose of Amykor (with sown simultaneously)** increased the nitrate, AL-soluble phosphorus content of soil and the amount of microscopic fungi. The **triple dose of Amykor (with sown simultaneously)** enhanced the amount of AL-soluble nutrients and microscopic fungi, increased the phosphatase enzyme activity. At these treatments the LAI index, the weight of corn-cob and the hectolitre mass of maize were increased. Regarding the method of application, the **Amykor with sown simultaneously** treatment was the most effective method of root vitalizing product in filed experiment. Remarkable differences were not experienced between the applied doses of Amykor; the higher concentrations of root vitalising did not cause inhibition effect either the soil or the plant parameters.

**Overall, it was found that in many cases the applied microbial inoculants had positive impact on the examined chemical and microbial parameters of soil and biomass, as well as properties of the test plants. These results demonstrate the beneficial impacts of the preparations due to different composition of the products. These preparations specifically can be used as alternative nutrient supply, and/or soil amendments, especially in combination with organic matters. The results also demonstrated that consequential monitoring pre-examinations is necessary of the different preparations in order that expected impacts can reach the maximum**

## 9. Publikációk az értekezés témakörében (Saját irodalom)

### 9.1. 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<sup>®</sup>) and an artificial fertilizer (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 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.

### 9.2. 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<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] 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.

### 9.3. 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content of soil, and the biomass of the rye-grass (*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)

### 9.4. Magyar nyelvű lektorált konferencia kiadvány

20. **Jakab A.,** 2013. Baktériumtrágyák talajbiológiai hatásai tenyészedényes kísérletben. XVI. Tavaszi 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.

#### **9.4. 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. 4<sup>th</sup> 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 NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 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.



## **9.5. 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 Universității 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 Universității 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.). 4<sup>th</sup> EUROSIL, 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 [ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ] 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.

## 10. Irodalomjegyzék

1. ABD EL GALIL, A. - RADIMSZKY, L. - BACZÓ, Gy. - NÉMETH, T. (1993): Study of the AL-soluble Phosphorus Content in Incubation Experiments. *Agrokémia és Talajtan.* **42.** No. 1-2. Akadémiai Kiadó, Budapest. 179-182.
2. AGHABABAEI, F. - RAIESI, F. – HOSSEINPUR, A. (2014): The combined effects of earthworms and arbuscular mycorrhizal fungi on microbial biomass and enzyme activities in a calcareous soil spiked with cadmium. *Applied Soil Ecology*, Volume **75**, March 2014, 33-42. (online)
3. ANATOLIJ V. H. (1990): Mikrobiális készítmények alkalmazása a növénytermesztésben. *Agrokémia és Talajtan.* **39.** 235–238.
4. ANTAL J. - JOLÁNKAI M. (2005): Növénytermesztés 1. A növénytermesztés alapjai – Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó, Budapest. ISBN: 9632862050. 9-171.
5. ANTUNES, PM. - SCHNEIDER, K. - HILLIS, D. - KLIRONOMOS, JN. (2007): Can the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* actively mobilize P from rock phosphates? *Pedobiologia*, Volume **51**, Issue 4, 281-286.
6. ÁRENDÁS T. - CSATHÓ P és NÉMETH T. (1999): Környezetkímélő trágyázási szaktanácsadó rendszer. Ötven éves az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete, MGKI, Martonvásár, Jubileumi Tudományos Ülés. 151-157.
7. AYDINALP, C. - FÜLEKY, GY. - TOLNER, L., 2010. The Comparison Study of Some Selected Heavy Metals in the Irrigated and Non-Irrigated Agricultural Soils. *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* **16:** 754 – 768.
8. BAGYARAJ, J. (1991): Ecology of Vesicular Arbuscular Mycorrhizae. In: *Handbook of Applied Mycology. I. Soil and Plants.* 3-169. M. Dekker, New York-Basel-Hong Kong.
9. BALÁZSY Á. - SÁRDI K. (2011): A tápanyagellátás, a száraztömeg és a növényi K-tartalom összefüggései sörárpánál. *Növénytermelés.* **60.** Vol. 3. 5-23.
10. BALÁZSY, S. et al. (1994): Productivity of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* strains. In: *Environmental Microbiology.* (Eds.: Balázsy, S. & Reisinger, O.) 163-167. Bessenyei Kiadó. Nyíregyháza.
11. BALLÁNÉ K. A. et al., (2008a): Az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  és a Phylazonit MC baktériumtrágya hatása a talaj könnyen oldható nitrogén, foszfor- és káliumtartalmára. *Talajvédelem különszám.* (Szerk.: SIMON L.) 361–368.
12. BALLÁNÉ KOVÁCS A., (2008b): Az  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  műtrágya és a Phylazonit MC baktériumtrágya hatása a fejjessaláta (*Lactuca sativa* L.) N, S,  $\text{NO}_3^-$  és  $\text{SO}_4^{2-}$  tartalmának változására. 50th Jubilee Georgikon Scientific Conference, Keszthely. 148.
13. BALLÁNÉ, A. K. et al., (2008c): Influence of bio- and chemical fertilization on nitrate accumulation, phosphorus and calcium content in lettuce (*Lactuca sativa* L.) *Cereal Research Commun.* **36.** 555–558.
14. BARDHANA, S. - JOSEA, S. - JENKINSB, M.A. - WEBSTERC, C.R. - UDAWATTAA, R.P. - STEHN, S.E. (2012): Microbial community diversity and composition across a gradient of soil acidity in spruce–fir forests of the southern Appalachian Mountains. *Applied Soil Ecology* **61.** 60–68.
15. BARNA SZ. - FÜLEKY GY. (2007): A talajok Cd-, Pb- és Cu-szennyezettségének értékelése gyors növényi bioteszttel. *Agrokémia és Talajtan* **56.** (2) Akadémiai Kiadó, Budapest. 285-300.
16. BARÓTFI I. (2000). *Környezettechnika.* Mezőgazda Kiadó. Budapest.
17. BASLAMA, M. - GARMENDIAB, I. – GOICOECHEAA, N. (2013): The arbuscular mycorrhizal symbiosis can overcome reductions in yield and nutritional quality in

- greenhouse-lettuces cultivated at inappropriate growing seasons. *Scientia Horticulturae* **164**. 145–154.
18. BAYOUMI, H.E.A.F. - BIRÓ, B. - KECSKÉS, M. (1995): Some environmental factors influencing the survival of *Rhizobium leguminosarum* *bv. viceae*. *Acta Biol. Hung.* **46**. 17-30.
  19. BIDONDO, LF. - BOMPADRE, J. - PERGOLA, M. - SILVANI, V. - COLOMBO, R. - BRACAMONTE, F. - GODEAS, A. (2012): Differential interaction between two *Glomus intraradices* strains and a phosphate solubilizing bacterium in maize rhizosphere. *Pedobiologia*, Volume **55**, Issue 4, 227-232.
  20. BIRÓ B. - ANTON A. (2003): Génmódosított mikrobiális oltóanyagok és növények alkalmazásának európai jogszabályai. *Agrokémia és Talajtan. Szemle.* **52**. 487-492.
  21. BIRÓ B. - SZILI-KOVÁCS T. - ANTON A. (2010): Rekultivációtól a remediációig. *Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet 50 éves Talajbiológiai Osztályának és együttműködő partnereinek fontosabb kutatási eredményei. Szemle. Agrokémia és Talajtan. Akadémiai Kiadó, Budapest.* **59** (2) 409-422.
  22. BIRÓ B. (2005): A talaj, mint mikroszervezetek élettere. In: *A talajok jelentősége a 21. században.* Szerk: Stefanovits P., Michéli E. ISBN 963 508 477 3. 141-173.
  23. BIRÓ B. et al (2008): Szennyvíziszapokkal bevitt és őshonos mikrobák talaj- és dózisfüggő kolonizációja. *Talajvédelem különszám (Szerk: SIMON L.) Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza.* 195–201.
  24. BIRÓ B. -SZILI-KOVÁCS, T. & SZEGI, J. (1992): Some characteristics of *N<sub>2</sub>* fixing *Azospirillum* strains isolated from the rhizosphere of wheat and maize. *Acta Microbiologica Acad. Sci. Hung.* **39**. 359.
  25. BIRÓ, B. - TIRICZ, H. - MORVAI, B. (2001): Investigations on the vitality, resistance and diversity of metal-adapted and non-adapted *Rhizobium* strains. *Acta Microbiol. Immunol. Hu.* **48**. 156-157.
  26. BIRÓ, B. et al (1993): Effect of fertilizer on spontaneous *Rhizobium* infection in Hungarian soils. *Agrokémia és Talajtan.* **42**. 207-212.
  27. BIRÓ, B. et al. (2000): Interrelation between *Azospirillum* and *Rhizobium* nitrogen-fixers and arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of alfalfa at sterile, AMF-free or normal soil conditions. *J. Appl. Soil Ecol.* **15**. 159–168.
  28. BOCZ E. (1976): *Trágyázási útmutató.* Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
  29. BÓDAY, P. (Szerk.) (2012): *Környezeti helyzetkép, 2011.* Központi Statisztikai Hivatal, Vidékfejlesztési, mezőgazdasági és környezeti statisztikai főosztály, ISSN: 1418 0878. 2012. Budapest. 25-39.
  30. BÓDI É. - LÉVAI L. - HUZSVAI L. - KOVÁCS B. (2011): A molibdénellátás hatása kukorica csíranövényekre. *Növénytermelés* **60**. (2) Akadémiai Kiadó, Budapest. 5-29.
  31. BOLAN, N.S. - CURTIN, D. - ADRIANO, D.C. (2005): Acidity. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. *Encyclopedia of Soils in the Environment.* 11–17.
  32. BOLAN, N.S. - LOGANATHAN, P. - SAGGAR, S. (2005): Calcium and Magnesium in soils. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, *Encyclopedia of Soils in the Environment.* 149–154.
  33. BUZÁS I. - FEKETE A. (1979): *Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer.* MÉM NAK. Budapest.
  34. BUZÁS I. (Szerk.) (1988): *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei.* Mezőgazdasági kiadó. Budapest. 96-98., 163-165.
  35. BUZÁS I. (Szerk.) (1993): *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. A talajok fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata.* INDA 4231 Kiadó. Budapest.

36. BUZÁS I., 1987. Bevezetés a gyakorlati agrokémiába. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
37. CABELLO, M. - IRRAZABAL, G. - BUCSINSZKY, AM. -SAPARRAT, M. – SCHALAMUK, S. (2005): Effect of an arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae*, and a rock-phosphate-solubilizing fungus, *Penicillium thomii*, on *Mentha piperita* growth in a soilless medium *J. Basic Microbiol.*, **45**. 182–189.
38. COMAKLI, B. - DASCI, M. (2009): Effects of Biofertilizer, Cowpat Ash and Phosphorus on seed yield of Alfalfa. *Asian Journal of Chemistry*. Vol. **21**. Issue 1. pp. 689-696.
39. CSATHÓ P. - RADIMSZKY L. (2005): A magyar mezőgazdaság környezetvédelmi és agronómiai megközelítésű NPK tápelemmérélege 1901 és 2000 között. *Agrokémia és Talajtan*. **54**. 217-234.
40. CSITÁRI G. (2003): Mikrobiológia. Veszprémi Egyetem, Keszthely.
41. CSOMA Z. (2010): A talajok puffeképességét befolyásoló tényezők és jelentőségük a kertészeti termesztésben. Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem. 80-81.
42. DARVAS B. (szerk.) - Polgár A. L. - Schwarczinger I. - Turóczy Gy. (2008): A biológiai növényvédelem és helyzete Magyarországon. MTA NKI, Budapest, ISBN 978-963-87178-2-5. online: <http://mek.oszk.hu/09900/09969/html/>
43. DEACON J.W. (Ed.) (2006): Fungal biology. Fungal Symbiosis. Blackwell Publishing Ltd. 4th edition. ISBN-13 978-1-4051-3066-0. United Kingdom, Edinburgh. 256-261.
44. DEBRECZENI B.-NÉ - SÁRDI K. (1999): Tápanyag-gazdálkodás. Szerk.: FÜLEKY GY. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 30-91.
45. DOEBEREINER, J. - PEDROSA, F.O. (1987): Nitrogen-Fixing Bacteria in Non-leguminous Crop Plants. Science Tech., New York.
46. DUPONNOIS, R. - COLOMBET, A. - HIEN, V. - THIOULOUSE J. (2005): The mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and rock phosphate amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of *Acacia holosericea*. *Soil Biol. Biochem.*, **37**. 1460–1468.
47. EGNÉR, H. - RIEHM, H. - DOMINGO, W. R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. *LantbrHögsk. Ann* **26**. 199-215.
48. EHRENFELDT, J.G. (2013): Plant and soil interactions. *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)*. 109–128.
49. FELFÖLDY L. (1987): A biológiai vízminősítés. Vízgazdálkodási Intézet, Budapest. 172-174.
50. FILEP GY. (1988): Talajkémia. Akadémiai Kiadó, Budapest.
51. FILEP GY. (1999): Talajtani alapismeretek. Debrecen.
52. FILEP T. (2008): Az oldott szervesanyag-tartalom (DOM) és a talajtulajdonságok összefüggése. *Agrokémia és Talajtan*, **57**. (1): 37–46.
53. FÜLEKY GY. - RAJKAINÉ V. K. (1999): A talaj tápelem-szolgáltató képessége. In.: Tápanyag-gazdálkodás. (Szerk: FÜLEKY GY.) Mezőgazda Kiadó. Budapest. 91-130.
54. FÜLEKY GY. (1979): Foszforddinamika az újszentmargitai szolonyec talajokon. *Agrokémia és Talajtan*. **28**. 115-122.
55. GELLER, W. - SCHULTZE, M. (2009): Acidification. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. *Encyclopedia of Inland Waters*. 1–12.
56. GIBLIN, A.E. (2009): Iron and Manganese. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, *Encyclopedia of Inland Waters*. 35–44.
57. GILLER, K. E. - WITTER E. - MCGRATH, S. P. (1998): Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review. *Soil Biol Biochem* **30**. 1389–1414.

58. GOLDMAN, C.R. (2009): Micronutrient Elements (Co, Mo, Mn, Zn, Cu). Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Encyclopedia of Inland Waters. 52–56.
59. GOSZTONYI, GY. et al, (2011): Examination of zinc and iron mobilization with acid treatment and the metal content of maize and stinging nettle in the active floodplain of the river Tisza. Carpathian Journal of Earth and Environmental Science. **6**. 25–33.
60. HAMATOVÁ M. - HLAMÁCKOVÁ E., (1963): A „Nitrazon” baktériumos oltóanyag előállítására és pillangós növényeknél való alkalmazása a Csehszlovák Szocialista Köztársaságban. Agrokémia és Talajtan Tom 12. (1963) No. **4**. 661-666.
61. HARDARSON, G. - ATKINS, C. (2003): Optimising biological N<sub>2</sub> fixation by legumes in farming systems. Plant and Soil. **252**. 41-54.
62. HELMECZI B. (1994): Mezőgazdasági mikrobiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
63. HOSSNER, L.R. - FREEOUF, J.A. - FELSON, B.L. (1973): Solution phosphorous concentration and growth of rice (*Oryza sativa*, L.) in flooded soils. Soil Science Society of America Proceedings, v. **37**, 405-408.
64. HSU, P. H. & JACKSON, M. L. (1960): Inorganic P transformation by chemical weathering in soils. Soil Sci. **90**. 16-24.
65. HUGUES CLIVOT, H. - PAGNOUT, C. - ARAN, D. - DEVIN, S. - BAUDA, P. - POUPIN, P. - GUÉROLD, F. (2012): Changes in soil bacterial communities following liming of acidified forests. Applied Soil Ecology. Volume **59**. 116–123.
66. IZSÁKI Z. - IVÁNYI I. (2002): A N-műtrágyázás hatása a talaj N-mérlegére és az NO<sub>3</sub>-N kimosódására műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. **51**. 193-199.
67. IZSÁKI Z. (2010): A N-műtrágyázás hatása a csernozjom réti talaj nitrogénmérlegére és a NO<sub>3</sub>-N mélységi eloszlására 1990 és 2007 között. Agrokémia és Talajtan. **59**. 233-248.
68. Jabaji-Hare, S.H. – Kendrick, W.B. (1987): Response of an endomycorrhizal fungus in *Allium porrum* L. To different concentrations of the systemic fungicides, metalaxyl (Ridomil®) and fosetyl-al (Aliette®). Soil Biology and Biochemistry, Volume **19**, Issue 1, 95-99.
69. JAKUCS E. - VAJNA L. (Szerk.) (2003): Mikológia. Agroinform Kiadó, Budapest. 291-302.
70. JARVIE, H.P. - JICKELLS, T.D. - SKEFFINGTON, R.A. - WITHERS, P.J.A. (2012): Climate change and coupling of macronutrient cycles along the atmospheric, terrestrial, freshwater and estuarine continuum. Science of the Total Environment **434**. 252–258.
71. JENKINSON, D.S. - POWLSON, D.S. (1976): The effects of biocidal treatments on metabolism in soils. A method for measuring soil biomass. Soil Biol. Biochem. **27/8**. 209-213.
72. KÁDÁR I (2011): A műtrágyázási szaktanácsadás alapelve és módszere. Szemle rovat. Növénytermelés **60**. (2) 137-155.
73. KÁDÁR I. (1980): A kálium jelentősége földművelésünkben és egy csernozjom talaj termékenységében. Agrokémia és Talajtan **29**. 577-590.
74. KÁDÁR I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI - Kádár I., Bp.
75. KÁDÁR I. (2012a): A kálium és bór elemek közötti kölcsönhatások vizsgálata tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan **60**. (1) Akadémiai Kiadó, Budapest. 161-178.
76. KÁDÁR I. (2012b): Növénytáplálás, trágyázás, elemforgalom. Agrokémia és Talajtan. **61**. Suppl. Akadémiai Kiadó, Budapest. 147-162.
77. KÁDÁR, I. et al (2001): Mikroelem-terhelés hatása a borsóra karbonátos csernozjom talajon II. Elemfelvétel, minőség és gyökérszimbiózis. Agrokémia és Talajtan. **50**. 83-101.

78. KÁTAI J. - JAKAB A. - SÁNDOR Zs. - ZSUPOSNÉ O. Á. - TÁLLAI M. (2011): Bentonit és zeolit hatása egy savanyú homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan* **60**. 1. Akadémiai Kiadó Budapest. 203-218.
79. KÁTAI J. - VÁGÓ I. - SÁNDOR ZS. - TÁLLAI M. - VARGA A. (2007): A talaj néhány tulajdonságának változása műtrágya és baktérium készítmény (Bactofil A 10) alkalmazásakor. In: Erdei F. IV Tud. Konf. Kecskemét. 2007. augusztus 27-28. (Szerk: FERENCZ Á.). Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai Kar, Kecskemét. 947-950.
80. KÁTAI J. & TÁLLAI M. (2008): Bentonit hatása a talaj felvehető tápanyagtartalmára és néhány mikrobiológiai tulajdonságára humuszos homok talajon. In: Development of environmental protection and food safety in crop production under different agroecological conditions, Hungarian-Slovakian Intergovernmental S & T, Cooperation 2007-2008. (Szerk.: PEPÓ P.), Debrecen. ISBN 978-963-9732-33-9. 99-104.
81. KÁTAI J. (2006): Changes in Soil Characteristics in a Mono- and Triculture Long-term Field experiment. *Agrokémia és Talajtan* **55**. 1. 183-192.
82. KÁTAI, J. - SÁNDOR, Z. - TÁLLAI M., (2008): The effect of an artificial and a bacterium fertilizer on some soil characteristics and on the biomass of the rye-grass (*Lolium perenne* L.). *Cereal Research Commun.* **36**. 1171–1174.
83. KAUR, G. – REDDY, S. (2014): Influence of P-solubilizing bacteria on crop yield and soil fertility at multilocal sites. *European Journal of Soil Biology* **61** 35-40.
84. KHAN, A.G. - KUEK, C. - CHAUDHRY, T.M. - KHOO, C.S. - HAYES, W.J. (2000): Plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. *Chemosphere* **41**, 197– 207.
85. KINCSES S. I. - NAGY P. T. - KREMPER R. (2008a): Baktériumtrágyák hatása az angolperje (*Lolium perenne* L.) termésére különböző típusú talajon. AGTEDU 2008 Bács- Kiskun Megyei Tudományos Fórum Tudományos Konferencia Kiadvány, Kecskemét. ISSN 1586-846x. 92–97.
86. KINCSES, I. - FILEP, T. - KREMPER, R. (2008b): Effect of nitrogen fertilization and biofertilization on element content of parsley. *Cereal Research Commun.* **36**. 571–574.
87. KISMÁNYOKY T. (2009): Az őszi búza NPK mű- és szervestrágyázásának vizsgálata tartamkísérletekben, gabona vetésforgóban. *Növénytermelés*, **58**. 59–73.
88. KLOEPPER, J.W. - LIFTSHITZ, K. - ZABLOTOWITZ, R.M. (1989): Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends Biotechnol.* **7**, 39– 43.
89. KLOEPPER, J.W. - ZABLOTOWICZ, R.M. - TIPPING, E.M. - LIFTSHITZ, R. (1991): Plant growth promotion mediated by bacterial rhizosphere colonizers. In: Keister, D.L., Cregan, P.B. (Eds.), *The Rhizosphere and Plant Growth*. Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, pp. 315– 326.
90. KÖVES-PÉCHY K. et al (1989): A *Rhizobiumos* oltás, mint környezetkímélő technológiai eljárás. *Agrokémia és Talajtan*. **38**. 235–238.
91. KRÁMER M. - ERDEINÉ G. (1958): A talaj foszfatázaktivitásának vizsgálata dinátriumfenilfoszfáttal. I. Módszertani kérdések. *Agrokémia és Talajtan, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*. **7**:361-366.
92. KRISHNA, K.R. - BAGYARAJ, D.J. (1991): Role of vesicular arbuscular mycorrhiza in the uptake of micronutrient by groundnut plants. *Curr. Res.* **20**, 173–175.
93. KUPREVICS, V. F. - SCSEBBAKOVA, T. A. (1956): Determination of invertase and catalase activity of soils. *Vesti Akad. Navuk. Belarusk. SSR, Ser. Biyal.*, **2**. 115-116.
94. KUREK, E - OZIMEKA, E. - SOBICZEWSKIB, P. - SŁOMKAA, A. - JAROSZUK, J. (2013): Effect of *Pseudomonas luteola* on mobilization of phosphorus and growth of young apple trees (Ligol)—Pot experiment. *Scientia Horticulturae* **164**. 270–276.
95. LÁNG I. (1973): Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajokon. Akadémiai Doktori Disszertáció. MTA. Budapest.



96. LATKOVOCS GY.-NÉ (1982): A nitrogén átalakulása és mozgása a talajban. Doktori értekezés. Budapest.
97. LAVAKUSH – YADAVA, J. - VERMAB, J.P. - JAISWALB, D.K. –KUMAR, A. (2014): Evaluation of PGPR and different concentration of phosphorus level on plant growth, yield and nutrient content of rice (*Oryza sativa*). *Ecological Engineering* **62**. 123–128.
98. LEAUNGVUTIVIROJ, C. et al. (2010): Development of a new biofertilizer with high capacity for N<sub>2</sub>-fixation, phosphate and potassium solubilization and auxin production. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*. **74**. 1098–1101.
99. LEHMANN, A. – VERESOGLOU, S.D. – LEIFHEIT, E.F. – RILLING, M.C. (2014): Arbuscular mycorrhizal influence on zinc nutrition in crop plants – A meta-analysis. *Soil Biology&Biochemistry* **69**. 123-131.
100. LENTE Á. – PEPÓ P. (2009): Az évjárat és néhány agrotechnikai tényező hatása a kukorica termésére csernozjom talajon. *Növénytermelés* **58** (3) Akadémiai Kiadó, Budapest. 39-51.
101. LOCH J. - KISS SZ. - VÁGÓ I. (2003): Mezőgazdasági kémiai gyakorlat III. Növényvizsgálatok. Debrecen, Egyetemi jegyzet 41-62.
102. LOCH J. - NOSTICZIUS Á. (2004): Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 19-115.
103. LOCH J. (2000): Agrokémia. Egyetemi jegyzet. Debrecen.
104. LOCH J. (2012): Agrokémia. Agrokémia és Talajtan. **61. Suppl.** Akadémiai Kiadó, Budapest. 121-146.
105. LYNCH, J.M. (1990): Microbial metabolites. In: Lynch, J.M. (Ed.), *The Rhizosphere*. Wiley, Chichester, pp. 177– 206.
106. MAKÁDI M. et al (2007): Biogázüzemi fermentlé és Phylazonit MC baktériumtrágya hatása a silókukorica zöldtömegére és a talaj biológiai aktivitására. *Agrokémia és Talajtan*, Akadémiai Kiadó, Budapest, **56**. 367-378.
107. MALCOVÁ, R. - VOSÁTKA, M. – GRYNDLER, M. (2003): Effects of inoculation with *Glomus intraradices* on lead uptake by *Zea mays* L. and *Agrostis capillaris* L. *Applied Soil Ecology*, Volume **23**, Issue 1, 55-67.
108. MANNINGER E. - KÖVÁRI B. (1983): *Rhizobium*-törzsek izolálása és hatékonyságuk vizsgálata 1981-ben. *Agrokémia és Talajtan*. **32**. 225–236.
109. MANNINGER E. - SZEGI J. (1963): A „baktériumtrágyák” alkalmazásáról tartott nemzetközi koordinációs konferencia Leningrádban. *Agrokémia és Talajtan* Tom. **12**. (1963) No.1. 171-174.
110. MÁRIALIGETI K. (Szerk.) (2013): A vas és a mangán körforgalma. Bevezetés a prokarióták világába. ELTE Mikrobiológiai Tanszék. Budapest. 252-258. online: <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/prokariotak/ch09s05.html>
111. McCOMB, A. M. - GRIFFITH, J.E. (1946): Growth stimulation and phosphorus adsorption of mycorrhizal and non-mycorrhizal Northern White Pine. Etc. *Plant. Physiol.* **21**. 11.
112. McDOUGAL, D.T. - DUFNEROY, J. (1944): Mycorrhizalsymbiosis in *Aplectum*, *Collarolhiza* and *Pinus*. *Plant. Physiol.* **21**. 1.
113. MEKKI, B.B. - SELIM, M.M. - SABER, M.S.M. (1999): Utilization of biofertilizers in field crop production. 2.-effect of organic manuring, chemical, and biofertilizers on yield and nutrient content of millet grown in a newly reclaimed soil. *Egyptian Journal of Agronomy* **21**. 113-124.
114. MELIN, E. (1925): Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza. Fischer. Jena.

115. MENGEL, K. - KIRKBY, E.A. (1987): Principles of Plant Nutrition. 4 th Edition. International Potash Institute, IPI, Bern, Switzerland.
116. MERSE, VON W. - SCHINNER, F. (1991): An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with with idonitrotetrazolium-chloride. Boil. Fert. Soils. **11**. 216-220.
117. MIA, MAB. - SHAMSUDDIN, ZH. (2010): *Rhizobium* as a crop enhancer and biofertilizer for increased cereal production. African Journal of Boitechnology. Vol. **9**. Issue 37. pp. 6001-6009.
118. MIKOLA, P. (1948): On the physiology and ecology of *Cenococcum graniforme* as a mycorrhizal funghs of birch. Commun. Inst. Forest. Fennianae. **36**. 1.
119. MIRÁS-AVALOS, J.M. - ANTUNES, P.M. - KOCH, A. - KHOSLA, K. - KLIRONOMOS, J.N. – DUNFIELD, K.E. (2011): The influence of tillage on the structure of rhizosphere and root-associated arbuscular mycorrhizal fungal communities. Pedobiologia, Volume **54**, Issue 4, 235-241.
120. NELSON, D. W. (1982): Gaseous losses of nitrogen other than through denitrifications. In: Nitrogen in Agricultural Soils. (Ed.: STEVENSON, F. J.) Agronomy No. **22**. 327-364. American Society of Agronomy. Madison.
121. NÉMETH T. (1977): Tápanyag-gazdálkodás és talaj a precíziós mezőgazdaságban. In: A talajok jelentősége a 21. században. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, 77-96.
122. NÉMETH T. (1993): Effect of N fertilization on the Nitrate-N Content of Soil Profiles in Long-term Experiments. Agrokémia és Talajtan **42**. No. 1-2. 115-120.
123. NÉMETH T. (1995): Gondolatok a tápanyaggazdálkodásról a fenntartható mezőgazdasági fejlődés tükrében. XXXVII. Georgikon Napok, Keszthely, I. kötet. 101-109.
124. NÉMETH T. (2002): A tápanyag-utánpótlás jelenlegi helyzete, időszerű kérdései. In: Az agrokémia időszerű kérdései. (Szerk.: GYÓRI Z.-JÁVOR A.) Debrecen. 41-51.
125. NÉMETHNÉ KATONA J. (2005): A környezetvédelem biológia alapjai, BMF jegyzet 2005. 78-83.
126. NIRMALA, R. - VADIVEL, E. (1999): Effect of combined application of organic manure and biofertilizers of growth and productivity of cucumber. South Indian Horticulture **47**. 1/6 252-254.
127. OCSKÓ Z. (Szerk.) (2012): Növényvédő szerek, termésmenvelő anyagok az ökológiai természetben. Reálszisztéma Dabasi Nyomda Zrt.
128. ORTAS, I. (2012): The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions. Field Crops Research, Volume **125**, 35-48.
129. OUAHMANE, L. - THIOULOUSE, J. - HAFIDI, M. - PRIN, Y. - DUCOUSSO, M. - GALIANA, A. - PLENCHETTE, C. - KISA, M. – DUPONNOIS, R. (2007): Soil functional diversity and P solubilization from rock phosphate after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi. Forest Ecology and Management, Volume **241**, Issues 1–3, 200-208.
130. PAPP S. (Szerk.) (2011): Néhány fém környezeti kémiája. Környezeti kémia. Környezetmérnöki tudástá. 9. kötet. ISBN 978-615-5044-34-2. Pannon Egyetem, Környezetmérnöki Intézet, Veszprém. 219-246.
131. PEPÓ P. (2002): A tápanyagellátás szerepe a fenntartható, többfunkciós növénytermesztésben. Acta Agronomica Hungarica. (szerk.: SUTKA J.-VEISZ O.) 245-254.
132. PEPÓ P. (2010): A magyar búzatermesztés agronómiai értékelése. Szemle. Növénytermelés **59** (2) Akadémiai Kiadó, Budapest. 85-100.

133. PEŠAKOVIĆ, M - KARAKLAJIĆ-STAJIĆ, Ž. - MILENKOVIĆ, S. - MITROVIĆ, O., (2013): Biofertilizer affecting yield related characteristics of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) and soil micro-organisms. *Scientia Horticulturae* **150**. 238-243.
134. PESTI M. (Szerk.) (2001): Általános mikrobiológia. Dialóg-Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2001.
135. PETHŐ M. (1993): A növényélettan alajai. ISBN 9630580357. Akadémiai Kiadó ZRt. Budapest.
136. PETHŐ M. (1998): A mezőgazdasági növények élettana. ISBN 9630579456. Akadémiai Kiadó ZRt. Budapest.
137. POCHON, J. - TARDIEUX, P., (1962): Techniques D' Analyse en Microbiologie du Sol. Collection "Techniques de Base". 102.
138. PUSZTAI A. (1978): Intenzív műtrágyázás és a környezetszennyezés. *Agrokémia és Talajtan*. Tom. **27**. No. 1-2. 219-227.
139. R. VÉGH K. (1992): Talaj és gyökér kölcsönhatások a tápanyagfelvételben. *Agrokémia és Talajtan*. Akadémiai Kiadó, Budapest, Tom **41**. No 1-2. 145-157.
140. RAJKAI K. (1993): A talaj nedvességtartalmának meghatározása. In.: Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. A talajok fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata. (Szerk.: BUZÁS I.) INDA 4231 Kiadó. Budapest. 115-142.
141. READ, D.J. - PEREZ-MORENO, J., (2003): Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems - a journey towards relevance? *New Phytologist* **157**, 475-492.
142. RHODES, L.H. - GERDEMANN, J.W. (1975): Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. *New Phytol.* **75**. 555-561.
143. ROBINSON, D. - RORISON, I.H. (1983): Relationship between root morphology and nitrogen availability in a recent theoretical model describing nitrogen uptake from soil. *Plant Cell Environ.* **6**. 641-646.
144. ROUTIEN, J.B. - DAWSON, R.F. (1943): Some relationship of growth, salt adsorption, respiration and mycorrhizal development in *Pinus echinata*. *Amer. J. Bot.* **30**. 440.
145. RUBAN, JS. (2007): Effect of biofertilizer on seed yielding capacity of onion (*Allium cepa* Linn.). *Plant Archives* Vol. **7**. Issue 1. 255-256.
146. RUZSÁNYI L. - PEPÓ P. (1999): A növénytermesztés és a környezet minőségének összefüggései. In: Növénytermesztés és környezetvédelem. Stratégiai kutatások az MTA-n. MTA Agrártudományok osztálya. Budapest. 10-18.
147. SÁRDI K. - NÉMETH T. (1993): Studies on the available K content of different soils at constant moisture. *Agrokémiai és Talajtan*. **42**. (1-2). Akadémiai Kiadó, Budapest. 183-194.
148. SÁRDI K. - NÉMETH T. (1993): Studies on the Available K Content of Different Soils at Constant Moisture. *Agrokémia és Talajtan*. **42**. No. 1-2. 183-194.
149. SARKADI J., (1975): A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
150. SASVÁRI Z. (2012): Arbuskuláris mikorrhiza gombák diverzitás vizsgálata tartamkísérletekben. Doktori (Ph.D.) értekezés. Gödöllő. 11-34.
151. SCHLESINGER, W.H. - BERNHARDT, E.S. (2013): Chapter 12 – The Global Cycles of Nitrogen and Phosphorus. *Biogeochemistry* (Third Edition). An Analysis of Global Change. ISBN: 978-0-12-385874-0. 445–467.
152. SCHOEBITZ, M. - MENGUAL, C. – ROLDÁN, A. (2014): Combined effects of clay immobilized *Azospirillum brasilense* and *Pantoea dispersa* and organic olive residue on plant performance and soil properties in the revegetation of a semiarid area. *Science of The Total Environment*, Volumes **466–467**, 1 January 2014, Pages 67-73.
153. SEBASTIÁ, M.T. - RODILLA, M. - SANCHIS, J.A. - ALTUR, V. - GADEA, I. - FALCO, S. (2012): Influence of nutrient inputs from a wetland dominated by

- agriculture on the phytoplankton community in a shallow harbour at the Spanish Mediterranean coast. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **152**. 10–20.
154. SHEN, D. (1997): Microbial diversity and application of microbial products for agricultural purposes in China. *Agric. Ecosyst. Environ.* **62**, 237–245.
  155. SHETTY, K.G. - HETRICK, B.A.D. - FIGGE, D.A.H. - SCHWAB, A.P. (1994): Effects of mycorrhizae and other soil microbes on revegetation of heavy metal contaminated mine spoil. *Environ. Pollut.* **86**, 181– 188.
  156. SHIA, Y. - LALANDEB, R. - ZIADIB, N. - SHENGB, M. - HUA, Z. (2012): An assessment of the soil microbial status after 17 years of tillage and mineral P fertilization management. *Applied Soil Ecology* **62**. 14–23.
  157. SINGH, H.N. - SINGH, H.R. - VAISHAMPAYAN, A. (1979): Toxic and mutagenic action of the herbicide Alachlor (Lasso) on various strains of the nitrogen fixing blue green alga *Nostoc muscorum* and characterization of the herbicide induced mutant resistant to methyl amine and L-methionine-DL-Sulfoximine. *Environ Exp Bot* **19**. 5–12.
  158. SINGH, L.J. - TIWARI, D.N. - SINGH, H.N. (1986): Evidence for genetic control of herbicide resistance in a rice field isolate of *Gloeocapsa* sp. capable of aerobic diazotrophy under photo autotrophic conditions. *J Gen Appl Microbiol* **32**. 81–88.
  159. SINGH, R.N. (1961): Role of blue green algae in nitrogen economy of Indian agriculture. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, pp 17–19.
  160. SINGH, S. - DATTA P. - PATEL, R. (2000): Cyanobacterial flora and properties of rice field soils of Jabalpur and Katni districts of Madhya Pradesh. *Phykos* **39**. 135–140.
  161. SINGH, S. - DATTA P. - PATEL, R. (2003): Survival and growth of diazotrophic cyanobacterial isolates exposed to rice field herbicides. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **70**. 1052–1058.
  162. SINGH, S. - DATTA P. (2004): Growth and survival potentials of immobilized diazotrophic cyanobacterial isolates exposed to common rice field herbicides. *World J Microbiol Biotechnol* **21**. 441–446.
  163. SINGH, S. - DATTA P. (2006): Screening and selection of most potent diazotrophic cyanobacterial isolates exhibiting natural tolerance to rice field herbicides for exploitation as biofertilizer. *J Basic Microbiol* **46**. 219–222.
  164. SINGH, S. - DATTA P. (2007): Outdoor evaluation of herbicide resistant strains of *Anabaena variabilis* as biofertilizer for rice plants. *Plant Soil.* **296**. 95-102.
  165. SIPOS, P. et al, (2011): Accumulation of trace elements in the Fe-rich nodules in a neutral–slightly alkaline floodplain soil. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences.* **6**. 13–22.
  166. SMITH, S.E. - READ, D.J. (1997): *Mycorrhizal Symbiosis*. 2nd edition. Academic Press, San Diego.
  167. SOLTI G., (2004): Talajoltó baktériumtrágyák. *Magyar Mezőgazdaság*. 2004. 59. 39. 19.
  168. SOÓS T. - KÓNYA K. (1978): Szója rhizobium oltóanyagokkal Ramann-féle erdőtalajon végzett szabadföldi vizsgálatok. *Agrokémia és Talajtan.* **27**. 445–450.
  169. STEFAN, M. - MUNTEANUA, N. - STOLERUA, V. - MIHASANB, M. – HRITCUB, L. (2013): Seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria enhances photosynthesis and yield of runner bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Scientia Horticulturae* **151**. 22–29.
  170. STEFANOVITS P. - FILEP GY. & FÜLEKY GY. (1999): *Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.*

171. STEWART, W.D.P. - FITZERALD, G.P. - BURRIS, R.H. (1967): In situ studies on N<sub>2</sub>-fixation using the acetylene reduction technique. Proc. Natl. Acad. Sci. USA **58**:2071–2078.
172. STEWART, W.D.P. - ROWELL, P. - KERBY, N.W. - REED, R.H. - MACHRAY, G.C. (1987): N<sub>2</sub>-fixing cyanobacteria and their potential application. Phil Trans R Soc Lond B **317**. 245–258.
173. SVÁB J. (1967): Biometriai módszerek a mezőgazdasági kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
174. SYLVIA, D.M. (1989): Distribution structure and function of external hyphae of VA mycorrhizal fungi. In: Rhizosphere dynamics. (Eds.: BOX, J.E.JR.&HAMMOND, L.C.) AAAS Sel. Symp. **113**. 144-160.
175. SZABÓ A., (1986): Bevezetés a mezőgazdasági mikrobiológiába. Egyetemi jegyzet. Debrecen. 232-248.
176. SZABÓ I. M. (1986): Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
177. SZABÓ I.M. (1989): A foszfor, a vas, a szilícium és a toxikus elemek geociklusa és mikrobiológiai transzformációjuk. A bioszféra mikrobiológiája III. kötet. ISBN 963 05 4899 2. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1667-1824.
178. SZABÓ I.M. (1996): A bioszféra mikrobiológiája II. A nitrogén biogeokémiai ciklusa, mikrobiológiája és biokémiája. 1369-1556.
179. SZABÓ I.M. (2008): Az általános talajtan biológiai alapjai. Mundus Magyar Egyetemi Kiadó, Budapest. ISBN 963 9501 71 9. 29-146.
180. SZAKÁL F. (1999): A fenntartható mezőgazdaság és szerepe a vidéki térségek fejlődésében. A Falu, **14**. (2): 23–37.
181. SZÉCSI A.-KÁDÁR I.-SZÁNTÓ M. (1989): Endomikorrhiza gombák izolálása kukorica alól csernojom talajon. Agrokémia és Talajtan. **38**. 429-438.
182. SZEGI J. – VÖRÖS I. (1993): Az arbuskuláris szimbiózis néhány problémája. Agrokémia és Talajtan, Akadémiai Kiadó, Budapest. **42**. 391-407.
183. SZEGI J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
184. SZILI-KOVÁCS T. - MOLNÁR E. - VILLÁNYI I. - KNÁB M. - BÁLINT Á. - HELTAI GY. - ANTON A. (2012): CO<sub>2</sub> kibocsátás és mikrobiális aktivitás bolygatatlan talajoszlopban ásványi és istállótrágya kezelésekre kukorica jelzőnövénnyel. In: Lehoczky É (szerk.) Talaj-víz-növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben. MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest, 61-64.
185. SZILI-KOVÁCS T. - ZSUPOSNÉ O.Á. - KÁTAI J. - VILLÁNYI I. - TAKÁCS T. (2009): Talajbiológiai és talajkémiai változók közötti összefüggések néhány tartamkísérlet talajában. Agrokémia és Talajtan. **58**. 309-324.
186. SZÜCS M. - SZÜCS, M-né. (2003): Művelt talajok oldható P- és K-tartalmának változásai. Agrokémia és Talajtan. **52**. 1-2. Akadémiai Kiadó, Budapest. 53-66.
187. SZÜCS M. - SZÜCSNÉ M. (2003): Művelt talajok oldható P- és K-tartalmának változásai. Agrokémia és Talajtan **52**. (1-2.) Akadémiai Kiadó, Budapest. 53-66.
188. TÁLLAI M. et al., (2008): A tápanyagutánpótlás különböző módjainak hatása a talaj néhány mikrobiológiai tulajdonságára. Agrártudományi Közlemények. **32**. 119–126.
189. TÁLLAI, M. – JAKAB, A. - KÁTAI, J. (2011): Application of bentonite on acidic humic sandy soil. Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului Vol. **XVI**, 201. 479-484.
190. TÁLLAI, M. (2010): Comparative examination of a bacterium preparation (BACTOFIL A10) and an artificial fertilizer (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) on calcareous chernozem soil. Acta Agraria Debreceniensis. **38**. 75–80.

191. TARTOWSKY, S.L. - HOWARTH, R.W. (2013): Nitrogen, Nitrogen Cycle. In.: Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition). Editor-in-Chief: LEVIN, S.A. ISBN: 978-0-12-384720-1. 537–546.
192. TIMÁR É. (1984): Nitrogén-körforgalom a bioszférában. Szemle rovat. Agrokémia és Talajtan. **33**. No. 3-4. Akadémiai Kiadó, Budapest. 563-584.
193. TOPRE, SD. - PANIKAR, S.S. - MAHAJANI, SU. - PATIL, SB. (2011): Biofertilizer: A novel approach for agriculture. Journal of Pure and Applied Microbiology. Vol. **5**. Issue 1. pp. 161-165.
194. TORO, M. - AZCON, R. - BAREA, J.M. (1997): Improvement of arbuscular mycorrhizal development by inoculation of soil with phosphate solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (<sup>32</sup>P) and nutrient cycling. Appl. Environ. Microbiol. **63**. 4408–4412.
195. TURÁN T.P. (2003): Foszfór–cink kölcsönhatás-vizsgálatok a trágyázási kutatásokban. Szemle rovat. Agrokémia és Talajtan **52**. (1-2) Akadémiai Kiadó, Budapest. 185-194.
196. VAD A. - ZSOMBIK L. - SZABÓ A. – PEPÓ P. (2007): Critical crop management factors in sustainable maize (*Zea mays* L.) production. VI. Alps-Adria Scientific Workshop Obervellach, Austria 2007. Cereal Research Communications **35** (2) 1253-56.
197. VÁRALLYAY GY. (1993): A talajok fizikai tulajdonságainak vizsgálati módszerei. In.: Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. A talajok fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata. (Szerk.: BUZÁS I.) INDA 4231 Kiadó. Budapest. 15-55.
198. VÁRALLYAY, GY. (1997): Sustainable development – a challenge for rational land use and soil management. In: Land use and soil management (Ed. FILEP, GY.). Debrecen 1-23.
199. VERESOGLOU, S.D. - CHEN, B. - RILLIG, M.C. (2012): Arbuscular mycorrhiza and soil nitrogen cycling. Soil Biology and Biochemistry, Volume **46**, 53-62.
200. VERMA, J.P. – YADAV, J. – TIWARI, K.N. – JAISWAL, D.K. (2014): Evaluation of plant growth promoting activities of microbial strains and their effect on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in India. Soil Biology & Biochemistry **70** 33-37.
201. VESSEY, J.K. (2003): Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil, **255**. 571–586.
202. VÖRÖS I. - KÖVES-PÉCHY K. - SZEGI J. (1993a): Interaction of VAM-fungi and Rhizobium bacteria on *Pisum sativum* in Visonta mine soils. Agrokémia és Talajtan. **42**. 212-216.
203. VÖRÖS I. - KÖVES-PÉCHY K. - SZEGI J. (1993b): Spontaneous incidence of endomycorrhizal fungi on rhizobium nodules in *Pisum Sativum* sown in Spoils. Acta Microbiolog.
204. VÖRÖS I. - SZEGI J. (1991): A rekultiváció során spontán beépült endomikorrhiza flóra tanulmányozása a visontai hányóföldekben. Agrokémia és Talajtan. **40**. 431-442.
205. VÖRÖS I. - SZEGI J. (1992): Studies on the colonization of recultivated mine spoils by endomycorrhizal fungi. Zbl. Mikrobiol. **147**. 236-243.
206. WANG, MY. - HU, LB. - WANG, WH. - LIU, ST. - LI, M. – LIU, RJ. (2009): Influence of Long-Term Fixed Fertilization on Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Pedosphere, Volume **19**, Issue 5, 663-672.
207. WARING, Bonnie G. (2013): Exploring relationships between enzyme activities and leaf litter decomposition in a wet tropical forest. Soil Biology and Biochemistry, Volume **64**, 89-95.
208. WHITE, P.D. (1954): Prairie soil as a medium for tree growth. Ecology. 398.

209. WHITEHEAD, P.G. - CROSSMAN, J. (2012): Macronutrient cycles and climate change: Key science areas and an international perspective. *Science of the Total Environment* **434**. 13–17.
210. WHITTON, B.A. - POTTS, M. (2000): Introduction to the cyanobacteria. In: Whitton BA, Potts M (eds.) *The ecology of cyanobacteria*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 3–10.
211. WITKAMP M. (1966): Decomposition of leaf litter in relation to environment microflora and microbial respiration. In: *Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek*. 1979. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. (Szerk: SZEGI J.). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
212. WU, Q.-S. - Srivastava, A.K. - Zou Y.-N. (2013): AMF-induced tolerance to drought stress in citrus: A review. *Scientia Horticulturae* **164**. 77–87.
213. WU, S.C. - CAO, Z.H. - LI, Z.G. - CHEUNG, K.C. - WONG, M.H. (2005): Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AMF fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma* **125**. 155-166.
214. YAHYA, A.I. - MUHAM, B.H. - AL-NASSARI, A.S. - ABDUL-RHIDA, H. A. (1988): Effect of blue-green algae with some organic materials and NP fertilizers on rice production. *Journ. of Agric. and Water Resou. Research, Soil and Water Resources* **7**. 2. 151-165.
215. ZAVARZIN, G.A. (2008): Microbial cycles. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, *Encyclopedia of Ecology*. 2335–2341.
216. ZHANG, G.Y. - ZHANG, L.P. - WEI, M.F. - LIU, Z. - FAN, Q.L. - SHEN, Q.R. - XU, G.H. (2011): Effect of arbuscular mycorrhizal fungi, organic fertilizer and soil sterilization on maize growth. *Acta Ecologica Sinica*, Volume **31**, Issue 4, 192-196.
217. ZHAO, X. - ZHOUB, Y. - MINA, Y. - WANG, S. - SHIA, W. - XING, G. (2012): Nitrogen runoff dominates water nitrogen pollution from rice-wheat rotation in the Taihu Lake region of China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **156**. 1–11.

#### INTERNETES HIVATKOZÁSOK:

Internet1:

[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032\\_fenntarthato\\_mg\\_rendszerek\\_es\\_kornyezettechnologia/index.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_fenntarthato_mg_rendszerek_es_kornyezettechnologia/index.html)

Internet2: [http://www.complex.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=A0600036.FVM](http://www.complex.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0600036.FVM) (2014. 04. 04.)

Internet3: <http://airterkep.nebih.gov.hu/TN/Engedelykereso/Kereso.aspx>

Internet4: <http://agrobio.hu/?base=products> 2013. 10. 03.

Internet5: <http://www.sym-bio.hu/termekek.htm> 2013. 10. 03.

#### Egyéb források:

MSZ 20135:1999 Az AL-oldható foszfor és kálium tartalom vizsgálati módszere

36/2006. (V. 18.) FVM rendelet a terméskövető anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról

## Mellékletek

### I. Műtrágya és baktériumtrágyák hatása tenyészedényes kísérletben (2010-2013)

1. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj néhány fizikai paraméterére, tenyészedényes kísérletben (2010-2013, mészlepedékes csernozjom)

Fizikai tulajdonságok			
Év	K <sub>A</sub>	Nedvesség-tartalom %	Li%
<b>2010</b>	37,9	15,91	43,45
<b>2011</b>	37,5	14,63	51,02
<b>2012</b>	40	13,27	44,28
<b>2013</b>	39,8	13,98	50,12
<i>Átlag</i>	38,8	14,45	47,22
<i>Szórás</i>	1,28	1,12	3,90

2. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj néhány kémiai paraméterére, tenyészedényes kísérletben (2010, mészlepedékes csernozjom)

Kémiai tulajdonságok							
Kezelés	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Hu%	Számított Szerves C%	NO <sub>3</sub> -N mg kg <sup>-1</sup>	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>	AL-K <sub>2</sub> O mg kg <sup>-1</sup>
<b>Kontroll</b>	6,39	5,57	2,79	1,62	4,86	126	375
<b>NPK</b>	<b>6,32</b>	<b>5,43</b>	<b>2,63</b>	<b>1,53</b>	<b>4,09</b>	<b>149</b>	378
<b>Szalma</b>	<b>6,42</b>	5,57	2,77	1,61	<b>5,87</b>	134	419
<b>BactoFilA10</b>	<b>6,44</b>	5,59	2,71	1,57	<b>8,70</b>	126	398
<b>NPK+Bact.A10</b>	<b>6,37</b>	<b>5,48</b>	<b>2,81</b>	<b>1,63</b>	<b>7,91</b>	162	392
<b>Szalma+Bact.A10</b>	6,43	<b>5,53</b>	2,84	1,65	<b>10,46</b>	130	414
<b>EM-1</b>	<b>6,44</b>	5,55	2,86	1,66	<b>6,71</b>	<b>148</b>	416
<b>NPK+EM-1</b>	<b>6,38</b>	<b>5,49</b>	2,63	1,52	<b>5,71</b>	161	380
<b>Szalma+EM-1</b>	<b>6,45</b>	5,59	2,86	1,66	<b>5,99</b>	138	424
<b>Microbion UNC</b>	<b>6,45</b>	5,56	<b>3,10</b>	<b>1,80</b>	<b>7,17</b>	127	367
<b>NPK+M. UNC</b>	6,31	5,46	<b>3,11</b>	<b>1,80</b>	<b>6,91</b>	161	394
<b>Szalma+M. UNC</b>	6,44	5,60	<b>3,02</b>	<b>1,75</b>	<b>7,73</b>	129	388
<i>Átlag</i>	6,40	5,53	2,84	1,65	6,84	141	395
<i>CV%</i>	0,3	0,5	3,3	3,3	8,7	4,5	3,9
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	0,03	0,05	0,16	0,09	0,08	14	64



3. táblázat Mútrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj néhány mikrobiológiai paraméterére, tenyészedényes kísérletben (2010, mészlepedékes csernozjom)

Mikrobiológiai paraméterek							
Kezelés	Összes-baktérium szám *10 <sup>6</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Cellulóz-bontó baktériumok *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Nitrifikáló baktériumok *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Mikroszkopikus gombaszám *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> feltáródás mg kg <sup>-1</sup> 14nap <sup>-1</sup>	mg CO <sub>2</sub> 100g <sup>-1</sup> 10 nap <sup>-1</sup>	CFI mg CO <sub>2</sub> -C 100g <sup>-1</sup> 10 nap <sup>-1</sup>
Kontroll	17,88	4,09	1,99	22,33	8,41	16,02	149,11
NPK	<b>26,27</b>	4,06	0,92	<b>42,00</b>	7,60	<b>12,79</b>	123,38
Szalma	<b>11,70</b>	5,03	<b>0,57</b>	<b>35,00</b>	5,77	16,88	132,32
BactoFilA10	14,52	<b>18,75</b>	0,82	31,33	<b>1,57</b>	13,50	150,54
NPK+Bact.A10	<b>17,61</b>	4,79	1,23	43,33	<b>0,74</b>	<b>16,52</b>	118,01
Szalma+Bact.A10	13,12	<b>18,82</b>	0,57	37,33	<b>0,34</b>	17,39	<b>181,06</b>
EM-1	<b>13,67</b>	<b>18,84</b>	<b>0,68</b>	32,33	<b>4,04</b>	16,17	143,42
NPK+EM-1	<b>16,82</b>	<b>18,51</b>	2,53	37,33	<b>1,15</b>	<b>17,11</b>	108,93
Szalma+EM-1	10,79	<b>18,65</b>	1,28	<b>17,33</b>	5,44	17,34	107,17
Microbion UNC	<b>11,91</b>	<b>18,80</b>	0,82	20,33	<b>3,23</b>	17,11	143,14
NPK+M. UNC	<b>13,30</b>	4,89	<b>2,50</b>	37,67	<b>0,53</b>	<b>20,17</b>	<b>195,33</b>
Szalma+M. UNC	<b>7,24</b>	<b>18,86</b>	0,82	27,33	5,73	17,10	172,32
<i>Átlag</i>	<i>14,56</i>	<i>12,84</i>	<i>1,23</i>	<i>31,97</i>	<i>3,71</i>	<i>16,51</i>	<i>143,72</i>
<i>CV%</i>	<i>16,5</i>	<i>35,4</i>	<i>56,7</i>	<i>19,4</i>	<i>47,7</i>	<i>11,1</i>	<i>18,4</i>
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	<i>4,15</i>	<i>7,85</i>	<i>1,20</i>	<i>10,72</i>	<i>3,06</i>	<i>3,17</i>	<i>45,81</i>

4. táblázat Mútrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj enzimaktivására, tenyészedényes kísérletben (2010, mészlepedékes csernozjom)

Enzimaktivitás					
Kezelés	Ureáz NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg 100g <sup>-1</sup>	Szacharáz glükóz mg 100g <sup>-1</sup>	Kataláz O <sub>2</sub> 2perc <sup>-1</sup>	Foszfatáz P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100g 2h <sup>-1</sup>	Dehidrogenáz INTF µg g <sup>-1</sup>
Kontroll	25,61	15,93	19,0	18,10	530
NPK	19,61	<b>21,81</b>	17,5	<b>22,79</b>	506
Szalma	24,37	14,46	<b>21,5</b>	<b>22,70</b>	586
BactoFilA10	23,12	<b>10,54</b>	18,5	<b>28,63</b>	552
NPK+Bact.A10	20,72	<b>13,48</b>	18,5	25,99	411
Szalma+Bact.A10	23,50	14,95	23,0	25,88	448
EM-1	9,70	14,46	18,0	<b>25,05</b>	478
NPK+EM-1	22,22	<b>15,93</b>	18,5	24,16	<b>687</b>
Szalma+EM-1	10,41	13,72	18,0	<b>26,65</b>	499
Microbion UNC	34,49	<b>12,01</b>	20,0	<b>23,83</b>	465
NPK+M. UNC	<b>94,66</b>	<b>15,44</b>	18,0	22,93	451
Szalma+M. UNC	<b>51,91</b>	13,72	21,0	25,20	<b>390</b>
<i>Átlag</i>	<i>30,03</i>	<i>14,70</i>	<i>19</i>	<i>24,33</i>	<i>500,25</i>
<i>CV%</i>	<i>52,4</i>	<i>13,5</i>	<i>6,8</i>	<i>7,80</i>	<i>16,6</i>
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	<i>27,34</i>	<i>3,44</i>	<i>2,27</i>	<i>3,64</i>	<i>143,6</i>

5. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása az angolperje (*Lolium perenne*, L.) biomasszájára, tenyészedényes kísérletben (2010)

Angolperje biomassza								
Kezelés	Zöldtömeg 1. vágás g edény <sup>-1</sup>	Zöldtömeg 2. vágás g edény <sup>-1</sup>	Zöldtömeg g edény <sup>-1</sup>	Száraz tömeg 1. vágás g edény <sup>-1</sup>	Száraz tömeg 2. vágás g edény <sup>-1</sup>	Száraz tömeg g edény <sup>-1</sup>	Szárazanyag % átlag	Nedvesség tartalom % átlag
Kontroll	4,45	1,77	6,22	1,30	0,66	1,95	31,40	68,60
NPK	<b>15,91</b>	3,14	<b>19,04</b>	<b>3,87</b>	0,86	<b>4,73</b>	24,53	<b>75,47</b>
Szalma	3,27	1,31	4,58	1,09	0,54	1,63	35,77	64,23
BactoFilA10	4,26	1,55	5,81	1,23	0,63	1,86	32,04	67,96
NPK+Bact.A10	16,48	3,52	19,99	4,00	1,16	5,16	25,81	74,19
Szalma+Bact. A10	2,88	1,62	4,50	0,83	0,58	1,41	31,40	68,60
EM-1	9,04	1,55	10,59	2,69	0,56	3,26	31,62	68,38
NPK+EM-1	11,58	2,00	13,58	2,92	0,80	3,72	28,51	71,49
Szalma+EM-1	3,54	1,52	10,42	1,02	0,64	1,66	33,91	66,09
Microbion UNC	8,23	2,19	5,05	2,07	0,63	2,90	35,00	65,00
NPK+M. UNC	12,15	1,64	15,36	<b>1,22</b>	0,99	3,95	26,97	73,03
Szalma+M. UNC	3,54	3,20	5,26	2,96	0,84	1,85	30,63	69,37
<i>Átlag</i>	7,95	2,08	10,03	2,10	0,74	2,84	31,72	69,37
<i>CV%</i>	58,90	39,90	53,10	55,50	38,20	47,60	16,00	4,9
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	7,93	1,41	9,02	1,97	0,48	2,29	8,58	5,7

6. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj néhány kémiai paraméterére, tenyészedényes kísérletben (2011, mészlepedékes csernozjom)

Kémiai tulajdonságok							
Kezelés	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Hu%	Számított Szerves C%	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg kg <sup>-1</sup>	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>	AL-K <sub>2</sub> O mg kg <sup>-1</sup>
Kontroll	7,72	7,09	3,02	1,75	3,72	312,0	360
NPK	7,73	<b>6,98</b>	2,97	1,72	3,05	326,7	340
Szalma	<b>7,74</b>	7,07	2,99	1,73	<b>4,59</b>	<b>267,2</b>	353
BactoFilA10	<b>7,77</b>	7,06	2,87	1,66	3,00	<b>236,2</b>	<b>318</b>
NPK+Bact.A10	7,74	<b>7,07</b>	3,03	1,75	3,39	<b>276,7</b>	350
Szalma+Bact. A10	7,74	7,06	<b>3,30</b>	<b>1,91</b>	<b>2,94</b>	283,7	350
EM-1	<b>7,70</b>	<b>7,03</b>	3,16	1,83	<b>2,34</b>	305,2	<b>323</b>
NPK+EM-1	<b>7,68</b>	7,01	3,00	1,74	3,35	329,2	311
Szalma+EM-1	<b>7,68</b>	<b>7,01</b>	<b>3,25</b>	<b>1,88</b>	<b>2,58</b>	<b>309,7</b>	331
Microbion UNC	7,72	7,11	3,04	1,76	4,31	<b>253,2</b>	368
NPK+M. UNC	7,74	<b>7,13</b>	2,99	1,74	<b>4,70</b>	<b>279,2</b>	353
Szalma+M. UNC	7,74	<b>7,12</b>	2,81	1,63	5,01	268,7	<b>375</b>
<i>Átlag</i>	7,72	7,06	3,03	1,76	3,58	287,3	344,1
<i>CV%</i>	0,2	0,5	5,0	5,0	12,03	6,98	3,6
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	0,02	0,05	0,26	0,15	0,73	33,8	21,65

7. táblázat Mútrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj néhány mikrobiológiai paraméterére, tenyészedényes kísérletben (2011, mészlepedékes csernozjom)

Mikrobiológiai paraméterek							
Kezelés	Összes-baktérium szám *10 <sup>6</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Cellulóz-bontó baktériumok *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Nitrifikáló baktériumok *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Mikroszkopikus gombaszám *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> feltáródás mg kg <sup>-1</sup> 14nap <sup>-1</sup>	mg CO <sub>2</sub> 100g <sup>-1</sup> 10 nap <sup>-1</sup>	CFI mg CO <sub>2</sub> -C 100g <sup>-1</sup> 10 nap <sup>-1</sup>
Kontroll	10,18	1,09	0,53	58,33	19,98	15,77	157,69
NPK	15,09	0,89	<b>0,23</b>	<b>45,00</b>	<b>12,27</b>	15,27	152,70
Szalma	5,91	0,70	<b>0,57</b>	<b>22,00</b>	<b>13,92</b>	15,48	154,78
BactoFilA10	14,45	0,38	<b>1,62</b>	<b>30,00</b>	16,14	<b>13,30</b>	<b>133,04</b>
NPK+Bact.A10	10,91	0,90	0,23	<b>29,00</b>	16,09	14,19	141,85
Szalma+Bact. A10	<b>14,00</b>	1,07	<b>0,43</b>	<b>48,00</b>	16,22	14,27	142,69
EM-1	14,18	1,36	0,51	53,67	<b>10,34</b>	14,29	142,92
NPK+EM-1	15,00	0,87	<b>0,50</b>	51,00	10,21	14,24	142,43
Szalma+EM-1	<b>12,55</b>	0,23	<b>0,09</b>	<b>34,00</b>	10,77	<b>12,50</b>	<b>125,04</b>
Microbion UNC	9,45	<b>1,96</b>	<b>0,23</b>	<b>37,00</b>	16,45	<b>13,87</b>	<b>138,67</b>
NPK+M. UNC	13,41	<b>2,06</b>	0,23	<b>36,67</b>	<b>18,35</b>	15,59	155,90
Szalma+M. UNC	<b>12,18</b>	0,92	<b>0,09</b>	<b>41,00</b>	<b>20,06</b>	15,52	155,18
<i>Átlag</i>	<i>12,27</i>	<i>1,04</i>	<i>0,43</i>	<i>40,47</i>	<i>15,06</i>	<i>14,52</i>	<i>145,24</i>
<i>CV%</i>	<i>1,2</i>	<i>2,6</i>	<i>4,7</i>	<i>2,5</i>	<i>15,20</i>	<i>5,7</i>	<i>5,7</i>
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	<i>4,93</i>	<i>0,77</i>	<i>0,03</i>	<i>7,06</i>	<i>3,95</i>	<i>1,67</i>	<i>14,3</i>

8. táblázat Mútrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj enzimaktivására, tenyészedényes kísérletben (2011, mészlepedékes csernozjom)

Enzimaktivitás					
Kezelés	Ureáz NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg 100g <sup>-1</sup>	Szacharáz glükóz mg 100g <sup>-1</sup>	Kataláz O <sub>2</sub> 2perc <sup>-1</sup>	Foszfátáz P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100g 2h <sup>-1</sup>	Dehidroge náz INTF µg g <sup>-1</sup>
Kontroll	2,65	16,17	28,0	10,44	129,5
NPK	10,10	<b>14,46</b>	<b>25,0</b>	12,03	<b>110,8</b>
Szalma	<b>25,05</b>	<b>14,21</b>	<b>27,0</b>	11,08	<b>118,1</b>
BactoFilA10	<b>21,25</b>	<b>12,50</b>	<b>26,0</b>	<b>12,97</b>	127,3
NPK+Bact.A10	<b>40,09</b>	<b>12,99</b>	25,0	12,66	<b>124,8</b>
Szalma+Bact. A10	<b>48,94</b>	<b>12,99</b>	<b>26,0</b>	13,29	<b>130,0</b>
EM-1	<b>26,24</b>	<b>14,46</b>	<b>29,0</b>	<b>14,24</b>	132,0
NPK+EM-1	<b>35,74</b>	14,21	<b>30,0</b>	13,92	<b>157,3</b>
Szalma+EM-1	20,45	13,97	27,0	<b>14,87</b>	<b>127,3</b>
Microbion UNC	<b>49,59</b>	<b>13,72</b>	<b>30,0</b>	<b>14,87</b>	<b>140,2</b>
NPK+M. UNC	<b>31,23</b>	<b>13,48</b>	<b>31,0</b>	<b>14,87</b>	<b>162,6</b>
Szalma+M. UNC	<b>57,32</b>	<b>12,99</b>	<b>29,0</b>	<b>16,14</b>	<b>125,2</b>
<i>Átlag</i>	<i>30,72</i>	<i>13,84</i>	<i>27,6</i>	<i>13,45</i>	<i>132,9</i>
<i>CV%</i>	<i>26,70</i>	<i>3,80</i>	<i>1,9</i>	<i>10,60</i>	<i>3,00</i>
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	<i>10,89</i>	<i>0,90</i>	<i>0,88</i>	<i>2,41</i>	<i>6,67</i>

9. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása az angolperje (*Lolium perenne*, L.) biomasszájára, tenyészedényes kísérletben (2011)

Angolperje biomassza								
Kezelés	Zöldtömeg 1. vágás g edény <sup>-1</sup>	Zöldtömeg 2. vágás g edény <sup>-1</sup>	Zöldtömeg g edény <sup>-1</sup>	Száraz tömeg 1. vágás g edény <sup>-1</sup>	Száraz tömeg 2. vágás g edény <sup>-1</sup>	Száraz tömeg g edény <sup>-1</sup>	Szárazanyag % átlag	Nedvesség tartalom % átlag
Kontroll	5,21	1,34	6,55	0,79	0,56	1,35	20,60	79,40
NPK	<b>9,62</b>	<b>3,78</b>	<b>13,40</b>	<b>1,93</b>	<b>1,41</b>	<b>3,35</b>	<b>24,98</b>	<b>75,02</b>
Szalma	<b>3,07</b>	1,51	<b>4,58</b>	<b>0,45</b>	0,58	1,03	22,41	77,59
BactoFila10	4,55	1,27	5,82	0,77	0,51	1,29	21,91	78,09
NPK+Bact.A10	<b>7,34</b>	3,39	<b>10,73</b>	<b>1,63</b>	1,40	3,03	<b>29,17</b>	<b>70,83</b>
Szalma+Bact. A10	2,82	1,15	3,97	0,40	<b>0,47</b>	0,86	21,67	78,33
EM-1	4,61	1,69	6,30	0,66	0,64	1,30	20,64	79,36
NPK+EM-1	8,99	<b>2,94</b>	<b>11,93</b>	<b>1,56</b>	<b>1,30</b>	2,86	23,92	76,08
Szalma+EM-1	2,91	1,41	4,32	0,47	0,50	0,97	22,33	77,67
Microbion UNC	<b>4,31</b>	1,71	6,02	<b>0,52</b>	0,62	1,14	18,92	81,08
NPK+M. UNC	<b>8,75</b>	<b>3,03</b>	<b>11,79</b>	<b>1,67</b>	1,35	3,02	25,64	74,36
Szalma+M. UNC	2,61	1,05	<b>3,66</b>	0,32	<b>0,46</b>	0,78	21,29	78,71
<i>Átlag</i>	5,40	2,02	7,42	0,93	0,82	1,75	22,21	77,79
<i>CV%</i>	9,30	15,40	6,60	10,90	7,40	35,8	2,70	9,10
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	0,87	0,54	0,85	0,17	0,10	1,08	3,58	3,58

10. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj néhány kémiai paraméterére, tenyészedényes kísérletben (2012, mészlepedékes csernozjom)

Kémiai tulajdonságok							
Kezelés	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Hu%	Számított Szerves C%	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg kg <sup>-1</sup>	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>	AL-K <sub>2</sub> O mg kg <sup>-1</sup>
Kontroll	7,89	7,59	2,03	1,18	2,41	149,2	249,5
NPK	<b>7,96</b>	<b>7,62</b>	2,03	1,18	1,89	<b>170,4</b>	<b>203,3</b>
Szalma	<b>7,96</b>	<b>7,63</b>	<b>2,25</b>	<b>1,31</b>	<b>4,67</b>	<b>136,3</b>	<b>286,5</b>
BactoFila10	<b>7,99</b>	<b>7,66</b>	1,96	1,13	<b>5,43</b>	<b>168,6</b>	240,3
NPK+Bact.A10	8,00	<b>7,67</b>	<b>2,20</b>	<b>1,27</b>	<b>3,35</b>	<b>157,7</b>	<b>240,3</b>
Szalma+Bact. A10	7,97	7,65	2,24	1,30	<b>5,60</b>	<b>153,8</b>	<b>221,8</b>
EM-1	<b>7,99</b>	<b>7,66</b>	1,97	1,14	<b>4,09</b>	<b>136,6</b>	268,0
NPK+EM-1	7,98	7,64	2,10	1,22	<b>3,61</b>	<b>151,2</b>	221,8
Szalma+EM-1	7,96	7,62	2,13	1,24	4,22	132,7	<b>240,3</b>
Microbion UNC	<b>8,05</b>	<b>7,68</b>	2,08	1,20	2,26	<b>127,9</b>	258,7
NPK+M. UNC	<b>8,03</b>	<b>7,66</b>	2,05	1,19	<b>2,83</b>	172,2	221,8
Szalma+M. UNC	7,97	7,63	2,27	1,31	<b>5,55</b>	<b>144,9</b>	<b>249,5</b>
<i>Átlag</i>	7,98	7,64	2,11	1,22	3,82	150,1	241,8
<i>CV%</i>	0,4	0,3	3,3	3,3	9,4	3,4	6,8
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	0,05	0,03	0,12	0,07	0,61	8,76	27,78

11. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj néhány mikrobiológiai paraméterére, tenyészedényes kísérletben (2012, mészlepedékes csernozjom)

Mikrobiológiai paraméterek							
Kezelés	Összes-baktérium szám *10 <sup>6</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Cellulóz-bontó baktériumok *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Nitrifikáló baktériumok *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Mikroszkopikus gombaszám *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> feltáródás mg kg <sup>-1</sup> 14nap <sup>-1</sup>	mg CO <sub>2</sub> 100g <sup>-1</sup> 10 nap <sup>-1</sup>	CFI mg CO <sub>2</sub> -C 100g <sup>-1</sup> 10 nap <sup>-1</sup>
Kontroll	3,91	0,242	6,03	22	13,89	14,3	101,1
NPK	<b>7,23</b>	0,287	<b>10,23</b>	21	<b>4,87</b>	<b>13,0</b>	<b>121,1</b>
Szalma	<b>7,05</b>	<b>1,595</b>	<b>1,95</b>	<b>58</b>	<b>9,04</b>	<b>13,2</b>	<b>126,4</b>
BactoFilA10	<b>5,09</b>	0,293	<b>2,73</b>	<b>43</b>	10,82	<b>13,2</b>	<b>127,4</b>
NPK+Bact.A10	<b>5,77</b>	0,219	<b>2,65</b>	<b>30</b>	8,44	12,7	<b>127,2</b>
Szalma+Bact. A10	<b>4,55</b>	<b>3,961</b>	<b>6,15</b>	<b>36</b>	9,94	13,7	<b>133,8</b>
EM-1	<b>4,73</b>	<b>0,302</b>	<b>10,75</b>	<b>29</b>	<b>8,98</b>	<b>13,6</b>	<b>130,4</b>
NPK+EM-1	<b>4,64</b>	<b>0,684</b>	<b>1,89</b>	<b>25</b>	<b>9,05</b>	13,0	<b>124,5</b>
Szalma+EM-1	<b>4,05</b>	<b>2,039</b>	<b>2,51</b>	<b>38</b>	10,52	13,3	<b>135,9</b>
Microbion UNC	<b>7,55</b>	<b>3,160</b>	5,91	<b>26</b>	11,49	<b>13,2</b>	<b>127,1</b>
NPK+M. UNC	<b>7,95</b>	<b>1,194</b>	<b>0,77</b>	<b>38</b>	6,34	12,6	122,7
Szalma+M. UNC	<b>6,77</b>	<b>0,364</b>	<b>10,53</b>	<b>32</b>	6,82	13,4	<b>135,1</b>
<i>Átlag</i>	<i>5,77</i>	<i>1,195</i>	<i>5,17</i>	<i>33</i>	<i>9,18</i>	<i>13,3</i>	<i>126,1</i>
<i>CV%</i>	<i>28,1</i>	<i>3,3</i>	<i>2,1</i>	<i>24,0</i>	<i>23,3</i>	<i>1,8</i>	<i>1,2</i>
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	<i>0,18</i>	<i>0,06</i>	<i>0,19</i>	<i>1,70</i>	<i>3,69</i>	<i>0,52</i>	<i>3,29</i>

12. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj enzimaktivitására, tenyészedényes kísérletben (2012, mészlepedékes csernozjom)

Enzimaktivitás					
Kezelés	Ureáz NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg 100g <sup>-1</sup>	Szacharáz glükóz mg 100g <sup>-1</sup>	Kataláz O <sub>2</sub> 2perc <sup>-1</sup>	Foszfátáz P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100g 2h <sup>-1</sup>	Dehidrogenáz INTF µg g <sup>-1</sup>
Kontroll	86,4	14,7	31	9,53	478,7
NPK	<b>105,5</b>	13,97	<b>22,5</b>	<b>5,98</b>	521,2
Szalma	<b>107,7</b>	<b>12,99</b>	<b>26</b>	<b>6,29</b>	585,0
BactoFilA10	86,5	<b>12,74</b>	29	<b>6,89</b>	563,7
NPK+Bact.A10	101,0	14,33	<b>28</b>	5,38	548,7
Szalma+Bact. A10	<b>91,9</b>	13,35	<b>29,5</b>	7,80	<b>415,0</b>
EM-1	81,7	<b>12,96</b>	<b>26</b>	<b>7,12</b>	427,5
NPK+EM-1	102,6	<b>14,95</b>	25,5	<b>8,17</b>	450,0
Szalma+EM-1	102,3	12,99	26	6,97	506,2
Microbion UNC	<b>102,7</b>	13,52	<b>27,5</b>	11,35	456,2
NPK+M. UNC	<b>96,8</b>	13,48	25,5	<b>8,10</b>	443,7
Szalma+M. UNC	<b>116,9</b>	12,13	25,5	<b>11,88</b>	528,7
<i>Átlag</i>	<i>98,5</i>	<i>13,5</i>	<i>27</i>	<i>7,95</i>	<i>493,7</i>
<i>CV%</i>	<i>6,7</i>	<i>5,4</i>	<i>7,2</i>	<i>21,8</i>	<i>13,1</i>
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	<i>7,94</i>	<i>1,25</i>	<i>3,3</i>	<i>1,97</i>	<i>111,9</i>

13. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása az angolperje (*Lolium perenne*, L.) biomasszájára, tenyészedényes kísérletben (2012)

Angolperje biomassza								
Kezelés	Zöldtömeg 1. vágás g edény <sup>-1</sup>	Zöldtömeg 2. vágás g edény <sup>-1</sup>	Zöldtömeg g edény <sup>-1</sup>	Száraz tömeg 1. vágás g edény <sup>-1</sup>	Száraz tömeg 2. vágás g edény <sup>-1</sup>	Száraz tömeg g edény <sup>-1</sup>	Szárazanyag % átlag	Nedvesség tartalom % átlag
Kontroll	5,80	1,38	7,18	1,35	0,24	1,59	22,12	77,88
NPK	<b>14,84</b>	<b>3,69</b>	<b>18,52</b>	<b>3,07</b>	<b>0,88</b>	<b>3,96</b>	21,35	78,65
Szalma	4,34	1,22	5,56	1,05	0,29	1,34	24,10	75,90
BactoFilA10	5,40	1,04	6,44	1,28	0,15	1,43	21,94	78,06
NPK+Bact.A10	11,59	3,94	<b>15,53</b>	<b>2,35</b>	1,01	3,36	21,60	78,40
Szalma+Bact. A10	6,53	0,99	4,92	1,00	0,11	1,11	22,62	77,38
EM-1	5,30	1,09	6,38	1,23	0,19	1,42	22,37	77,63
NPK+EM-1	12,78	3,89	16,67	<b>2,50</b>	0,81	3,32	19,92	80,08
Szalma+EM-1	3,58	1,27	4,91	0,91	0,28	1,19	24,12	75,88
Microbion UNC	5,36	1,19	6,55	1,32	0,12	1,44	21,95	78,05
NPK+M. UNC	<b>9,45</b>	3,73	<b>15,90</b>	2,86	1,02	3,89	24,67	75,33
Szalma+M. UNC	3,41	1,06	4,63	0,72	0,15	0,86	<b>18,58</b>	<b>81,42</b>
<i>Átlag</i>	7,36	2,04	9,43	1,64	0,44	2,07	22,11	77,88
<i>CV%</i>	31,0	32,8	13,0	16,2	53,1	16,2	13,4	3,8
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	3,86	1,13	2,08	0,45	0,39	1,34	5,01	5,01

14. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj néhány kémiai paraméterére, tenyészedényes kísérletben (2013, mészlepedékes csernozjom)

Kémiai tulajdonságok							
Kezelés	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Hu%	Számított Szerves C%	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mg kg <sup>-1</sup>	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>	AL-K <sub>2</sub> O mg kg <sup>-1</sup>
Kontroll	6,2	5,08	3,083	1,79	5,15	55,4	168,6
NPK	6,42	5,54	3,007	1,74	4,67	109,8	168,6
Szalma	6,64	5,70	3,127	1,81	4,11	<b>143,2</b>	<b>265,0</b>
BactoFilA10	<b>6,80</b>	<b>5,93</b>	2,949	1,71	<b>3,40</b>	<b>122,1</b>	<b>210,8</b>
NPK+Bact.A10	6,56	5,68	2,938	1,70	4,36	<b>176,8</b>	<b>234,9</b>
Szalma+Bact. A10	<b>7,53</b>	<b>6,85</b>	2,857	1,66	<b>2,82</b>	<b>246,7</b>	<b>253,0</b>
EM-1	<b>6,77</b>	<b>5,94</b>	3,199	1,86	<b>3,11</b>	<b>136,6</b>	<b>240,9</b>
NPK+EM-1	6,64	5,83	3,218	1,87	4,34	<b>180,5</b>	<b>246,9</b>
Szalma+EM-1	<b>8,18</b>	<b>7,40</b>	<b>2,669</b>	<b>1,55</b>	<b>1,76</b>	<b>206,6</b>	<b>253,0</b>
Microbion UNC	<b>6,86</b>	<b>6,07</b>	3,423	1,99	4,69	<b>156,3</b>	<b>253,0</b>
NPK+M. UNC	6,62	5,76	2,925	1,70	3,86	161,2	<b>228,9</b>
Szalma+M. UNC	<b>8,19</b>	<b>7,42</b>	<b>2,652</b>	<b>1,54</b>	<b>2,53</b>	<b>233,4</b>	259,0
<i>Átlag</i>	6,85	6,07	3,003	1,74	3,73	160,7	231,9
<i>CV%</i>	4,8	5,8	7,2	7,2	16,2	22,4	2,1
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	0,57	0,61	0,375	0,22	1,05	61,1	10,8

15. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj néhány mikrobiológiai paraméterére, tenyészedényes kísérletben (2013, mészlepedékes csernozjom)

Mikrobiológiai paraméterek							
Kezelés	Összes-baktérium szám *10 <sup>6</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Cellulóz-bontó baktériumok *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Nitrifikáló baktériumok *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Mikroszkopikus gombaszám *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> feltáródás mg kg <sup>-1</sup> 14nap <sup>-1</sup>	mg CO <sub>2</sub> 100g <sup>-1</sup> 10 nap <sup>-1</sup>	CFI mg CO <sub>2</sub> -C 100g <sup>-1</sup> 10 nap <sup>-1</sup>
Kontroll	3,77	0,196	0,564	31,5	5,27	10,25	85,6
NPK	6,55	0,313	0,882	<b>24,5</b>	<b>9,84</b>	12,31	95,1
Szalma	<b>7,00</b>	0,169	0,591	<b>48,5</b>	<b>10,46</b>	<b>13,87</b>	<b>105,6</b>
BactoFilA10	6,00	0,277	0,381	29	8,51	<b>13,43</b>	<b>101,9</b>
NPK+Bact.A10	9,00	0,515	<b>1,424</b>	<b>38,5</b>	<b>5,00</b>	13,06	98,3
Szalma+Bact. A10	8,59	0,452	<b>1,275</b>	<b>42,5</b>	10,24	14,23	106,1
EM-1	<b>10,95</b>	<b>0,794</b>	0,555	<b>58,5</b>	4,54	11,33	90,6
NPK+EM-1	<b>10,23</b>	0,310	<b>1,551</b>	<b>31</b>	8,75	14,02	103,5
Szalma+EM-1	7,45	<b>0,621</b>	<b>1,496</b>	<b>6,5</b>	<b>5,76</b>	13,04	99,8
Microbion UNC	6,55	0,319	0,262	<b>46</b>	3,28	11,19	90,0
NPK+M. UNC	<b>10,32</b>	0,440	<b>1,664</b>	<b>27,5</b>	8,94	13,91	103,0
Szalma+M. UNC	<b>10,05</b>	0,300	<b>1,616</b>	<b>9,5</b>	<b>5,16</b>	13,91	104,3
<i>Átlag</i>	<i>8,04</i>	<i>0,39</i>	<i>1,022</i>	<i>32,8</i>	<i>7,15</i>	<i>12,88</i>	<i>98,6</i>
<i>CV%</i>	<i>21,0</i>	<i>43,3</i>	<i>29,0</i>	<i>4,4</i>	<i>35,2</i>	<i>7,5</i>	<i>5,0</i>
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	<i>2,91</i>	<i>0,29</i>	<i>0,513</i>	<i>2,5</i>	<i>4,35</i>	<i>2,12</i>	<i>10,8</i>

16. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása a talaj enzimaktivitására, tenyészedényes kísérletben (2013, mészlepedékes csernozjom)

Enzimaktivitás					
Kezelés	Ureáz NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg 100g <sup>-1</sup>	Szacharáz glükóz mg 100g <sup>-1</sup>	Kataláz O <sub>2</sub> 2perc <sup>-1</sup>	Foszfátáz P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100g 2h <sup>-1</sup>	Dehidrogenáz INTF µg g <sup>-1</sup>
Kontroll	9,78	14,70	27,5	19,75	268,1
NPK	8,91	<b>13,48</b>	<b>24,5</b>	<b>22,86</b>	260,4
Szalma	11,61	<b>13,23</b>	<b>26,0</b>	<b>21,82</b>	274,8
BactoFilA10	10,28	<b>13,48</b>	<b>25,5</b>	<b>26,70</b>	271,6
NPK+Bact.A10	11,38	14,33	<b>28,0</b>	<b>24,87</b>	252,7
Szalma+Bact. A10	<b>5,59</b>	13,48	<b>29,5</b>	<b>24,27</b>	241,1
EM-1	8,90	<b>12,72</b>	<b>24,5</b>	<b>24,42</b>	223,1
NPK+EM-1	13,10	<b>14,95</b>	<b>29,5</b>	23,50	297,8
Szalma+EM-1	14,68	13,23	<b>30,5</b>	<b>23,83</b>	278,1
Microbion UNC	13,87	<b>13,28</b>	<b>25,5</b>	<b>26,23</b>	233,8
NPK+M. UNC	11,78	13,97	<b>26,0</b>	<b>25,65</b>	240,7
Szalma+M. UNC	9,77	12,62	<b>28,5</b>	<b>24,96</b>	235,2
<i>Átlag</i>	<i>10,80</i>	<i>13,62</i>	<i>27,1</i>	<i>24,07</i>	<i>256,4</i>
<i>CV%</i>	<i>26,5</i>	<i>3,2</i>	<i>1,2</i>	<i>4,0</i>	<i>14,0</i>
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	<i>4,85</i>	<i>0,96</i>	<i>0,70</i>	<i>1,62</i>	<i>60,7</i>

17. táblázat Műtrágya és baktériumtrágyák hatása az angolperje (*Lolium perenne*, L.) biomasszájára, tenyészedényes kísérletben (2013)

Angolperje biomassza								
Kezelés	Zöldtömeg 1. vágás g edény <sup>-1</sup>	Zöldtömeg 2. vágás g edény <sup>-1</sup>	Zöldtömeg g edény <sup>-1</sup>	Száraz tömeg 1. vágás g edény <sup>-1</sup>	Száraz tömeg 2. vágás g edény <sup>-1</sup>	Száraz tömeg g edény <sup>-1</sup>	Szárazanyag % átlag	Nedvesség tartalom % átlag
Kontroll	5,05	1,80	6,85	1,03	0,46	1,49	21,70	78,29
NPK	<b>14,07</b>	<b>5,54</b>	<b>19,61</b>	<b>2,73</b>	<b>1,37</b>	<b>4,09</b>	20,88	79,11
Szalma	4,19	<b>2,52</b>	6,71	0,76	<b>0,61</b>	1,37	20,50	<b>79,47</b>
BactoFilA10	<b>2,81</b>	2,11	4,92	0,58	<b>0,57</b>	1,15	<b>23,38</b>	<b>76,61</b>
NPK+Bact.A10	14,27	6,13	20,40	2,90	<b>1,68</b>	<b>4,57</b>	<b>22,42</b>	<b>77,58</b>
Szalma+Bact. A10	4,85	2,31	7,15	<b>1,02</b>	0,65	<b>1,67</b>	<b>23,19</b>	<b>76,85</b>
EM-1	4,28	<b>2,58</b>	6,85	0,95	<b>0,72</b>	1,67	<b>24,32</b>	<b>75,71</b>
NPK+EM-1	<b>11,57</b>	5,86	<b>17,43</b>	<b>2,27</b>	<b>1,62</b>	3,89	<b>22,29</b>	<b>77,71</b>
Szalma+EM-1	5,34	2,14	7,47	<b>1,20</b>	0,59	<b>1,79</b>	<b>23,90</b>	<b>76,10</b>
Microbion UNC	4,28	<b>2,44</b>	6,71	0,98	<b>0,71</b>	1,70	<b>25,29</b>	<b>74,70</b>
NPK+M. UNC	<b>11,44</b>	5,66	<b>17,10</b>	<b>2,09</b>	<b>1,48</b>	<b>3,56</b>	20,82	79,18
Szalma+M. UNC	5,32	2,35	<b>7,67</b>	<b>1,17</b>	<b>0,71</b>	<b>1,87</b>	<b>24,40</b>	<b>75,60</b>
<i>Átlag</i>	7,29	3,45	10,73	1,47	0,93	2,39	22,76	77,24
<i>CV%</i>	12,0	8,0	6,1	10,4	5,7	6,3	3,0	0,9
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	1,92	0,61	0,95	0,22	0,08	0,22	0,99	0,99



18. táblázat A műtrágya és baktériumtrágya tenyészedényes kísérlet kezeléseinek hatásainak összesítése

Műtrágya és baktériumtrágyák tenyészedényes kísérlet alkalmazott kezelése (2010-2013)													
Kezelés	1. Kontroll	2. NPK	3. Szalma	4. BactoFil A10	5. NPK+BactoFil A10	6. Szalma+BactoFil A10	7. EM-1	8. NPK+EM-1	9. Szalma+EM-1	10. Microbion UNC	11. NPK+Microbion UNC	12. Szalma+Microbion UNC	Leghatékonyabb kezelés(ek)
<b>Vizsgált talajkémiai tulajdonságok</b>													
pH <sub>KCl</sub>		--+0*	00+0	00++	+++0	-0+0	0+++	+000	0-0+	00++	0++0	0+0+	5., 7.
NO <sub>3</sub> -N		-000	+++0	+0+-	+0+0	++-	++-	+0+0	+0-	+000	+++0	+0+-	3., 11.
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		+0+0	0--+	0-++	0--+	00++	+0-+	00-+	0+0+	0--+	0-00	00++	2., 6., 9., 12.
AL-K <sub>2</sub> O		00-0	00++	0-0+	00++	00--	0-0-	000+	00--	000+	000+	0+0-	3., 5.
<b>Vizsgált talajmikrobiológiai tulajdonságok</b>													
Összes-baktériumszám		+0+0	-0++	00+0	-0-0	0+-0	-0++	-0-+	0+-0	+0+0	-0++	++-	2., 10.
Cellulóz-bontó baktériumok		0000	00+0	+000	0000	+0+0	+0++	+0+0	+0++	+++0	0+0+	+0-0	7., 9., 10.
Nitrifikáló baktériumok		0-+0	--+0	0+-0	00-+	0-++	-0+0	0-++	0-++	0-00	+0-+	0-++	4., 5., 8., 11.
Mikroszkopikus gombaszám		+0-	+++	0-+0	0-++	00++	00++	00++	--+	0-++	0-++	0-+-	6., 7., 8.
Nitrát-feltáródás		0-++	0-++	-000	-00-	-000	---0	-0+0	000-	-000	--00	0+0-	11., 12.
CO <sub>2</sub>		-0-0	00-+	0-++	+000	0000	00-0	+000	0-00	0-0-	+000	0000	5., 8., 11.
Mikrobiális biomassza-C (CFI)		00+0	00++	0-++	00+0	+0+0	00+0	00+0	0-+0	0-+0	+000	00+0	3., 6.
<b>Enzimaktivitások</b>													
Uréáz		00+0	0+0+	0+00	0+00	0+-	0+00	0+00	0000	0+0+	++-0	+++0	12.
Szacharáz		+0-	0---	----	--00	0-00	0---	-0++	0000	--0-	--00	0-00	8.
Kataláz		0---	+++	0---	00++	0-++	0+-	0+0+	000+	0-+-	0+0+	0+0+	5., 8., 11.
Foszfátáz		+0-+	+0-+	+++	000+	000+	+++	00+0	+0+0	+0+0	0+++	0+++	9., 10., 11., 12.
Dehidrogenáz		0-00	0-00	0000	0+00	0+-0	0000	+0+0	0+00	0+00	0+00	+0+0	8.
<b>Vizsgált növényi biomassza</b>													
Perje száraz tömeg (1.+2. vágás)		+++	0000	0000	0-0+	000+	+00	0000	+0+0	0000	--0-	+00+	2.
*A jelölések (a 4 év sorrendjében): + szignifikáns növekedés, - szignifikáns csökkenés, 0 nincs szignifikáns különbség <span style="background-color: red; color: black;">0</span> leghatékonyabb kezelés <span style="background-color: cyan; color: black;">0</span> legkevésbé hatékony kezelés													

## II. A műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérlet eredményeinek összefoglaló táblázatai (2012-2013)

19. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a talaj néhány fizikai paraméterére, tenyészedényes kísérletben (2012-2013, humuszos homok)

Fizikai tulajdonságok			
Év	K <sub>A</sub>	Nedvesség-tartalom %	Li%
2012	25-30	9,02	15
2013	25-30	8,34	12
Átlag	25-30	8,68	13,5
Szórás	-	0,48	2,12

20. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a talaj kémhatására tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

A kémhatás változása						
Kezelés	2012		2013		Átlag	
	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>
Kontroll	6,33	5,89	6,02	5,31	6,12	5,50
NPK	6,17	5,74	5,43	5,02	5,68	5,26
Amykor 1 1x	6,38	5,95	6,19	5,40	6,24	5,60
NPK+Amykor 1 1x	6,05	5,66	5,43	5,00	5,75	5,34
Amykor 1 2x	6,27	5,87	6,22	5,43	6,21	5,58
NPK+Amykor 1 2x	5,75	5,51	5,51	5,07	5,64	5,29
Amykor 2 1x	-	-	6,15	5,45	6,15	5,45
NPK+Amykor 2 1x	-	-	5,76	5,37	5,76	5,37
Amykor 2 2x	-	-	6,14	5,44	6,14	5,44
NPK+Amykor 2 2x	-	-	5,65	5,30	5,65	5,30
Átlag	6,15	5,75	5,85	5,28	5,94	5,43
CV%	0,1	0,5	0,1	0,4	2,6	2,0
SzD <sub>5%</sub>	0,01	0,07	0,01	0,05	0,28	0,19

21. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a talaj humusz és szerves-C tartalmára tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

A humusz- és szerves szén tartalom változása, %						
Kezelés	2012		2013		Átlag	
	Hu%	Szerves-C%	Hu%	Szerves-C%	Hu%	Szerves-C%
Kontroll	0,640	0,371	0,609	0,353	0,619	0,359
NPK	1,196	0,693	0,920	0,534	1,012	0,587
Amykor 1 1x	1,067	0,619	0,745	0,432	0,861	0,499
NPK+Amykor 1 1x	1,334	0,774	0,859	0,498	1,023	0,593
Amykor 1 2x	1,318	0,765	0,743	0,431	0,955	0,554
NPK+Amykor 1 2x	1,227	0,712	0,743	0,431	0,924	0,536
Amykor 2 1x	-	-	0,771	0,447	0,771	0,447
NPK+Amykor 2 1x	-	-	0,876	0,508	0,876	0,508
Amykor 2 2x	-	-	0,805	0,467	0,805	0,467
NPK+Amykor 2 2x	-	-	0,801	0,465	0,801	0,465
Átlag	1,126	0,653	0,787	0,457	0,899	0,522
CV%	0,4	0,4	0,8	0,8	12,0	12,0
SzD <sub>5%</sub>	0,013	0,007	0,013	0,007	0,195	0,114

22. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a talaj tápelem-tartalmára tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

Könnyen felvehető tápelemtartalom változása, mg kg <sup>-1</sup>									
Kezelés	2012			2013			Átlag		
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O
Kontroll	1,86	31,75	129,4	8,66	24,20	202,2	6,39	26,72	177,9
NPK	<b>9,14</b>	<b>36,95</b>	<b>151,5</b>	<b>30,67</b>	<b>32,07</b>	<b>262,8</b>	<b>23,49</b>	<b>33,70</b>	<b>225,7</b>
Amykor 1 1x	<b>6,82</b>	<b>34,05</b>	<b>165,4</b>	<b>10,25</b>	24,02	<b>384,1</b>	17,33	28,31	277,5
NPK+Amykor 1 1x	<b>7,61</b>	<b>42,50</b>	<b>304,9</b>	<b>26,52</b>	<b>32,15</b>	<b>394,3</b>	<b>23,74</b>	<b>33,69</b>	<b>337,5</b>
Amykor 1 2x	<b>7,69</b>	<b>36,10</b>	<b>258,7</b>	10,13	<b>24,83</b>	<b>475,1</b>	18,30	29,14	345,7
NPK+Amykor 1 2x	<b>6,20</b>	<b>41,10</b>	<b>268,0</b>	<b>29,83</b>	<b>33,83</b>	<b>545,9</b>	<b>24,33</b>	<b>34,90</b>	<b>399,3</b>
Amykor 2 1x	-	-	-	<b>34,92</b>	<b>26,85</b>	<b>283,1</b>	<b>34,92</b>	26,85	283,1
NPK+Amykor 2 1x	-	-	-	<b>37,08</b>	<b>26,43</b>	<b>313,4</b>	<b>37,08</b>	<b>26,43</b>	<b>313,4</b>
Amykor 2 2x	-	-	-	<b>37,09</b>	<b>26,48</b>	<b>303,3</b>	<b>37,09</b>	26,48	303,3
NPK+Amykor 2 2x	-	-	-	<b>36,96</b>	<b>29,78</b>	<b>384,1</b>	<b>36,96</b>	<b>29,78</b>	<b>384,1</b>
Átlag	6,55	37,07	212,9	26,21	28,06	354,8	18,93	31,08	294,0
CV%	17,6	1,7	4,8	3,3	1,3	6,3	38,4	7,5	16,9
SzD <sub>5%</sub>	2,09	1,15	18,5	1,50	0,61	50,25	13,21	4,21	90,13

23. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a talaj egyes mikrobiológiai paramétereire tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

Mikroszkopikus gombaszám és enzimaktivitás									
Kezelés	2012			2013			Átlag		
	Mikroszkopikus ombaszám *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Ureáz enzim NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg 100g <sup>-1</sup>	Foszfátáz enzim P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100g 2h <sup>-1</sup>	Mikroszkopikus ombaszám *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Ureáz enzim NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg 100g <sup>-1</sup>	Foszfátáz enzim P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100g 2h <sup>-1</sup>	Mikroszkopikus ombaszám *10 <sup>3</sup> db g talaj <sup>-1</sup>	Ureáz enzim NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg 100g <sup>-1</sup>	Foszfátáz enzim P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100g 2h <sup>-1</sup>
Kontroll	12,33	21,68	21,36	73,0	28,42	14,24	52,78	26,17	16,61
NPK	<b>21,50</b>	18,79	22,94	<b>61,5</b>	<b>46,05</b>	<b>10,28</b>	48,17	36,96	14,50
Amykor 1 1x	<b>66,50</b>	<b>31,52</b>	<b>25,32</b>	<b>81,0</b>	27,13	11,87	58,17	26,74	15,56
NPK+Amykor 1 1x	<b>73,67</b>	24,93	<b>26,11</b>	<b>47,0</b>	<b>18,68</b>	<b>10,28</b>	44,39	21,65	15,29
Amykor 1 2x	<b>55,00</b>	<b>29,45</b>	<b>28,48</b>	<b>104,0</b>	21,82	<b>10,28</b>	59,17	23,53	16,08
NPK+Amykor 1 2x	<b>30,50</b>	20,87	<b>29,27</b>	<b>82,5</b>	26,24	<b>9,49</b>	41,33	21,18	15,90
Amykor 2 1x	-	-	-	<b>27,0</b>	21,57	<b>9,49</b>	27,0	21,57	<b>9,49</b>
NPK+Amykor 2 1x	-	-	-	<b>12,5</b>	<b>21,33</b>	<b>9,49</b>	12,5	21,33	<b>9,49</b>
Amykor 2 2x	-	-	-	<b>18,5</b>	<b>19,32</b>	<b>9,49</b>	18,5	19,32	<b>9,49</b>
NPK+Amykor 2 2x	-	-	-	<b>11,0</b>	<b>16,42</b>	<b>8,94</b>	11,0	16,42	<b>8,94</b>
Átlag	43,25	24,54	25,58	51,8	24,70	10,39	50,67	26,04	15,66
CV%	8,6	8,6	6,6	1,4	12,4	14,5	55,3	31,2	17,3
SzD <sub>5%</sub>	6,78	3,84	3,05	1,2	6,94	2,59	51,00	14,77	4,94

24. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a vöröshagyma zöld tömegére tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

Hagyma nedves biomassa tömeg, g edény <sup>-1</sup>									
Kezelés	2012			2013			Átlag		
	Vöröshagyma hajtás zöldtömeg g edény <sup>-1</sup>	Vöröshagyma föld alatti részek zöldtömeg g edény <sup>-1</sup>	Vöröshagyma összes zöld Biomassa g edény <sup>-1</sup>	Vöröshagyma hajtás zöldtömeg g edény <sup>-1</sup>	Vöröshagyma föld alatti részek zöldtömeg g edény <sup>-1</sup>	Vöröshagyma összes zöld Biomassa g edény <sup>-1</sup>	Vöröshagyma hajtás zöldtömeg g edény <sup>-1</sup>	Vöröshagyma föld alatti részek zöldtömeg g edény <sup>-1</sup>	Vöröshagyma összes zöld Biomassa g edény <sup>-1</sup>
Kontroll	11,24	17,33	28,57	11,81	18,15	29,96	11,62	17,88	29,50
NPK	<b>25,08</b>	25,18	<b>50,25</b>	13,92	<b>11,65</b>	25,58	<b>17,64</b>	16,16	33,80
Amykor 1 1x	13,08	21,00	34,08	9,30	<b>11,71</b>	<b>21,01</b>	11,66	15,37	27,03
NPK+Amykor 1 1x	12,70	20,01	32,71	16,06	<b>9,61</b>	25,67	14,06	13,35	27,41
Amykor 1 2x	16,19	<b>28,45</b>	<b>44,65</b>	10,34	<b>12,13</b>	22,48	13,22	17,07	30,30
NPK+Amykor 1 2x	14,55	<b>32,80</b>	<b>47,35</b>	14,72	<b>12,75</b>	27,47	13,59	17,81	31,40
Amykor 2 1x	-	-	-	12,61	<b>13,39</b>	26,00	12,61	13,39	26,00
NPK+Amykor 2 1x	-	-	-	13,43	<b>10,43</b>	23,86	13,43	10,43	23,86
Amykor 2 2x	-	-	-	13,12	<b>10,64</b>	23,76	13,12	10,64	23,76
NPK+Amykor 2 2x	-	-	-	11,50	<b>7,87</b>	<b>19,37</b>	11,50	<b>7,87</b>	19,37
<i>Átlag</i>	15,47	24,13	39,60	12,68	11,83	24,52	13,63	16,27	29,91
<i>CV%</i>	22,1	20,5	17,8	21,0	23,1	19,6	22,1	29,2	21,5
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	6,23	9,01	12,85	4,57	4,69	8,23	5,49	8,65	11,72

25. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a talaj egyes mikrobiológiai paramétereire tenyészedényes kísérletben (2012-2013)

Hagyma föld feletti részeinek mutatói									
Kezelés	2012			2013			Átlag		
	Vöröshagyma hajtás száraz Tömeg g edény <sup>-1</sup>	Vöröshagyma hajtás Szárazanyag %	Vöröshagyma hajtás Nedvesség tartalom %	Vöröshagyma hajtás száraz Tömeg g edény <sup>-1</sup>	Vöröshagyma hajtás Szárazanyag %	Vöröshagyma hajtás Nedvesség tartalom %	Vöröshagyma hajtás száraz Tömeg g edény <sup>-1</sup>	Vöröshagyma hajtás Szárazanyag %	Vöröshagyma hajtás Nedvesség tartalom %
<b>Kontroll</b>	1,62	86,25	13,75	2,31	80,58	19,42	2,08	82,47	17,53
<b>NPK</b>	<b>4,61</b>	81,28	18,72	<b>4,47</b>	<b>68,58</b>	<b>31,42</b>	<b>4,52</b>	72,81	27,19
<b>Amykor 1 1x</b>	1,64	87,86	12,14	1,36	86,37	13,63	1,96	83,75	16,25
<b>NPK+Amykor 1 1x</b>	1,50	89,61	10,39	<b>4,85</b>	<b>70,54</b>	<b>29,46</b>	2,99	80,22	19,78
<b>Amykor 1 2x</b>	2,55	84,13	15,87	2,39	77,35	22,65	2,18	83,19	16,81
<b>NPK+Amykor 1 2x</b>	2,48	80,43	19,57	<b>4,87</b>	<b>66,73</b>	<b>33,27</b>	2,99	77,73	22,27
<b>Amykor 2 1x</b>	-	-	-	2,89	77,03	22,97	2,89	77,03	22,97
<b>NPK+Amykor 2 1x</b>	-	-	-	2,62	80,51	19,49	2,62	80,51	19,49
<b>Amykor 2 2x</b>	-	-	-	1,61	88,08	11,92	1,61	88,08	11,92
<b>NPK+Amykor 2 2x</b>	-	-	-	1,62	86,03	13,97	1,62	86,03	13,97
<i>Átlag</i>	2,40	84,93	15,07	2,90	78,18	21,82	2,79	80,03	19,97
<i>CV%</i>	34,7	7,4	42,0	39,3	6,5	23,2	36,7	7,3	29,3
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	1,52	11,5	11,5	1,96	8,67	8,67	1,86	10,63	10,63

26. táblázat A műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérlet kezeléseinek hatásainak összesítése

Műtrágya és Amykor tenyészedényes kísérlet alkalmazott kezelései (2012-2013)											
Kezelés	1. Kontroll	2. NPK	3. Amykor 1 1x	4. NPK+Amykor 1 1x	5. Amykor 1 2x	6. NPK+Amykor 1 2x	7. Amykor 2 1x	8. NPK+Amykor 2 1x	9. Amykor 2 2x	10. NPK+Amykor 2 2x	Leghatékonyabb kezelés(ek)
<b>Vizsgált talajkémiai tulajdonságok</b>											
pH <sub>H2O</sub>		--*	++	--	+-	--	h+	h-	h+	h-	3., 7., 9.
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N		++	++	++	+0	++	h+	h+	h+	h+	2., 3., 5., 7., 9.
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		++	+0	++	+-	++	h+	h+	h+	h+	4., 6., 8., 10.
AL-K <sub>2</sub> O		++	++	++	++	++	h+	h+	h+	h+	5., 6.
<b>Vizsgált talajmikrobiológiai tulajdonságok</b>											
Összes-baktérium		0+	++	++	++	00	h0	h+	h+	h+	3., 4., 5., 7., 8.
Cellulóz-bontó baktériumok		0-	++	++	+-	++	h0	h-	h-	h-	3., 4., 5.
Nitrifikáló baktériumok		++	00	0+	0+	++	h0	h+	h0	h0	2., 6.
Mikroszkopikus gomba		++	++	++	++	++	h-	h-	h-	h-	3., 4., 5., 6.
Ureáz enzim aktivitás		0+	+0	0+	+0	00	h0	h-	h-	h-	2., 3.
Foszfátáz enzim aktivitás		0-	+0	+-	+-	+-	h-	h-	h-	h-	3.,
<b>Vizsgált növényi biomassa</b>											
Hagyma föld feletti részek zöldtömeg		+0	00	00	00	00	h0	h0	h0	h0	2.
Hagyma föld alatti részek zöldtömeg		0-	0-	0-	+-	+-	h-	h-	h-	h-	5., 6.
Hagyma biomassa zöldtömeg		+0	0-	0-	+0	+0	h0	h0	h0	h-	2., 5., 6.
*A jelölések (a 4 év sorrendjében): + szignifikáns növekedés, - szign. csökkenés, 0 nincs szign. különbség, h nem került beállításra a kezelés azévében <span style="background-color: red; color: white;">0</span> leghatékonyabb kezelés <span style="background-color: cyan; color: black;">0</span> legkevésbé hatékony kezelés											

### III. Műtrágya és Amykor hatása szabadföldi kiscparcellás kísérletben (2011, 2012)

#### III.1. A műtrágya és Amykor szabadföldi kiscparcellás kísérlet eredményeinek összefoglaló táblázata

27. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a talaj néhány fizikai paraméterére, szabadföldi kiscparcellás kísérletben (2011-2012, Debrecen-Látókép, mészlepedékes csernozjom)

Fizikai tulajdonságok			
Év	K <sub>A</sub>	Nedvesség-tartalom %	Li%
2011	37,5	14,63	51,00
2012	38	25,62	50,00
Átlag	38,8	20,12	50,50

28. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a talaj kémhatására szabadföldi kiscparcellás kísérletben (2011, 2012)

A talaj kémhatásának változása												
Kezelés	2011				2012				Átlag			
	1. mintavétel		2. mintavétel		1. mintavétel		2. mintavétel		1. mintavétel		2. mintavétel	
	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>
Kontroll	6,25	5,26	6,54	5,52	6,48	6,29	5,95	5,65	6,33	5,60	6,34	5,56
NPK	6,29	5,35	6,61	5,56	6,44	<b>5,52</b>	6,31	5,56	6,34	5,41	6,51	5,56
Amykor 1x 0-20	6,05	5,16	6,69	5,62	-	-	-	-	<b>6,05</b>	5,16	<b>6,69</b>	5,62
Amykor 3x 0-20	6,21	5,24	6,64	5,60	-	-	-	-	6,21	5,24	<b>6,64</b>	5,60
Amykor 1x vetéskor	6,24	5,37	6,68	5,65	6,24	<b>5,29</b>	<b>6,54</b>	5,97	6,18	5,27	6,34	<b>5,75</b>
Amykor 3x vetéskor	5,90	5,33	6,65	5,60	6,24	<b>5,34</b>	6,08	5,65	6,12	5,30	6,51	5,62
Átlag	6,16	5,23	6,63	5,59	6,35	5,61	6,12	5,70	6,2	5,40	6,49	5,62
CV%	4,1	2,5	1,2	2,0	2,8	2,8	3,1	5,3	1,7	5,2	1,9	1,5
SzD <sub>5%</sub>	0,65	0,34	0,22	0,28	0,57	0,45	0,50	0,93	0,22	0,55	0,25	0,17

29. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a talaj nitrát-feltáródás mértékére szabadföldi kiscparcellás kísérletben (2011, 2012)

Kezelés	Az inkubált NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N mennyiségének változása ( mg kg <sup>-1</sup> 14 nap <sup>-1</sup> )		
	2011	2012	Átlag
Kontroll	148,87	26,30	108,01
NPK	92,46	19,51	<b>68,14</b>
Amykor 1x 0-20	143,25	-	143,25
Amykor 3x 0-20	104,28	-	104,28
Amykor 1x vetéskor	109,03	26,59	92,96
Amykor 3x vetéskor	148,02	28,76	93,69
Átlag	124,32	25,58	90,70
CV%	54,4	25,8	21,8
SzD <sub>5%</sub>	80,4	12,02	39,57

30. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a kukorica LAI értékeire szabadföldi kiscellás kísérletben (2011, 2012)

Kezelés	LAI m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup>		
	2011	2012	Átlag
Kontroll	3,98	3,80	3,92
NPK	3,83	<b>4,10</b>	3,92
Amykor 1x 0-20	4,15	-	4,15
Amykor 3x 0-20	3,87	-	3,87
Amykor 1x vetéskor	4,04	3,95	4,05
Amykor 3x vetéskor	3,91	<b>4,22</b>	4,00
<i>Átlag</i>	3,96	3,99	3,97
<i>CV%</i>	8,9	2,1	4,0
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	0,53	0,18	0,32

31. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a kukorica csőszámára, meddő csövek számára és aktív csőhosszára szabadföldi kiscellás kísérletben (2011, 2012)

Kukorica termésmutatóinak változása									
	2011			2012			Átlag		
	Csőszám (db)	Meddő cső (db)	Csőhosszúság (cm)	Csőszám (db)	Meddő cső (db)	Csőhosszúság (cm)	Csőszám (db)	Meddő cső (db)	Csőhosszúság (cm)
Kontroll	1,60	0,65	16,2	1,35	0,35	18,43	1,52	0,55	16,94
NPK	1,80	0,80	16,78	1,40	0,45	16,53	1,67	0,68	16,70
Amykor 1x 0-20	1,75	0,75	16,20	-	-	-	1,75	0,75	16,20
Amykor 3x 0-20	1,60	0,60	16,10	-	-	-	1,60	0,60	16,10
Amykor 1x vetéskor	<b>1,85</b>	0,80	16,63	1,30	0,30	18,35	1,63	0,62	17,06
Amykor 3x vetéskor	1,75	0,75	16,03	1,60	0,50	17,49	1,65	0,62	16,54
<i>Átlag</i>	1,73	0,73	16,32	1,38	0,37	17,99	1,62	0,62	16,81
<i>CV%</i>	9,8	23,4	5,3	16,00	49,50	8,20	7,0	13,0	3,9
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	0,25	0,26	1,31	0,33	0,27	2,23	0,23	0,16	1,30

32. táblázat Műtrágya és Amykor hatása a kukorica csőszámára, meddő csövek számára és aktív csőhosszára szabadföldi kiscellás kísérletben (2011, 2012)

Kukorica termésmutatóinak változása									
	2011			2012			Átlag		
	Csutka-tömeg (g)	Szem/cső (%)	Ezerszemtömeg (g)	Csutka-tömeg (g)	Szem/cső (%)	Ezerszemtömeg (g)	Csutka-tömeg (g)	Szem/cső (%)	Ezerszemtömeg (g)
Kontroll	31,52	84,46	343,03	28,66	82,77	268,43	30,57	83,90	318,16
NPK	31,17	84,88	329,38	23,39	<b>76,90</b>	<b>233,05</b>	28,58	82,22	297,27
Amykor 1x 0-20	32,92	84,11	346,16	-	-	-	32,92	84,11	<b>346,16</b>
Amykor 3x 0-20	30,92	84,62	331,47	-	-	-	30,92	84,62	331,47
Amykor 1x vetéskor	30,53	84,92	335,12	29,22	84,58	291,91	30,89	84,54	324,40
Amykor 3x vetéskor	32,19	84,35	345,59	23,40	84,47	254,01	28,84	84,48	310,36
<i>Átlag</i>	31,54	84,56	338,46	27,13	82,67	265,85	29,72	83,78	312,55
<i>CV%</i>	5,4	1,1	4,8	14,80	3,80	8,60	6,5	2,6	4,1
<i>SzD<sub>5%</sub></i>	2,55	1,44	24,49	6,05	4,72	34,39	3,84	4,41	25,54



33. táblázat A műtrágya és Amykor szabadföldi kisércellás kísérlet kezeléseinek hatásainak összesítése

Műtrágya és Amykor szabadföldi kísérlet alkalmazott kezelése (2011-2012)							
Kezelés	1. Kontroll	2. NPK	3. Amykor 1x 0-20	4. Amykor 3x 0-20	5. Amykor 1x maggal	6. Amykor 3x maggal	Leghatékonyabb kezelés(ek)
<b>Vizsgált talajkémiai tulajdonságok</b>							
pH <sub>H2O</sub>		0000*	00hh	00hh	000+	0000	3.
pH <sub>KCl</sub>		00-0	00hh	00hh	00-0	00-0	3.
NO <sub>3</sub> -N		0--0	0-hh	0-hh	0-++	0-+0	5.
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0000	00hh	00hh	00+0	00+0	5., 6.
AL-K <sub>2</sub> O		0000	00hh	00hh	0000	000+	6.
<b>Vizsgált talajmikrobiológiai tulajdonságok</b>							
Összes-baktérium		+0++	00hh	0+hh	0000	-0+-	2., 4.
Mikroszkopikus gomba		--00	00hh	00hh	000+	0+++	5., 6.
Ureáz		000+	00hh	00hh	0000	0-0-	2.
Foszfátáz		0000	00hh	00hh	0000	0+0+	6.
Nitrát-feltáródás		000**	00h	+0h	00h	000	4.
<b>Vizsgált növényi biomassa</b>							
LAI index		0+	0h	0h	00	0+	2., 6.
Kukorica csószám		00	0h	0h	+0	00	5.
Kukorica meddő csószám		00	0h	0h	00	00	4.
Csőhosszúság		00	0h	0h	00	00	5.
Csutka tömeg		00	0h	0h	00	00	2., 6.
Szem-cső		0-	0h	0h	00	00	5.
Ezerszemtömeg		0-	0h	0h	00	00	5.
Termés kg/parcella		00	0h	0h	00	00	5.
Termés-nedvesség%		00	0h	0h	00	00	3., 4.
Hektoliter tömeg		00	0h	0h	00	00	3., 5., 6.
<p>*A jelölések (az alábbi sorrendben; 2011-1. és 2., 2012-1. és 2. mintavétel):                      + szignifikáns növekedés, - szign. csökkenés, 0 nincs szign. különbség,                      h nem került beállításra a kezelés az évben                      ** 2011-ben 2 mintavétel, 2012-ben 1 mintavétel történt                      0 leghatékonyabb kezelés 0 legkevésbé hatékony kezelés</p>							

### III.2. A műtrágya és Amykor szabadföldi kisparcellás kísérlet meteorológiai összefoglaló táblázata

34. táblázat Csapadék és hőmérsékleti adatok a műtrágya és Amykor kukorica szabadföldi kisparcellás kísérletben (2011-2012, Debrecen-Látókép, mészlepedékes csernozjom)

Havi átlaghőmérséklet 2010. október - 2011. szeptember													
Hónap	X	XI	XII	I	II	III	IV	V*	VI*	VII*	VII*	IX*	Átlag
Havi átlaghőmérséklet (°C)	6,95	7,72	-1,70	-1,15	-2,50	4,99	12,18	16,40	20,45	20,45	21,39	18,03	10,27
30 éves átlag (°C)	10,30	4,50	-0,20	-2,60	0,20	5,00	10,70	15,80	18,70	20,30	19,60	15,80	9,84
Eltérés a 30 éves átlagtól (°C)	3,35	-3,22	1,50	-1,45	2,70	0,01	-1,48	-0,60	-1,75	-0,15	-1,79	-2,23	-0,43
Havi átlagcsapadék 2010. október - 2011. szeptember													
Hónap	X	XI	XII	I	II	III	IV	V*	VI*	VII*	VII*	IX*	Összesen
Havi átlagos csapadék (mm)	22,8	52,9	104,2	19,2	16,8	35,1	15,6	52,3	22	175	42,7	6,2	564,8
30 éves átlag (mm)	30,8	45,2	43,5	37	30,2	33,5	42,4	58,8	79,5	65,7	60,7	38	565,3
Eltérés a 30 éves átlagtól (mm)	8	-7,7	-60,7	17,8	13,4	-1,6	26,8	6,5	57,5	-109,3	18	31,8	0,5
Havi átlaghőmérséklet 2011. október - 2012. szeptember													
Hónap	X	XI	XII	I	II	III	IV	V*	VI*	VII*	VII*	IX*	Átlag
Havi átlaghőmérséklet (°C)	8,60	0,63	1,48	-0,61	-5,67	6,25	11,74	16,41	20,87	23,32	22,46	18,46	10,33
30 éves átlag (°C)	10,30	4,50	-0,20	-2,60	0,20	5,00	10,70	15,80	18,70	20,30	19,60	15,80	9,84
Eltérés a 30 éves átlagtól (°C)	1,70	3,87	-1,68	-1,99	5,87	-1,25	-1,04	-0,61	-2,17	-3,02	-2,86	-2,66	-0,49
Havi átlagcsapadék 2011. október - 2012. szeptember													
Hónap	X	XI	XII	I	II	III	IV	V*	VI*	VII*	VII*	IX*	Összesen
Havi átlagos csapadék (mm)	18,1	0	71,1	28	17,8	1,4	20,7	71,9	91,7	65,3	4,1	3,50	393,6
30 éves átlag (mm)	30,8	45,2	43,5	37	30,2	33,5	42,4	58,8	79,5	65,7	60,7	38	565,3
Eltérés a 30 éves átlagtól (mm)	12,7	45,2	-27,6	9	12,4	32,1	21,7	-13,1	-12,2	0,4	56,6	34,5	171,7

\* Kukorica tenyészidőszaka

IV. A korrelációanalízis eredményeinek összefoglaló táblázatai

35. táblázat Korrelációanalízis a műtrágya és baktériumtrágya kísérletek eredményeiből (Debrecen, 2010-2013)

Korrelációs együttható	Kezelés	Év	p <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	p <sub>H<sub>2</sub>Cl</sub>	hu%	szervesC	NO <sub>3</sub> -N	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O	Összes-baktérium	Cellulóz-ontó b.	Nitrifikáló b.	Mikroszkopikus gomba	Nitrat-felárólas	CO <sub>2</sub>	CFI	Uréáz	Szacharáz	Kataláz	Foszfátáz	Dehidrogenáz	Perje zöld 1.vágás	Perje zöld 2. vágás	Perje zöld összes	Perje száraz 1. vágás	Perje száraz 2. vágás	Perje száraz összes	Szárazanyag %	Nedvesség%			
1	Kezelés	1																														
	Év	1																														
	p <sub>H<sub>2</sub>O</sub>		1																													
	p <sub>H<sub>2</sub>Cl</sub>		<b>0,990</b>	1																												
	hu%		-0,508		1																											
	szervesC		-0,512		<b>1,000</b>	1																										
	NO <sub>3</sub> -N		-0,555	-0,622			1																									
	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			0,412				1																								
	AL-K <sub>2</sub> O		<b>-0,910</b>				0,536		1																							
	Összes-baktérium		-0,646					0,675		1																						
	Cellulóz-ontó b.		-0,661	-0,542	-0,519		<b>0,740</b>		0,629		1																					
	Nitrifikáló b.				-0,685	-0,667						1																				
	Mikroszkopikus gomba												1																			
	Nitrat-felárólas		0,564	0,534				0,615			-0,506			1																		
	CO <sub>2</sub>		<b>-0,725</b>				0,546		<b>0,765</b>		0,585				1																	
	CFI		<b>-0,712</b>						0,651						0,652	1																
	Uréáz		0,540	0,634	<b>-0,768</b>	<b>-0,770</b>						0,639					1															
	Szacharáz																	1														
	Kataláz	0,636	0,660	0,642			-0,577		-0,546	-0,512	-0,676		0,609						1													
	Foszfátáz		<b>-0,793</b>	<b>-0,839</b>	0,609	0,612						-0,540								1												
	Dehidrogenáz				-0,634	-0,632		<b>-0,714</b>				-0,560									1											
	Perje zöld 1.vágás																					1										
	Perje zöld 2. vágás																				<b>0,772</b>	1										
	Perje zöld összes																				<b>0,976</b>	<b>0,874</b>	1									
	Perje száraz 1. vágás																				<b>0,948</b>	0,658	<b>0,921</b>	1								
	Perje száraz 2. vágás																				0,675	<b>0,898</b>	<b>0,776</b>	1								
	Perje száraz összes																				<b>0,954</b>	<b>0,804</b>	<b>0,966</b>	<b>0,779</b>	1							
	Szárazanyag %	0,637	0,561	0,547			-0,569		-0,632		-0,640		0,598	-0,621														1				
	Nedvesség%		-0,525	-0,511			0,680		0,585		0,650		-0,608	0,647														<b>-0,882</b>	1			

36. táblázat Korrelációanalízis a műtrágya és Amykor kísérletek eredményeiből (Debrecen, 2012-2013)

Kezelés	Év	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>HCl</sub>	hu%	szerves C	NO <sub>3</sub> -N	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O	Összes baktérium	Cellulóz bontó b.	Nitrifikáló b.	Mikroszkopikus gomba	Uréáz	Foszfátáz	Hagyma hajtas zöml	Hagyma föld alatti zöml	Hagyma bionmassza zöml	Hagyma hajtas száraz	Hajtás szárazanyag%	Hajtás nedvesség%
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		0,824	0,858	0,845	0,845	0,592	0,724	0,681	0,742	0,722	0,629	0,653	0,615	0,919	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,718	0,718	0,711	0,711	0,564	0,675	0,524	0,680	0,727	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,717	0,717	0,711	0,711	0,564	0,675	0,524	0,680	0,727	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,677	0,601	0,630	0,630	0,592	0,724	0,681	0,742	0,722	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,763	0,538	0,538	0,538	0,592	0,724	0,681	0,742	0,722	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,693	0,504	0,834	0,766	0,592	0,724	0,681	0,742	0,722	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,948	0,504	0,834	0,766	0,592	0,724	0,681	0,742	0,722	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,664	0,504	0,834	0,766	0,592	0,724	0,681	0,742	0,722	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,956	0,765	0,733	0,733	0,756	0,727	0,524	0,924	0,722	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,819	0,623	0,649	0,649	0,709	0,617	0,511	0,742	0,722	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,789	0,537	0,711	0,710	0,564	0,675	0,524	0,680	0,727	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,662	0,570	0,711	0,710	0,564	0,675	0,524	0,680	0,727	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,751	0,769	0,751	0,769	0,564	0,675	0,524	0,680	0,727	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,751	0,769	0,751	0,769	0,564	0,675	0,524	0,680	0,727	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882
		0,751	0,769	0,751	0,769	0,564	0,675	0,524	0,680	0,727	0,629	0,615	0,841	0,841	0,706	0,939	0,616	0,882	0,882	0,882

37. táblázat Korrelációanalízis a műtrágya és Amykor szabadföldi kisparcellás kísérletek eredményeiből (Debrecen-Látókép, 2011, 2012)

Kezelés	Év	$p_{H_{2}O}$	$p_{HCl}$	$NO_3^-N$	$AL-P_2O_5$	$AL-K_2O$	Összes-baktérium	Mikroszkopikus gomba	Uréáz	Foszfátáz	Nitrát-felárodás	Kulorica csószám	Kulorica meddő csószám	Aktív csóhossz	Magorok száma	Cső tömeg	Csutka tömeg	Szem-csutka	Szem-cső	Ezerszem tömeg	Növényi tömeg	Termés kg/parcella	Termés-neveltség%	Hektoliter tömeg	
1	1																								
	1																								
	0,788	1																							
			1																						
				1																					
	0,559			1																					
				-0,668	1																				
						1																			
			-0,550				1																		
					-0,696		0,784	1																	
									1																
				-0,509			0,729	0,781		1															
				0,736	-0,560				-0,884																
	0,898	0,658		0,550	-0,831	-0,746	0,610	0,796		0,567	0,553	1													
			-0,582		-0,753	-0,680	0,781	0,851		0,655		0,952	1												
	0,557			0,672	-0,840	-0,748		0,679	-0,556		0,731	0,963	0,838	1											
				0,641	-0,843	-0,752		0,726			0,677	0,979	0,875	0,996	1										
			-0,512	0,584	-0,823	-0,741	0,621	0,797		0,568	0,554	0,980	0,921	0,962	0,979	1									
			-0,506	0,621	-0,833	-0,745	0,587	0,774		0,542	0,580	0,978	0,910	0,971	0,985	0,998	1								
				0,591	-0,834	-0,751	0,532	0,759		0,525	0,649	0,987	0,896	0,988	0,995	0,982	0,982	1							
				0,631	-0,843	-0,753	0,501	0,734		0,501	0,669	0,983	0,883	0,995	1										
			-0,526	0,570	-0,825	-0,742	0,633	0,809		0,579	0,531	0,984	0,933	0,958	0,978	0,998	0,997	0,981	0,980	1					
				0,625	-0,839	-0,752	0,549	0,766		0,526	0,627	0,985	0,901	0,966	0,996	0,993	0,996	0,994	0,996	0,992	1				
			-0,552	0,538	-0,816	-0,733	0,680	0,822		0,609		0,983	0,956	0,978	0,963	0,992	0,988	0,968	0,966	0,996	0,980	1			
	0,569			0,663	-0,841	-0,746	0,662	-0,569			0,729	0,961	0,834	0,998	0,994	0,955	0,966	0,984	0,993	0,953	0,981	0,934	1		
	0,513			0,635	-0,844	-0,751	0,704	-0,515			0,686	0,978	0,869	0,997	0,999	0,970	0,977	0,993	0,998	0,969	0,990	0,955	0,997	1	

**Köszönetnyilvánítás**  
**TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001**



A disszertáció elkészülése 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 konvergencia program* című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

This scientific work was supported by the European Union and the State of Hungary, co-financed by the European Social Fund in the framework of **TÁMOP-4.2.4.A/ 2-11/1-2012-0001** ‘*National Excellence Program*’.



## Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Témavezetőmnek, **Dr. Kátai János** Professzor úrnak munkám során nyújtott támogatásáért, kísérleti háttér biztosításáért, valamint szakmai segítségéért.

Köszönetem fejezem ki **Balláné Dr. Kovács Andrea** egyetemi docens asszonynak segítségnyújtásáért, szakmai tanácsaiért, valamint támogató együttműködéséért.

Köszönetem fejezem ki **Zsuposné Dr. Oláh Ágnes** egyetemi docens asszonynak segítőkész támogatásáért és szakmai tanácsaiért.

Köszönetem fejezem ki **Horváthné Rácz Mónika** vegyésztechnikusnak a laboratóriumi vizsgálatokban nyújtott szakmai segítségéért, bátorításáért.

Köszönetem fejezem ki **Dr. Tállai Magdolna** tudományos segédmunkatársnak és **Dr. Sándor Zsolt** egyetemi adjunktusnak munkám során nyújtott segítő szándékú szakmai tanácsaiért, a kísérletekben nyújtott segítségükért.

Köszönetem fejezem ki **Szabó Anita** predoktor kísérletek során nyújtott segítségéért.

Köszönöm az **Agrokémiai és Talajtani Intézet dolgozóinak**, valamennyi **munkatársamnak** a dolgozat elkészülésében való együttműködését.

Köszönöm **családom, párom** és **barátaim** bátorítását, segítségnyújtását és támogatását.

## Nyilatkozatok

### NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán, az **Hankóczy Jenő Doktori Iskola** keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2014. ....

.....

a jelölt aláírása

### NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy **JAKAB ANITA** doktorjelölt **2010.-2014.** között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal/irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom/javasoljuk.

Debrecen, 2014. ....

.....

a témavezető(k) aláírása