

Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága szabadföldi kísérletekben: I. Kukorica (*Zea mays* L.)

¹VÍG RÓBERT–¹DOBOS ATTILA–²MOLNÁR KRISZTINA–¹NAGY JÁNOS

¹Magyar Tudományos Akadémia–Debreceni Egyetem,

Földművelési és Területfejlesztési Kutatócsoport, Debrecen

²Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma,

Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A mezőgazdasági fejlődés tükrében egyre nagyobb a jelentősége a mikrobiológiai készítményeknek, mivel alkalmazásukkal fokozható talajaink termékenysége, a kultúrnövények ellenállóképessége, valamint csökkenthető a kemikáliák felhasználása.

Három éven át (2006–2008) természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonyságát vizsgáltuk Hajdúszoboszló déli termelési körzetében, réti csernozjom talajon. Vizsgálataink során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a Natur Vita (*Chlorella vulgaris* és *Spirulina platensis*), a Natur Plasma (*Chlorella spp.*) és az Amalgerol Prémium (alginát, mannitol, laminarin stb.) lombtrágyák biztosítanak-e további termésnövekedést az alaptrágyázáson felül állománykezelésben és tarlókezelésben. A készítmények hatékonyságát vetőmag kukoricaállományban teszteltük, majd 2008-ban a vizsgálatokat kiterjesztettük az étkezési burgonya-előállításra is.

A vizsgálati eredmények statisztikai értékelése során megállapítottuk, hogy a tesztelt lombtrágyák alkalmazásával javul a vetőmag kukoricaállomány kondíciója. Az alkalmazott kezeléstől függően az alaptrágyázáson felül további termésnövekedést biztosítanak, valamint kombinált alkalmazásuk nem eredményez szignifikánsan nagyobb termést, mint a készítmények önmagukban történő kijuttatása.

Kulcsszavak: kukorica, SPAD, lombtrágya, hatékonyság

The efficiency of natural foliar fertilisers in field experiments: I. Maize (*Zea mays* L.)

¹R. VÍG–A. ¹DOBOS–²K. MOLNÁR–¹J. NAGY

¹Hungarian Academy of Sciences – University of Debrecen,

Cultivation and Regional Development Research Group, Debrecen

²University of Debrecen, Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences,
Institute for Land Utilisation, Regional Development and Technology, Debrecen

Summary

In the face of the present agricultural development, microbiological products have an increasing importance, as they can increase the fertility of our soils, as well as the tolerance of field crops, whereas the use of chemical substances can be reduced.

We have been examining the efficiency of natural foliar fertilisers for three years (2006–2008) on chernozem soil in the southern production area of Hajdúszoboszló. During our examinations, we wanted to know whether the foliar fertilisers Natur Vita (*Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis*), Natur Plasma (*Chlorella* spp.) and Amalgerol Premium (alginate, mannitol, laminarin etc.) provide further yield increase besides basic fertilisation in population treatment and stubble treatment. The efficiency of these products was tested in maize population and the examinations were also extended to potato production in 2008.

During the statistical evaluation of the examination results, it was found that the application of the tested foliar fertilisers improves the condition of the sowing seed maize population. Depending on the applied treatment, they provide further yield increase besides the basic fertilisation; moreover, their combined application does not result in higher yields than if they are applied individually.

Key words: maize, SPAD, foliar fertiliser, efficiency

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A fenntartható mezőgazdaság egyik kulcskérdése a talaj termékenységének megőrzése (Reeves 1997, Arshad és Martin 2002, Gosling és Shepherd 2005), viszont az erősen kemizált, a termőhelyi feltételeket figyelmen kívül hagyó

gazdálkodási forma olyan káros folyamatokat indít el a talajban, mely a talaj-termékenység csökkenéséhez vezet (Schwab 1990, Kim et al. 2000, Nagy 2006, 2007). Ilyen negatív hatások a termőtalaj pusztulása (erózió, defláció) (Evans 2005, Deumlich et al. 2006), a talaj szennyeződése (Hansen et al. 2000) a szervesanyag-tartalom, a talaj biológiai aktivitásának csökkenése (Dawe et al. 2003, Loveland és Webb 2003), szikesedés (Liang et al. 1996), a talajszerkezet romlása (Lupwayi et al. 2001, Bronick és Lal 2005).

A fenntartható agroökoszisztémákban jelentős szerepe lehet a biotrágyák-nak, ugyanis elősegítik a talaj termékenységének fenntartását (Kannaiyan 2002, Wu et al. 2005, Kincses et al. 2009), valamint alkalmazásukkal a környezet kémiai terhelése nélkül javíthatjuk a terméseredményeket (Gould 1990).

Biotrágyának tekintjük azokat a készítményeket, amelyek a tápanyagok feltáródására, valamint a növényi növekedésre és fejlődésre kedvezően ható mikro-organizmusokat tartalmaznak (Vessey 2003), melyek lehetnek rhizobaktériumok (PGPR) (Kloepper et al. 1989, Döbereiner 1997, Cong et al. 2009), arbuszkuláris mikorrhiza-gombák (AMF) (Duffy és Cassells 2000, Doude et al. 2006) és algák (Nisha et al. 2007).

A talajban szabadon élő, a növények számára hasznos baktériumok (PGPR) szerepet játszanak a fitopatogének elleni biológiai védekezésben, a nitrogén fixálásában, a tápelemek feltáródásában (Vessey 2003), a kedvező talajszerkezet kialakulásában (Kohler et al. 2006), valamint fokozzák a növények ellenállóképességét a környezeti stressztényezőkkel szemben (Sturz és Nowak 2000, Gajdos 2009). A növények gyökerével szimbiózisban élő mikorrhiza-gombák a növények számára hozzáférhetővé teszik az immobilis elemeket, segítik a vízfelvételt és növelik a kórokozókkal szembeni ellenállóképességet (Smith és Read 1997).

Az algák jó nitrogénkötő képességgel rendelkeznek, ami lehetővé teszi a trágyaként történő alkalmazásukat. Az istállótrágyához hasonlóan az algákban magas a szerves anyagok aránya (400 rész), kielégítő a kálium (27 rész), viszont kicsi a foszfor aránya (2 rész), ezért az alga-trágyázás foszforkiegészítésre szorul. Az algák termésmnövelő hatékonysága a jó nitrogénszolgáltató képesség mellett köszönhető az algákban előforduló mikroelemeknek (Fe, Cu, Mn, Zn), vitaminoknak, auxinoknak, gibberelineknek is (Péterfi 1977). A biotrágyaként tesztelt alfafajok elsősorban a kékmoszatok (*Cyanophyta*) és a zöldmoszatok (*Chlorophyta*) törzséből kerülnek ki (Tripathi et al. 2008, Hernandez et al. 2009).

Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz talajtani szempontból egységes táblákat kerestünk. A vizsgálati területek térbeli lehatárolását Trimble GPS Pathfinder ProXH és ArcPad 7.0 szoftver alkalmazásával végeztük, majd a bemért táblák polygonjait digitalizált genetikus talajtérképhez illesztettük ArcGis 9.1 szoftverkörnyezetben. A vizsgálatra alkalmas táblák körét a táblán belül fellelhető talajtípusok és al-típusok száma, valamint térbeli kiterjedése alapján határoztuk meg. A kísérleteket minden esetben réti csernozjom talajon állítottuk be.

A vizsgálatra kijelölt területeken a talajmintavétel 2006 tavaszán és őszén digitalizált genetikus talajtérképre alapozva, Trimble GPS Pathfinder ProXH és ArcPad 7.0 szoftver alkalmazásával, átlagosan 4 hektáronként, a talaj 0–30 centiméteres rétegében, Eikelkamp típusú kézi talajfúróval történt.

A vizsgált táblák talaja az Arany-féle kötöttség alapján az agyagos vályog fizikai talajféleségbe tartozott, gyengén lúgos kémhatású, gyengén meszes, kis sótartalmú, megfelelő humusztartalmú, közepes nitrogéntartalmú, és gyenge cinktartalmú volt. Foszforban és káliumban a 2006-os és 2007-es kukorica vetőmag-előállítás területe közepesen, a 2008-as vetőmag kukoricaállomány talaja gyengén ellátottnak minősült (1. táblázat).

1. táblázat. A kísérleti területek talajvizsgálatai eredményeinek átlagértékei

Talajparaméterek (1)	Vizsgálatai év (2)		
	2006	2007	2008
Arany-féle kötöttség (3)	46	45	45
pH (H ₂ O)	8,3	8,2	8,1
CaCO ₃ (mg/kg)	3,0*10 ⁴	2,2*10 ⁴	1,6*10 ⁴
Vízoldható összes só (mg/kg) (4)	130	130	130
Humusz (mg/kg) (5)	3,01*10 ⁴	3,12*10 ⁴	2,92*10 ⁴
Összes nitrogén (mg/kg) (6)	1750	1814	1701
AL-P ₂ O ₅ (mg/kg)	161	169	84
AL-K ₂ O (mg/kg)	287	286	218
KCl-EDTA Zn (mg/kg)	1,45	1,62	1,07

Table 1. Mean values of the soil analysis results of the experimental areas. (1) Soil parameters, (2) Year of examination, (3) Soil plasticity (Arany number), (4) Total water-soluble salt content (mg kg⁻¹), (5) Humus (mg kg⁻¹), (6) Total nitrogen (mg kg⁻¹).

A vizsgálatokat mind a három évben alaptrágyázott, vetőmag kukoricaállományban, nullapás vetésben végeztük. Az elővetemény minden esetben vetőmag-kukorica volt. A növényi maradványok felaprítása szárzúzással és tárcsázással (szeptember eleje–szeptember közepe), a felaprított szármaradványok leforgatása ősszel (szeptember közepe–szeptember vége) 35 cm mély szántással, a magágykészítés április elején–április közepén kompaktorral történt. A vetést (április vége–május eleje) nullapás rendszerben végeztük, az anyasorok esetében Monosem, az apasorok esetében Optima típusú vetőgéppel.

Alaptrágyaként 130–160 kg/ha nitrogén, 80–85 kg/ha foszfor és 70–80 kg/ha kálium került kijuttatásra. A foszfor, a kálium és a nitrogén 10–15 százalékát komplex műtrágya formájában ősszel, a nitrogén 85–90 százalékát tavasszal, közvetlenül a magágykészítés előtt adtuk ki.

A kezelt és kontroll területeket 12 m szélességűre terveztük, a mintavételi pontokat pedig négy ismétlésben jelöltük ki ArcGis 9.1 szoftverkörnyezetben.

A kísérletekben algát és algakivonatot tartalmazó lombtrágyák hatékonyságát értékeltük. A Natur Plasma élő *Chlorella spp.* fajokat tartalmazó (3×10^7 db/ml) mikrobiológiai készítmény (Haller 2009), melynek szárazanyag-tartalma 0,3 m/m%, nitrogéntartalma 550 mg/l, foszfortartalma 150 mg/l, káliumtartalma 1146 mg/l, cinktartalma 70 mg/l. Alkalmztuk a Natur Plasma cinkkel dúsított változatát is, melynek cinktartalma 530 mg/l értékkel magasabb. A Natur Vita márkanévű lombtrágya *Chlorella vulgaris*-t és *Spirulina platensis*-t tartalmaz porított formában (Haller 2009), melynek szárazanyag-tartalma 90 m/m%, nitrogéntartalma 15 g/100g, foszfor- és káliumtartalma 1,3 g/100g. Továbbá teszteltük az Amalgerol Prémium márkanéven ismert, algakivonatot (alginát, mannitol, laminarin) tartalmazó lombtrágyát, melynek szárazanyag-tartalma 17,2 m/m%, nitrogéntartalma 5550 mg/l, foszfortartalma 614 mg/l, káliumtartalma 3649 mg/l.

Állománykezelésben alkalmaztunk Natur Vitát 250 g/ha, Natur Plasmát, és cinkkel dúsított Natur Plasmát 6,4 l/ha valamint Amagerol Prémiumot 2,5 l/ha mennyiségben, 250 l/ha vízzel. A készítmények kijuttatása két időpontban (5–8 leveles állapotban és a címerhányás előtt 1–1,5 héttel), azonos dózisosokban, Berthoud Boxer 3000-es permetezőgéppel történt. A harmadik évben (2008) kombinált kezelésben 2–3 leveles állapotban Amalgerol Prémium (5,0 l/ha), 5–8 leveles állapotban és a címerhányás előtt egy héttel Natur Plasma (5,0 l/ha) került kijuttatásra.

Vizsgált készítmények:

- Natur Plasma (*Chlorella algasűrítmény tápelemekkel dúsítva*)
- Natur Vita (*Chlorella algasűrítmény porított változata*)
- Amalgerol Prémium (*növényi illóolajok, ásványi olajok, alginát, mannitol, laminarin, algakivonat, makro- és mikroelemek*)

Tarlókezelésben (2006 október) Amalgerol Prémiumot 2,0 százalékos (6,0 l/ha, 300 l/ha vízzel) és Natur Plasmát 3,2 százalékos töménységben (10 l/ha, 300 l/ha vízzel) juttattunk ki. A kezelést kukoricatarlón végeztük, amit szárzúzás és tárcsázás előzött meg. A készítmények kijuttatása közvetlenül a talajfelületre történt, amit sekély (5–10 cm) tárcsás bedolgozás követett. A tarlókezelés hatását 2007-ben vetőmag kukoricaállományban értékeltük.

A betakarítás előtt kezelésként négy ismétlésben, ismétlésenként 10 növényről termésmintát szedtünk, majd a lombtrágyák hatékonyságát a termékenyülés (szemszám db/tő) és a termés (g/tő) alapján értékeltük.

A levelek klorofilltartalma információt szolgáltat a növények fiziológiai állapotáról, ugyanis a különböző természetes és antropogén stressz-tényezők hatással vannak a klorofill mennyiségére (Carter 1994). A klorofill mennyisége a látható és az ultraibolya tartományban jól mérhető gyors, nem destruktív optikai módszerekkel (Markwell et al. 1995, Sims et al. 1995, Cartelat et al. 2005). A Minolta SPAD-502 mérőkészülék a levelek relatív klorofilltartalmát a 650 nm hullámhosszú fénysugarak abszorpciója alapján határozza meg, amihez referenciaként infravörös fényt használ a 940 nanométeres hullámhossz-tartományban. A készülék a relatív klorofilltartalmat SPAD-értékben fejezi ki, amit a levélen áthaladt vörös és infravörös fény intenzitásából kalkulál (Minolta Camera Co. Ltd. 1989). A kezelések növényi kondícióra gyakorolt hatásának értékelése érdekében 2008-ban SPAD-méréseket is végeztünk Minolta SPAD 502 mérőkészülékkel. A méréseket mintavételi pontonként 10 tövön, a 6–7. levélen, a levéllemez hosszában arányosan elosztva, a levéllemez jobb és bal oldalán öt-öt ponton mértük. A méréseket három alkalommal végeztük el, az első kezelés előtt (2008. 06. 05), a két kezelés között (2008. 07. 11.) és a második kezelés után (2008. 08. 06).

A lombtrágya-kísérletek statisztikai értékelése során a termékenyülés, a terméseredmények és a SPAD-értékek eloszlásának normalitását Kolmogorov-Smirnov teszttel, a varianciák azonosságát pedig Levene teszttel értékeltük. A normalitásvizsgálat minden esetben normál eloszlást igazolt, ezért a középértékek összehasonlítására paraméteres próbát választottunk. A középértékek

szimultán összehasonlítását Duncan teszttel végeztük 5 százalékos szignifikancia-szinten.

A vizsgálati évek közül a 2006-os és a 2007-es év a kukorica számára aszályosnak, a 2008-as év kedvezőnek bizonyult. A tenyészidőszak napsütéses óráinak száma (1618–1779), effektív hőösszege (1437–1660 °C), átlaghőmérséklete (17,6–18,7 °C), csapadéka (348–406 mm), valamint az éves csapadék (545–629 mm) a kukorica számára kedvező volt. A címerhányás időszakában (július) mindhárom évben kedvezőtlen volt a csapadék eloszlása. A havi csapadékmenyiség (61–65 mm) a kukorica számára optimális tartományba esett (50–80 mm), viszont 2006-ban a havi csapadék 82 százaléka (50 mm) egy nap alatt (2006. 07. 22.), 2007-ben a júliusi csapadék 72 százaléka (47 mm) két nap alatt (2007. 07. 04. és 2007. 07. 05.), 2008-ban a havi csapadék 68 százaléka (29 mm) két nap alatt (2008. 07. 04. és 2008. 07. 07.) esett le.

A pollenszórás időszakának (július) átlagos 14 órás relatív légköri nedvessége 2006-ban 46%, 2007-ben 44%, 2008-ban 59% volt. A júliusi hónapban a 45% alatti relatív nedvességű napok száma 2006-ban és 2007-ben magas (19–21 nap) volt, ezért a termékenyülés szempontjából a 2006-os és 2007-es év kedvezőtlenebb volt, mint a 2008-as. A különböző évjáratok terméseredményeiben jelentkező különbségeket Welch- és t-próbával értékeltük, annak függvényében, hogy a Levene teszt a varianciák azonosságát, vagy különbözőségét igazolta.

Kísérleti eredmények

A vizsgálat első évében (2006) a Natur Plasma termésmenvelő hatékonyságát vizsgáltuk állománykezelésben, négy kezelt és négy kontroll területen. A hatékonyság értékelése során a tövenkénti szemszámra (db/tő) és a g/tő értékben kifejezett termésre gyakorolt hatást vizsgáltuk. A kezelés hatására a szemszám 59 db/tő értékkel, a termés 14,2 g/tő (0,9 t/ha) értékkel javult a kontrollhoz képest.

A kontroll és a kezelt területek termékenyülés és termésadatainak normalizálását Kolmogorov-Smirnov teszttel, a varianciák azonosságát Levene teszttel ellenőriztük. A vizsgált változók minden esetben normál eloszlást és azonos varianciát mutattak, ezért független kétmintás t-próbát alkalmaztunk. A növényenkénti szemszámokban és a termésben a t-próba $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbségeket igazolt a kezelt és a kontroll állományok között, vagyis a Natur

Plasma kezelése kedvezően hatott a vetőmag kukoricaállomány termékenyülésére és termésére (2. táblázat).

2. táblázat. A t-próba eredménytáblázata a növényenkénti szemszámra (db/tő) és a termésre (g/tő) (2006)

	Szemszám (db/tő)			Termés (g/tő)		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Átlag	t-érték	df	Átlag	t-érték	df
	(3)	(4)	(5)	(3)	(4)	(5)
Natur Plasma	149	3,25 *	78	35,7	3,26 *	78
Kontroll (6)	90			21,5		

* $p < 0,05$, df = szabadságfokok száma

Table 2. Results of the t-test concerning grain number per plant (no. per stem) and yield (g per stem) (2006). (1) Grain number (no. per stem), (2) Yield (g per stem), (3) Mean, (4) T value, (5) Degree of freedom (6) Control. * $p < 0.05$, df = number of degrees of freedom.

A vizsgálat második évében (2007) természetes alapanyagú lombtrágyák (Natur Plasma, cinkkel dúsított Natur Plasma, Natur Vita, Amalgerol Prémium) hatékonyságát vizsgáltuk állománykezelésben és tarlókezelésben. A hatékonyság értékelése során a növényenkénti szemszámra (db/tő) és a termésre (g/tő) gyakorolt hatást értékeltük.

Az átlagos növényenkénti szemszám a kontroll területen alacsonyabb volt, mint az állománykezelésekben, valamint a tarlókezelésekben mért szemszám a kontroll területek eredményeihez hasonlóan alakult. Az állománykezelések között a legnagyobb szemszám a Natur Plasmával és a cinkkel dúsított Natur Plasmával kezelt területen jelentkezett. A kontroll állományhoz viszonyítva a növényenkénti szemszám a tarlókezelésekben 0–26 db/tő, az állománykezelésekben 41–84 db/tő mértékben növekedett. A Duncan teszt alapján a tarlókezelésekben mért növényenkénti szemszám szignifikánsan nem különbözött a kontroll állománytól, viszont minden állománykezelésben szignifikánsan nagyobb ($p < 0,05$) szemszám jelentkezett, mint a kontroll állományban és az Amalgerol Prémium tarlókezelésében. A Natur Plasma és a cinkkel dúsított Natur Plasma állománykezelésekben a tövenkénti szemszám statisztikailag igazolható mértékben ($p < 0,05$) magasabb volt, mint a Natur Vitával és az Amalgerol Prémiummal permetezett területeken. Nem volt statisztikai értelemben

vett különbség a Natur Plasma, a cinkkel dúsított Natur Plasma állománykezelése, valamint a Natur Vita, az Amalgerol Prémium állománykezelése és a Natur Plasma tarlókezelése között (3. táblázat).

3. táblázat. A kezelések hatása a növényenkénti szemszámmra (db/tő) és a termésre (g/tő) (2007)

Kezelések (1)	Szemszám (2)	Termés (3)	n (4)
Kontroll (5)	149 c	33,3 c	40
Amalgerol Prémium (t)	143 c	38,0 b	40
Natur Plasma (t)	175 bc	31,1 c	40
Natur Plasma (á)	233 a	42,1 ab	40
Cinkkel dúsított Natur Plasma (á)	224 a	45,2 a	40
Natur Vita (á)	190 b	42,7 ab	40
Amalgerol Prémium (á)	191 b	38,7 ab	40
F-érték (6)	9,10 *	4,94 *	

* $p < 0,05$, á = állománykezelés, t = tarlókezelés, n = elemszám

Table 3. The effect of treatments on the grain number per plant (no. per stem) and yield (g per stem) (2007). (1) Treatments, (2) Grain number, (3) Yield, (4) Element number, (5) Control, (6) F value. * $p < 0,05$, á = population treatment, t = stubble treatment, n = element number.

Az átlagos termés a Natur Plasmás tarlókezelésben (2,0 t/ha) és a kontroll állományban (2,2 t/ha) volt a legalacsonyabb, a cinkkel dúsított Natur Plasmával (2,9 t/ha), a Natur Vitával (2,8 t/ha) és a Natur Plasmával (2,7 t/ha) permezetett területeken a legmagasabb. Az Amalgerol Prémium állománykezelése (2,5 t/ha) és tarlókezelése (2,5 t/ha) közel hasonló eredményt adott, ami viszont elmaradt a többi vizsgált készítmény állománykezelésben mutatott eredményétől. A kontroll állományhoz viszonyítva a tarlókezelések 0,0–4,7 g/tő (0,0–0,3 t/ha), az állománykezelések 5,4–11,9 g/tő (0,3–0,7 t/ha) termésmenövedést eredményeztek. A Duncan teszt szignifikancia-eredményei alapján megállapítottuk, hogy az állománykezelések terméseredményei és az Amalgerol Prémiumos tarlókezelés termése szignifikánsan ($p < 0,05$) nagyobbak voltak, mint a kontrollban mért termés, míg a Natur Plasmával végzett tarlókezelés termése statisztikai értelemben nem különbözött a kontroll állomány termésétől. A szignifikancia-eredmények alapján nem voltak egyértelműek a kezelések közötti különbségek. Az Amalgerol Prémium terméseredménye a

tarlókezelésben és az állománykezelésben sem különbözött szignifikánsan a Natur Vita és a Natur Plasma állománykezelés eredményeitől. A cinkkel dúsított Natur Plasma statisztikai értelemben ($p < 0,05$) nagyobb termést eredményezett mint a kontroll állomány és a tarlókezelés, de termése szignifikánsan azonos volt az Amalgerol Prémium, a Natur Plasma és a Natur Vita állománykezelésével (3. táblázat).

A 2007-es év eredményei alapján az állománykezelések kedvezően hatottak a vetőmag kukoricaállomány termékenyülésére és termésére, a tarlókezelések hatása és az állománykezelések közötti különbségek viszont nem egyértelműek, ezért további vizsgálatok szükségesek.

A vizsgálat harmadik évében (2008) természetes alapanyagú lombtrágyák (Natur Plasma, Natur Vita, Amalgerol Prémium) hatékonyságát vizsgáltuk állománykezelésben. A hatékonyság értékelése során a SPAD-értékre, a növényenkénti szemszámra (db/tő) és a termésre (g/tő) gyakorolt hatást vizsgáltuk.

Az első permetezés előtt értékeltük a kezelésekre kijelölt növényállományok SPAD-értékében jelentkező különbségeket. A legkisebb átlagos SPAD-értéket a kombinált kezelésre kijelölt állományban, a legnagyobb átlagértéket a 2. kontrollban mértük. Az Amalgerol Prémiummal kezelendő terület és az 1. kontroll SPAD-értéke 32,0 felett alakult, de elmaradt a Natur Vita és a Natur Plasma kezelésekre kijelölt területeken mért átlagértékektől. A Duncan teszt alapján megállapítottuk, hogy a 2. kontroll állományban mért SPAD-mérések szignifikánsan ($p < 0,05$) nagyobbak voltak, mint a többi területen, viszont az 1. kontroll és a kezelésekre kijelölt területek SPAD-mérési eredménye statisztikai értelemben azonosnak bizonyult, ezért a kezelések hatását az 1. kontrollhoz viszonyítva értékeltük (4. táblázat).

Az első kezelés után a legkisebb átlagos SPAD-értéket a kontroll területen, a legmagasabb értéket a kombinált kezelésben mértük, valamint az állománykezelésekben mért értékek között csak kis mértékű eltérés (0,4–1,3) adódott. Az első kezelés után a Duncan teszt szignifikáns ($p < 0,05$) különbséget igazolt a kontroll és a kezelések SPAD-mérési eredményeiben, a kezelések SPAD-értékében viszont nem mutatkozott statisztikailag igazolható eltérés (4. táblázat).

A második kezelés után a legkisebb átlagos SPAD-értéket a kontroll területen, a legmagasabb értéket a kombinált kezelésben mértük. A Natur Vitával, a Natur Plasmával és az Amalgerol Prémiummal kezelt területek átlagos SPAD-értéke nem érte el a 40,0 SPAD-értéket. A Duncan teszt igazolta, hogy a kezelé-

sekben végzett SPAD-mérések szignifikánsan ($p < 0,05$) nagyobbak, mint a kontrollban. Nem adódott statisztikailag igazolható különbség a Natur Vita, a Natur Plasma és az Amalgerol Prémium között, viszont átlagos SPAD-értékük szignifikánsan ($p < 0,05$) kisebb volt, mint a kombinált kezelés átlagos SPAD-értéke (4. táblázat).

4. táblázat. A kezelések hatása a kukoricalevelek SPAD-értékére (2008)

Kezelések (1)	1. kezelés előtt (2)	1. kezelés után (3)	2. kezelés után (4)	n (5)
Kontroll 1 (6)	32,9 b	47,1 b	35,8 c	48
Kontroll 2 (7)	36,1 a	-	-	48
Natur Plasma	33,8 b	50,2 a	38,5 b	48
Natur Vita	33,1 b	49,6 a	38,4 b	48
Amalgerol Prémium	32,8 b	50,5 a	38,8 b	48
Kombinált kezelés (8)	31,8 b	50,9 a	41,3 a	48
F-érték (9)	4,46 *	5,34 *	5,38 *	

* $p < 0,05$, n = elemszám

Table 4. The effect of treatments on the SPAD value of maize leaves (2008). (1) Treatments, (2) Before the 1st treatment, (3) After the 1st treatment, (4) After the 2nd treatment, (5) Element number, (6) Control 1, (7) Control 2, (8) Combined treatment, (9) F value. * $p < 0,05$, n = element number.

A legalacsonyabb tövenkénti szemszám a kontroll állományban és a Natur Vita kezelésben, a legmagasabb átlagérték a kombinált kezelésben jelentkezett. A Natur Plasma és az Amalgerol Prémium termékenyülése elmaradt a kombinált kezelésben meghatározott átlagértéktől. A kontrollhoz viszonyítva a növényenkénti szemszám 9–39 db/tő mértékben növekedett, viszont a Duncan teszt nem igazolt szignifikáns különbséget a kezelt és a kontroll állományok között (5. táblázat).

Az átlagos termés a kontroll állományban volt a legalacsonyabb (3,2 t/ha), és a kombinált kezelésben a legmagasabb (3,9 t/ha). A Natur Vitával (3,7 t/ha), a Natur Plasmával (3,8 t/ha) és az Amalgerol Prémiummal (3,8 t/ha) permetyezett területek átlagtermése meghaladta a kontroll állomány átlagtermését, de elmaradt a kombinált kezelésben mért eredménytől. A Duncan teszt szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket igazolt a kontroll és a kezelések termésében, a

kezelések termésátlagában viszont nem mutatott statisztikai értelemben vett különbséget. A vizsgált készítmények a kontroll állományhoz viszonyítva 8,1–11,3 g/tő (0,5–0,7 t/ha) terméshozadékot eredményeztek (5. táblázat).

5. táblázat. *A kezelések hatása a növényenkénti szemszámmra (db/tő) és a termésre (g/tő) (2008)*

Kezelések (1)	Szemszám (db/tő) (2)	Termés (g/tő) (3)	n (4)
Kontroll 1 (5)	251 a	49,2 b	40
Natur Plasma	272 a	57,7 a	40
Natur Vita	260 a	57,3 a	40
Amalgerol Prémium	283 a	58,9 a	40
Kombinált kezelés (6)	290 a	60,5 a	40
F-érték (7)	1,59 ^{n.s.}	2,95 [*]	

* $p < 0,05$, n.s. = nincs szignifikáns különbség, n = elemszám.

Table 5. The effect of treatments on the grain number per plant (no. per stem) and yield (g per stem) (2008). (1) Treatments, (2) Grain number (no. per stem), (3) Yield (g per stem), (4) Element number, (5) Control 1, (6) Combined treatment, (7) F value. * $p < 0,05$, n.s. = no significant difference, n = element number.

A vizsgálati eredmények statisztikai értékelése során megállapítottuk, hogy a természetes alapú lombtrágyák kedvezően hatottak a vetőmag kukoricaállomány SPAD-értékére, ami a második kezelés után kifejezettebbé vált. A 2007-es vizsgálati évvel ellentétben a 2008-as évben a kezelések nem növelték a szemszámot statisztikailag igazolható mértékben, viszont a kontrollhoz viszonyítva szignifikáns terméshozadékot biztosítottak.

A 2006-os és 2007-es évek a termékenyülés szempontjából kedvezőtlenek voltak, míg a 2008-as év kedvezőnek bizonyult. A pollenszórás időszakának (július) átlagos 14 órás relatív légköri nedvessége 2006-ban és 2007-ben alacsonyabb (44–46%) volt, mint 2008-ban (59%), valamint a júliusi hónapban a 45% alatti relatív nedvességű napok száma 2006-ban és 2007-ben magas (19–21 nap) volt.

A 2006-os és 2007-es évek eredményeit a 2008-as év eredményeivel összehasonlítva megállapítottuk, hogy az aszályos években (2006, 2007) a kontroll állományokban és a kezelt állományokban mért növényenkénti szemszám és termés szignifikánsan ($p < 0,001$) alacsonyabb volt mint a termékenyülés szem-

pontjából kedvező évben (2008), valamint a kontrollhoz viszonyított szemszám- és terméshozadék az aszályos években jelentősebb volt, mint a 2008-as évben (6. táblázat).

6. táblázat. A kezelések hatása a különböző évjáratokban

Vizsgálati évek (1)	M _k	df	t-érték (2)	M _{ak}	df	t-érték (2)	MD _k
Szemszám (db/tő)							
(3)							
2006–2007	120	116	9,13*	180	358	9,43*	60
2008	251			276			25
Termés (g/tő)							
(4)							
2006–2007	27,4	116	7,82*	39	358	10,42*	11,6
2008	49,5			58,6			9,1

* $p < 0,05$, M_k = a kontroll állományok átlaga, M_{ak} = az állománykezelések átlaga, MD_k = a kontrollhoz viszonyított átlagos differencia, df = szabadságfokok száma.

Table 6. The effect of treatments in different crop years. (1) Years of examination, (2) t value, (3) Grain number (no. per stem), (4) Yield (g per stem). * $p < 0,05$, M_k = mean of control populations, M_{ak} = mean of population treatments, MD_k = average difference in comparison with the control, df = number of degrees of freedom.

Következtetések

A vizsgálati eredmények statisztikai értékelése során megállapítottuk, hogy a tesztelt lombtrágyák alkalmazásával javul a növényállomány kondíciója. Az alkalmazott kezeléstől függően az alaptrágyázáson felül további terméshozadékot biztosítanak, valamint kombinált alkalmazásuk nem eredményez szignifikánsan nagyobb termést, mint a készítmények önmagukban történő kijuttatása. Az eredmények alapján feltételezzük, hogy a természetes alapanyagú lombtrágyák az alapműtrágyázást bizonyos mértékben kiváltani képesek, ezért szükségszerűnek tartjuk a kérdés kis- és nagyparcellás vizsgálatát.

A vizsgált készítmények lombtrágyaként történő kijuttatásával kedvezőbb terméshozadékot értünk el az aszályos években, mint a termékenyülés szempontjából kedvezőbb 2008-as évben, amiből arra következtetünk, hogy az alga és algakivonat alapú lombtrágyák terméshozadék növelő hatása a növénykondicionáló hatásukból adódik, ami stresszhelyzetben (pld.: légköri aszály) kifejezettebb,

mint optimális körülmények között. Ebből következően a kezelések költség-hatékonysága stresszhelyzetben kedvezőbb lehet.

A szabadföldi lombtrágya kísérleteket nehezíti, hogy a kezelt és a kontroll területek sok esetben már a kezelés előtt sem egységesek. Az első lombtrágya kezelés előtt végzett SPAD-mérés eredményei alapján vizsgálható, hogy a kezelésekre és a kontrollként kijelölt növényállományok kondíciója azonos, vagy különböző. Így a terméseredmények értékelése során az előzetes SPAD-mérésekre alapozva lehetőség adódik arra, hogy a kezeléseket ahhoz a kontroll állományhoz hasonlítsuk, melyben a növényi kondíció már a kezelés előtt is azonos volt a kezelésre kijelölt állományok kondíciójával. A módszer előnye, hogy pontosan értékelhető a lombtrágyák potenciális termésnövelő képessége, ami lehetőséget ad a lombtrágyák racionális összehasonlítására. A módszer hátránya, hogy az eredmények kissé magasabbak, mint az üzemi körülmények között várható termésnövekedés, ami abból adódik, hogy a vizsgálat során kizárjuk a növényállomány heterogenitásából adódó termésveszteséget, ezért a készítmények nagyüzemi alkalmazásának költség-hatékonyság-alapú vizsgálatát elengedhetetlennek tartjuk.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a Nemzeti Technológiai Program (NKTH 00210/2008), a Baross Gábor program (OMFB-01005/2009) és a TÁMOP 4.2.1./B-09/1/-KONV-2010-0007 támogatta. Ezúton mondunk köszönetet Farkas Istvánnak, Bartha Sándornak, Varga Csabának és Munkácsi Szabolcsnak a kísérletek beállításában nyújtott segítségükért.

IRODALOM

- Arshad, M. A.–Martin, S.: 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 88. 2: 153–160.
- Bronick, C. J.–Lal, R.: 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*. 124. 1–2: 3–22.
- Cartelat, A.–Cerovic, Z. G.–Goulas, Y.–Meyer, S.–Lelarge, C.–Prioul, J.–L.–Barbottin, A.–Jeuffroy, M.–H.–Gate, P.–Agati, G.–Moya, I.: 2005. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*. 91. 1: 35–49.

- Carter, G. A.*: 1994. Ratios of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. *International Journal of Remote Sensing*. 15. 3: 697–703.
- Cong, P. T.–Dung, T. D.–Hien, T. M.–Hien, N. T.–Choudhury, A. T. M. A. L. –Kecskés, M. L.–Kennedy, I. R.*: 2009. Inoculant plant growth-promoting microorganisms enhance utilisation of urea-N and grain yield of paddy rice in southern Vietnam. *European Journal of Soil Biology*. 45. 1: 52–61.
- Dawe, D.–Dobermann, A.–Ladha, J. K.–Yadav, R. L.–Bao, L.–Gupta, R. K.–Lal, P.–Panaullah, G.–Sariam, O.–Singh, Y.–Swarup, A.–Zhen, Q.–X.*: 2003. Do organic amendments improve yield trends and profitability in intensive rice systems? *Field Crops Research*. 83. 2: 191–213.
- Deumlich, D.–Funk, R.–Frielinghaus, M.–Schmidt, W. A.–Nitzsche, O.*: 2006. Basics of effective erosion control in German agriculture. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science (Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde)*. 169. 3: 370–381.
- Douds, Jr., D. D.–Nagahashi, G.–Pfeffer, P. E.–Reider, C.–Kayser, W. M.*: 2006. On-farm production of AM fungus inoculum in mixtures of compost and vermiculite. *Bioresource Technology*. 97. 6: 809–818.
- Döbereiner, J.*: 1997. Biological nitrogen fixation in the tropics: Social and economic contributions. *Soil Biology and Biochemistry*. 29. 5–6: 771–774.
- Duffy, E. M.–Cassells, A. C.*: 2000. The effect of inoculation of potato (*Solanum tuberosum* L.) microplants with arbuscular mycorrhizal fungi on tuber yield and tuber size distribution. *Applied Soil Ecology*. 15. 2: 137–144.
- Evans, R.*: 2005. Reducing soil erosion and the loss of soil fertility for environmentally sustainable agricultural cropping and livestock production systems. *Annals of Applied Biology*. 146. 2: 137–146.
- Gajdos É.*: 2009. Baktérium alapú bio-trágya hatása a kukorica és a napraforgó kadmium toleranciájára vízkultúras kísérletekben. *Agrártudományi Közlemények (Acta Agraria Debreceniensis)*. 35: 15–21.
- Gould, W. D.*: 1990. Biological control of plant root diseases by bacteria. [In: Nakas, J. P.–Hagedorn C. (eds.) *Biotechnology of Plant-Microbe Interactions*.]. McGraw-Hill, New York, 287–372.
- Gosling, P.–Shepherd, M.*: 2005. Long-term changes in soil fertility in organic arable farming systems in England, with particular reference to phosphorus and potassium. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 105. 1–2: 425–432.
- Haller G.*: 2009. Növényvédőszeres, termésmenvelő anyagok 2009 II. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, Budapest.
- Hansen, B.–Kristensen, E. S.–Grant, R.–Hogh-Jensen, H.–Simmelsgaard, S. E.–Olesen, J. E.*: 2000. Nitrogen leaching from conventional versus organic farming systems – a systems modelling approach. *European Journal of Agronomy*. 13. 1: 65–82.

- Hernandez, J.P.-de-Bashan, L. E.-Rodriguez, D. J.-Rodriguez, Y.-Bashan, Y.: 2009. Growth promotion of the freshwater microalga *Chlorella vulgaris* by the nitrogen-fixing, plant growth-promoting bacterium *Bacillus pumilus* from arid zone soils. *European Journal of Soil Biology*. 45. 1: 88–93.
- Kannaiyan, S.: 2002. Biofertilizers for sustainable crop production. [In: Kannaiyan, S. (ed.) *Biotechnology of biofertilizers*.]. Narosa Publishing House. New Delhi, India. 9–49.
- Kohler, J.-Caravaca, F.-Carrasco, L.-Roldán, A.: 2006. Contribution of *Pseudomonas mendocina* and *Glomus intraradices* to aggregates stabilisation and promotion of biological properties in rhizosphere soil of lettuce plants under field conditions. *Soil Use and Management*. 22. 3: 298–304.
- Kincses, I.-Nagy, P. T.-Sipos, M.: 2009. Effect of bacteria fertilizers on plant extracted Zn and Cu content of ryegrass (*Lolium perenne*) at different types of soil. [In: Szilágyi M.-Szentmihályi K. (eds.) *Trace elements in the food chain*. Vol. 3. Deficiency or excess of trace elements in the environment as a risk of health.] Hungarian Academy of Sciences, Chemical Research Center. Budapest. 357–361.
- Kim, K.-Barham, B. L.-Coxhead, I.: 2000. Recovering soil productivity attributes from experimental data: a statistical method and an application to soil productivity dynamics. *Geoderma*. 96. 3: 239–259.
- Klopper, J. W.-Liftshitz, K.-Zablutowicz, R. M.: 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends in Biotechnology*. 7. 2: 39–43.
- Liang, Y. C.-Shen, Q. R.-Shen, Z. G.-Ma, T. S.: 1996. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. *Journal of Plant Nutrition*. 19. 1: 173–183.
- Lin, X.-Zhou, W.-Zhu, D.-Chen, H.-Zhang, Y.: 2006. Nitrogen accumulation, remobilization and partitioning in rice (*Oryza sativa* L.) under an improved irrigation practice. *Field Crops Research*. 96. 2–3: 448–454.
- Loveland, P.-Webb, J.: 2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil and Tillage Research*. 70. 1: 1–18.
- Lupwayi, N. Z.-Arshad, M. A.-Rice, W. A.-Clayton, G. W.: 2001. Bacterial diversity in water-stable aggregates of soils under conventional and zero tillage management. *Applied Soil Ecology*. 16. 3: 251–261.
- Markwell, J.-Osterman, J. C.-Mitchell, J. L.: 1995. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Research*. 46. 3: 467–472.
- Minolta Camera Co. Ltd.: 1989. Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction Manual. Radiometric Instruments Divisions. Osaka. Minolta.
- Nagy, J.: 2006. Effect of tillage on the yield of crop plants. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 255–258.
- Nagy, J.: 2007. Evaluating the effect of year and fertilisation on the yield of mid ripening (FAO 400–499) maize hybrids. *Cereal Res. Commun.* 35. 3: 1497–1507.
- Nisha, R.-Kaushik, A.-Kaushik, C. P.: 2007. Effect of indigenous cyanobacterial application on structural stability and productivity of an organically poor semi-arid soil. *Geoderma*. 138. 1–2: 49–56.

- Péterfi I.*: 1977. Az algák biológiája és gyakorlati jelentősége. Ceres Könyvkiadó. Bukarest.
- Reeves, D. W.*: 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research*. 43. 1-2: 131-167.
- Schwab, A. P.*: 1990. Changes in soil chemical properties due to 40 years of fertilization. *Soil Science*. 149. 1: 35-46.
- Sims, J. T.-Vasilas, B. L.-Gartley, K. L.-Milliken, B.-Green, V.*: 1995. Evaluation of soil and plant nitrogen tests for maize on manured soils of the Atlantic coastal plain. *Agronomy Journal*. 87. 2: 213-222.
- Smith, S. E.-Read, D. J.*: 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press. San Diego. CA.
- Sturz, A. V.-Nowak, J.*: 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Applied Soil Ecology*. 15. 2: 183-190.
- Tripathi, R. D.-Dwivedi, S.-Shukla, M. K.-Mishra, S.-Srivastava, S.-Singh, R.-Rai, U. N.-Gupta, D. K.*: 2008. Role of blue green algae biofertilizer in ameliorating the nitrogen demand and fly-ash stress to the growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) plants. *Chemosphere*. 70. 10: 1919-1929.
- Vessey, J. K.*: 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 255. 2: 571-586.
- Wu, S. C.-Cao, Z. H.-Li, Z. G.-Cheung, K. C.-Wong, M. H.*: 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*. 125. 1-2: 155-166.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Dr. Víg Róbert-Dr. Dobos Attila-Dr. Nagy János
Magyar Tudományos Akadémia-Debreceni Egyetem
Földművelési és Területfejlesztési Kutatócsoport
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Molnár Krisztina
Debreceni Egyetem AGTC
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032