

Crop
Production

 HERMAN OTTÓ INTÉZET

NÖVÉNYTERMELÉS

65. kötet | 2. szám | 2016. június

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Rendszeres szennyvíz-
iszap-komposzt
alkalmazásának hatása
a talaj szervesanyag-
tartalmára

A biogáz-üzemi présvíz
alkalmazási lehetőségének
vizsgálata tápelem-hiánynak
kített kukoricánál
laboratóriumi körülmények
között

Néhány trágyázási mód
hatása a talaj cinktartalmára
a Westsik-féle vetésforgó
tartamkísérletben

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

A Herman Ottó Intézet kiadásában,
a Földművelésügyi Minisztérium támogatásával megjelenő folyóirat
a növénytermesztés, növénynemesítés, növénygenetika, növényélettan, agrobotanika
területén magyar és külföldi szerzők által írt, angol és orosz nyelvű összefoglalókkal
ellátott tudományos közleményeket, vitacikkeket, szemlét, könyvismertetést közöl.

**A folyóirat szakmai támogatója az MTA Agrártudományok Osztályának Talajtani,
Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Bizottsága**

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

DEBRECENI EGYETEM MÉK
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
4002 Debrecen, Pf. 400
Telefon: (06 52) 508-310
Fax: (06 52) 508-460
E-mail: novenytermeles@agr.unideb.hu
szelesne@agr.unideb.hu

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

Herman Ottó Intézet
Kiadói és Dokumentációs Osztály
1223 Budapest, Park u. 2.
Telefon: (06 1) 362-8100
Fax: (06 1) 362-8104
E-mail: info@agrarlapok.hu
www.hoi.hu
www.novenytermeles.hu

A kiadásért felelős Dr. Mezőszentgyörgyi Dávid,
a Herman Ottó Intézet főigazgatója

ISSN 0546-8191
Növényterm 65 (2016) 2
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

65. kötet, 2. szám, 2016. június

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

Z. BERZSENYI, M. BIRKÁS, L. BLASKÓ, CS. GYURICZA, K. INUBUSHI,
Z. IZSÁKI, M. JOLÁNKAI, T. KISMÁNYOKY, É. LEHOCZKY,
N. A. MAKARENKO, D. MEZŐSZENTGYÖRGYI, J. NAGY, P. PEPÓ, R. SCHMIDT

FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Herman Ottó Intézet főigazgatója

A nyomást és kötést a Generál Nyomda Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Dr. Csajbók József

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Fehér Bernadett – Tomócsik Attila – Demeter Ibolya – Aranyos Tibor József – Makádi Marianna: Rendszeres szennyvíziszap-komposzt alkalmazásának hatása a talaj szervesanyag-tartalmára</i>	7
<i>Hankovszky Gerda – Tóth Brigitta: A biogáz-üzemi présvíz alkalmazási lehetőségek vizsgálata tápelem-hiánynak kitett kukoricánál laboratóriumi körülmények között</i>	21
<i>Henzsel István – Hadházy Ágnes: Néhány trágyázási mód hatása a talaj cink-tartalmára a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben</i>	35
<i>Kurtinecz, Paul – Bănăţeanu, Cecilia – Moldovan, Ana: A sárközújlaki (lívadai) meszezési és trágyázási tartamkísérletek fontosabb eredményei</i>	47
<i>Simon László – Vincze György – Uri Zsuzsanna – Irinyiné Oláh Katalin – Vigh Szabolcs – Makádi Marianna – Aranyos Tibor – Zsombik László: Energetikai célra termesztett fűzzel (<i>Salix</i> sp.) beállított tápanyag-utánpótlási szabadföldi tartamkísérlet - az első öt év tapasztalatai</i>	59
<i>Takács Tünde – Cseresnyés Imre – Kovács Ramóna – Parádi István – Szili-Kovács Tibor – Fűzy Anna: Hazai szójafajták (<i>Glycine max</i> L. Merr.) és gyökérszimbionta oltóanyagok kompatibilitás-vizsgálata tenyésztedény-kísérletben</i>	77
 SZEMLE	
<i>Kismányoky Tamás – Tóth Zoltán: Keszthelyi tartamkísérletek (1964–2014)</i>	99
 KÖNYVISMERTETÉS	
<i>Németh Tamás: Kádár Imre – Összefüggések a talaj termékenysége és tápanyag-ellátottsága között</i>	105

CONTENTS

<i>B. Fehér – A. Tomócsik – I. Demeter – T. J. Aranyos – M. Makádi:</i> Effect of regular sewage sludge application on the soil organic matter	7
<i>G. Hankovszky – B. Tóth:</i> Examination of the use of digestate in the case of nutrient deficient maize under laboratory circumstances	21
<i>I. Henzsel – Á. Hadházy:</i> Effect of some fertilisers on the Zinc content of soil in Westsik's long-term crop rotation experiment	35
<i>P. Kurtinecz – C. Bănăţeanu – A. Moldovan:</i> Some relevant results of liming and fertilising long-term experiments at Livada, Romania	47
<i>L. Simon – Gy. Vincze – Zs. Uri – K. Irinyiné Oláh – Sz. Víg – M. Makádi – T. Aranyos – L. Zsombik:</i> Long-term open-field fertilisation experiment with energy willow (<i>Salix</i> sp.) – observations of the first five years	59
<i>T. Takács – I. Cseresnyés – R. Kovács – I. Parádi – T. Szili-Kovács – A. Fűzy:</i> Examination of the compatibility between Hungarian registered soybean (<i>Glycine max</i> L. Merr.) cultivars and microsymbionts in a pot experiment	77
REVIEW	
<i>T. Kismányoky – Z. Tóth:</i> Long-term experiments in Keszthely (1964–2014)	99
BOOK REVIEWS	
<i>T. Németh:</i> Imre Kádár – Correlations between soil fertility and nutrient supply level	105

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Б. Фехир – А. Тоточик – И. Деметер – Т. Я. Араньош – М. Макади:</i> Влияние регулярного применения компоста из ила сточных вод на содержание органического вещества почвы	7
<i>Г. Ханковски – Б. Тот:</i> Исследование возможностей применения воды пресса биогазового завода в подверженной нехватке питательных элементов кукурузе в лабораторных условиях	21
<i>И. Хенжел – А. Хадхази:</i> Влияние некоторых методов внесения удобрений на содержание цинка почвы в продолжительном опыте севооборота по методу Вешчика (Westsik)	35
<i>П. Куртинец – С. Ванатеану – А. Молдован:</i> Наиболее важные результаты продолжительных опытов известкования и удобрений в Шаркёзуйлаке (Sárközújlak, Livada)	47
<i>Л. Шимон – Д. Винце – Ж. Ури – К. Ирине Олах – С. Виг – М. Макади – Т. Араньош – Л. Жомбик:</i> Продолжительный грунтовый опыт дополнения питательных веществ, установленный с выращенной в энергетических целях ивой (<i>Salix</i> sp.) – опыты первых пяти лет	59
<i>Т. Такач – И. Черешньеш – Р. Ковач – И. Паради – Т. Сили-Ковач – А. Фюзи:</i> Исследование компатибельности венгерских сортов сои (<i>Glycine max</i> L. Merr.) и прививочного материала корневых симбионтов в опыте в вегетационном сосуде	77

ОБЗОР

<i>Т. Кишманьоки – З. Тот:</i> Продолжительные опыты в Кестхее (г. Кестхей, Венгрия) (1964–2014)	99
--	----

РЕЦЕНЗИЯ КНИГИ

<i>Т. Немет: Имре Кадар –</i> Взаимосвязи между плодородием почвы и её обеспеченностью питательными веществами	105
--	-----

Rendszeres szennyvíziszap-komposzt alkalmazásának hatása a talaj szervesanyag-tartalmára

FEHÉR BERNADETT - TOMÓCSIK ATTILA - DEMETER IBOLYA -
ARANYOS TIBOR JÓZSEF - MAKÁDI MARIANNA
Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ,
Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza

Összefoglalás

A talajok termékenységének fenntartásában, illetve megőrzésében nagyon fontos a szervesanyag-tartalom megtartása, lehetőség szerinti növelése. Ehhez szervesanyag-bevitelre is szükség van, melynek egyik lehetséges módja a szennyvíziszap-komposzt talajba juttatása. Munkánk során nyírségi savanyú homoktalajra kijuttatott szennyvíziszap-komposzt hatását vizsgáltuk.

Tíz év rendszeres szennyvíziszap-komposzt alkalmazásának eredményeképpen megállapítottuk, hogy a szervesanyag-tartalommal összefüggő paraméterek mind-egyikében növekedést tapasztaltunk a 9, 18 és 27 t/ha mennyiségekben kijuttatott szennyvíziszap-komposzt hatására. A kezelésekből mért izzítási veszteség, összes szén- és nitrogéntartalom, a humusz- és a szerves széntartalom a kezelt területeken megnőtt a kontroll területhez képest, de szignifikáns növekedés általában csak a legnagyobb dózis esetében volt kimutatható. A szervesanyag-bevitellel párhuzamosan a lebontó folyamatok intenzitása is növekedett, amit a talajban képződő CO₂ nagyobb mennyisége jelez.

A jó minőségű szennyvíziszap-komposzt istállótrágyához hasonló rendszeres alkalmazása kedvező irányban változtatja meg a talaj szervesanyag-tartalomhoz kapcsolódó tulajdonságait. A talajok szervesanyag-tartalmának mennyiségi és minőségi javítása elengedhetetlen feltétele a biztonságos növénytermesztésnek.

Kulcsszavak: szennyvíziszap-komposzt, szervesanyag-tartalom, tartamkísérlet

Effect of regular sewage sludge application on the soil organic matter

B. FEHÉR – A. TOMÓCSIK – I. DEMETER – T. J. ARANYOS – M. MAKÁDI

University of Debrecen Centre for Agricultural Sciences,

Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza

Summary

Preserving and/or improving the organic matter content of soils are essential for soil fertility. Therefore, organic matter input into the soil is necessary and sewage sludge compost application seems to be a possible method. We studied the effect of sewage sludge compost on acidic sandy soil in the Nyírség region, Hungary.

After 10 years of regular sewage sludge compost application we found an increase in parameters connected with organic matter content in the treatments of 9, 18 and 27 t ha⁻¹ sewage sludge compost. The loss-on-ignition, the total carbon and nitrogen content, the humus and organic carbon content were higher in the treated plots compared to the control but significant treatment effect was found only in the highest dose treatment. In line with the organic matter input the intensity of decomposition processes increased, too. It was indicated by the elevated level of CO₂ emission of soil.

Regular application of good quality sewage sludge compost resulted in favourable changes of soil chemical parameter connected with organic matter content. Quantitative and qualitative improving of organic matter content of soils are the basic requirement for safety plant production.

Key words: sewage sludge compost, organic matter content, long-term experiment

Влияние регулярного применения компоста из ила сточных вод на содержание органического вещества почвы

Б. ФЕХИР – А. ТОМОЧИК – И. ДЕТЕТЕР – Т. Я. АРАНЬОШ – М. МАКАДИ
Ниредьхазский Исследовательский Институт
Центра Аграрных Наук Дебреценского Университета, г.Ниредьхаза

Резюме

В поддержании плодородности почв и в её сохранении очень важно поддержание содержания органических веществ, по возможности увеличение этого. Для этого необходимо дополнение органического вещества, одним из возможных методов которого является внесение в почву компоста из ила сточных вод. В ходе нашей работы исследовали влияние внесенного в ниршигскую (nyírségi) песчаную кислую почву компоста ила сточных вод.

Результатом десятилетнего регулярного применения компоста из ила сточных вод установили, что в каждом из параметров, взаимосвязанных с содержанием органического вещества, обнаружили увеличение под влиянием внесенного в количествах 9, 18 и 27 т/га компоста из ила сточных вод. В обработках измеренные потери нагрева, всё содержание угля и азота, содержание гумуса и органического угля на обработанных территориях выросли по сравнению с контрольной территорией, но значительное увеличение обычно только в случае самых больших доз доказуемо. С внесением органического вещества параллельно увеличилась интенсивность процессов разложения, которое характеризует образующееся в почве большее количество CO_2 .

Регулярное использование хорошего качества компоста ила сточных вод, как и удобрением навозом, изменяет в благоприятном направлении свойства, связанные с содержанием органического вещества почвы. Количественное и качественное улучшение содержания органического вещества почвы – обязательное условие для безопасного растениеводства.

Ключевые слова: компост из ила сточных вод, содержание органического вещества, продолжительный опыт

Bevezetés

Hazánk talajainak közel felét érinti valamilyen, a talajtermékenység romlását előidéző tényező, ezek közé tartozik a nagy homoktartalom is. A homoktalajok legnagyobb problémája a gyenge szerkezet miatti defláció, rossz víz-, hő- és tápanyag-gazdálkodás, aszály- és erózió-érzékenység, könnyen lebomló szervesanyag-tartalom (Várallyay 1984).

A homoktalajok szervesanyag-tartalmuk szempontjából is gyengébbek más talajtípusokhoz képest, humusztartalma általában 1–2% alatt van (Stefanovits 1999).

Annak ellenére, hogy a homoktalajok gyengébb termékenységűek, a Nyírségben nagy területen állnak művelés alatt. Ebből adódóan alkalmazkodnunk kell a homoktalaj kedvezőtlen adottságaihoz. Az egyik legfontosabb feladat a talaj termékenységének fenntartása, javítása, melyet szervesanyag-utánpótlással érhetünk el. A szerves anyagok javítják a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait is (Brady és Weil 1999).

A tápanyagok visszapótlására szolgáló anyagok (főként a szerves trágya) mennyisége egyre kevesebb, ami megköveteli az alternatív talajjavító anyagok használatát. A talajtermékenység javítására megfelelő módszer a komposztok alkalmazása, ugyanis a különféle szerves eredetű anyagokat feldolgozva a talajjavításra alkalmas stabil szerves anyag nyerhető (Kocsis 2005).

A szennyvíztisztítás elterjedésével egyre inkább problémát okoz a tisztítás során fennmaradó melléktermék, vagyis a szennyvíziszap elhelyezése is (Vermes 2005). A növekvő iszapmennyiség hasznosítására megfelelő alternatíva a szennyvíziszap komposztálása. A szennyvíziszap-komposztokat, annak ellenére, hogy komposztálás után a talajok tápanyag-utánpótlására alkalmasak, hazánkban leggyakrabban hulladékként kezelik. A komposzt felhasználásának nagy előnye – a talajok tápanyag-utánpótlása és szerkezetének javítása mellett – a műtrágyákkal szembeni versenyképes ár (Kukely és Sárly 2011). A komposzt kedvező hatással van a talaj termékenységére (Albiach et al. 2001), tápanyag-szolgáltató képességére (Wu et al. 2012), mikrobiológiai aktivitására (García-Gil et al. 2004, Mattana et al. 2014) és víztartó képességére (Aranyos et al. 2013) nézve. Munkánk célja a talaj szervesanyag-tartalmának és az azzal összefüggő néhány kémiai és mikrobiológiai paraméternek a vizsgálat a szennyvíziszap-komposzt rendszeres kijuttatásának hatására egy 10 éves tartamkísérletben.

Anyag és módszer

Az alkalmazott szennyvíziszap-komposzt 40%-ban víztelenített kommunális iszapot, 25%-ban szalmát, 5%-ban bentonitot és 30%-ban riolitot tartalmaz. A szennyvíziszap-komposzt összetételének meghatározása 2003-ban az akkor érvényben lévő 8/2001. (I.26.) FVM rendelet alapján történt (1. táblázat).

1. táblázat. A kijuttatott szennyvíziszap-komposzt minőségi mutatói (2012)

pH (10%-os vizes szusz- penzióban) (1)	Szerves anyag (m/m)% (2)	Vízdoldható összes só (m/m)% (3)	CaCO ₃ (m/m)% (4)	Összes-N (m/m)% (5)	AL-P ₂ O ₅ (mg/kg) (6)						
7,18	27,6	2,15	<0,100	1,25	10 436						
AL-K ₂ O (mg/kg) (7)	AL-Na (mg/kg) (8)	KCl-oldható Mg (mg/kg) (9)	KCl EDTA- oldható Cu (mg/kg) (10)	KCl EDTA- oldható Zn (mg/kg) (11)	KCl EDTA- oldható Mn (mg/kg) (12)						
2770	126	431	17,5	176	38						
mg/kg	Pb	Cd	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Zn	Se	Hg	As
	24,5	1,6	3,64	12,6	124	6,11	8,06	732	<1,00	<1,00	9,44

Table 1. Parameters of the used sewage sludge compost (2012). (1) pH (in 10% aqueous suspension), (2) Organic matter (m/m)%, (3) Water-soluble salt (m/m)%, (4) CaCO₃ (m/m)%, (5) Total-N (m/m)%, (6) AL-P₂O₅ (mg kg⁻¹), (7) AL-K₂O (mg kg⁻¹) (8) AL-Na (mg kg⁻¹), (9) KCl-soluble Mg (mg kg⁻¹), (10) KCl EDTA-soluble Cu (mg kg⁻¹), (11) KCl EDTA-soluble Zn (mg kg⁻¹), (12) KCl EDTA-soluble Mn (mg kg⁻¹)

A kísérlet beállítása a Debreceni Egyetem ATK Nyíregyházi Kutatóintézet nyíregyházi telephelyének kovárványos barna erdőtalaján történt, ahol a 0–30 cm-es talajréteg jellemző paraméterei a mintavétel időpontjában a következők voltak: pH_{H₂O} 6,19; pH_{KCl} 5,23; NO₃-NO₂-N 2,03 mg/kg; AL-K₂O 109,34 mg/kg; AL-P₂O₅ 145,05 mg/kg.

A komposzt háromévente, ősszel került kijuttatásra 9, 18 és 27 t/ha adagban. Eddig négyszer történt kijuttatás: 2003-ban, 2006-ban, 2009-ben és 2012-ben. A tesztnövények kukorica, tritikálé és zöldborsó, kiterített vetésforgóban vetve. A kísérleti terület öt db blokkból épül fel. A parcellák mérete 12×18 mé-

ter. A talajmintavétel a kukorica növény talajából, 0–30 cm-es talajmélységből, 2013 augusztusában történt. A mintavétel során kisparcellánként öt pontmintából átlagmintát képeztünk.

Az izzítási veszteséget és a szerves anyag minőségének E4/E6 módszerrel történő meghatározását *Buzás* (1988) szerint végeztük. Az E4/E6 hányadosok értékeiből a talajban található valódi humuszanyagok minőségére következtek a következőképpen: ha a hányados nagyobb, mint hét, akkor a kis molekulájú fulvo- és huminsavak dominálnak; ha a hányados három és öt között van, akkor a nagyobb molekulájú huminsavak dominálnak.

Az összes szén- és nitrogéntartalom meghatározását Dumas-elven működő (*King-Brink és Sebranek* 1993) VarioMAX CNS készülékkel (Elementar GmBH, D) végeztük. A humusztartalom mérését a Debreceni Egyetem MÉK Agrár-Műszerközpontja az *MSZ 21470:1983. 2. szabvány* szerint végezte, melyet a továbbiakban humusz%-nak nevezünk. Mivel a szabvány ezt így nevezi, a mért értékekhez kapcsolódó elemzésben ezt a kifejezést használjuk. A tágabb értelmezésű szervesanyag-tartalom jobban megfelel a többi mért paraméter tartalmának, ezért a többi esetben ezt a kifejezést használjuk. A szerves széntartalom meghatározásához az alábbi képletet használtuk:

$$\text{Hu\%} = \text{szerves-C\%} \times 1,72$$

A talajlégzés terepi mérése a talajmintavétellel párhuzamosan, LCi-SD típusú (ADC Ltd., UK) hordozható CO₂-mérő készülékkel történt.

Az adatok értékeléséhez és az eredmények bemutatásához Excel.2010 és SPSS 21.0 programcsomagokat használtunk. A kezeléshatások megállapítására egytényezős variancia-analízist, az átlagok összehasonlítására Tukey-tesztet alkalmaztunk. Az egyes paraméterek közötti összefüggések megállapítása korreláció-számítással történt. A statisztikai kiértékelést 95%-os valószínűségi szinten végeztük el.

Eredmények

A kísérlet beállítása utáni 10. évben vett talajminták vizsgálata után megállapítottuk, hogy a szervesanyag-tartalommal összefüggő mért paraméterek mindegyikét növelte a szennyvíziszap-komposztkezelés a 0–30 cm-es talajrétegben (*2. táblázat*).

2. táblázat. A talaj vizsgált paramétereinek változása az egyes kezelésekben (0–30 cm)

Kezelés (t/ha) (1)	Izzítási veszteség (%) (2)	E4/E6 hányados (3)	Humusz- tartalom (%) (4)	Összes-C (%) (5)	Összes-N (%) (6)	Szerves-C (%) (7)	Talajlégzés ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) (8)
0	1,94 ^a	5,46 ^a	0,88 ^a	0,536 ^a	0,061 ^a	0,51 ^a	2,37 ^a
9	2,38 ^a	6,13 ^{ab}	1,06 ^a	0,622 ^{ab}	0,069 ^{ab}	0,61 ^a	4,48 ^c
18	2,19 ^a	6,78 ^b	0,95 ^a	0,628 ^{ab}	0,068 ^{ab}	0,55 ^a	3,75 ^{bc}
27	2,49 ^a	6,87 ^b	1,08 ^a	0,673 ^b	0,073 ^b	0,63 ^a	3,22 ^b

Megjegyzés: a-c indexek = a Tukey-teszt szerint szignifikánsan különböző átlagok ($p < 0,05$)

Table 2. Values of the measured parameters in the treatments (0–30 cm soil layer). (1) Treatment (t ha^{-1}), (2) Loss on ignition (%), (3) E4/E6 ratio, (4) Humus content (%), (5) Total-C (%), (6) Total-N (%), (7) Organic-C (%), (8) Soil respiration ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$), Note: a-c indexes = significant differences of means according to Tukey's test ($p < 0.05$)

Az izzítási veszteség a talaj szervesanyag-tartalmának magas hőmérsékleten történő elégetéséből származik. A kontroll parcellához képest a kezelt parcellák mindegyike növekedést mutat (max. 29%). A szennyvíziszap-komposzt növelte a homoktalajban lévő szervesanyag mennyiségét, azonban szignifikáns különbségek a kontroll területhez képest nem voltak kimutathatóak. A kijuttatott komposzt mennyiségének emelkedésével párhuzamosan a homoktalaj szervesanyag-tartalma növekedést mutat. Ezek a hatások kedvezőek, figyelembe véve, hogy a kísérletet alacsony szervesanyag-tartalmú savanyú homoktalajon állítottuk be.

A szerves anyag minőségét jellemző E4/E6 vizsgálat eredményeképp kapott hányadosok a kezeletlen területeken 5–6 között, a kezelt területeken 6–7 között alakultak. Az értékek a komposztdózisokkal növekednek, a mért értékek megfelelnek a homoktalajok átlagos E4/E6 értékeinek.

Az összes széntartalom 16–25%-kal nőtt a kezeletlen területhez képest. Statisztikailag igazolható növekedés a legnagyobb komposztadag hatására következett be. Ezek az eredmények összhangban vannak a talajban mért szerves anyag mennyiségével. Az összes nitrogéntartalom az összes széntartalomhoz hasonlóan változott, de a kezelések kisebb mértékű (13–19%) növekedést eredményeztek.

Következtetés

A talajok szervesanyag-tartalmának csökkenése egyike a talajokat érintő legfontosabb degradációs folyamatoknak (*Louwagie et al. 2009*), ezért az okszerű gazdálkodás során elengedhetetlen a szerves anyag rendszeres pótlása. Korábban ezt elsődlegesen az istállótrágya 3–4 évenkénti kijuttatásával oldották meg, napjainkra azonban az állatlétszám csökkenése és a tartási technológia változása miatt újabb anyagokat kell bevonni a szerves trágyázásba. Ennek egyik lehetősége a komposztált szennyvíziszap rendszeres mezőgazdasági alkalmazása. A szennyvíziszap – de még inkább annak komposztált formája – alkalmas a talajok szervesanyag-tartalmának növelésére, valamint a tápanyag-szolgáltató képességének javítására (*Tomócsik et al. 2012*).

Az E4/E6 hányadosok értékéből a talajban található valódi humuszanyagok (fulvosav, huminsav) minőségére következtethetünk. A szennyvíziszapban főként alifás szerkezetű (nyílt láncú) szerves molekulák vannak túlsúlyban (*Senesi 2003*), melyek jelentős része a komposztálás során is változatlan marad. Ez eredményezi a szennyvíziszap-komposztban mérhető viszonylag magas E4/E6 arányt (*Hanász 2014*), ellentétben pl. az istállótrágyával, amely aromás szerkezetű, kondenzáltabb szerves molekulákat tartalmaz nagyobb mennyiségben, így annak alkalmazása csökkenti a talaj E4/E6 arányát. Az arány értékét befolyásolhatja a humin- és fulvosavak szezonális változása is (*Freytag 1961*), mert a fulvosavak száradás hatására átalakulnak nagyobb molekulájú humuszvegyületekké, majd tartós nedvesség hatására visszaalakulnak fulvosavakká.

Stefanovits (1999) szerint a homoktalaj a nitrogénben igen szegény talajok közé tartozik, melynek összes nitrogéntartalma általában 0,05% körül mozog. A vizsgált talaj összes nitrogéntartalma a kezelések hatására 0,065% fölé emelkedett. A $\text{NO}_3\text{-NO}_2$ -tartalom a vizsgált talajmintákban az összes-N-hez hasonlóan változik, mennyisége az összes-N-hez viszonyítva minimális (nem közölt eredmények alapján), azaz megállapíthatjuk, hogy a nitrogéntartalom jelentős része szerves vegyületekben található. Ezt igazolja *Vermes (2005)* eredménye is, mely szerint a szennyvíziszap-komposztban a nitrogén a szerves anyagokhoz kötve van jelen, melynek a feltáródása több (akár három vagy annál is több) évig is eltarthat, tehát évekig is képes ellátni a talajon termesztett növényeket nitrogénnel. Áttételesen ezt a megfigyelést támasztják alá *Simon és Szente (2000)* vizsgálatai is, melyben szintén nyírségi szennyvíziszap-komposzt hatását vizsgálták. Kutatásaik során arra a következtetésre jutottak,

hogyan a komposzt pozitívan hatott a kezelt területen termesztett növények különböző tulajdonságaira, köztük a növények nitrogénfelvételére is, és ez a pozitív hatás már a kis dózissal kezelt területen is jól érvényesült. *Petróczki* (2004) tenyészedényes kísérletben vizsgálta szennyvíziszap, valamint a szennyvíziszap-komposzt tápanyag-szolgáltatását. A talaj összes nitrogéntartalmának vizsgálata esetében szignifikáns különbségeket tapasztalt.

A szennyvíziszap-komposzttal talajba juttatott szerves anyag – minőségétől, lebomlásának körülményeitől és a talaj tulajdonságaitól függően – különböző hatást gyakorol a talaj humusztartalmára. A talaj típusa és a bontást végző mikroorganizmusok aktivitása jelentősen befolyásolja, hogy a talajba juttatott szerves anyagokból mennyi alakul humusszá (*Szegi* 1979). Mind az izzítási veszteség, mind a talajlégzés eredményei összhangban voltak a humusztartalom mért értékeivel. A vizsgált terület savanyú homoktalaja a kis humusztartalmú (<2%) talajok körébe sorolandó. Az eredmények alapján a kezelt parcellák humusztartalma emelkedést mutat a kontroll parcellához képest, ennek ellenére nem sikerült statisztikailag igazolható különbségeket kimutatni. A talaj humuszanyagainak mennyiségét a talaj fizikai összetételétől és genetikai típusától függően kell megítélni, tehát ez a mért változás a kedvezőtlen tulajdonságokkal rendelkező homoktalaj esetében jó eredménynek számít.

A talajok szerves széntartalma arányos a humusztartalommal, így a komposzttal történő szervesanyag-utánpótlás növekedést eredményez a talaj ezen tulajdonságában is. A szerves szén döntően befolyásolja a talaj fizikai tulajdonságait, javítja a szerkezetét, így fontos szerepe van a homoktalajok szerkezetének javításában (*Németh* 1996). A minták humusztartalmából számított szerves széntartalom értékek mindegyike nőtt a kontroll területéhez képest, azonban szignifikáns különbségek nem voltak kimutathatók a kezelt területeken. A többi vizsgált paraméterhez hasonlóan a 9 t/ha komposzttal kezelt parcella eredménye itt is magasabb értéket mutatott, mint a 18 t/ha-os kezelésben mért érték. A szerves széntartalom növekedését tapasztalták *Mondal et al.* (2015) homokos vályogtalajon, valamint *Nicolás et al.* (2014) félsivatagi, degradált talajon.

A talajlégzés mérésének eredményeivel a talajban található aerob és anaerob élőlények aktivitása jellemezhető. A kijuttatott szennyvíziszap tápanyag-utánpótlást biztosít a mikroorganizmusoknak, így fokozza azok biológiai aktivitását (*Palágyi és Bayoumi* 2008, *Bayoumi et al.* 2009), ezáltal a széndioxid kibocsátását. A talajlégzés intenzitása tehát egyenes összefüggést mutat

hat a szennyvíziszap-komposztot lebontó folyamatok aktivitásával. A kezelések dóziséval arányos növekedés nem volt kimutatható az eredmények alapján, de a CO₂-kibocsátás minden kezelt parcellában (főként a 9 t/ha) számottevően fokozódott, mivel a talajba juttatott szerves anyag gyorsan növeli a talajlégzés intenzitását (Ajwa és Tabatabai 1994).

A szervesanyag-tartalom és a lebontó folyamatok intenzitása közötti kapcsolatot már többen is kimutatták (Magid és Kjaergaard 2004, Chaer et al. 2009, Perez-Bejarano et al. 2010). A mi adatállományunkon lefuttatva a Pearson-féle korreláció számítását megállapíthatjuk, hogy a minták összes széntartalma szoros kapcsolatot mutatott az izzítási veszteséggel és az összes nitrogéntartalommal (3. táblázat).

3. táblázat. A vizsgált paraméterek közötti korrelációs együtthatók értékei

	Talajlégzés ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) (1)	Izzítási veszteség (%) (2)	E4/E6 hányados (3)	Összes- C (%) (4)	Összes- N (%) (5)	Szerves- C (%) (6)
Talajlégzés ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) (1)	-	n.s.	n.s.	n.s.	0,561*	n.s.
Izzítási veszteség (%) (2)	n.s.	-	n.s.	0,620*	0,575*	n.s.
E4/E6 hányados (3)	n.s.	n.s.	-	0,512*	n.s.	n.s.
Összes-C (%) (4)	n.s.	0,620*	n.s.	-	0,980**	n.s.
Összes-N (%) (5)	0,561*	0,575*	n.s.	0,980**	-	n.s.
Szerves-C (%) (6)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-

Megjegyzés: n.s. = nem szignifikáns; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Table 3. Pearson's correlation coefficients of measured parameters. (1) Soil respiration ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$), (2) Loss on ignition (%), (3) E4/E6 ratio, (4) Total-C (%), (5) Total-N (%), (6) Organic-C (%). Note: n.s. = not significant, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

A talajlégzés az összes-N tartalommal mutat gyenge pozitív kapcsolatot ($r=0,561$), ami a kevésbé stabil szerves anyag mikrobiális bontására utal. Az E4/E6 összes szénnel mutatott kapcsolata szintén a fulvosavak dominanciáját jelzi. Az izzítási veszteség pedig egyértelműen pozitív kapcsolatban van a szerves anyag fő alkotóelemeivel, a szénnel és a nitrogénnel.

A szerves és az összes széntartalom között gyenge pozitív (nem szignifikáns) kapcsolat van, viszont mivel a komposzttal bevitt szerves anyag még nem

stabilizálódott teljesen, ezért az összes széntartalom az összes nitrogéntartalommal mutatott szorosabb kapcsolatot.

Munkánk során tehát a szennyvíziszap-komposzt rendszeres alkalmazását vizsgálva megállapítottuk, hogy mindegyik alkalmazott dózis (9, 18, 27) növelte a talajban lévő szerves anyag mennyiségét és kedvező hatást gyakorolt a szervesanyag-tartalomhoz kapcsolódó egyéb talajtulajdonságokra is.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a Nyírségvíz Zrt.-nek a kísérlethez szükséges szennyvíziszap-komposzt rendszeres biztosításáért.

Irodalom

- Ajwa, H. A.–Tabatabai, M. A.*: 1994. Decomposition of different organic materials in soils. *Biology and Fertility of Soils*. 18: 175–182.
- Albiach, R.–Canet, R.–Pomares, F.–Ingelmo, F.*: 2001. Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with different rates of two sewage sludges during ten years. *Bioresour. Technol.* 77. 2: 109–114.
- Aranyos, T.–Tomócsik, A.–Orosz, V.–Blaskó, L.–Makádi, M.*: 2013. Changes in some physical and chemical soil properties after 10 years of compost application. *Növénytermelés Suppl.* 62: 201–204.
- Bayoumi Hamuda, H. H. E. A. F.–Orosz E.–Horváth M.–Palágyi A.–Szederné B. B.–Patkó I.–Kecskés M.*: 2009. Szennyvíziszap hatása egyes talajsajátságokra, a *Lycopersicon esculentum* L. növekedésére és rizoszféra tulajdonságaira modellkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 58. 2: 325–342.
- Brady, N. C.–Weil, R. R.*: 1999. *The nature and properties of soils*. Prentice Hall. New Jersey.
- Buzás I.*: 1988. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Chaer, G. M.–Myrold, D. D.–Bottomley, P. J.*: 2009. A soil quality index based on the equilibrium between soil organic matter and biochemical properties of undisturbed coniferous forest soils of the Pacific Northwest. *Soil Biol. Biochem.* 41: 822–830.
- Freytag, H. E.*: 1961. Ein Beitrag zur Kenntnis der Huminsäuresynthese. III. Fraktion-sübergänge von natürlichen Huminstoffen. *Albrecht-Thaer Arch.* 5: 729–743.

- García-Gil, J. C.–Plaza, C.–Senesi, N.–Brunetti, G.–Polo, A.*: 2004. Effects of sewage sludge amendment on humic acids and microbiological properties of a semi-arid Mediterranean soil. *Biol. Fertil. Soils*. 39: 320–328.
- Hanász A.*: 2014. A kommunális szennyvíziszap komposztálása során végbemenő szervesanyag-tartalomhoz kapcsolódó paraméterek változása. Bsc szakdolgozat. Debrecen.
- King-Brink, M.–Sebranek, J. G.*: 1993. Combustion method for determination of crude protein in meat and meat products: collaborative study. *Journal AOAC International*. 76. 4: 787–793.
- Kocsis I.*: 2005. Komposztálás. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest.
- Kukely K.–Sáry A.*: 2011. A szántóföldi tápanyag-visszapótlás és szervesanyag-gazdálkodás új koncepciói. *Agrárágazat*. 12. 1: 64.
- Louwagie, G.–Gay, S. H.–Burrell, A.*: 2009. Addressing soil degradation in EU agriculture: relevant processes, practices and policies. Report on the project 'Sustainable agriculture and Soil Conservation' (SoCo). European Union JRC. Luxembourg.
- Magid, J.–Kjaergaard, C.*: 2004. Recovering decomposing plant residues from particulate soil organic matter fraction: size versus density separation. *Biology and Fertility of Soils*. 33: 252–257.
- Mattanaa, S.–Petrovicová, B.–Landi, L.–Gelsomino, A.–Cortés, P.–Ortiz, O.–Renellac, G.*: 2014. Sewage sludge processing determines its impact on soil microbial community structure and function. *Applied Soil Ecology*. 75: 150–161.
- Mondal, S.–Singh, R. D.–Patra, A. K.–Dwivedi, B. S.*: 2015. Changes in soil quality in response to short-term application of municipal sewage sludge in a typical haplustept under cowpea-wheat cropping system. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 4: 37–41.
- Németh T.*: 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest
- Nicolás, C.–Kennedy, J. N.–Hernández, T.–García, C.–Six, J.*: 2014. Soil aggregation in a semiarid soil amended with composted and non-composted sewage sludge – A field experiment. *Geoderma*. 219–220: 24–31.
- Palágyi S.–Bayoumi, H. H. E. A. F.–Tóth N.–Kecskés M.*: 2008. Szennyvíziszappal kezelt *Medicago sativa* L. növekedésének és rizoszféra tulajdonságainak monitorozása modellkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 57: 113–132
- Perez-Bejarano, A.–Mataix-Solera, J.–Zornoza, R.–Guerrero, C.–Arcenegui, V.–Mataix-Beneyto, J.–Cano-Amat, S.*: 2010. Influence of plant species on physical, chemical and biological soil properties in a Mediterranean forest soil. *Eur. J. For. Res.* 129: 15–24.
- Petróczki F.*: 2004. Kommunális szennyvíziszapból készült komposzt hatása a növényi fejlődésre és beltartalomra. Doktori (PhD) értekezés. Keszthely.
- Senesi, N.–Oraztsova, V. D.–Riccab, G.*: 2003. Humic acids in the first generation of EUROSOLS. *Geoderma*. 116: 325–344.

- Simon L.–Szente K.*: 2000. Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica nitrogénforgalmára, néhány élettani jellemzőjére és hozamára. *Agrokémia és Talajtan*. 49. 1–2: 231–246.
- Stefanovits P.*: 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Szegi J.*: 1979. Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Tomócsik, A.–Makádi, M.–Orosz, V.–Aranyos, T.–Füleky, Gy.*: 2012. Changes in soil chemical properties after the second application of composted sewage sludge Eurosoil 2012. 2–7 July 2012. Bari. Italy. 1345.
- Vermes L.*: 2005. Hulladékgyártás, hulladékhasznosítás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Várallyay Gy.*: 1984. Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái. *Agrokémia és Talajtan*. 33.1–2: 159–169.
- Wu, L.–Cheng, M.–Li, Z.–Ren, J.–Shen, L.–Wang, S.–Luo, Y.–Christie, P.*: 2012. Major nutrients, heavy metals and PBDEs in soils after long-term sewage sludge application. *J. Soil Sediment*. 12: 531–541.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Fehér Bernadett – Tomócsik Attila – Demeter Ibolya –
Aranyos Tibor József – Makádi Marianna
DE ATK Nyíregyházi Kutatóintézet
Nyíregyháza
Westsik Vilmos utca 4–6.
H-4400
*feherbetti88@gmail.com

A biogáz-üzemi présvíz alkalmazási lehetőségének vizsgálata tápelem-hiánynak kitett kukoricánál laboratóriumi körülmények között

HANKOVSKY GERDA – TÓTH BRIGITTA

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

Összefoglalás

A modern mezőgazdaság célja a fenntartható fejlődés biztosítása, ami a jövő generációi számára a jó környezeti minőséget tartja fent. A fenntartható mezőgazdálkodással szembeni egyik legfontosabb elvárás, hogy csökkentsék a felhasznált kemikáliák mennyiségét. Melléktermékek felhasználásával csökkenteni tudjuk a felhasznált műtrágyák mennyiségét. Ennek egyik formája lehet a biogáz-üzemben keletkezett melléktermékek – présvíz – hasznosítása, mely tartalmazza azokat a tápelemeket (pl. N, Ca, Mg, P, S, K), amikre a természetdőlő növényeknek szükségük van.

Vizsgálatunk célja az volt, hogy meghatározzuk a présvíz hatását N, P, K, Ca és Mg hiányos tápoldaton nevelt kukoricánál.

Vizsgálatunkhoz a biharnagybajomi biogáz-üzemből származó présvizet használtuk. Kísérletünket hidropóniás körülmények között, klímakamrában végeztük. A környezeti feltételek szabályozottak voltak. Kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays* L. cv. DKC 5170) használtunk. A présvizet 50 ml/dm³ mennyiségben adtuk a tápoldathoz. Mértük a növények relatív klorofill-tartalmát, a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét (klorofill-a, klorofill-b és karotinoidok), valamint a hajtás és a gyökér száraz tömegét.

Azt tapasztaltuk, hogy a présvízzel kiegészített tápelem-hiányos tápoldatokon nevelt növények többsége szebben fejlődött, és kedvezőbb értékeket mutattak a fiziológiai vizsgálatok során, mint a présvíz hozzáadása nélküli tápoldaton nevelt kukoricák. Meg-

állapítható, hogy a biogáz-üzemi présvíz kedvezően hatott a kísérletbe vont tápelem-hiányos növényekre.

Kulcsszavak: biogáz-üzem, présvíz, kukorica, tápelem-hiány

Examination of the use of digestate in the case of nutrient deficient maize under laboratory circumstances

G. HANKOVSKY – B. TÓTH

University of Debrecen Faculty of Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management, Institute of Crop Sciences, Debrecen

Summary

The aim of modern agriculture is to provide sustainable development which maintains high environmental quality for future generations. One of the main expectations of sustainable development is to reduce the amount of chemicals used in production. The use of byproducts contributes to reducing the amount of applied fertilisers. One of the forms of doing so is the use of byproducts of biogas plants – digestate – which contains the nutrients (e.g. N, Ca, Mg, P, S, K) needed by the produced plants.

The aim of this examination was to determine the impact of digestate on maize grown on N, P, K, Ca and Mg deficient nutrient solution.

Digestate from the biogas plant in Biharnagybajom was used for the analyses. A hydroponics experiment was performed in a growth chamber. Environmental conditions were controlled. Maize (*Zea mays* L. cv. DKC 5170) was used as experimental plant. We added 50 ml dm⁻³ fluid by-product to the nutrient solution. At the end of the experiment, the relative chlorophyll content, the quantity of photosynthetic pigments (chlorophyll-a, chlorophyll-b, carotenoids) and the dry weight of shoots and roots were measured.

It was observed that the majority of plants grown on nutrient-deficient nutrient solution supplemented with digestate performed better development and showed more favourable values during physiological analyses than maize grown on nutrient solution without adding digestate.

It can be concluded that digestate from biogas plants had a favourable effect on the nutrient-deficient plants involved in the experiment.

Key words: biogas plant, digestate, maize, nutrient deficiency

Исследование возможностей применения воды пресса биогазового завода в подверженной нехватке питательных элементов кукурузе в лабораторных условиях

Г. ХАНКОВСКИ – Б. ТОТ

Институт Ботаники Факультета Сельского Хозяйства, Науки о Питании и Экологического Менеджмента, Дебреценского Университета, Дебрецен

Резюме

Цель современного сельского хозяйства – обеспечение устойчивого развития, которое для будущих поколений сохранит хорошее качество окружающей среды. Одним из самых главных требований, выдвигаемых к устойчивому сельскому хозяйству, является сокращение количества используемых химикалий. Использование побочных продуктов можем сократить количество использованных искусственных удобрений. Одной из таких форм может быть применение возникающего в производстве биогаза побочного продукта – воды пресса, которая содержит такие питательные элементы (напр. N, Ca, Mg, P, S, K), которые необходимы выращиваемым растениям.

Целью нашего исследования было установить влияние воды пресса в кукурузе, выращиваемой в растворе с недостатком N, P, K, Ca и Mg.

Для исследования использовали воду пресса, происходящую из производства биогаза в Бихарнадьбайоме (Biharnagybajom, Венгрия). Опыт проводили в условиях гидропоники, в климатической камере. Условия окружения были регулируемые. В качестве опытного растения использовали кукурузу (*Zea mays* L. cv. DKC 5170). Воду пресса в количестве 50 ml/dm³ добавили к питательному раствору. При завершении опыта измерили относительное содержание хлорофила растений, количество фотосинтетических пигментов (хлорофилл-а, хлорофилл-б и каротиноиды), а также сухую массу побегов и корней.

Обнаружили, что большинство растений, выращенных в растворе с недостаточным количеством питательных веществ, при добавлении туда воды пресса лучше развивалось, и эти растения продемонстрировали более благоприятные показатели в ходе физиологических исследований, чем кукуруза, выращенная на питательном растворе без добавления воды пресса. Можно установить, что вода пресса биогазового завода благоприятно повлияла на привлечённые в опыт растения с недостатком питательных элементов.

Ключевые слова: завод биогаза, вода пресса, кукуруза, недостаток питательных элементов

Bevezetés

A mezőgazdaságban dolgozók – akikre nagy felelősség hárul a környezet jó állapotának megőrzése iránt – egyre inkább arra törekednek, hogy gazdálkodásukkal minél nagyobb mértékben megóvják a környezetet, ne rontsák annak meglévő jó állapotát, vagy a munkájuk során esetleg javítsák is azt. Manapság különböző agrotechnikai eszközök állnak a gazdálkodók rendelkezésére, hogy minél eredményesebben dolgozhassanak. Egyik ilyen alternatív tápanyag-utánpótlási lehetőség lehet a biogáz-üzemek melléktermékeként keletkező folyékony rész, az úgynevezett présvíz mezőgazdasági célú alkalmazása. Mezőgazdasági előnyt jelent, hogy az erjesztésből visszamaradt kiejert présvizet mezőgazdasági célú tápanyag-utánpótlásra lehet alkalmazni, mivel kevésbé károsítja a fejlődő növényeket, mint a nyers trágya és a tápanyag-visszaforgatás miatt kevesebb műtrágyát kell alkalmazni (*Berglund és Börjesson 2006*). A présvízben – vagy más néven fermentlében – számos, a növények megfelelő fejlődéséhez elengedhetetlen makro- (N, P, K), mezo- (Ca, Mg) és mikroelem (Cu, Zn) található. A növények száraz anyagának 1–5%-át a nitrogén teszi ki, fontos szerepet játszik a növényi anyagcserében. A növények fő nitrogén forrása a nitrát és az ammónia. A mezőgazdasági talajokban a nitrát általánosan nagyobb koncentrációban (1–5 mM) van jelen, mint az ammónia (20–200 µM) (*Owen és Jones 2001*), mivel a nitrát mobilisabb, ezáltal könnyebben felvehető a növények számára (*Miller és Cramer 2004*). A kálium egyértékű kation, amely egyik legnagyobb mennyiségben található meg a növényekben. A növényen belüli káliumfelvételt és -szállítását az integrált membránfehérjék segítik, amelyek le-

hetővé teszik az elem mozgását a plazmamembránon keresztül (*Lebaudy et al.* 2007). A kálium-ionnak kiemelkedő szerepe van a növény-víz kapcsolatban (*Hsiao és Läuchli* 1986). A növény a magnéziumot magnézium-ion formában veszi fel. A magnézium felvételét erősen befolyásolják más ionok, például a kálium-ion, az ammónium-ion (*Kurvits és Kirkby* 1980), a kalcium-ion és a mangán-ion (*Heenan et al.* 1981). A magnéziumnak a zöld levelekben fontos funkciója van, mivel a klorofill központi eleme. A magnéziumkészletől függ a növény magnézium-tartalma (*Michael* 1941). Ezeknek az elemeknek a mennyiségét a felhasznált alapanyag és a fermentálás folyamata határozza meg (*Makádi et al.* 2012). A biogáz-üzemi présvíz enyhén lúgos kémhatású anyag, mely biológiai eredeténél fogva komplex tápanyagnak tekinthető (*Schulz és Eder* 2001), hiszen makro- és mikroelemeket, nyomelemeket, szerves vegyületeket egyaránt tartalmaz, melyek összetételét befolyásolják a biogáz termeléshez használt alapanyagok, az alkalmazott technológiák (*Somosné* 2011), a nedvességtartalom és a hőmérséklet (*Olessák és Szabó* 1984). A növénytermesztés során a gazdálkodók gyakran találkoznak különböző hiánytüneteket mutató növényegyedekkel, amik nem kedveznek a gazdálkodás sikerességének, mivel ezek valamilyen esszenciális tápelem hiányára utalnak, ami által termésminőségi vagy termésmennyiségi csökkenés alakulhat ki. Ennek a problémának a megoldása történhet a megfelelő műtrágyaadagok növelésével, de ezek nem követik a fenntartható fejlődés célkitűzéseit, ezért szeretttük volna megvizsgálni, hogy a biogáz-üzemi présvíz használata alkalmas-e ezeknek a hiánytüneteknek a mérséklésére, kezelésére. A biotrágya megőrzi az erjesztőbe bevitt tápanyagokat, illetve azokat a növények számára könnyebben felvehetővé változtatja biológiai eszközökkel (*Bartha et al.* 1991). A kiejert anyag szerves alkotórészeket és ásványi anyagokat tartalmaz, emellett találhatóak benne növekedést serkentő anyagok, nevezetesen skatol- és indolszármazékok, C-vitamin, karotin, triptofán, tyrodin és fenol vegyületek is (*Kaltwasser* 1983).

Anyag és módszer

Kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays* L. cv. DKC 5170) használtunk. A magvak felületének fertőtlenítését 6%-os H_2O_2 -dal végeztük el 20 percen keresztül. A fertőtlenített magvakat desztillált vízzel többször öblítettük, majd 10 mM $CaSO_4$ oldatban 4 óráig áztattuk a jobb csírázás érdekében. A magvakat nedves

szűrőpapír között csíráztattuk, úgy, hogy a csíranövények polaritása természetes legyen. A termosztát hőmérséklete 22 °C volt. A 4 cm-es koleoptillel bíró kukorica csíranövényeket tápoldatra helyeztük. A kukorica növények neveléséhez különböző összetételű tápoldatokat használtunk. A kontroll növények neveléséhez az alábbi összetételű tápoldatot használtam: 2,0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 0,7 mM K_2SO_4 , 0,5 mM MgSO_4 , 0,1 mM KH_2PO_4 , 0,1 mM KCl, 10 μM H_3BO_3 , 1 μM MnSO_4 , 1 μM ZnSO_4 , 0,2 μM CuSO_4 , 0,01 μM $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$. A tápelemhiányos körülmények közötti neveléshez módosított Hoagland-tápoldatokat használtunk (Hankovszky *et al.* 2014). A növények a vasat 100 μM Fe(III)-EDTA formában kapták. A kísérlethez használt biogáz-üzemi présvíz a biharnagybajomi Dózsa Agrár Zrt.-től származott. A présvízből 50 ml/dm³ mennyiséget használtunk és ezt adtuk a présvízzel kiegészített kezeléseknél a tápoldathoz. A koncentrációkat a biogáz-üzemi présvízzel végzett korábbi vizsgálataink alapján állapítottuk meg (Hankovszky 2011). A kísérleti növényeket 1,7 literes edényekben neveltük, 11 féle kezelést állítottunk be három ismétlésben, egy kezeléshez 12 növényt használtunk. A kezeléseket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat. A kísérlet során alkalmazott kezelések

Kezelések	
(1)	
Kontroll (2)	
Ca (kalciumhiány) (3)	Ca+pv (kalciumhiány+présvíz) (4)
K (káliumhiány) (5)	K+pv (káliumhiány+présvíz) (6)
N (nitrogénhiány) (7)	N+pv (nitrogénhiány+présvíz) (8)
Mg (magnéziumhiány) (9)	Mg+pv (magnéziumhiány+présvíz) (10)
P (foszforhiány) (11)	P+pv (foszforhiány+présvíz) (12)

Table 1. Applied treatments during the experiment. (1) Treatments, (2) Control, (3) Ca deficiency, (4) Ca deficiency+digestate, (5) K deficiency, (6) K deficiency+digestate, (7) N deficiency, (8) N deficiency+digestate, (9) Mg deficiency, (10) Mg deficiency+digestate, (11) P deficiency, (12) P deficiency+digestate

A klorofill-méréshez a növények második és harmadik legfiatalabb, de már teljesen kifejlett leveleit használtuk. A relatív klorofill-tartalmat SPAD-502 (MINOLTA, Japán) Chlorophyll Meter-rel mértük, az eredményeket SPAD-értékként szerepeltetjük.

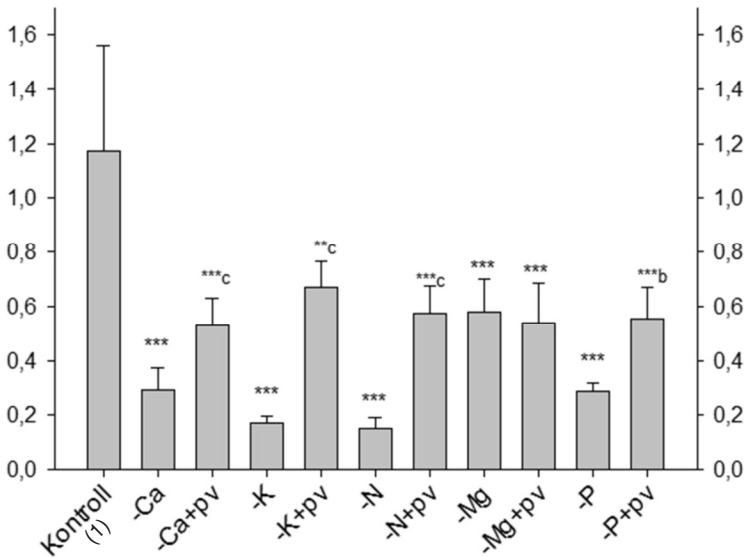
A klorofill-a, klorofill-b és karotinoidok mennyiségét *Wellburn* (1994) módszere alapján Metertek SP 80 Spektrometerrel mértük.

A száraz tömeg meghatározásához a mintákat 65 °C-on tömegállandóságig szárítottuk, majd tömegüket szobahőmérsékletre történt visszahűlés után analitikai mérlegen (OHAUS) megmértük.

Eredmények

A kukorica hajtásának száraz tömeg értékei láthatók az *1. ábrán*. A kontrollhoz viszonyítva minden kezelés hatására szignifikáns csökkenés volt tapasztalható.

1. ábra. A 20 napos kukorica hajtásának száraz tömege különböző tápelem-hiány (Ca, K, N, Mg, P) és biogáz-üzemi présvíz (pv) kezelés hatására (g/növény, $n=12\pm S.D.$)



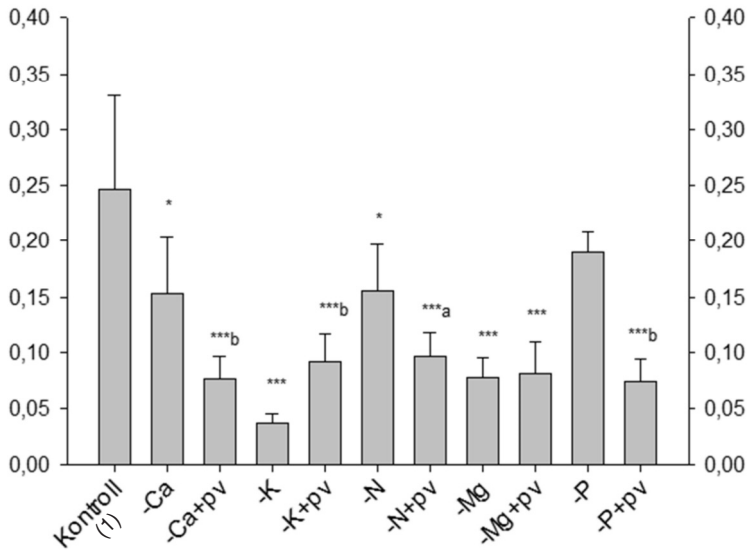
Megjegyzés: szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: ^b $p<0,01$; ^c $p<0,001$. Szignifikáns különbség a présvíz (pv) nélküli kezeléshez viszonyítva: ** $p<0,01$; *** $p<0,001$.

Figure 1. Effect of macroelement deficiency (Ca, K, N, Mg, P) and a fluid by-product (pv) on the dry weight of shoots of 20 day-old maize (g plant⁻¹, $n=12\pm S.D.$) (1) Control, Note: significant difference compared to the control: ^b $p<0.01$, ^c $p<0.001$. Significant difference compared to the without fluid by-product treatment: ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

A tápelem-hiány és a présvízzel történt kezelések összehasonlításakor azt láthatjuk, hogy – a magnéziumhiányt kivéve – a présvíz-kezelés pozitívan hatott a kukorica hajtásának száraz tömegére. Présvíz-kezelés hatására a kukorica hajtásának száraz tömege 45%-kal nőtt a kalciumhiányos, 75%-kal a káliumhiányos, 74%-kal a nitrogénhiányos, és megközelítőleg 48,5%-kal a foszforhiányos kezeléshez képest.

A kukorica gyökerének száraz tömege csökkent a présvíz-kezelés hatására a nitrogén- és a foszforhiánynál (2. ábra). Présvíz-kezelés hatására a kukorica gyökerének száraz tömege 51%-kal nőtt a kalciumhiányos, 60%-kal a káliumhiányos és 5%-kal a magnéziumhiányos kezeléshez képest.

2. ábra. A 20 napos kukorica gyökerének száraz tömege különböző tápelem-hiány (Ca, K, N, Mg, P) és biogázüzemi présvíz (pv) kezelés hatására (g/növény, $n=12\pm S.D.$)



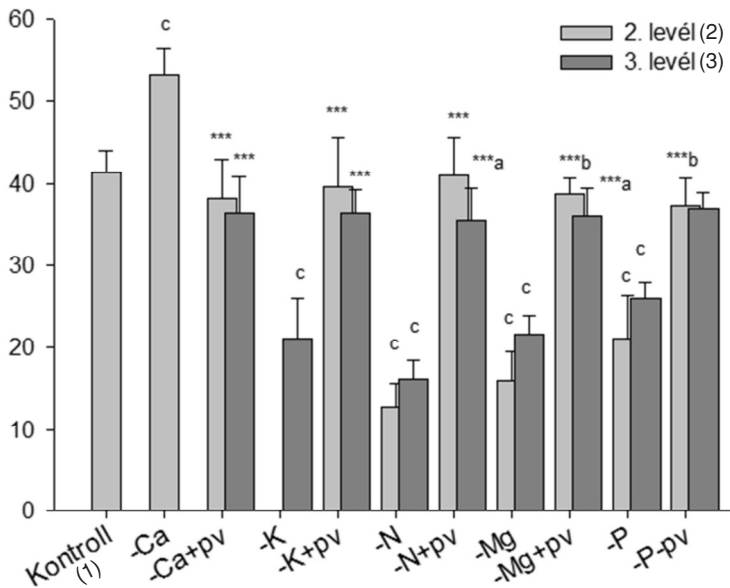
Megjegyzés: szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: ^a $p<0,05$; ^b $p<0,01$. Szignifikáns különbség a présvíz (pv) nélküli kezeléshez viszonyítva: * $p<0,05$; ** $p<0,01$.

Figure 2. Effect of macroelement deficiency (Ca, K, N, Mg, P) and a fluid by-product (pv) on the dry weight of roots of 20-day-old maize (g plant^{-1} , $n=12\pm S.D.$). (1) Control, Note: significant difference compared to the control: ^a $p<0,05$, ^b $p<0,01$. Significant difference compared to the treatment without fluid by-product: * $p<0,05$, ** $p<0,01$.

Gulyás et al. (2013) angolperjét vizsgálva azt tapasztalták, hogy a kisadagú (42,5 kg/ha N) biogáz-üzemi fermentlé-kezelés korábban fejt ki a hatását, mint a nagyobb adagú (170 kg/ha N), amely kezdetben csökkent növekedést okoz. A kísérlet 20. napjára ez a különbség egyre csökkent, de a nagyobb adagú kezelés hatására csökkent gyökernövekedés volt megfigyelhető a kontrollhoz képest, ami a magas ammónium-tartalommal magyarázható.

A szárazanyag-felhalmozásban – így a száraz tömeg kialakulásában – fontos szerepe van a fotoszintézisnek, ezért vizsgáltuk a tápelem-hiányok és présvíz-kezelés hatását a kukorica relatív klorofill-tartalmára (3. ábra).

3. ábra. A 20 napos tápelem-hiánynak (Ca, -K, -N, -Mg, -P) és présvíz (pv) kezelésnek kitett kukorica második és harmadik levelében mért relatív klorofill-tartalom alakulása (SPAD-érték)



Megjegyzés: szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: $p < 0,001$. Szignifikáns különbség a présvíz (pv) nélküli kezeléshez viszonyítva: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Figure 3. Effect of macroelement deficiency (Ca, K, N, Mg, P) and a fluid by-product (pv) on the relative chlorophyll content of the 2nd and 3rd leaf of maize (SPAD). (1) Control, (2) 2nd leaf, (3) 3rd leaf, Note: significant difference compared to control: $p < 0,001$. Significant difference compared to the treatment without fluid by-product: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

A kukorica második levelében a káliumhiányos kezelésnél nem tudunk relatív klorofill-tartalmat mérni, mert a levelek elszáradtak. Hasonló ok miatt a kukorica harmadik levelében kalciumhiánynál sem tudunk relatív klorofill-tartalmat mérni. A kalciumhiány+présvíz-kezelésnél a kukorica második levelében mért relatív klorofill-tartalom 15,15 SPAD-értékkel csökkent a kalciumhiányos kezeléshez képest. A présvíz-kezelés hatására a kukorica második levelében a nitrogénhiánynál megközelítőleg 28, a magnéziumhiánynál 23 míg a foszforhiánynál 18 SPAD-értékkel nőtt a relatív klorofill-tartalom a présvíz nélküli kezeléshez képest. A présvíz-kezelés hatására minden tápelem-hiányhoz képest nőtt a relatív klorofill-tartalom, kivéve a kalciumhiányos kezelést. A présvíz-kezelés hatására a káliumhiánynál megközelítőleg 15, a nitrogénhiánynál 19, a magnéziumhiánynál 14, a foszforhiánynál 11 SPAD-értékkel nőtt a relatív klorofill-tartalom a présvíz nélküli kezeléshez képest.

Mértük a fotoszintetikus pigmentek (klorofill-a, klorofill-b, karotinoidok) mennyiségét is (2. táblázat). A fotoszintetikus pigmentek mennyiségét vizsgálva megállapítható, hogy – a kalciumhiányt kivéve – a présvíz-kezelés pozitívan hatott a vizsgált paraméterekre.

Következtetés

A présvízben található elemek koncentrációja optimálisához közelinek tekinthető, így jelenleg szántóföldi felhasználása is megengedett a jogszabályi előírások figyelembevételével. Mivel melléktermékről van, környezetvédelmi szempontból is nagy jelentősége van a felhasználásának, ugyanis így csökken a hulladéklerakók terhelése. A száraz tömeg tekintetében a kukorica nem reagált érzékenyen a tápelem-hiányos körülményekre, viszont a relatív klorofill-tartalom vizsgálatánál érzékenyebbnek mutatkozott.

A biogáz üzemi présvíz alkalmazható – nem megfelelő tápanyag-ellátottságú talajokon – a műtrágyákkal együtt vagy a műtrágyák egy részének kiváltásával.

2. táblázat. A tápelem-hiányok (Ca, K, N, Mg, P) és présvíz (pv) kezelés hatása a fotoszintetikus pigmentek (klorofill-a, klorofill-b, karotinoidok) mennyiségére (mg/g, n=3±S.D.)

Kezelések (1)	Klorofill-a (2)	Klorofill-b (3)	Karotinoidok (4)
	2. levél (5)		
Kontroll(6)	10,20±1,27	6,59±0,49	5,98±0,85
Ca	18,07±0,36 ^c	10,08±0,81 ^a	13,26±0,47 ^c
Ca+pv	11,81±0,85 ^{***}	3,68±1,16 ^{**}	7,72±0,30 ^{***}
K	0,00±0,00 ^c	0,00±0,00 ^c	0,00±0,00 ^c
K+pv	12,83±0,40 ^{***}	4,13±0,70 ^{***}	7,62±0,51 ^{***}
N	5,75±0,79 ^b	1,63±0,23 ^{**b}	4,60±0,31
N+pv	13,20±0,27 ^{***}	4,25±0,17 ^a	8,01±0,41 ^a
Mg	7,11±0,26 ^a	1,30±0,08 ^c	4,97±0,32
Mg+pv	15,83±0,35 ^{***b}	5,65±0,30 ^{***}	10,63±0,28 ^{***b}
P	12,68±0,29	4,40±0,41 ^a	9,12±0,57 ^a
P+pv	15,99±0,63 ^{**b}	6,28±0,83 [*]	11,51±0,67 ^{*a}
3. levél (7)			
Kontroll(6)	12,65±0,33	7,58±0,47	5,73±0,15
Ca	0,00±0,00 ^c	0,00±0,00 ^c	0,00±0,00 ^c
Ca+pv	15,11±0,48 ^{***b}	5,73±0,60 ^{***c}	8,74±0,57 ^{***b}
K	15,62±2,45	6,40±0,97 ^a	9,86±0,91 ^b
K+pv	17,31±0,83 ^{*c}	8,68±1,86 [*]	13,07±0,82 ^{**b}
N	3,90±0,49 ^c	1,02±0,07 ^c	2,87±0,42 ^b
N+pv	16,56±0,30 ^{***c}	7,00±0,43 ^{***}	11,68±0,31 ^{***c}
Mg	2,63±0,07 ^c	0,29±0,29 ^c	3,80±0,36 ^b
Mg+pv	16,62±0,46 ^{***b}	7,06±0,70 ^{***}	11,75±0,70 ^{***c}
P	11,93±0,40	3,79±0,35 ^b	9,33±0,74 ^b
P+pv	17,02±0,10 ^{***c}	7,66±0,32 ^{***}	12,22±0,35 ^{**c}

Megjegyzés: szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: ^ap<0,05; ^bp<0,01; ^cp<0,001. Szignifikáns különbség a présvíz (pv) nélküli kezeléshez viszonyítva: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

Table 3. Effect of macroelement deficiency (Ca, K, N, Mg, P) and a fluid by-product (pv) the quantity of photosynthetic pigments (mg g⁻¹, n=3±S.D.). (1) Treatments (2) Chlorophyll-a, (3) Chlorophyll-b, (4) Carotenoids, (5) 2nd leaf, (6) Control, (7) 3rd leaf, Note: significant difference compared to the control: ^ap<0.05, ^bp<0.01, ^cp<0.001. Significant difference compared to the treatment without fluid by-product: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

Irodalom

- Bartha I.-Bocz K.-Dorogi I.-Szántó P.*: 1991. Biogazdálkodás, Környezetvédelem. Origo-Press Kiadó. Budapest.
- Berglund, M.-Börjesson, P.*: 2006. Assessment of energy performance in the life-cycle of biogas production. Environmental and Energy Systems Studies LTH. Lund University. Lund. Sweden.
- Gulyás M.-Szegei T.-Makádi M.-Füleky Gy.*: 2013. Biogázüzemi erjesztési maradékkal végzett kísérletek a mezőgazdasági felhasználás tükrében. Biohulladék. 7. 1: 17-21.
- Hankovszky G.*: 2011. A biogáz üzemi présvíz mezőgazdasági hasznosításának lehetőségei. BSc diplomadolgozat. Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar. Debrecen.
- Hankovszky G.-Bojtor Cs.-Nagy L.-Gombás D.-Tóth B.*: 2014. Komplementációs vizsgálatok a biogáz üzemi présvíznél. 56. Georgikon Napok. 144-152.
- Heenan, D. P.-Campbell, L. C.-Carter, O. G.*: 1981. Inheritance of tolerance to high manganese supply in soybean. Crop Science. 21: 625-627.
- Hsiao, T. C.-Läuchli, A.*: 1986. Role of potassium in plant - water relations. [In: Tinker, B.-Läuchli, A. (eds.) Advances in Plant Nutrition. Vol. 2.] Praeger Scientific. New York. 281-312.
- Kaltwasser, B. J.*: 1983. Biogáz előállítás és hasznosítás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest.
- Kurvits, A.-Kirkby, E. A.*: 1980. The uptake of nutrients by sunflower plants (*Helianthus annuus*) growing in a continuous flowing culture system, supplied with nitrate or ammonium as nitrogen source. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 143: 140-149.
- Lebaudy, A.-Véry, A. A.-Sentenac, H.*: 2007. K⁺ channel activity in plants: genes, regulations and functions. FEBS Lett. 581: 2357-2366.
- Makádi, M.-Tomócsik, A.-Orosz, V.*: 2012. Digestate: A new nutrient source - Review. [In: Kumar, S. (ed.) Biogas.] Rijeka: InTech. 259-310.
- Michael, G.*: 1941. Über die Aufnahme und Verteilung des Magnesiums und dessen Rolle in der höheren grünen Pflanze. Z. Pflanzenernähr. Dueng. Bodenk. 25: 65-120.
- Miller, A. J.-Cramer, M. D.*: 2004. Root nitrogen acquisition and assimilation. Plant Soil. 274: 1-36.
- Olessák D.-Szabó L.*: 1984. Energia hulladékból. Műszaki Könyvkiadó. Budapest.
- Owen, A. G.-Jones, D. L.*: 2001. Competition for amino acids between wheat roots and rhizosphere microorganisms and the role of amino acids in plant N acquisition. Soil Biol. Biochem. 33: 651-657.
- Schulz, H.-Eder, B.*: 2001. Biogas - Praxis. Ökobuch Verlag. Staufen bei Freiburg.
- Somosné Nagy A.*: 2011. A kiejedt fermentlé hasznosítása. Agro Napló. 4: 74.
- Wellburn, A. R.*: 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. J. Plant Physiol. 144: 307-313.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Hankovszky Gerda
Hajdúböszörmény
Árpád utca 13. I./1.
H-4220

*Dr. Tóth Brigitta
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi u. 138.
H-4032
*btoth@agr.unideb.hu

Néhány trágyázási mód hatása a talaj cinktartalmára a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben

HENZSEL ISTVÁN - HADHÁZY ÁGNES
Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ,
Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza

Összefoglalás

A dolgozatban bemutatjuk, hogy különböző trágyázási módok hatására hogyan alakul a talaj EDTA-oldható cinktartalma. A vizsgálatokat a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben végeztük. A kísérlet 1929-ben lett beállítva. A kísérlet a tápanyag-utánpótlás különböző lehetőségeit mutatja be: fő- és másodvetésű zöldtrágyázás, szalma- és istállótrágyázás. A kezelések között található NPK-műtrágyás és műtrágya nélküliek is. A kísérletben cinktrágyázás nem történt. A kísérlet talaja gyengén humuszos, savanyú kémhatású, laza homoktalaj. Az értékeléshez a 2011. évi talajvizsgálati adatokat használtuk fel.

Az NPK-műtrágyázás nem befolyásolta a talaj cinktartalmát. Az azonos szervesztrágyázás-módú műtrágyás és műtrágya nélküli kezeléseket hasonló volt a talaj oldható cinktartalma, a szervesztrágyázási módok azonban eltérést eredményeztek a talaj cinktartalmában. A talaj oldható cinktartalma az erjesztett szalmatrágyás kezeléseket 0,4 mg/kg-mal volt nagyobb, mint a fővetésű csillagfürt zöldtrágyás kezelésben. E különbség laza homoktalajon már jelentősnek mondható. Szalmatrágyázással jobban lehet növelni a talaj cinktartalmát, mint zöldtrágyázással. A fővetésű zöldtrágyás és a másodvetésű zöldtrágyás kezeléseket között nem volt igazolható különbség. A szervesztrágyázási módokat összehasonlítva a legnagyobb cinktartalmat ott lehetett elérni a talajban, ahol istállótrágyázás történik. Rendszeresen kijuttatott 26,1 t/ha adagú istállótrágyázás mellett egy gyenge cinkellátottságú talajon is elérhető a megfelelő cinkellátottság.

A cinktartalom, valamint a humusztartalom, az AL-oldható P_2O_5 -tartalom és a kálium-kloridos szuszpenzióban mért pH érték között pozitív, közepes erősségű, szignifikáns

volt az összefüggés. Azoknál a kezeléseknél, ahol emelkedett a humusztartalom, az AL-oldható P_2O_5 -tartalom és a pH érték, nőtt a cinktartalom is.

Kulcsszavak: cink, szerves trágyázás, Westsik-féle tartamkísérlet

Effect of some fertilisers on the Zinc content of soil in Westsik's long-term crop rotation experiment

I. HENZSEL - Á. HADHÁZY

University of Debrecen Centre for Agricultural Sciences,
Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza

Summary

In this paper we show the effect of different organic fertilisers on the EDTA-soluble zinc content of soil. Data were collected from the Westsik's long-term crop rotation experiment, established in 1929. The experiment presents different fertilisation methods: main-, and second crop green manure, straw-, and farmyard manure. Treatments were done with or without NPK fertilisation. No zinc fertilisation was performed in the experiment. The soil of the experiment is acidic and loose sandy soil with low humus content. Data from the year 2011 were used for the analysis.

The applied NPK fertilisation had no effect on the zinc content of soil. The soluble zinc content of soil was similar in treatments with the same organic fertilisers irrespectively of artificial fertilisation. The methods of organic fertilisation resulted in difference in the zinc content of soil. The soluble zinc content of soil in the fermented straw manure treatment was higher by 0.4 mg kg^{-1} than in the green manure treatment of lupine, the main crop. This difference is considerable in the case of loose sandy soil. The zinc content of the soil can be further increased with straw manure than green manure.

The difference was not significant between the green manure treatments of the main crop and the green manure treatments of the second crop. Comparing the organic fertilisation methods, the highest zinc content of soil was reached by farmyard manure. Even in the soils with low zinc content, the suitable zinc supply can be reached by regular application of 26.1 t ha^{-1} farmyard manure.

There was moderate positive, significant correlation between the zinc and humus content, zinc and AL-soluble P_2O_5 content as well as zinc and pH_{KCl} . The increasing humus content, AL-soluble P_2O_5 content and soil pH could result in increased zinc content.

Key words: zinc, organic amendment, Westsik's long-term experiment

Влияние некоторых методов внесения удобрений на содержание цинка почвы в продолжительном опыте севооборота по методу Вешчика (Westsik)

И. ХЕНЖЕЛ – А. ХАДХАЗИ

Исследовательский Институт Центра Аграрных Наук
Дебреценского Университета (г. Ниредьхаза)

Резюме

В работе показываем, как формируется содержание EDTA-растворимого цинка почвы под влиянием разных методов удобрения. Исследования проводили в продолжительном опыте севооборота по методу Вешчика. Опыт был установлен в 1929 году. Опыт показывает различные возможности дополнения питательного вещества: применение сидератов главного и пожнивного посева, использование соломы и навоза. Среди методов можно встретить обработки искусственными удобрениями NPK и без искусственных удобрений тоже. В опыте не применялось удобрение цинком. Почва опыта слабо перегнойная, кислого химического влияния, рыхлая песчаная почва. Для оценки использовали данные исследования почвы 2011 года.

Применение искусственного удобрения NPK не повлияло на содержание цинка почвы. В обработках искусственными удобрениями, сходными по влиянию с органическим удобрением, и в обработках без искусственного удобрения было похожим растворимое содержание цинка почвы, однако методы внесения органического удобрения привели к различиям в содержании цинка почвы. Растворимое содержание цинка почвы в обработках сброженным соломенным удобрением было на 0,4 mg/kg больше, чем в обработках люпином, как сидератом главного посева. Эту

разницу на рыхлой песчаной почве уже можно назвать значительной. Удобрением соломой можно лучше увеличить содержание цинка почвы, чем сидератами. Между применением сидератов главного посева и сидератов пожнивного посева не было доказуемой разницы. Сравнивая методы использования органического удобрения самое большое содержание цинка можно было получить в почве там, где происходит внесение навоза. Регулярным внесением дозы навоза 26,1 t/ha можно достичь подходящее обеспечение цинком даже на слабо обеспеченной цинком почве.

Между содержанием цинка, а также содержанием перегноя, содержанием AL-растворимый P_2O_5 и измеренным в калийно-хлористой суспензии показателем pH была позитивная, средней силы, значительная связь. В тех обработках, где увеличилось содержание перегноя, содержание AL-растворимого P_2O_5 и величина pH, там выросло и содержание цинка.

Ключевые слова: цинк, органическое удобрение, продолжительный опыт по методу Вешчика (Westsik)

Bevezetés

A cink a növények számára nélkülözhetetlen mikroelem: enzimek alkotója és aktivátora. Részt vesz a nitrogén-anyagcserében, és elősegíti az auxinképződést, szabályozza a növények növekedését. Hiányakor a levelek érkezeiben klorózis jelenik meg, a levelek kicsik, fejletlenek lesznek, a hajtások növekedési üteme lelassul (*Buzás 1983, Loch és Nosticzius 1992*).

A talajban a cink oldhatóságát befolyásolja a talaj kémhatása, az agyag-, szervesanyag- és foszfortartalma. Savanyú talajokban jobban oldódik, mint meszes talajokban. Csökken az oldhatósága ott, ahol magas a foszfor- vagy a szervesanyag-tartalom (*Stefanovits 1992*).

A cink és a foszfor közötti antagonista kölcsönhatás elsősorban magas foszfor-ellátottságnál jelentkezik, mely cinkhiányhoz vezethet. A Zn^{2+} felvételét a Fe^{2+} , a Cu^{2+} és a Mn^{2+} is erősen befolyásolja, melynek oka a cink-ion és a többi fém-kation azonos carrier-helyekért történő versengése lehet (*Sárdi 2003*).

A Westsik-féle vetésforgó kísérletben viszonylag kevés tanulmány foglalkozott a talaj mikroelem-tartalmának változásával. A vetésforgók talajának cink-tartalmát *Lazányi (2001)* és *Henzsel (2009)* vizsgálta. *Lazányi (2001)* a legnagyobb cinktartalmakat az F-10 és F-11 istállótrágyás, valamint az F-14 jelzésű

másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban találta. *Henzsel* (2009) az oldható cinktartalom alakulása mellett a cinktartalom valamint a rozs- és burgonya-termés nagysága közötti összefüggést vizsgálta. Eredményei alapján a különböző trágyaformák közül az istállótrágya növeli leginkább a cinktartalmat, azonban az oldható cinktartalom és a termékek mennyisége között nem talált szignifikáns összefüggést ($p < 0,05$).

E dolgozatban a talaj oldható cinktartalmának alakulása mellett bemutatjuk a Westsik-féle tartamkísérletben a talaj cinktartalma, valamint a talaj kémhatása, humusztartalma és AL-oldható P_2O_5 -tartalma közötti kapcsolatot.

Anyag és módszer

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Nyíregyházi Kutatóintézet területén található Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben végeztük. A kísérlet 1929-ben lett beállítva. A kísérlet a tápanyag-utánpótlás különböző lehetőségeit mutatja be: fő- és másodvetésű zöldtrágyázás, szalma- és istállótrágyázás. A kezelések között található NPK műtrágyás és műtrágya nélküliek is. A kísérletben cinktrágyázás nem történt. A kísérlet 15 vetésforgót foglal magába, melyek közül 14 hároméves, egy pedig négyéves (*1. táblázat*). A vetésforgók mindegyikében megtalálható a rozs és a burgonya növény.

Az I. vetésforgó kontroll, melyben sem szerves, sem műtrágyázás nem történik. Az első szakaszban pihentetve van a talaj, ekkor kultúrnövényt nem vetünk. A II. vetésforgóban fővetésű zöldtrágyázás történik. A III. vetésforgó első szakaszában csillagfürt található magtermesztés céljából. A IV., V., VI. és VII. vetésforgókban szalmatrágyázás történik. A IV. vetésforgót nyersszalmával (3,5 t/ha) trágyázzuk, az V. vetésforgóban nitrogén műtrágyával erjesztett szalmatrágya (11,3 t/ha), a VI. és VII. vetésforgókban műtrágya nélkül, vízzel erjesztett szalmatrágya (26,1 t/ha) kerül kijuttatásra.

A VIII. vetésforgóban a csillagfürt a vetésforgóciklus alatt kétszer is megtalálható: fővetésben magtermesztés céljából, és másodvetésben zöldtrágyának. A IX. vetésforgóban a csillagfürtöt zöldtakarmánynak vetjük. A X. és XI. vetésforgókban istállótrágyázást alkalmazunk (26,1 t/ha). A XII. vetésforgóban őszi vetésű takarmányszermesztés folyik. A takarmánynövény betakarítását követően csillagfürtöt vetünk zöldtrágyának. Ez későbbi vetésű, mint a fővetésű zöldtrágyázás esetén, de korábbi, mint a másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A XIII., XIV. és XV. vetésforgókban másodvetésű zöldtrágyázás történik. A XIV.

vetésforgóban ősszel kerül leszántásra a zöldtrágyanövény, míg a XIII. vetésforgóban tavasszal.

1. táblázat. A Westsik-féle kísérlet vetésforgó szakaszai
(Nyíregyháza)

Vetésforgó (1)	Szakasz (2)			
	1.	2.	3.	4.
I	Parlag (3)	Rozs (4)	Burgonya (5)	
II	Csillagfürt (6)	Rozs (4)	Burgonya (5)	
III	Csillagfürt (6)	Rozs (4)	Burgonya (5)	
IV	Rozs (4)	Burgonya (5)	Rozs (4)	
V	Rozs (4)	Burgonya (5)	Rozs (4)	
VI	Rozs (4)	Burgonya (5)	Rozs (4)	
VII	Rozs (4)	Burgonya (5)	Rozs (4)	
VIII	Csillagfürt (6)	Rozs (4)	Burgonya (5)	Rozs (4)
IX	Csillagfürt (6)	Rozs (4)	Burgonya (5)	
X	Zabos bükköny (7)	Rozs (4)	Burgonya (5)	
XI	Zabos bükköny (7)	Rozs (4)	Burgonya (5)	
XII	Rozs (4)	Rozs (4)	Burgonya (5)	
XIII	Rozs (4)	Burgonya (5)	Rozs (4)	
XIV	Rozs (4)	Burgonya (5)	Rozs (4)	
XV	Rozs (4)	Burgonya (5)	Rozs (4)	

Table 1. Sections within the rotations in the Westsik's crop rotation experiment (Nyíregyháza). (1) Number of the rotation, (2) Section, (3) Fallow, (4) Rye, (5) Potato, (6) Lupine, (7) Oat and vetch

A kísérlet talaja homoktalaj. A talaj humusztartalma 0,45–0,77% közötti. A talaj vizes oldatban mért pH értéke 4,94–6,09, a kálium-kloridban mért pH 3,89–5,15. A talaj Arany-féle kötöttségi értéke 27–29. Az AL-oldható P₂O₅-tartalom 29,39–202,00 mg/kg, az AL-oldható K₂O-tartalom 59,54 és 184,40 mg/kg közötti.

A talaj oldható cinktartalmának meghatározásához a talajmintákat 2011-ben, 5 ismétlésben szedtük a szántott talajrétegből. A talaj oldható cinktartalmának meghatározása a MSZ 20135:1999 5.1. és MSZ 20135:1999 5.2., a humusztartalom megállapítása az MSZ 21470:1983. 2, a pH érték meghatáro-

zása az MSZ-08-0206-2:1978 2.1., és az AL-oldható P_2O_5 tartalom az MSZ 20135:1999 5.1. és MSZ 20135:1999 5.4. vizsgálati módszer szerint történt.

Az adatok értékelése egytényezős variancia-analízissel történt ($p < 0,05$), majd az átlagok összehasonlítására Tukey-tesztet használtunk. A cinktartalom, a humusztartalom, az AL-oldható P_2O_5 tartalom és a kálium-kloridos szuszpenzióban mért pH érték közötti összefüggés-vizsgálathoz Pearson-féle korrelációt alkalmaztunk.

Eredmények

A trágyázási módok hatása az oldható cinktartalomra

A talaj cinktartalma 0,3 és 0,5 mg/kg közötti volt az I. trágyázás nélküli, a II. fővetésű zöldtrágyás, a III. csillagfürt magtermesztéses, a IV. erjesztés nélküli szalmatrágyás és a IX. csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses vetésforgókban (1. ábra). 0,5–0,7 mg/kg közötti értéket találtunk a XII. XIII., XIV., XV. másodvetésű zöldtrágyás és a VIII. csillagfürt magtermesztéses és másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. A cinktartalom 0,7–1,0 mg/kg közötti volt az V., VI. és VII. erjesztett szalmatrágyás vetésforgókban. A két legnagyobb oldható cinktartalom a X. és XI. istállótrágyás vetésforgók talajában volt.

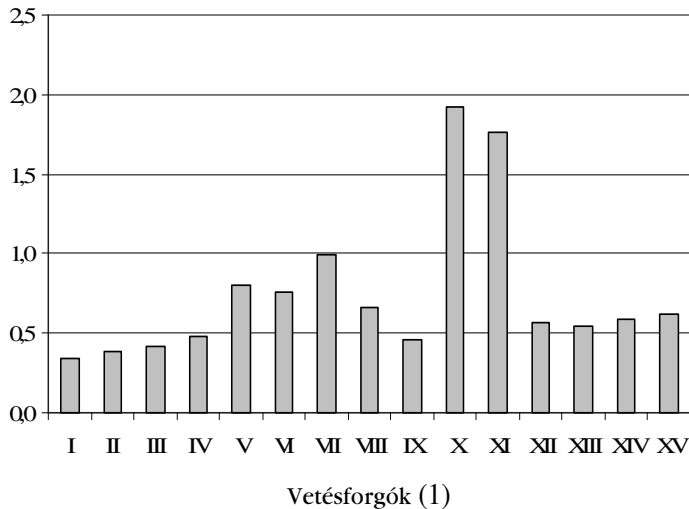
A vetésforgókat összehasonlítva az istállótrágyás vetésforgókban szignifikánsan nagyobb volt a talaj cinktartalma, mint a szalma- vagy zöldtrágyás vetésforgók esetében. Szignifikáns különbséget találtunk még az erjesztett szalmatrágyás valamint a fővetésű csillagfürtös és a trágyázás nélküli vetésforgók talajának cinktartalma között is.

A műtrágya nélküli vetésforgók adatai alapján háromévente kijuttatott 26,1 t/ha adagú istállótrágyával 1,58 mg/kg-mal, 26,1 t/ha adagú szalmatrágyázással 0,65 mg/kg-mal, míg másodvetésben alkalmazott csillagfürt zöldtrágyázással 0,27 mg/kg-mal nagyobb a cinktartalom a tápanyag-utánpótlás nélküli kezeléshez viszonyítva.

A másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban valamelyest nagyobb volt a cinktartalom, mint a fővetésű zöldtrágyásban. A különbség 0,18 mg/kg. E különbség nem szignifikáns, azonban megemlítjük, mert véleményünk szerint a különbség nem a csillagfürt vetésidejének, hanem a rozs növénynek köszönhető. A csillagfürt zöldtrágyanövényre nem jellemző, hogy másodvetésben nagyobb tömeget adjon, mint fővetésben, vagyis nem a csillagfürt növényi maradványokkal került több cink a szántott rétegbe. A két trágyázás mód között

eltérés abban is van, hogy a másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban a vetésforgó-ciklus alatt kettő évben van vetve rozs, míg a fővetésűben csak egyszer. A cinktartalomban mutatkozó különbséget a plusz egy évi rozs tarló-, szár- és gyökérmaradványok által bevitt cink mennyisége okozhatja.

1. ábra. Oldható cinktartalom (mg/kg) a Westsik-féle tartamkísérletben (Nyíregyháza, 2011)



Megjegyzés: SzD_{5%}=0,155 mg/kg

Figure 1. Soluble Zinc-content (mg kg⁻¹) in the Westsik's long-term experiment (Nyíregyháza, 2011). (1) Number of crop rotation, Note: LSD_{5%}=0.155 mg kg⁻¹

Az erjesztett szalmatrágyás vetésforgók talajában átlagosan 0,21 mg/kg-mal volt nagyobb a cinktartalom, mint a műtrágyázásban is részesülő másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban. E különbség az a mennyiség, melyet azonos rozs részarányú vetésszerkezetben a szalmatrágya eredményez a talajban a csillagfürt másodvetésű zöldtrágyázáshoz képest.

A szalmatrágya adagja is hatással van a talaj oldható cinktartalmára. A nagyobb szalmatrágya adagú V., VI. és VII. vetésforgókban 0,3–0,5 mg/kg-mal nagyobb a cinktartalom, mint a kisebb szalmatrágya adagú IV. vetésforgóban.

A szervestrágyázási módok műtrágya nélküli és NPK műtrágyás párijait összehasonlítva, a műtrágya nélküliekben valamelyest magasabb a cinktartalom. A különbség a másodvetésű zöldtrágyások esetén 0,08 mg/kg, a szalma-

trágyásoknál 0,23 mg/kg, és az istállótrágyások között 0,17 mg/kg volt. A különbségek nem szignifikánsak, azonban tendenciájukban jelzik, hogy a nagyobb termésű műtrágyás vetésforgókban a terméssel elszállított cinkmennyiség nem pótlódik teljes egészében.

A cinktartalom, a humusztartalom, az AL-oldható P₂O₅-tartalom és a pH kapcsolata

A cinktartalom, valamint a humusztartalom, az AL-oldható P₂O₅-tartalom és a kálium-kloridos szuszpenzióban mért pH érték összefüggés-vizsgálatának eredményei a 2. táblázatban láthatók.

2. táblázat. A lineáris összefüggés korrelációs koefficiensei (r-értékek)

Pearson-féle korreláció (1)	Humusz (%) (2)	AL-P ₂ O ₅ (mg/kg) (3)	pH _{KCl} (4)
Cinktartalom (mg/kg) (5)	0,466**	0,609**	0,625**

Megjegyzés: **p<0,01

Table 2. Statistical assessment of the correlation between the zinc-content, humus, AL-soluble P₂O₅-content and the pH. (1) Pearson's correlation, (2) Humus, (3) AL-soluble P₂O₅-content, (4) pH, (5) Zinc-content (mg kg⁻¹), Note: **p<0.01

Az oldható cinktartalom és a humusztartalom között pozitív, szignifikáns volt az összefüggés ($r=0,466^{**}$). A cinktartalom és a szervesanyag-tartalom között Six (1971) is pozitív kapcsolatot állapított meg, azonban *Elfoughi et al.* (2011) azt találták, hogyha nő a talajban a szervesanyag-tartalom, akkor csökken az oldható cinktartalom. Six és Lukácsy (1970) szintén tapasztalta a cinktartalom felvehetőségének csökkenését szerves talajok esetében, azonban vázталajoknál nem. A Westsik-féle vetésforgó kísérlet homoktalajában kicsi a humusztartalom. Ilyen alacsony humusztartalom mellett a szerves anyagnak nincs kedvezőtlen hatása az oldható cinktartalomra. E mellett a szerves trágyákkal tápelemeket, így cinket is viszünk a talajba, amely a mineralizációt követően felvehetővé válik a növények számára. Így a kijuttatott szalma- és istállótrágyákkal együtt növeljük a felvehető cinktartalmat és a humusztartalmat is.

A Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben az oldható cinktartalom és az AL-oldható P₂O₅-tartalom között pozitív, szignifikáns összefüggést találtunk

($r=0,609^{**}$). Az irodalmak többségének a megállapítása azonban ezzel ellentétes. A talajban a nagyobb foszfortartalom mellett csökkenhet a cink felvehetősége (Kádár és Turán 2002, Kádár 2005, Izsáki 2011). Ennek főbb okaiként Loneragan és Webb (1993) azt tartják, hogy a foszfát-sók gátolják a cink felvételét a növények számára, illetve nehezen oldható cink-foszfátok keletkeznek. Véleményünk szerint a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben talált nagyobb foszfortartalom melletti nagyobb oldható cinktartalom mennyiség a szervesanyag-bevitellel magyarázható. Nagyobb foszfortartalom, illetve nagyobb cinktartalom jellemzően azoknál a kezeléseknél volt, ahová a trágyázás során kívülről is viszünk be szerves anyagot: pl. szalmatrágyával vagy istállótrágyával. A szerves trágyákkal foszfort és cinket is kijuttatunk, és a kísérlet talajában egyaránt emelkedik az oldható foszfor- és cinktartalom is.

A Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben az oldható cinktartalom és a kálium-kloridos szuszpenzióban mért pH érték között pozitív, szignifikáns összefüggést találtunk ($r=0,625^{**}$). A cink oldhatósága többnyire a pH érték csökkenésével nő (Szűcs és Szűcsné 2001). Ezt Loch és Nosticzius (1992) a H^+ -ion-koncentráció növekedésével magyarázta, mely hatására nő a cink oldhatósága. A kísérletben talált magasabb pH érték melletti nagyobb oldható cinktartalom a vizsgált paramétereknek a humusztartalommal való kapcsolatával magyarázható: magasabb pH érték, illetve nagyobb oldható cinktartalom azoknál a vetésforgóknál volt, ahol nagyobb a humusztartalom. A vetésforgó kísérletben a szerves anyaggal bevitt cink nagyobb oldható cinktartalmat eredményez, mint a savanyúbb és kevésbé savanyú kémhatás-különbségből adódóan oldhatóvá váló cinkmennyiség.

Következtetés

A talaj oldható cinktartalmát a szerves trágyázás minden formája kedvezően befolyásolta. Szalmatrágyázással jobban lehet növelni a talaj cinktartalmát, mint zöldtrágyázással. A zöldtrágyanövény vetési ideje nincs hatással a talaj cinktartalmára.

A cinkhiányt szervesanyag-bevitellel mérsékelni lehet. A szervestrágyázási módok közül a legkedvezőbb az istállótrágyázás. Egy viszonylag kis adagú istállótrágyával (26,1 t/ha) egy gyenge cinkellátottságú talajon is elérhető a jó cinkellátottság.

A szerves trágyák a cinktartalom és a humusz-, AL-oldható P_2O_5 -tartalom, valamint pH érték kapcsolatát befolyásolják. A gyengén humuszos homoktalajon minden olyan kezelés, amely növeli a humusztartalmat, növeli az oldható cinktartalmat is. Egy olyan kicsi tápanyag-szolgáltató képességű laza homoktalajon, mint a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérlet talaja, a szerves trágyázás mellett nem tapasztalható P-Zn antagonizmus. Savanyú kémhatású homoktalajon szerves trágyák kijuttatásával emelkedő pH mellett is nőhet az oldható cinktartalom mennyisége.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat a HUSK/0901/1.2.1/0129 számú pályázat keretében végeztük.

Irodalom

- Buzás I.*: 1983. A növény táplálás zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Elfoughi, A.–Benedek Sz.–Füleky Gy.*: 2011. A komposzttrágyázás hatása a réz és a cink megkötődésére és növényi felvehetőségére. *Agrokémia és Talajtan*. 60. 1: 195–202.
- Henzsel, I.*: 2009. Changes of the soluble Zn content in the plough layer of a 80 years old field experiment. [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.] Working Committee on Trace Elements of the Complex Committee Hungarian Academy of Sciences (HAS) and Institute of Materials and Environmental Chemistry of the HAS. Budapest. 352–356.
- Izsáki Z.*: 2011. A kukorica P-tápláltsága és a foszfor-cink kölcsönhatása műtrágyázási tartamkísérletben csernozjom réti talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 60. 1: 147–160.
- Loneragan, J. F.–Webb, M. J.*: 1993. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. Chap. 9. [In: Robson, A. D. (ed.) Zinc in Soils and Plants.] Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 119–134.
- Kádár I.*: 2005. A műtrágyázás hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) elemfelvételére. *Agrokémia és Talajtan*. 54. 3–4: 359–374.
- Kádár I.–Turán T.*: 2002. P-Zn kölcsönhatás mészlepedékes csernozjom talajon kukorica monokultúrában. *Agrokémia és Talajtan* 51. 3–4: 381–394.
- Lazányi J.*: 2001. A homoki gazdálkodás fenntartható rendszere a Westsik vetésforgó kísérlet tapasztalatai alapján. Debreceni Egyetem ATC Kutató Központja. Nyíregyháza.

- Loch J.-Nosticzius Á.*: 1992. Agrokémiai és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Six L.*: 1971. A Kisalföld Duna-öntésén kialakult néhány talajszelvényének Zn-tartalom vizsgálata. Agrokémia és Talajtan. 20. 1-2: 107-118.
- Six L.-Lukácsy D.*: 1970. A Lébényi-Hanság területéről származó talajminták összes cinktartalmának vizsgálata. Acta Agronomica Óváriensis. 13. 3: 61-79.
- Sárdi K.*: 2003. Agrokémia. A növénytáplálás alapjai. Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar. Keszthely.
- Stefanovits P.*: 1992. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Szűcs M.-Szűcs M.-né*: 2001. Néhány nyugat-dunántúli talaj könnyen oldható mikroelem-tartalmának hosszú idő alatt bekövetkezett változása. Agrokémia és Talajtan. 50. 3-4: 285-296.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

*Henzsel István - **Dr. Hadházy Ágnes
Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ
Nyíregyházi Kutatóintézet
Nyíregyháza
Westsik Vilmos utca 4-6.
H-4400
*henzsel@agr.unideb.hu, **hadhazy@agr.unideb.hu

A sárközújlaki (livadai) meszezési és trágyázási tartamkísérletek fontosabb eredményei

KURTINECZ, PAUL - BĂNĂȚEANU, CECILIA - MOLDOVAN, ANA
Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Livada, Livada, Romania

Összefoglalás

A savanyú kémhatású talajok nagy részaránya tájegységünkben indokolta a meszezési és trágyázási tartamkísérletek beállítását 1961 őszén. Tekintettel a témakör fontosságára, intézetünkben ezek a kísérletek jelenleg is folynak.

Megbízható összefüggés a mészadagok és pH-érték között több év távlatában a mészadag t/ha/év-ben való kifejezése által volt kimutatható. Ennek megfelelően, a fenntartható Ca-mennyiség 173, illetve 296 kg/ha/év a két talajtípuson. A csapadék és különböző üledékek okozta talaj-elsavanyodás - 40 év távlatában - 0,54 pH_{KCl} egység.

A meszezési tartamkísérletek megbízhatóan tükrözik a tájegységünkbeli agyagbemosódásos talajok kémhatásviszonyait, valamint értékes információkkal járulhatnak hozzá a jövőre nézve a fenntartható mezőgazdaság kialakításához.

A meszezés hatására több mint háromszorosára feldúsult a talaj összes stroncium-tartalma.

Kulcsszavak: meszezés, trágyázás, pH, mikroelemek

Some relevant results of liming and fertilising long-term experiments at Livada, Romania

P. KURTINECZ – C. BĂNĂȚEANU – A. MOLDOVAN

Agricultural Research and Development Station Livada, Livada, Romania

Summary

Because of the high percentage of acid soils in North-West Transilvania, in the autumn of 1961, a long-term field trial with lime and fertiliser application was established. Due to the practical importance of this research topic for our geographical area, we continue to sustain these experiments in our institution.

A significant correlation was found between the CaCO_3 doses, expressed in $\text{t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ and acidity (pH). In this scenario, the Ca doses necessary to maintain the pH values were 173 and 296 kg of Ca $\text{ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ on the two soil types, respectively. Wet and dry deposits over 40 years have caused an acidification with 0.54 pH_{KCl} units.

The long-term experiments faithfully reflect the different states of acidity in the argillic soil and in the offing, they can provide valuable information on the requirements for sustainable agriculture.

Liming has contributed to the increase on Strontium content in soil.

Key words: liming, fertilization, pH, mikroelements

Наиболее важные результаты продолжительных опытов известкования и удобрений в Шаркёзуйлаке (Sárközújlak, Livada)

П. КУРТИНЕЦ – С. ВАНАТЕАНУ – А. МОЛДОВАН

Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Livada, Livada, Romania

Резюме

Большая доля почв кислой химической реактивности в нашей области мотивировала установку продолжительных опытов известкования и внесения удобрений осе-

ню 1961 года. Принимая во внимание важность этой тематики, в нашем институте эти опыты продолжают и в настоящее время.

Достоверная связь между дозами извести и величиной-pH в течении многих лет была показана, выраженная в дозе извести t/ha/год. В соответствии с этим, устойчивое количество Ca 173, и 296 kg/ha/год в двух типах почвы. Вызванное осадками и различными оседаниями окисление почвы – за 40 лет – 0,54 рН_{KCl} единиц.

Продолжительные опыты известкования достоверно показывают условия химической реактивности почв с вымыванием глины нашей области, а также могут дать ценную информацию в будущем для формирования устойчивого сельского хозяйства.

Под влиянием известкования более чем в три раза обогатилось всё содержание стронция почвы.

Ключевые слова: известкование, внесение удобрений, pH, микроэлементы

Bevezetés

Észak-Nyugat Erdélyben a talajelsavanyodása domináns talajdegradációs folyamat. Ez tájegységünkben a mezőgazdasági terület 60–65%-át érinti. Már a múlt évszázad elején *Glinka* (1911) professzor – a híres orosz talajtani iskola kimagasló egyénisége – amikor egy alkalommal a környékünkön, Sepsibükszádon (Bixad) nyaralt, hangsúlyozta a vulkánikus eredetű anyakőzet és a bőséges csapadékviszonyok szerepét az itteni, savanyú kémhatású, agyagbemosódásos talajok kialakulásában.

A meszezési és trágyázási tartamkísérletek beállítását a savanyú kémhatású talajok nagy részaránya indokolta 1961 őszén.

Romániában az 1960-as és az 1970-es évek közepéig végezték a legtöbb meszezéses szabadföldi kísérletet. Az elért eredmények alapján széleskörű kémiai talajjavítás indult meg az egész országban (*Máté és Nagy 1964, Boeriu és Rusu 1967, Dornescu et al. 1967, Boeriu 1969, Cremenescu 1968, Borlan et al. 1969, Borlan és Hera 1973*).

Az 1970-es évek második felére úgy értékelték, hogy tisztázásra kerültek a meszezéssel kapcsolatos legfontosabb kutatási kérdések, ezért megszüntették a legtöbb kísérletet.

Magyarországon *Csathó* (2001ab) értékes áttekintést és összefoglalást nyújtott az 1950–2000 között végzett tartamkísérletekről és ezzel létrehozta a meszezési tartamkísérletek adatbázisát.

Mengel (1976) szakirodalmi forrásokra hivatkozva úgy értékelte, hogy humid körülmények között a Ca-kimosódás évente 300–400 kg CaO/ha is lehet.

Merbach és Deubel (2007) hangsúlyozták, hogy a Halle-i meszezési tartamkísérletekben az eredeti pH érték fenntartására 250 kg CaO/ha/év szükséges.

Svédországban *Simán* (1985) arra a következtetésre jutott, hogy a 70%-os bázistelítettséget 125 kg CaO/ha/év alkalmazásával lehet fenntartani.

Tekintettel e témakör fontosságára intézetünkben jelenleg is folynak ezek a tartamkísérletek, amelyek a talajdegradációs folyamatok jelzésében megfelelő kutatási háttérrel biztosítanak, ugyanakkor hangsúlyozzák a tájegység jellegű kutatások szükségességét a globális tendenciákkal szemben.

A teljesség és rendszerezés igénye nélkül jelen dolgozatban tájékoztatást kívánunk adni az intézetünkben folyó meszezési és trágyázási tartamkísérletekben elért relevánsabb eredményekről.

Anyag és módszer

A kéttényezős, osztott parcellás tartamkísérletek 1961 őszén kerültek beállításra agyagbemosódásos barna erdőtalajon és agyagbemosódásos podzolon a hidrolitos aciditás 75, illetve 100%-os közömbösítéséhez szükséges meszkőpor adagokkal. Az első öt év elteltével az ismétlések hosszanti háromba-osztásával lehetőség nyílt a meszkőpor-adag és a periodikus alkalmazás kombinálására, amely kilenc meszezési fokozatot eredményezett. Az agyagbemosódásos barna erdőtalaj és az agyagbemosódásos podzol szántott rétegének főbb paraméterei az alábbiak voltak: agyagtartalom 21 és 19%; humusztartalom 1,41 és 1,86%; $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,19 és 4,80; AL- P_2O_5 4,8 és 6,1 mg/kg; AL- K_2O 119 és 53 mg/kg; kation-kicserélő kapacitás 11,86 és 11,05 me \acute{e} /100 g.

A trágyázás-tényező tipikus hiánykísérleti kezelés (0, N, P, NP, NPK, #, #+NPK, >NPK), ahol évente 100 kg N, 70 kg P_2O_5 , 60 kg K_2O /ha és 20 t/ha istállótrágya volt alkalmazva ammónium-nitrát, szuperfoszfát és kálisó formájában. A vetésforgó gabonadominanciájú volt.

A bázistelítettség a Kappen által javasolt módszerrel, az összes mikroelem-tartalom pedig a Lakkanen-Erviö eljárással lett meghatározva.

Eredmények és értékelés

A mészkőpor-adagok és a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ -érték között – statisztikailag megbízható – összefüggés csak a mészadag t/ha/év -ben való kifejezésével volt kimutatható (1. ábra). A barna erdőtalaj esetében $0,481 \text{ t/ha/év}$, míg az agyagbemosódásos podzolon $0,821 \text{ t/ha/év}$ mészkőpor-adag szükséges az 5,8-as pH -érték fenntartására, illetve az Al-tartalom toxikus szint alá csökkentésére. Tulajdonképpen ezek a mennyiségek megfelelnek a fenntartható mészadagoknak (173 , illetve 296 kg/ha/év Ca) és megegyeznek a közép-európai szinten liziméterben mért Ca-vesztéssel.

1. ábra. A pH -érték alakulása a meszezés függvényében 1962 és 1991 között

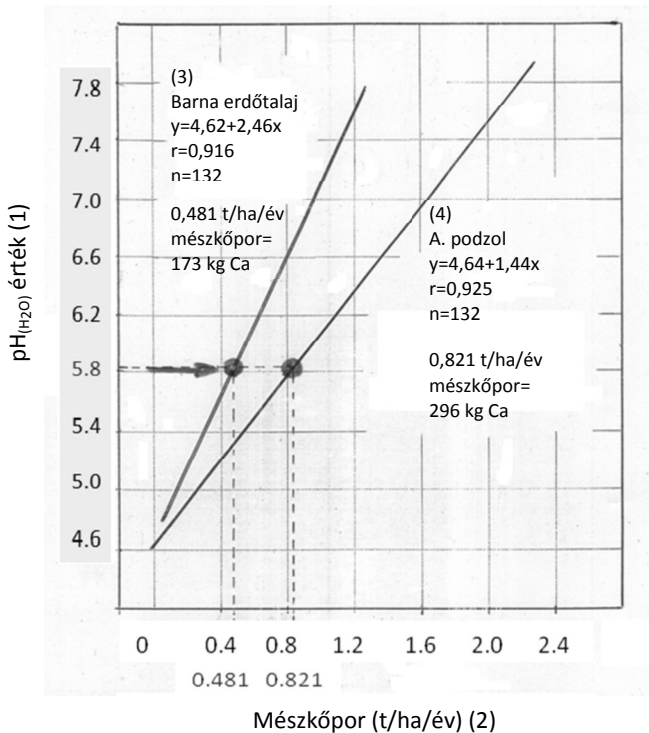


Figure 1. Acidity against liming between 1962 and 1991. (1) $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ value, (2) Limestone ($\text{t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$), (3) Brown forest soil, $y=4.62+2.46x$, $r=0.912$, $n=132$, $0.481 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ limestone= 173 kg Ca , (4) A. podsol, $y=4.64+1.44x$, $r=0.925$, $n=132$, $0.821 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ limestone= 296 kg Ca

Közismert, hogy a KCl-ban meghatározott pH-érték, viszonylag stabil és kevésbé befolyásolják a szezonális jellegű változások. Ez a megállapítás szolgált alapul az esetleges talaj-elsavanyodás kimutatására az elmúlt 40 év távlatában. Viszonyítási alapul szolgáltak a meszezetlen és trágyázatlan parcellában mért pH_{KCl} értékek a tartamkísérlet beállításakor, illetve 40 év után (1. táblázat). A két összehasonlított időpont közötti pH_{KCl} érték különbsége elsősorban a légköri száraz és nedves üledékek elsavanyító hatásának tulajdonítható, és ez nagyobb mértékben növelte a talaj savanyúságát, mint általában a műtrágyák. Ebben az értelemben – a műtrágyázás és talaj-elsavanyodás vonatkozásában – az agrárszektor erő vádai nem helytállóak. Tájegységünkben az uralkodó szélirány észak-nyugati és a kimutatott jelenség túlnyomó részt a nyugat-európai iparosítás hatásának tulajdonítható.

1. táblázat. Az agyagbemosódásos podzol elsavanyodása 40 év után a meszezetlen és trágyázatlan parcellában

Év (1)	pH_{KCl}	n	$\pm d$	s^2
1961	4,21	6	-	0,013
2001	3,67	3	-0,54	0,010

Megjegyzés: $t_{\text{kalk}}=6,98 > t_{\text{tab}}(7,5\%)=2,37$; $SzD_{5\%}=0,18$

Table 1. Acidification of argillic podsol after 40 years on a non-limed and non-fertilised plot. (1) Year, Note: $t_{\text{kalk}}=6.98 > t_{\text{tab}}(7.5\%)=2.37$, $LSD_{5\%}=0.18$

Elemezve a bázistelítettség és a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ -érték közötti összefüggést Észak-Nyugat Erdély agyagbemosódásos talajain, megállapítható, hogy a savanyú pH-érték tartományban ennek a mutatónak egy egységgel való növekedésének megfelel egy 50%-os bázistelítettség-gyarapodás, tehát ebben az intervallumban a pH-érték nem a legérzékenyebb savanyúsági index (2a. ábra). Többek között ez a magyarázata annak, hogy ezeken a talajokon – gyakorlati viszonyok között – a meszezés által indukált pH-érték növekedését nem lehet egyértelműen kimutatni. A 6,0 körüli pH-értéket egy inflexiós pontnak lehet minősíteni, ahonnan a pH-érték meredeken ível felfelé, és jobban jellemzi a talaj kémhatását. Ugyanez az összefüggés mutatható ki a meszezési és trágyázási tartamkísérletekből származó adatok alapján 1979 és 1999 között (2b. ábra).

2. ábra. A - A báziseltelítettség és pH-érték közötti összefüggés Észak-Nyugat Erdély agyagbemosódásos barna erdőtalajain,
 B - A báziseltelítettség és pH-érték közötti összefüggés a meszezési és trágyázási tartamkísérletekben mért adatok alapján 1979 és 1999 között

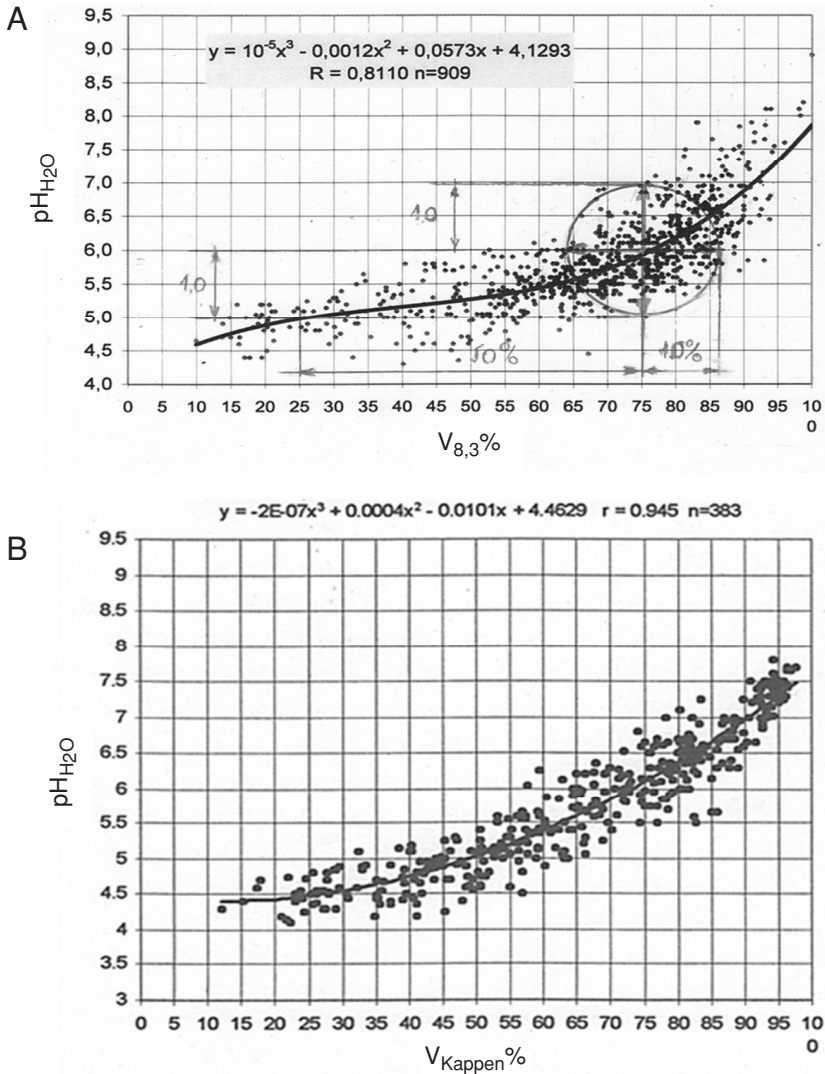


Figure 2. A - Correlation between base saturation and pH on the argillic soils of Northwestern Transylvania, B - Correlation between base saturation and pH value based on the measured data in long-term liming and fertilisation experiments between 1979-1999

Ha a 2ab. ábrákon feltüntetett pontfelhőket egymásra illesztjük, ezek szinte átfedik egymást. Ez azt bizonyítja hogy a meszezési tartamkísérletek megbízhatóan tükrözik az agyagbemosódásos talajok kémhatás-viszonyait és értékes információkat szolgáltatnak a fenntartható mezőgazdaság vonatkozásában.

Lehetőségünk nyílt 40 év után a tartamkísérletekben kimutatni a mikroelem-tartalom esetleges változásait. Első megközelítésként a 3. ábra egy szinoptikus képet nyújt a tartamkísérletben meghatározott mikroelemekről. Minden egyes mikroelem esetében elemezve volt a számtani középérték és a variációs koefficiens közötti látszat-összefüggés (3. ábra).

3. ábra. A talaj átlagos mikroelem-tartalma és a szórás közötti kapcsolat (n=120) (agyagbemosódásos podzol, Livada, 2001)

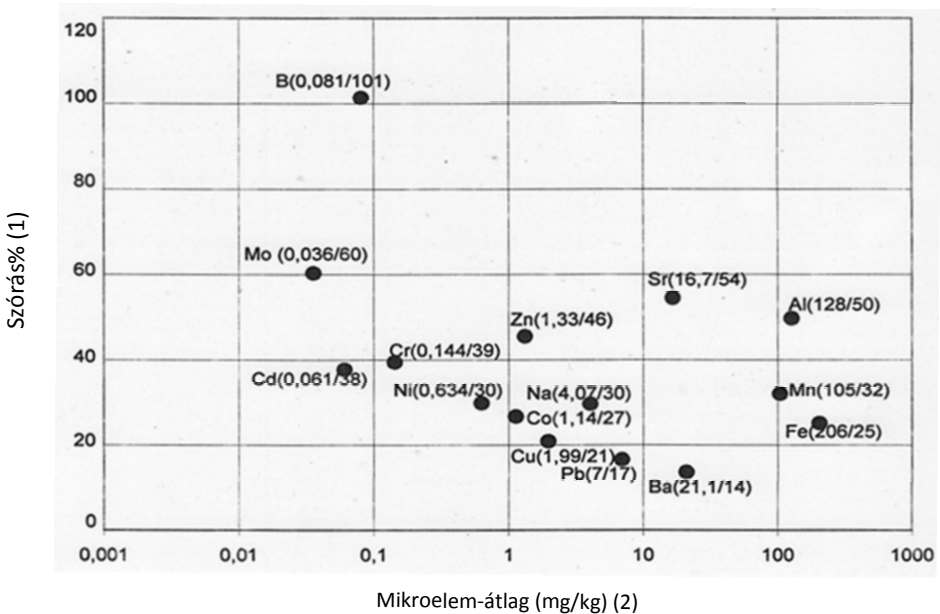


Figure 3. Correlation between the average microelement content of the soil and standard deviation (n=120) (argillic podzol, Livada, 2001). (1) Standard deviation (%), (2) Mean microelement content (mg kg⁻¹)

Ez az elemzés lehetőséget kínál a nagy szórást mutató mikroelemek azonosítására és a variabilitás okainak vizsgálatára. Példaként ajánlkozik a talaj összes stronciumtartalom változása a tartós meszezés és trágyázás függvényben. A különböző mészkőpor-adagokkal és időbeli elosztással történő meszezés lé-

nyegesen befolyásolta a talaj stronciumtartalmát, esetenként megháromszorozva azt, amely szinte arányosan növekszik a mészkőpor-adagokkal (2. táblázat).

2. táblázat. A tartós (1961–2001) meszezés és trágyázás hatása a talaj össz-stroncium ($\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$) tartalmára (agyagbemosódásos podzol, Livada, 2001)

	1961	0	5	10	10	
	1966	0	0	0	10	
Mészkőpor	1971	0	0	0	10	
(t/ha)	1977	0	0	0	10	
(1)	1986	0	5	10	10	
	1998	0	5	10	10	
	Σ	0	15	30	60	
						Átlag (2)
O		16,2	31,3	39,1	45,5	32,8
N		14,9	28,5	38,9	50,3	31,6
P		17,5	33,8	41,2	49,2	35,2
NP		20,2	33,9	49,2	47,1	38,3
NPK		19,1	30,3	44,9	49,3	35,4
FYM		18,9	29,0	42,8	50,6	35,1
NPK+FYM		21,4	38,1	49,1	55,8	38,1
>NPK		18,8	21,9	51,6	55,6	38,7
Átlag (2)		18,4	31,0	44,6	50,4	

Megjegyzés: $\text{SzD}_{5\%}\text{A}=4,03$ ppm; $\text{SzD}_{5\%}\text{B}=3,20$ ppm; $\text{SzD}_{5\%}\text{A}\times\text{B}=7,80$ ppm

Table 2. The impact of permanent (1961–2001) liming and fertilisation on the total strontium content ($\text{HNO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$) of the soil (argillic podsol, Livada, 2001). (1) Limestone (t ha^{-1}), (2) Mean, Note: $\text{LSD}_{5\%}\text{A}=4.03$ ppm, $\text{LSD}_{5\%}\text{B}=3.20$ ppm, $\text{LSD}_{5\%}\text{A}\times\text{B}=7.80$ ppm

Tulajdonképpen a stroncium a kalcium társелеmeként viselkedik a természetben, így ezzel magyarázható a feldúsulása, egyelőre nem tisztázott következményekkel. A tartós trágyázás nem befolyásolta szignifikánsan a talaj stronciumtartalmát annak ellenére, hogy az alkalmazott szuperfoszfát tartalmazott némi stronciumot.

Irodalom

- Boeriu, I.*: 1969. Eficiența amendamentelor și îngrășămintelor pe solurile acide din nord-vestul R.S. România. Teză de doctorat I.A.N.B.
- Boeriu, I.-Rusu, M.*: 1967. Folosirea rațională a îngrășămintelor și amendamentelor. Agrotehnica solurilor acide din nord-vestul României. 69–102.
- Borlan, Z.-Hera, Cr.*: 1973. Metode de apreciere a stării de fertilitate a solului în vederea folosirii raționale a îngrășămintelor. Ed. Ceres. București. 12–72.
- Borlan, Z.-Boeriu, I.-Nicolae, C.*: 1969. Ameliorarea solurilor acide. Editura Agrosilvică. București. 68–76.
- Cremenescu, Gh.*: 1968. Cercetări privind folosirea îngrășămintelor și amendamentelor și lucrările solului la grâu și porumb pe solul podzolic de la Albota-Argeș. Teză de doctorat I.A.N.B.
- Csathó P.*: 2001a. Összefüggés a talajsavanyodás mértéke és a mészhatások között a hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán (1950–1998) I. – A mészformák és a talajtulajdonságok szerepe a mészhatások megjelenésében. *Agrokémia és Talajtan*. 50: 103–118.
- Csathó P.*: 2001b. Összefüggés a talajsavanyodás mértéke és a mészhatások között a hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán (1950–1998) II. – A mészformák és a talajtulajdonságok szerepe a mészhatások megjelenésében. *Agrokémia és Talajtan*. 50: 509–523
- Dornescu, D. et. al.*: 1967. Influența amendamentelor calcaroase și a îngrășămintelor la grâu de toamnă, porumb boabe și cartof, în condițiile naturale de la G.A.S. Grași-Tg. Neamț- 10 ani de activitate științifică în sprijinul producției agricole în Câmpia Moldovei, 1957–1967. *Red. Rev. Agr. București*.
- Glinka K. D.*: 1911. Mállási termények és talajok Biksád fürdő környékén. *Földt. Közl.* 41: 631–639.
- Máté S.-Nagy, M.*: 1964. Eficiența unor măsuri agrotehnice asupra sporirii producției de grâu și porumb pe solul podzolic pseudogleic de la Petid. *Anale ICCPT Fundulea*. XXXII. seria B.
- Mengel K.*: 1976. A növények táplálkozása és anyagcseréje. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest. 274–275.
- Merbach, W.-Deubel, A.*: 2007. Die Dauerdüngungsversuche in Halle Saale – ein Überblick. *Haale. Saale*. 38–43.
- Simán G.*: 1985. Effect on Lime and Crop in Swedish Field Experiments. *Akadémiai Kiadó*. Budapest. 765–773.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

*Dr. Paul Kurtinecz- Dr. Cecilia Bănăţeanu - Ing. Ana Moldovan
Staţiunea de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Livada
Jud Satu-Mare
Str. Baia-Mare, nr. 7
447180 Livada
România
*paul.kurtinecz@yahoo.com

Energetikai célra termesztett fűzzel (*Salix* sp.) beállított tápanyag-utánpótlási szabadföldi tartamkísérlet – az első öt év tapasztalatai

¹SIMON LÁSZLÓ – ¹VINCZE GYÖRGY – ¹URI ZSUZSANNA –

¹IRINYINÉ OLÁH KATALIN – ¹VÍGH SZABOLCS –

²MAKÁDI MARIANNA – ²ARANYOS TIBOR – ²ZSOMBIK LÁSZLÓ

¹Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Nyíregyháza

²Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ,

Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza

Összefoglalás

Tíz kezeléssel négy ismétléses szabadföldi tartamkísérletet állítottunk be 2011-ben kovárványos barna erdőtalajon 0,4 hektáron energetikai célra termesztett fűzzel (röviden „energiafűzzel”; *Salix triandra* x *Salix viminalis*, cv. Inger). Az ammónium-nitrát (AN) és a karbamid (K) fejtrágyák, a szelektíven gyűjtött szerves hulladékokból készült települési biokomposzt (TBK), a települési szennyvíziszap-komposzt (TSZK), a fűzhamu (FH), valamint a riolittufa (RT) – önmagában vagy kombinációkban történő kijuttatásának – hatását vizsgáltuk a fűz ásványi táplálkozására (táp- és toxikuselem-felvételére), a tápanyagok lemosódására, a talajlégzésre, illetve a fűz fotoszintézisére és hozamára. A tartamkísérlet a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Nyíregyházi Kutatóintézet földterületén helyezkedik el. Megállapítottuk, hogy a talaj nitrátnitrogénkészlete a kiindulási állapothoz képest két év alatt jelentősen lecsökkent, melyet a talajba kijuttatott, nitrogénben gazdag adalékanyagok (TBK, TSZK), vagy a többszöri AN-fejtrágyázás sem tudtak ellensúlyozni. A talajvízbe történő nitrát-lemosódás elsősorban a TSZK-tal és az AN-tal kezelt kultúrákban jelentkezett. A FH-t és a TSZK+FH-t kivéve valamennyi kezelés megnövelte a fűzlevelek nitrogén-, illetve káliumfelvételét. A fűzlevelek fajlagos Zn-tartalma jelentősen lecsökkent az AN-tal fejtrágyázott kultúrában. A talajba kijuttatott adalékanyagokból vagy nitrogén műtrágyákból nem kerültek át szá-

mottevő mennyiségben a fűz leveleibe toxikus elemek (As, Ba, Cd, Pb). A talajlégzés intenzitása a legnagyobb a RT-val kezelt talajban volt, míg a legkisebb értéket a FH-val kezelt kultúrában mértük. A fűz leveleiben a fotoszintézis sebessége (A) a TBK+AN-tal kezelt kultúrában volt a legnagyobb.

Kulcsszavak: „energiafűz” (*Salix* sp.), tápanyag-utánpótlás, szabadföldi tartamkísérlet, barna erdőtalaj

Long-term open-field fertilisation experiment with energy willow (*Salix* sp.) – observations of the first five years

¹L. SIMON – ¹GY. VINCZE – ¹ZS. URI – ¹K. IRINYINÉ OLÁH – ¹SZ. VÍGH –
²M. MAKÁDI – ²T. ARANYOS – ²L. ZSOMBIK

¹College of Nyíregyháza Institute of Engineering and Agricultural Sciences,
Department of Agricultural Sciences and Environmental Management, Nyíregyháza

²University of Debrecen Centre of Agricultural Sciences,
Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza

Summary

An open-field small plot long-term fertilisation experiment was established during 2011 with willow (*Salix triandra* x *Salix viminalis* 'Inger'), grown as an energy crop. The 0.4 hectares experimental plot is located in Nyíregyháza city at the land of Research Institute of Nyíregyháza, University of Debrecen Centre of Agricultural Sciences. The brown forest soil was treated twice (during June 2011 and May 2013) with municipal biocompost (MBC), municipal sewage sludge compost (MSSC), willow ash (WA), and rhyolite tuff (RT). Ammonium nitrate (AN) or urea (U) artificial fertilisers were also applied to the soil during May or June of 2011, 2012, 2013 and 2014 as top-dressing. These fertilisers and amendments were also applied to the soil in combinations; MBC+AN or U as a top-dressings, RT+AN or U, WA+AN or U, and MSSC+WA. All ten treatments were repeated 4 times. It was concluded that the nitrate-nitrogen pool of the soil was considerably reduced during the first 2 years of the experiment, which was not balanced by the multiple application of AN fertiliser, or

MBC and MSSC amendments rich in nitrogen compounds. Nitrate leaching to the groundwater was primarily observed in MSSC or AN-treated cultures. Except WA or MSSC+WA treatments, soil application of other amendments or AN enhanced the specific nitrogen or potassium concentrations in willow leaves. It was obvious that multiple AN applications significantly reduces the Zn concentration in willow leaves. From soil amendments or top-dressings were not transferred any significant quantities of toxic elements (As, Ba, Cd, Pb) to the leaves of willow. During 2013 the most intensive soil respiration was measured in RT-treated culture, while the lowest rate was observed in case of WA application. The highest rate of photosynthesis (A) was observed during this year in MBC+AN treated culture.

Key words: “energy willow” (*Salix* sp.), fertilisation, open-field long-term experiment, brown forest soil

Продолжительный грунтовый опыт дополнения питательных веществ, установленный с выращенной в энергетических целях ивой (*Salix* sp.) – опыты первых пяти лет

¹Л. ШИМОН – ¹Д. ВИНЦЕ – ¹Ж. УРИ – ¹К. ИРИНИНЕ ОЛАХ – ¹С. ВИГ –
²М. МАКАДИ – ²Т. АРАНЬОШ – ²Л. ЖОМБИК

¹Технический и Аграрный Институт Ниредьхазского Университета, Ниредьхаз

²Ниредьхазский Исследовательский Институт Центра Аграрных Наук
Дебреценского Университета, Ниредьхаз

Резюме

В 2011 году установили продолжительный грунтовый опыт с десятью обработками в четырёх повторениях на бурой лесной почве с глинистыми прослойками на 0,4 гектарах с выращенной в энергетических целях ивой (кратко „энергоива”; *Salix triandra* x *Salix viminalis*, cv. Inger). Исследовали влияние внесения подкормки в чистом виде или в комбинациях нитрата-амония (AN) и карбамида (К), селективно собранного из органических отходов населения биокомпоста (ТВК), компоста из грязной воды канализационной системы населённого пункта (TSZK), золы ивы (FH), и также рио-

лит-туфы (RT) на минеральное питание ивы (приём питательных и токсичных элементов), на вымывание питательных веществ, на дыхание почвы, а также на фотосинтез ивы и урожайность. Продолжительный опыт проводится на территории Исследовательского Института (г. Ниредьхаза) Центра Аграрных Наук Дебреценского Университета. Установили, что наличие азота-нитрата почвы по сравнению с начальным состоянием за два года значительно сократилось, что внесенные в почву, богатые азотом наполнители (ТБК, TSZK), или многократные подкормки AN не смогли улучшить это. Происходящее вымывание нитрата в грунтовую воду в первую очередь проявилось в культурах, обрабатываемых с TSZK и с AN. Кроме обработок FH и TSZK+FH все остальные обработки увеличили приём азота и калия листьями ивы. Удельное содержание Zn листьев ивы значительно сократилось в культурах, подкормленных AN. Из внесённых в почву дополнительных материалов или из азотных искусственных удобрений не попали в значительном количестве в листья ивы токсичные элементы (As, Ba, Cd, Pb). Интенсивность дыхания почвы самая большая была в обработанной с RT почве, а самый меньший показатель измерили в культурах, обработанных с FH. Скорость фотосинтеза в листьях ивы (A) была самой большой в обработанных ТВК+AN культурах.

Ключевые слова: „энергоива” (*Salix* sp.), дополнение питательных веществ, грунтовый продолжительный опыт, бурая лесная почва

Bevezetés

A fosszilis energiahordozók készleteinek fogyásával és a folyamatosan emelkedő széndioxid-kibocsátással összefüggő globális felmelegedéssel előtérbe került a biomassza energetikai célra történő hasznosítása. Olyan növénykultúrát tekintünk energia-ültetvénynek, amelyet elsődlegesen biomassza-termelés és energetikai felhasználás céljából telepítettek (Blaskó 2008). A rövid vágásfordulójú, fás szárú energetikai ültetvényekben hazánkban telepíthető alapfajok közül (45/2007 (VI. 11.) FVM rendelet) – nagy hozama és energiaszolgáltató-képessége miatt – kiemelkedik a kosárfonó fűz (*Salix viminalis* L.) vagy „energiafűz”.

A fűz jól sarjadzik, 2–4 méter hosszú vesszői – termőre fordulás után – akár évente betakaríthatóak. A vesszőhozamot – mely elérheti a 10–12 tonna szárazanyag/ha/év értéket – számos tényező mellett a tápanyagellátás is jelentősen

befolyásolja. Az egyenletesen nagy hozam elérésére képes állomány kialakításához megfelelő mértékű és kiegyensúlyozott tápanyagellátásra van szükség a talajban. Mivel az „energiafűz” akár 15–20 éven át is folyamatosan egy helyben termeszthető az energia-ültetvényekben, gondoskodnunk kell a talaj rendszeres tápanyag-utánpótlásáról (Gyuricza *et al.* 2008, Gyuricza 2011, Smart és Cameron 2012). Az energianövények biomassza-hozama szerves és szerves trágyákkal, különféle talajba kijuttatott adalékanyagokkal és biohulladékokkal is serkenthető (Hasselgren 1998, Park *et al.* 2005, Dimitriou *et al.* 2006, Smart és Cameron 2012).

Az energiafűz ásványi táplálkozását, tápanyagigényét és hozamát 2008 óta tanulmányozzuk szabadföldi kísérletekben Nyíregyházán (Simon 2010, Simon *et al.* 2011, 2012b). 2011-ben tartamkísérletet állítottunk be energiafűzzel, melyben a barna erdőtalajba 2011-ben és 2013-ban települési biokomposztot, települési szennyvíziszap-komposztot, fűzhamut és riolituffát; 2011-től 2014-ig minden évben ammónium-nitrátot; illetve 2014-ben karbamid műtrágyát juttattunk ki fejtrágyaként, különféle dózisokban és kombinációkban. E tanulmányban a fenti kezelések hatásait ismertetjük a talaj nitrogén-készletére, a talajvízbe történő nitrát-lemosódásra, a fűzlevelek táp- és toxikusanyag-felvételeire, a talajlégzésre, illetve a levelek fotoszintézisére.

Anyag és módszer

Szabadföldi tartamkísérletet állítottunk be energetikai célra termesztett fűzzel (*Salix triandra* x *Salix viminalis* „Inger”; licenz-tulajdonos: Lantmännen Agroenergi AB, Svédország; forgalmazó Holland-Alma Kft., Pircse) a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Nyíregyházi Kutatóintézetének kísérleti telepén 2011 áprilisában. A kísérlet Nyíregyházán a Westsik Vilmos utca és a repülőtér között helyezkedik el. A múlt században belvízcsatorna kotrási iszappal terített, ezért a tipikusnál lúgosabb kémhatással és nagyobb mésztartalommal rendelkező (eltemetett), kovárányos barna erdőtalaj alapjellemezői telepítéskor a 0–30 cm-es rétegben az alábbiak voltak: pH_{H₂O} 8,10; pH_{KCl} 7,52; K_A 31; összes só (m/m%) <0,02; CaCO₃ (m/m%) 4,80; humusz (m/m%) 1,51%; T-érték (mgeé/100 g) 10,4; NH₄-N (mg/kg) 5,68; NO₃-N (mg/kg) 6,37; P - 713, K - 5653, Ca - 21773, Mg - 5471, Cu - 12,7; Mn - 653, Zn - 44,3; As - 38,3; Cd - 0,11; Pb - 13,6 mg/kg HNO₃-H₂O₂ kivonatban. A felvehető elemkoncentrációkat korábbi publikációnkban (Simon *et al.* 2012a) ismertettük.

A 4 ismétléssel beállított szabadföldi kísérletben valamennyi kísérleti parcella nettó 27 m² alapterületű volt, melyeken belül 40–40 fűzbokor helyezkedik el 0,75 m-es sortávolsággal és 0,6 m-es tőtávolsággal, két 1,5 méteres távolsággal kialakított ikersorban. A talaj legfelső, 0–25 cm-es rétegét 2014-ig az alábbi anyagokkal kezeltük:

1. kontroll (nem részesült kezelésben 2011 óta),
2. települési biokomposzt (TBK) 20 t/ha (2011. június, 2013. május),
3. települési szennyvíziszap komposzt (TSZK) 15 t/ha (2011. június, 2013. május),
4. riolittufa (RT) 30 t/ha (2011. június, 2013. május),
5. fűzhamu (FH) 600 kg/ha (2011. június, 2013. május),
6. ammónium-nitrát (AN) fejtrágya 100 kg/ha (2011. június, 2012. június, 2013. május, 2014. május),
7. karbamid (KARB) fejtrágya 100 kg/ha (2014. május),
8. TBK+AN vagy KARB fejtrágya,
9. RT+AN vagy KARB fejtrágya,
10. FH+AN vagy KARB fejtrágya,
11. TSZK+FH.

A települési biokomposztot (76% szárazanyag-tartalom kijuttatáskor) a Térségi Hulladék-Gazdálkodási Kft., a települési szennyvíziszap-komposztot (48–56% szárazanyag) pedig a Nyírségvíz Zrt. készíti Nyíregyházán, a riolittufát (82% szárazanyag) a Colas-Északkő Kft. (Tarcal) állította elő. A fűzhamut (99% szárazanyag-tartalom kijuttatáskor) mi állítottuk elő a kísérleti fűzveszők elégetésével. Az ammónium-nitrátot (34% N) és a karbamidot (46% N) a Nitrogénművek Vegyipari Zrt. (Pétfürdő) készíti és forgalmazza. A talajba kijuttatott anyagok kémiai összetételét korábbi munkánkban ismertettük (*Simon et al.* 2015).

2011. április 21-én, 2013. május 2-án és május 9-én történt a kísérleti parcellák talajának mintázása. Ehhez a teljes kísérleti terület, illetve az adott parcella két átlója mentén botfúróval 0–25 cm-es mélységből 15–15 leszúrással két párhuzamos, 1,0–1,5 kg össztömegű, kevert átlagmintát alakítottunk ki. A párhuzamos talajmintákat külön-külön alaposan összekevertük, majd vékony rétegben a laboratóriumi asztalon szétterítve légszáraz állapot eléréséig megszárítottuk. Szitálás után (lyukátmérő: 2 mm) a légszáraz talajminták nitrát- és ammóniumnitrogén-tartalmát 1 M KCl kivonatból Vapodest 10s (C. Gerhardt - Laboratory Instruments, Németország) készülékkel történt vízgőz-desztilláció

után a *MSZ 20135:1999* szabványt követve határoztuk meg, négy ismétléssel, a Geoderma Bt. budapesti laboratóriumában.

2013. április 30-án és 2013. június 21-én talajvíz-mintákat vettünk a kísérleti parcellákon 2011 júliusában kialakított hat talajvíz-monitoring csőből. Az ún. „megütött” talajvíz-szintet elérő vertikális műanyag csövek a kezelésben nem részesült kontroll parcellán, illetve az AN-tal, a TSZK-tal, a RT-val, a FH-val és a TBK+AN-tal (2014-től karbamiddal) kezelt parcellákon belül helyezkednek el. A talajvíz mintázására mini búvárszivattyút (Envirotools Mini Pump System, Envirotools Bt., Budapest) használtunk. A mintákat műanyag palackba töltöttük, majd azonnal a laboratóriumba szállítottuk. Itt a mintákat szűrőpapíron le- szűrtük, majd a szűrlet kis részleteit felhasználva kezelésként egy-egy minta nitrátion-koncentrációját határoztuk meg kolorimetriásan, Nanocolor vízana- litikai rendszert alkalmazva, háromszoros ismétlésben, Spectroquant Nova 60 (Merck Kft., Budapest) típusú fotométerrel.

A levélminta-vételre 2013. július 11-én került sor. A parcellák első és máso- dik ikersorából, 10–10 bokor leghosszabb vesszőinek legfelülről számított, 30–60 cm-es szakaszából, kezelésként két párhuzamos mintát képeztünk. A levélminták nedves össztömege 180–245 gramm volt. A levélmintákat mosás után megszáritottuk és <1 mm-es szemcseméretig elektromos darálóval felaprítottuk (*Simon et al.* 2012a, 2013a). A levelek nitrogéntartalmát Kjeldahl-mód- szerrel, táp- és toxikuselem-összetételét pedig ICP-OES technikával (Ultima 2 Horiba Jobin-Yvon készülék, Franciaország) határoztuk meg a Geoderma Bt. budapesti laboratóriumában, kezelésként 4–4 ismétléssel.

A talajlégzést LCi-SD (ADC Inc., Egyesült Királyság) hordozható készülé- kekkel mértük 2013. augusztus 2-án, dinamikus talajkamrát alkalmazva. A talaj- légzés méréseket a 40 parcellából 20-ban (a kezelések négy ismétléséből ket- tőn) végeztük el, parcellánként két talajfelszínen. Kezelésként 13–16 mért értéket használtuk fel az adatok kiértékeléshez. A talajlégzés intenzitását az egységnyi területre eső nettó CO₂-kicserélődési rátával (NCER, μmol/s/m²) jellemeztük.

A levelek fotoszintetikus aktivitását LCpro-SD (ADC Inc., Egyesült Király- ság) hordozható készülékekkel mértük 2013. augusztus 2-án, széles levélkam- rát alkalmazva. A fotoszintézis mérések során kiválasztottunk parcellánként 2–2 átlagos méretű fűzveszőt, mely a négy fűz-sorból a másodikban és a har- madikban helyezkedett el a sorok, illetve a parcellák közepén. Egy-egy telje-

sen kifejlett levél fotoszintetikus aktivitását a vesszők legfelső 15–20 cm-es szakaszán mértük. A méréseket egy parcellán belül kétszer ismételtük meg, és a 40 parcellából 20-ban (a kezelések négy ismétléséből kettő esetén) végeztük el. Kezelésenként 13–16 mért értéket használtunk fel az adatok kiértékeléshez. A fotoszintetikus aktivitás és a növény általános kondíciójának jellemzésére a fotoszintézis mértékét (A , $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), mely a levélkamrában történő CO_2 -csere mértéke, használtuk. Számított értéként elemeztük a transzspirációs rátát (E , $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) és a sztóma-konduktanciát (g_s , $\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) is (*Simon et al.* 2013b).

Az adatok statisztikai elemzését SPSS 21 szoftver alkalmazásával, varianciaanalízis segítségével (ANOVA) Tukey b-teszttel végeztük el.

Eredmények

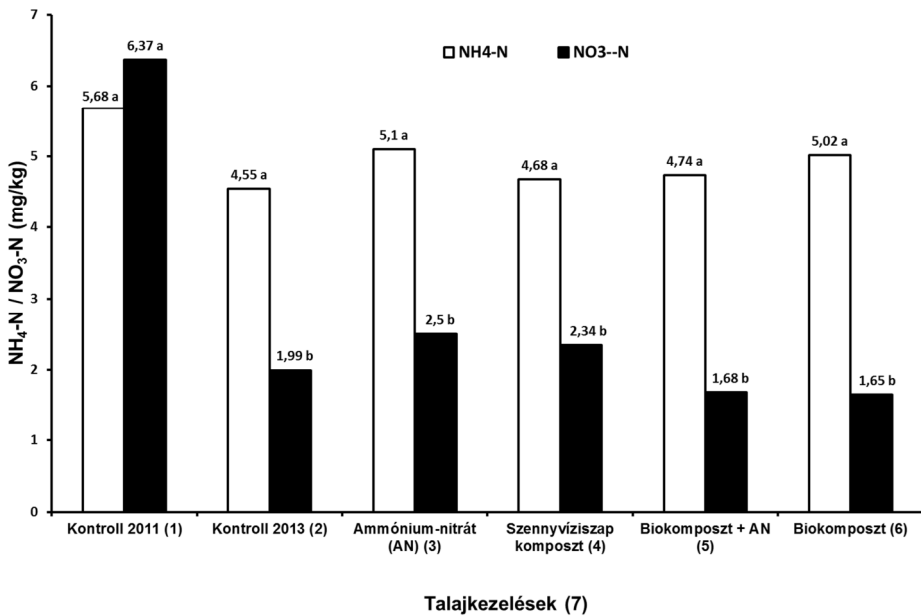
Az *1. ábrán* bemutatjuk a kísérleti terület barna erdőtalajának ammónium- és nitrátnitrogén-tartalmát a kísérlet indításakor, 2011. áprilisában, illetve a települési biokomposzt és települési szennyvíziszap-komposzt 2013. májusi második, valamint az ammónium-nitrát 2013. májusi harmadik kijuttatása előtt. A 2011-es kiindulási állapothoz képest 2013-ra valamennyi kezelés esetén (a kontrollban is) lecsökkent a talaj ammónium- és nitrátnitrogén-tartalma. Ez a csökkenés elsősorban a nitrátnitrogén-tartalom esetén volt jelentős. Feltehetőleg, hogy a talaj nitrogéntartalmának egy részét az intenzív növekedésnek indult „energiafűz”-kultúra vette fel. 2013-ra valamennyi korábbi talajkezelés megemelte kissé a kontrollhoz képest a talaj ammóniumnitrogén-tartalmát, ennek mértéke azonban nem volt statisztikailag szignifikáns. Nagyobb nitrátnitrogén-tartalmat mértünk ugyan 2013-ban a kezeletlen kontrollhoz viszonyítva az AN-tal és a TSZK-tal kezelt kultúrák talajában, azonban ennek az emelkedésnek a mértéke sem volt statisztikailag szignifikáns.

A *2. ábrán* szemléltetjük az AN fejtrágyázás, illetve a barna erdőtalajba kijuttatott TSZK és TBK hatását az „energiafűz”-ültetvényben elhelyezett monitoring csövekben található talajvíz nitrát-koncentrációjára, 2013. áprilisában (a 2013. májusi talajkezelések előtt) és júniusában (a talajkezelések után).

Megállapítottuk, hogy a 2013. májusi talajkezelések után egy hónappal a talajvíz nitrát-koncentrációja szignifikánsan; a TBK+AN-tal kezelt kultúrában közel kétszeresére, az AN-tal fejtrágyázott kultúrában háromszorosára, a TSZK-

tal kezelt kultúrában pedig tízszeresére emelkedett meg a kezeletlen kontrollhoz képest. A jelentősen megemelkedő nitrát-koncentrációk jelzik, hogy a nitrogén vízben jól oldódó nitrátformája – a talajban gyorsan mozogva – már egy hónap múltán megjelenhet a talajvízben.

1. ábra. Talajadalekok és az ammónium-nitrát fejtrágyázások hatása a barna erdőtalaj ammónium- és nitrátnitrogén-tartalmára 2013 májusában (a 2011. áprilisi kiindulási állapothoz viszonyítva) [Nyíregyháza, szabadföldi kísérlet energiafűzzel (*Salix sp.*, cv. Inger)]

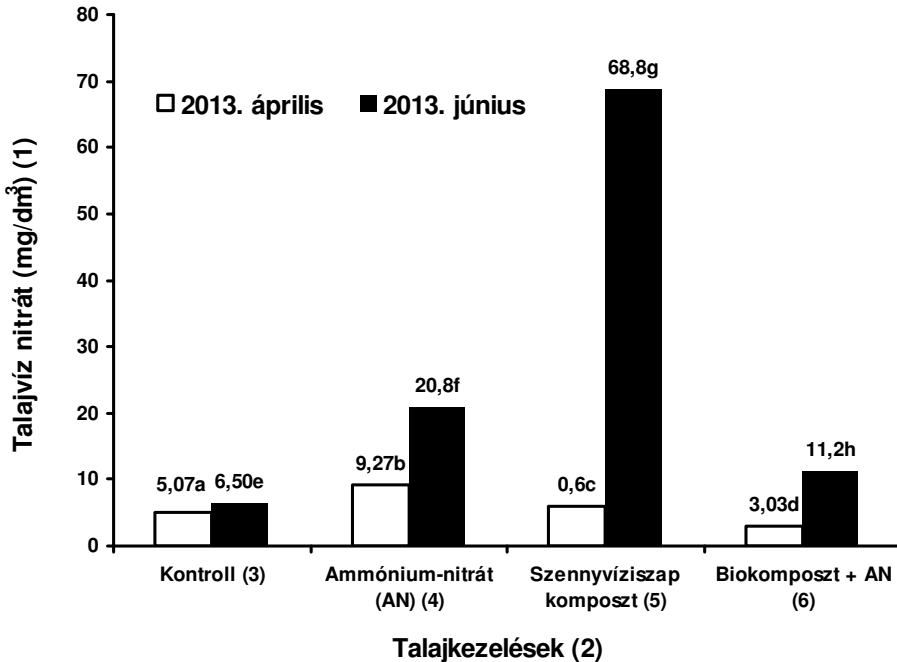


Megjegyzés: variancia-analízis, Tukey b-teszt, $n=4$. Az azonos oszlopokban található különböző betűindexek esetén szignifikáns az eltérés $P<0,05$.

Figure 1. Effects of various soil amendments and ammonium nitrate top-dressing fertiliser on the ammonium- and nitrate-nitrogen concentration of the brown forest soil in May 2013 (as compared to initial state in April 2011) [Nyíregyháza, open-field experiment with energy willow (*Salix sp.*, cv. Inger)]. (1) Control 2011, (2) Control 2013, (3) Ammonium nitrate (AN), (4) Municipal sewage sludge compost, (5) Municipal biocompost+AN, (6) Municipal biocompost, (7) Soil treatments, Note: ANOVA Tukey b-test, $n=4$. Means followed by different letters are statistically significant at $P<0.05$.

2. ábra. A talajvíz nitráttartalma 2013 áprilisában és 2013 júniusában (a talajadalekok és az ammónium-nitrát fejtrágya 2013 májusában történt kijuttatása előtt és után)

[Nyíregyháza, szabadföldi kísérlet energiafűzzel (*Salix sp.*, cv. Inger), talajvíz-mintavétel: 2013. április 30., 2013. június 21.]



Megjegyzés: variancia-analízis, Tukey b-teszt, $n=3$. Az azonos oszlopokban található különböző betűindexek esetén szignifikáns az eltérés $P<0,05$.

Figure 2. Nitrate concentration of groundwater in April 2013 and June 2013 (before and after the treatment of soil with various soil amendments and ammonium nitrate top-dressing fertiliser in May 2013) [Nyíregyháza, open-field experiment with energy willow (*Salix sp.*, cv. Inger), groundwater sampling: April 30, 2013; June 21, 2013]. (1) Nitrate in groundwater, (2) Soil treatments, (3) Control, (4) Ammonium nitrate (AN), (5) Municipal sewage sludge compost, (6) Municipal biocompost+AN, Note: ANOVA Tukey b-test, $n=3$. Means followed by different letters are statistically significant at $P<0.05$.

Ezek alapján (1–2. ábra) feltételeztük, hogy a talajba az adalekanyagokkal és az AN fejtrágyával különféle formákban kijuttatott nitrogén (illetve a többi tápelem) egy része megkötődött a talajkolloidokon, másik része kimosódott a talajvízbe, a többi részét pedig felvette az „energiafűz”. Ennek igazolására 2013. júliusában levélanalízist végeztünk, eredményeit az 1. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat. *Talajadalekok és az ammónium-nitrát fejtrágyázások hatása az "energiafűz" (Salix sp., cv. Inger) levelének makro- és esszenciális mikroelem-tartalmára*
(Nyíregyháza, szabadföldi kísérlet, levél-mintavétel: 2013. július 11.)

Talajkezelések (1)	N (m%)	P K Ca Mg Cu					Fe Mn Zn			
		(mg/kg sz.a.) (2)					(µg/g sz.a.) (3)			
Kontroll (4)	2,44	3696	13790	10034	5356	6,43	76,4	69,8	60,8	
	ab	a	a	a	a	a	a	a	cd	
Tel. biokomposzt (TBK) (5)	2,86	3599	17032	10811	4891	6,53	67,2	63,4	61,1	
	ab	a	bc	b	a	a	a	a	cd	
Tel. szennyvíziszap- komposzt (TSZK) (6)	2,63	3686	15285	10199	5390	6,30	68,3	74,2	53,7	
	a	a	ab	a	a	a	a	a	bcd	
Riolittufa (RT) (7)	2,58	3582	14828	10312	4941	5,98	73,2	65,6	53,4	
	a	a	ab	a	a	a	a	a	bcd	
Fűzhamu (FH) (8)	2,45	3620	14872	9633	5123	5,85	73,4	63,6	70,7	
	a	a	ab	a	a	a	a	a	d	
Ammónium-nitrát (AN) (9)	3,61	3599	18208	12461	5981	6,90	83,8	78,8	35,0	
	b	a	c	a	a	a	a	a	a	
TBK+AN (10)	3,13	3615	17385	11649	5577	6,88	76,0	67,8	41,2	
	ab	a	bc	a	a	a	a	a	ab	
RT+AN (11)	2,87	3308	15536	10645	4959	6,56	78,4	69,3	50,2	
	ab		abc	a	a	a	a	a	abc	
FH+AN (12)	2,94	3288	15462	9737	4927	6,72	66,3	67,5	42,8	
	ab	a	abc	a	a	a	a	a	ab	
TSZK+FH (13)	2,69	3106	13555	10262	4900	5,58	85,0	66,2	53,1	
	a	a	a	a	a		a	a	bcd	

Megjegyzés: variancia-analízis, Tukey b-teszt, n=4. Az azonos oszlopokban található különböző betűindexek esetén szignifikáns az eltérés P<0,05.

Table 1. Impact of various soil amendments and ammonium nitrate top-dressing fertilisations on the uptake of essential macro- and microelements in willow (*Salix* sp., cv. Inger) leaves (Nyíregyháza, open-field experiment, leaf sampling: July 11, 2013.). (1) Soil treatments, (2) mg kg⁻¹ dry matter, (3) µg g⁻¹ dry matter, (4) Control, (5) Municipal biocompost (MBC), (6) Municipal sewage sludge compost (MSSC), (7) Rhyolite tuff (RT), (8) Willow ash (WA), (9) Ammonium nitrate (AN), (10) MBC+AN, (11) RT+AN, (12) WA+AN, (13) MSSC+WA, Note: ANOVA Tukey b-test, n=4. Means in the same columns followed by different letters are statistically significant at P<0.05.

A fűzlevelek makroelem-felvételét elemezve egyértelműen megállapítható, hogy a legtöbb nitrogént az AN-tal, illetve a TBK+AN-tal kezelt kultúrák vették fel, mely a kontrollban mért értéket 48%-kal, illetve 28%-kal haladta meg. Az AN-tal kezelt kultúra nitrogénfelvétele statisztikailag szignifikáns mértékben volt nagyobb, mint a TSZK-tal, RT-val, FH-val és TSZK+FH-val kezelt kultúráké. A levelek foszforfelvételében nem figyeltünk meg szignifikáns változást. A TBK-tal, az AN-tal és a TBK+AN-tal kezelt kultúrákban szignifikánsan nagyobb fajlagos káliumfelvételt mértünk, mint a kontrollban. A legkevesebb kalciumot a FH-val, illetve a FH+AN-tal kultúrák leveleiben mértük, a TBK-tal kezelt kultúra levelében mért Ca-koncentráció pedig szignifikánsan eltért az összes többi kezeléstől. A magnéziumfelvételt a kezelések nem befolyásolták statisztikailag szignifikáns mértékben. Eredményeink megerősítik korábbi, ez irányú vizsgálatainkat: 2011-ben – 3 hónappal az első talajkezelések után – levélanalízist végeztünk (Simon et al. 2012a, 2013a), mely a fentiekhez nagyon hasonló eredményeket mutatott a fűzlevelek makroelem-felvételére vonatkozóan.

A fűzlevelek esszenciális mikroelem-felvételét illetően a réz-, vas- és mangán-koncentrációkat illetően nem alakultak ki szignifikáns különbségek. Egyértelmű azonban, hogy a talajkezelések jelentős hatást gyakoroltak a fűzlevelek cinkfelvételére (1. táblázat). A legkisebb cinktartalmat (a kontroll érték mindössze 57%-át) az AN-tal kezelt kultúrában mértük. Itt a csökkenés mértéke statisztikailag szignifikáns volt a kontrollhoz képest, hasonlóan a TBK+AN-tal és a FH+AN-tal kezelt kultúrákhoz. 2011-ben, az első levélanalízis alkalmával (Simon et al. 2012a, 2013a) a fentiekkel teljesen megegyező jelenséget tapasztaltunk; valamennyi talajkezelés lecsökkentette a fűzlevelek cinkfelvételét. Az AN-tal kezelt kultúrában akkor mindössze 38,3 µg/g cinket mértünk, szemben a kontrollban mért 104 µg/g-mal. A talajba az adalékanyagokkal vagy a fejtrágyákkal kijuttatott nitrogéntöbblet cinkfelvételt redukáló hatását a 2014-ben végzett levélanalízis is megerősítette; ekkor az AN-os fejtrágyázás 46%-kal, a karbamid fejtrágyázás pedig 23%-kal csökkentette le a kontrollhoz képest a fűzlevelek fajlagos nitrogénfelvételét (Simon et al. 2015).

A 2. táblázat a fűzlevelek toxikuselem-tartalmát szemlélteti 2013. júliusában. A levelek mind a négy megvizsgált toxikus elemből jelentéktelen mennyiségeket akkumuláltak. Ezt a talajba kijuttatott egyik anyag sem befolyásolta számottevő mértékben. A FH-val kezelt kultúra levelében a legtöbb kezeléshez képest szignifikánsan nagyobb volt a kadmiumkoncentráció. A 2011-es levélanalízis eredményei (Simon et al. 2012a, 2013a) teljes összhangban voltak a 2013-ban meg-

figyeltekkel, toxikuselem-akkumulációt gyakorlatilag akkor sem tapasztaltunk. Hasonló jelenséget figyeltünk meg 2014-ben (Simon *et al.* 2015), ez évben is elenyésző volt a toxikuselem-akkumuláció a fűzlevelekben (az As és Pb koncentráció ekkor a kimutatási határ alatt volt), és ez esetben is a fűzhamuval (+karbamiddal) kezelt kultúrában mértük a legnagyobb kadmiumkoncentrációt; 1,51 µg/g-ot, míg a kontroll kultúra levelében 1,30 µg/g Cd akkumulálódott.

2. táblázat. *Talajadalekok és az ammónium-nitrát fejtrágyázások hatása az "energiafűz" (Salix sp., cv. Inger) levelének toxikuselem-akkumulációjára (Nyíregyháza, szabadföldi kísérlet, levél-mintavétel: 2013. július 11.)*

Talajkezelések (1)	As	Ba	Cd	Pb
	µg/g sz.a. (2)			
Kontroll (3)	0,845a	4,38a	0,918ab	k.h.a.
Tel. biokomposzt (TBK) (4)	0,601a	4,55a	0,832ab	k.h.a.
Tel. szennyvíziszap-komposzt (TSZK) (5)	0,931a	3,17a	0,719a	k.h.a.
Riolittufa (RT) (6)	0,755a	3,44a	0,747a	k.h.a.
Fűzhamu (FH) (7)	0,582a	5,48a	1,163b	k.h.a.
Ammónium-nitrát (AN) (8)	k.h.a.	4,33a	0,533a	k.h.a.
TBK+AN (9)	k.h.a.	4,38a	0,554a	k.h.a.
RT+AN (10)	k.h.a.	3,71a	0,785a	k.h.a.
FH+AN (11)	k.h.a.	3,27a	0,764a	k.h.a.
TSZK+FH (12)	0,873	3,82a	0,588a	k.h.a.

Megjegyzés: variancia-analízis, Tukey b-teszt, n=4. Az azonos oszlopokban található különböző betűindexek esetén szignifikáns az eltérés P<0,05. sz.a. = szárazanyag, k.h.a. = kimutatási határ alatt.

Table 2. Impact of various soil amendments and ammonium nitrate top-dressing fertilisations on the uptake of toxic elements in willow (*Salix* sp., cv. Inger) leaves (Nyíregyháza, open-field experiment, leaf sampling: July 11, 2013.). (1) Soil treatments, (2) µg g⁻¹ dry matter, (3) Control, (4) Municipal biocompost (MBC), (5) Municipal sewage sludge compost (MSSC), (6) Rhyolite tuff (RT), (7) Willow ash (WA), (8) Ammonium nitrate (AN), (9) MBC+AN, (10) RT+AN, (11) WA+AN, (12) MSSC+WA, Note: ANOVA Tukey b-test. n=4. Means in the same columns followed by different letters are statistically significant at P<0.05. sz.a. = dry matter, k.h.a. = under the detection limit.

A 3. táblázatban mutatjuk be a talajba kijuttatott különféle adalékanyagok és az ammónium-nitrát hatását a talajlégzésre, illetve az „energiafűz” leveleinek fotoszintézisére, 2013. augusztus 2-án. Az adalékanyagokat 2013. májusában másodszor, az ammónium-nitrátot harmadszor juttattuk ki a talajba, a talajlégzés és fotoszintézis mérés 2–2,5 hónappal később történt.

3. táblázat. A talajba kijuttatott adalékanyagok és az ammónium-nitrát fejtrágya hatása a talajlégzésre és az "energiafűz" (*Salix sp.*, cv. Inger) levelének fotoszintézisére (Nyíregyháza, szabadföldi kísérlet, mérések: 2013. augusztus 2.)

Talajkezelések (1)	T _{soil} (° C)	NCER ($\mu\text{mol/s}^*\text{m}^2$)	A ($\mu\text{mol/m}^2*\text{s}$)	E ($\text{mmol/m}^2*\text{s}$)	Gs ($\text{mol/m}^2*\text{s}$)
Kontroll (2)	22,7c	5,35ab	31,39abc	22,80d	6,53b
Tel. biokomposzt (TBK) (3)	21,0bc	4,73ab	32,27abcd	19,01bcd	7,75b
Tel. szennyvíziszap- komposzt (TSZK) (4)	21,6bc	5,17ab	28,39ab	20,91cd	6,59b
Riolittufa (RT) (5)	21,0bc	5,58b	39,89de	16,69b	7,28b
Fűzhamu (FH) (6)	20,1ab	4,34a	35,65bcd	19,02bcd	7,07b
Ammónium-nitrát (AN) (7)	20,9bc	4,54ab	27,04a	19,11bcd	4,30a
TBK+AN (8)	18,9a	4,43a	44,82e	12,95a	7,62b
RT+AN (9)	20,9bc	5,13ab	36,06bcd	17,81bc	8,36b
FH+AN (10)	21,1bc	4,34a	31,18abc	18,41bc	6,61b
TSZK+FH (11)	21,0bc	5,18ab	38,34cde	17,66bc	7,09b

Megjegyzés: variancia-analízis, Tukey b-teszt, n=13–16. Az azonos oszlopokban található különböző betűindexek esetén szignifikáns az eltérés, P<0,05. T_{soil}= talajhőmérséklet, NCER=talajlégzés intenzitása (egységnyi területre eső nettó CO₂-kicserélődési ráta), A=fotoszintézis mértéke (levélkamrában történő CO₂-csere mértéke), E=transzspirációs ráta, Gs=sztóma-konduktancia.

Table 3. Impact of various soil amendments and ammonium nitrate top-dressing fertilisations on the soil respiration and photosynthesis of willow (*Salix sp.*, cv. Inger) leaves (Nyíregyháza, open-field experiment, measurements: August 2, 2013). (1) Soil treatments, (2) Control, (3) Municipal biocompost (MBC), (4) Municipal sewage sludge compost (MSSC), (5) Rhyolite tuff (RT), (6) Willow ash (WA), (7) Ammonium nitrate (AN), (8) MBC+AN, (9) RT+AN, (10) WA+AN, (11) MSSC+WA, Note: ANOVA Tukey b-test, n=13–16. Means in the same columns followed by different letters are statistically significant at P<0.05. T_{soil}=temperature of soil, NCER: intensity of soil respiration, A: rate of photosynthesis, E: rate of transpiration, Gs: stomatal conductance.

A CO₂ talajból légkörbe áramlása a talajlégzés, ami a földi anyagforgalom egyik legfontosabb komponense, és elsősorban a talajban zajló mikrobiális lebontó folyamatok, valamint a növényi gyökerek respirációjának a következménye (Lelleiné 2008). A talaj hőmérséklete a mérések elvégzésekor 18,9–22,7 °C között változott. A talajlégzés intenzitását az egységnyi területre eső nettó CO₂-kicserélődési rátával (NCER, $\mu\text{mol/s/m}^2$) jellemeztük. Ennek az ér-

téke a legmagasabb a RT-val kezelt talajban volt (3. táblázat). A RT-val kezelt kultúra talajlégzése szignifikánsan nagyobb volt, mint a FH-val, TBK+AN-tal vagy a FH+AN-tal kezelt kultúráké. A kontrollhoz képest jelentősen kisebb talajlégzési értékeket mértünk a FH-val, az AN-tal, illetve a FH+AN-tal kezelt kultúrák talajában, ez azonban az adatok szórása miatt nem bizonyult statisztikailag szignifikánsnak.

A fotoszintetikus aktivitás és a növényi általános kondíció jellemzésére a fotoszintézis sebességét (A) alkalmazzuk. 2013 nyarán a fűz leveleiben a fotoszintézis sebessége a TBK+AN-tal kezelt kultúrában volt a legnagyobb (3. táblázat), a kontrollhoz viszonyítva a különbség szignifikáns. Mindez összefüggésbe hozható a TBK+AN-tal kezelt fűzleveleknek a többi kezeléstől jobb nitrogénfelvételével (1. táblázat). 2013. augusztusához hasonlóan 2012. júliusában (Simon et al. 2013b) is kisebb volt a fotoszintézis sebessége az AN-tal kezelt kultúrában, mint a kezeletlen kontrollban, bár a különbség egyik évben sem volt statisztikailag szignifikáns.

A transzspirációs ráta (E) esetén a legnagyobb értékeket 2013-ban a kontroll kultúrában, illetve a TSZK-tal kezeltben mértünk, a legkisebb rátát a TBK+AN-tal kezeltben figyelhetjük meg. Valamennyi talajkezelés kisebb E-értéket eredményezett a fűz levelekben, mint a kontrollban mért érték.

A sztóma-konduktancia (Gs) értéke a legnagyobb a RT+AN-tal kezelt kultúrában volt, a legkisebb pedig a AN-tal kezeltben, a különbségek azonban egy kezelés esetén sem szignifikánsak.

Következtetések

Eredményeinket összefoglalva kijelenthetjük, hogy az „energiafűz” kultúra talajába kijuttatott adalékanyagok és a nitrogéntartalmú fejtrágyák már rövidtávon (a tartamkísérlet első öt éve során) is kisebb-nagyobb hatást gyakoroltak a tápelem-forgalomra, a talajlégzésre, illetve a növények fotoszintézisére.

A talaj ammóniumnitrogén-készlete kisebb mértékben, míg a nitrátnitrogén-készlete a kiindulási állapothoz képest 2 év alatt jelentősen lecsökkent, melyet a talajba kijuttatott nitrogénben gazdag adalékanyagok (TBK, TSZK) vagy a többszöri AN fejtrágyázás sem tudtak ellensúlyozni. A talajvízbe történő nitrátlemosódás jelensége elsősorban a TSZK-tal és az AN-tal kezelt kultúrákban volt megfigyelhető.

A legtöbb talajkezelés a kontrollnál nagyobb nitrogénfelvételt eredményezett a fűzlevelekben, a legnagyobb értékeket az AN fejtrágyával évente kezelt kultúrában mértük. A talajkezelések elsősorban a fűzlevelek káliumfelvételére gyakoroltak szignifikáns hatást. Az AN többszöri kijuttatása jelentősen lecsökkentette a fűzlevelek fajlagos cinkfelvételét. Előnyös jelenség azonban, hogy a talajkezelések nem változtatták meg szignifikáns mértékben a fűzlevelek As, Ba, Cd és Pb, azaz a toxikus elemek felvételét. Ez mindenképpen előnyös jelenség, arra gondolva, hogy a fejlett országokban kötelező a biomassza erőművekben keletkező hamut a termőtalajba visszajuttatni.

A talajlégzésben megfigyelt változásokból arra következtethetünk, hogy a kijuttatott adalékanyagok és a nitrogén fejtrágya befolyásolták a talajban a mikrobiális lebontó folyamatokat, illetve a növényi gyökerek respirációját. A legintenzívebb fotoszintézist a TBK+AN-tal, illetve a RT-val kezelt kultúrákban mértük a kontrollhoz képest, ennek a jelenségnek a megértése további vizsgálatokat igényel.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a Nitrogénművek Vegyipari Zrt. (Pétfürdő) és a Colas-Északkő Kft. (Tarcal) anyagi támogatását. Külön köszönettel tartozunk Erdélyi Ferencnének és Koncz Józsefnek (Geoderma Bt., Budapest) a minták gondos előkészítéséért és analíziséért. Tudományos munkánk a TÁMOP-4.2.2.D-15/1/KONV-2015-0014 „*Települési szennyvizek innovatív és környezettudatos tisztítása és a szennyvíziszapok környezetbarát elhelyezése*” c. pályázathoz kapcsolódott.

Irodalom

- 45/2007. (VI.11.) FVM rendelet: a fás szárú energetikai ültetvények telepítésének engedélyezése, telepítése, művelése és megszüntetése részletes szabályairól, valamint ezen eljárások igazgatási szolgáltatási díjáról
- Blaskó L.: 2008. Energianövények termesztése, termőhelyi alkalmazás, felhasználhatóság. [In: Chlepkó T. (szerk.) Megújuló Mezőgazdaság. Tanulmányok a zöldenergia termeléséről és hasznosításáról gondolkodóknak.] Magyar Katolikus Rádió. Budapest. 167–207.
- Dimitriou, I.–Eriksson, J.–Adler, A.–Aronsson, P.–Verwijst, T.: 2006. Fate of heavy metals after application of sewage sludge and wood-ash mixtures to short-rotation willow coppice. *Environmental Pollution*. 142: 160–169.

- Gyuricza Cs.*: 2011. Fás szárú energianövények termesztése (5.). Növénytáplálás energiaültetvényekben. Agrofórum. 3: 92–96.
- Gyuricza, Cs.–Nagy, L.–Ujj, A.–Mikó, P.–Alexa, L.*: 2008. The impact of composts on the heavy metal content of the soil and plants in energy willow plantations (*Salix* sp.). Cereal Research Communications. 36: 279–282.
- Hasselgren, K.*: 1998. Use of municipal waste products in energy forestry: highlights from 15 years of experience. Biomass and Bioenergy. 15: 71–74.
- Lelleiné Kovács E.*: 2008. Főbb kérdések és megoldások a talajlégzés vizsgálatának témakörében. [In: Kroel-Dulay Gy. et al. (szerk.) Talaj-vegetáció-klíma kölcsönhatások. Köszöntjük a 70 éves Láng Editet]. MTA OBKI. Vácrátót. 135–146.
- MSZ 20135*: 1999. A talaj oldható tápelemtartalmának meghatározása.
- Park, B. B.–Yanai, R. D.–Sahm, J. M.–Lee, D. K.–Abrahamson, L. P.*: 2005. Wood ash effects on plant and soil in a willow bioenergy plantation. Biomass and Bioenergy. 28: 355–365.
- Simon L.*: 2010. Energianövények tápanyag visszapotlásának és nehézfém-akkumulációjának vizsgálata. [In: Szabó B.–Tóth Cs. (szerk.) VI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia.] 2010. április 22–24. Nyíregyháza. Bessenyei György Könyvkiadó. Nyíregyháza. 35–40.
- Simon L.–Szabó B.–Varga Cs.–Uri Zs.–Bányácsi S.–Balázs S.*: 2011. Energianövények hozamának és toxikuselem-felvételének vizsgálata. [In: Farsang A.–Ladányi Zs. (szerk.) Talajtani Vándorgyűlés – Talajaink a változó természeti és társadalmi hatások között.] 2010. szeptember 3–4. Szeged. Talajvédelem különszám. 421–430.
- Simon L.–Szabó B.–Vincze Gy.–Varga Cs.–Szabó M.–Koncz J.*: 2012a. Ammónium-nitrát műtrágya és talajadalekok hatása az energiafűz (*Salix viminalis* L.) elemfelvételére. [In: Lehoczky É. (szerk.) I. Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Nap – Talaj-víz-növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben.] 2012. november 23. Debrecen. MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest – Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő. 127–130.
- Simon, L.–Vincze, Gy.–Varga, Cs.–Szabó, B.–Koncz, J.*: 2012b. Passive phytoextraction of toxic elements from sewage sludge compost by *Salix viminalis* energy plants. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica. 47: 285–291.
- Simon, L.–Szabó, B.–Szabó, M.–Vincze, Gy.–Varga, Cs.–Uri, Zs.–Koncz, J.*: 2013a. Effect of various soil amendments on the mineral nutrition of *Salix viminalis* and *Arundo donax* energy crops. European Chemical Bulletin. 2: 18–21.
- Simon, L.–Makádi, M.–Vincze, Gy.–Szabó, B.–Szabó, M.–Aranyos, T.*: 2013b. Impact of ammonium nitrate and rhyolite tuff soil application on the photosynthesis and growth of energy willow. [In: Ungureanu, N. et al. (eds.) International Multidisciplinary Conference, 10th edition. Scientific Bulletin Serie C. – Mechanics, Tribology, Machine Manufacturing Technology.] May 22–24 2013. Baia Mare. Nyíregyháza. Bessenyei Publishing House. Nyíregyháza. 143–146.

- Simon L. – Szabó M. – Vincze Gy. – Uri Zs. – Irinyiné Oláh K. – Makádi M. – Vígh Sz.:* 2015. Energiatanövények és szántóföldi haszonnövények tápanyag-ellátásának vizsgálata, különös tekintettel a nitrogén-műtrágyák, biohulladékok és talajadalekok együttes hatásának tanulmányozására. Kutatási zárójelentés. Készült a Nitrogénművek Vegyipari Zrt. (Pétfürdő) számára a Nyír-Inno-Spin Kft. (Nyíregyháza) megbízásából. Nyíregyházi Főiskola. 123.
- Smart, B. L. – Cameron, K. D.:* 2012. Shrub willow. [In: Kole, C. et al. (eds.) Handbook of Bioenergy Crop Plants.] CRC Press. Boca Raton. London–New York. 687–708.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Simon László* – Dr. Vincze György – Dr. Uri Zsuzsanna –
Irinyné dr. Oláh Katalin – Vígh Szabolcs
Nyíregyházi Egyetem
Műszaki és Agrártudományi Intézet
Nyíregyháza
Kótaji út 9–11.
H-4400
*simon.laszlo@nye.hu

Dr. Makádi Marianna – Aranyos Tibor – Dr. Zsombik László
Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ
Nyíregyházi Kutatóintézet
Nyíregyháza
Westsik Vilmos u. 4–6.
H-4400

Hazai szófafajták (*Glycine max* L. Merr.) és gyökérszimbionta oltóanyagok kompatibilitás-vizsgálata tenyészedény-kísérletben

¹TAKÁCS TÜNDE – ¹CSERESNYÉS IMRE – ¹KOVÁCS RAMÓNA – ²PARÁDI ISTVÁN –
¹SZILI-KOVÁCS TIBOR – ¹FÜZY ANNA

¹Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont,
Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

²Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar,
Biológiai Intézet, Budapest

Összefoglalás

A szója optimális tápanyagellátásában jelentős szerepe van a nitrogénkötő baktériumoknak és az arbuskuláris mikorrhiza (AM) gombáknak. Szelektált, kompatibilis szimbionták oltóanyagainak alkalmazása jelentősen növelheti a szója víz- és tápanyag-ellátását és stressztűrő képességét.

Tenyészedény-kísérletben vizsgáltuk kereskedelmi forgalomban kapható két AM gomba és két *Bradyrhizobium japonicum* oltóanyag fertőzőképességét és az oltás hatékonyságát három hazai nemesítésű szófafajtán (Aliz, Emese, Sponsor). A mikrobiális oltóanyagokat külön-külön és kombinálva alkalmaztuk. A növényeket nyolc hétig neveltük steril (a gyökér természetes mikrobiótájától mentes) pumicit közegben. A tenyészidőszak alatt mértük a növények fotoszintetikus hatékonyságát (F_v/F_m), és a gyökérrendszer aktivitását jellemző elektromos kapacitást (EC). A kísérlet végén meghatároztuk a növényi biomasszát, a levélfelület nagyságát, a gyökérszimbionták infektivitását (gümösödés, AM gomba gyökérkolonizáció) és funkcionálását (acilén-redukciós teszt), valamint a hajtás nitrogén- és foszfortartalmát.

A *Bradyrhizobium* kezelések hatása megmutatkozott a gümösödésben, az acetilén-redukcióban (utóbbiban jelentős különbség volt a kétféle oltás között) és a hajtás nitrogén-koncentrációjában is. Az AM gombakezelések és a *Bradyrhizobium* oltással kom-

binált kezelések szignifikánsan növelték a gazdanövények biomassza-produkcióját, ugyanakkor a fenti eredményeket az AM gombák alacsony gyökérkolonizációs értékei nem támasztották alá. Az F_v/F_m paraméter és az EC alkalmas volt a szójafajták közötti különbségek jellemzésére.

Kulcsszavak: szója, mikroszimbionták, arbuskuláris mikorrhiza (AM) gombák, *Bradyrhizobium* oltóanyagok

Examination of the compatibility between Hungarian registered soybean (*Glycine max* L. Merr.) cultivars and microsymbionts in a pot experiment

¹T. TAKÁCS – ¹I. CSERESNYÉS – ¹R. KOVÁCS – ²I. PARÁDI – ¹T. SZILI-KOVÁCS – ¹A. FÜZY

¹Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences, Budapest

²Eötvös Loránd University Faculty of Science,
Institute of Biology, Budapest

Summary

Root-associated nitrogen fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal (AM) fungi play key role in the optimal nutrition of soybean. Host's water and nutrient supply and stress resistance can be considerably improved by the application of various inocula, based on selected, compatible microsymbiont strains.

A pot experiment was designed to investigate the infectivity and the efficiency of two commercially available AM fungal and two *Bradyrhizobium japonicum* inocula on three Hungarian registered soybean cultivars (Aliz, Emese, Sponsor). Microbial inocula were used both separately and in combination. Plants were grown for eight weeks in pumice medium, originally free of infective agents. The photosynthetic efficiency (F_v/F_m) and the root electrical capacitance (EC), as an indicator to root system activity were measured during the cultivation. At the end of experiment, we determined the plant biomass and leaf area, the symbiotic infectivity (root nodulation, AM fungal colonization) and functionality (acetylene reduction assay) as well as the shoot nitrogen and phosphorus content.

Bradyrhizobium treatment had a significant effect on root nodulation, acetylene reduction (with differences between the two inoculum combinations) and the shoot nitrogen content. Both the AM fungal and the combined inoculations increased significantly the host's biomass production. Nevertheless, aforementioned observations were not confirmed by the low root colonisation of AM fungi. The F_v/F_m parameter and the magnitude of root EC proved to be appropriate for characterising the soybean cultivars.

Key words: soybean, microsymbionts, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), *Bradyrhizobium* inocula

Исследование компатибельности венгерских сортов сои (*Glycine max* L. Merr.) и прививочного материала корневых симбионтов в опыте в вегетационном сосуде

¹Т. ТАКАЧ – ¹И. ЧЕРЕШНЬЕШ – ¹Р. КОВАЧ – ²И. ПАРАДИ –

¹Т. СИЛИ-КОВАЧ – ¹А. ФЮЗИ

¹Венгерская Академия Наук, Исследовательский Центр Аграрных Наук,
Институт Почвоведения и Агрохимии, Будапешт

²Университет им. Еотвоша Лоранда, Естественно-научный Факультет,
Институт Биологии, Будапешт

Резюме

В оптимальном обеспечении сои питательными веществами значительная роль принадлежит азотфиксирующим бактериям и грибам арбускулярной микоризы (АМ). Применение прививочного материала селекционных, компатибельных симбионтов может значительно увеличить обеспеченность сои влагой и питательными веществами и её стрессоустойчивую способность.

В опыте в вегетационном сосуде исследовали способность заражения (инфекционность) и эффективность прививки продаваемых в магазинах двух грибов АМ и двух прививочных материалов *Bradyrhizobium japonicum* в трёх венгерских селекционных сортах сои (Aliz, Emese, Sponsor). Микробные прививочные вещества применяли отдельно и комбинировано. Растения восемь недель выращивали в стериль-

ной (корень чист от естественной микробиоты) пемзовой среде. За вегетационный период измеряли фотосинтетическую эффективность растений (F_v/F_m), и характеризующую активность корневой системы электрическую мощность (ЕС). В конце опыта установили растительную биомассу, величину поверхности листа, инфекционность (заразительность) симбионтов корня (образование клубней, колонизация корня грибом АМ) и функциональность (ацетилен-редуктивный тест), а также содержание азота и фосфора всходов.

Влияние обработок *Bradyrhizobium* проявилось в образовании клубней, в редукции ацетилена (в последнем была значительная разница между двумя типами прививки) и также в концентрации азота ростков. Обработки грибом АМ и комбинированные обработки с прививкой *Bradyrhizobium* значительно увеличили продукцию биомассы растений хозяев. В то же время вышеуказанные результаты не подтверждаются показателями низкой колонизации корня грибами АМ. Параметры F_v/F_m и ЕС были пригодны для характеристики различий между сортами сои.

Ключевые слова: соя, микросимбионты, грибы арбускулярной микоризы (АМ), прививочные материалы *Bradyrhizobium*

Bevezetés

A szója (*Glycine max* L. Merr.) világviszonylatban az egyik legnagyobb területen termesztett haszonnövény. Felhasználhatósága az ipari hasznosítástól a takarmányozáson át a humán ételmezésig széleskörű (Masuda és Goldsmith 2009). Magyarország éves szójaigényének körülbelül 10%-át termeli meg, mintegy 40–43 ezer hektáron (FAOSTAT), mely a talajadottságokból és klimatikus feltételekből adódó potenciális termőterület alig tizede (Kajdi és Győri 2009). A mennyiségi és minőségi értelemben vett piaci igények növekedése szükségessé teszi a termesztés optimalizálását. A pillangós növényeknél a gyökérszimbiotáknak kiemelkedő szerep jut a gazdanövény fejlődését és termelését limitáló tényezők hatásának mérséklésében. A szója által hasznosított nitrogén jelentős hányada (36–69%) a biológiai nitrogénkötésből származik. A pillangósok tápanyag- és vízellátásában további jelentős szerepe van az arbuskuláris mikorrhiza (AM) gombáknak. Az AM fő hatása a növények foszforfelvételének növelésében nyilvánul meg (Smith et al. 2011). A mikorrhizakapcsolat révén jobb fitnesszú és vitalitású növények nagyobb ellenállóképesség-

gel rendelkeznek az abiotikus és biotikus stresszekkel szemben is (Marschner 1997, Cseresnyés *et al.* 2013). A gazdanövény számára további előnyt jelent a mikorrhizoszféra bakteriális környezetének speciális összetétele, amely növényi növekedést segítő (PGPR) szimbionta és szabadonélő rizobaktériumokban (foszformobilizálók, hormontermelők stb.) gazdagabb, mint a környező talaj (Duponnois *et al.* 2008). Bár az AM gombák és gazdanövényük kapcsolata nem fajspecifikus, az egyes növény- és gombafajok kompatibilitásában jelentős különbségek lehetnek (Bonfante és Genre 2008). A pillangósvirágúak mikorrhiza függése nagy, az AM gombák és *Rhizobium*-ok együttes jelenléte (tripartitív együttélés) a kétpartneres szimbiózisok előnyeit szinergista módon növelheti (Biró *et al.* 2000). A gümőképződés és nitrogénkötés magas foszforigényének kielégítésében az AM gombáknak szintén kiemelt szerepe van. A tripartitív együttélések előnyeit megerősítő kutatások alapján feltételezhető, hogy a *Rhizobium*-szimbiózis kialakulásához szükséges növényi génekészlet egyes elemei az ősbib AM szimbiotikus génekből evolválódtak (Denison és Kiers 2011).

Szója és más pillangósok (*Vigna unguiculata*, *Arachis hypogea*, *Voandzeia subterranea*, *Phaseolus lunatus*) korai keresztoltásos kísérletei a mikroszimbionták és gazdanövényeik specifikus kapcsolatát támasztják alá (Doku 1969, Neves és Rumjanek 1997, Yang *et al.* 2010). A szóját a *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium* és *Sinorhizobium* genusokhoz tartozó hat baktériumfaj hatékonyan fertőzi (Albareda *et al.* 2009). Azt, hogy az oltáshoz melyik mikroszimbionta fajt érdemes alkalmazni, a talajtényezők is befolyásolják (Szegi 1967). Az európai talajokból az ázsiai eredetű szója természetes mikroszimbiontái hiányoznak (Albareda *et al.* 2009, Biró *et al.* 1993), így hazánkban elterjedt gyakorlat a vetést megelőzően a szójabab *Rhizobium*-oltóanyaggal történő kezelése.

A vegyszerek és műtrágyák alternatívájaként egyre több mikrobiológiai készítmény jelenik meg a piacon, ezek hatékonyságáról és növény-specifikus használhatóságáról azonban kevés az adat. E termékek objektív tesztelése kívánatos; mind a pozitív, mind a negatív eredmények hasznos információt jelenthetnek a felhasználóknak. Szemben a nagyüzemi, intenzív gazdálkodási módokkal, az ökológiai gazdálkodás során (ahol a termesztés a talajok természetes erőforrásaira épül, és a természetes talajerő-utánpótló anyagok alkalmazásán alapul) a mikroszimbionták és gazdanövényük közti együttműködés kiemelt szerephez jut a szójatermesztés optimalizálásában. Az AM gombák kedvező hatását a szója tápanyagellátására, stressz-toleranciájának alakulására számos nemzetközi szakirodalom megerősíti (Xie *et al.* 1995, Wang *et al.* 2011), ezzel

szemben a hazai fajták esetén sem kolonizációs státuszvizsgálatokra, sem az AM gombaoltások effektivitására nincs adat.

Kísérletes munkánk során három hazai nemesítésű szójafajtán (*Glycine max* L. Merr., cv. Emese, Aliz, Sponsor) vizsgáltuk kereskedelmi forgalomban kapható két AM gomba és két *Bradyrhizobium japonicum* oltóanyag fertőzőképességét és az oltás hatékonyságát.

Anyag és módszer

Szójafajták és mikrobiális oltóanyagok

A tenyészedény-kísérletben három hazai nemesítésű szójafajtát (Emese, Aliz, Sponsor) használtunk. Az Aliz (2007; ezermagtömeg 190–210 g) korai (0), míg az Emese (2006; ezermagtömeg 190–210 g) és Sponsor (2005; ezermagtömeg 170–190 g) középérésű (I) fajták. Az Aliz és Emese gyors kezdeti növekedésű, korán virágzó, szárszilárdsága, szárazságtűrése kiváló. A Sponsor determinált növekedésű.

Vizsgálataink során kétféle mikrobiális kezelést (AM gomba és *Bradyrhizobium* oltást), továbbá ezek kombinációit alkalmaztuk. Az AM gombaoltás két, hazai kereskedelmi forgalomban kapható oltóanyaggal történt: AEGIS Sym Mikrogranulátum (F₁) és SYMBIVIT (F₂). *Rhizobium*-oltóanyagként „Iregi natúr szója oltóport” (R₁) és az MTA ATK TAKI törzsgyűjteményéből származó *Bradyrhizobium japonicum* (BJ-03) törzset használtunk (R₂). Az AEGIS Sym Mikrogranulátum oltóanyag (F₁; Itallpolina SpA) *Rhizophagus intraradices* (syn. *Glomus intraradices*) és *Funneliformis mosseae* (syn. *G. mosseae*) AM gombatörzsek fertőzőképes képleteinek, spóráinak és kolonizált gyökereknek a keveréke, melyet nagy szervesanyag-tartalmú hordozón (20%, pH 6,5–7,0) állítanak elő. A SYMBIVIT (F₂; Symbiom Ltd., Lanskroun, Csehország) hat AM gombafaj keverékeként égetett agyaggolyó és zeolit hordozón kerül forgalomba. Az Iregi oltópor (R₁; BlueSeed Kft., Iregszemcse) *B. japonicum*-mal oltott szója szárított, porított gümőinek őrleményéből készült oltóanyag (10⁶ sejt/g). Az MTA ATK TAKI törzsgyűjteményéből származó R₂ oltótörzs felszaporítása élesztőkivonat mannit agaron és táplevesben (YMA) történt (10⁹ sejt/ml).

Kísérleti körülmények

A növényeket fényszobában neveltük, kontrollált hőmérséklet (26/18 °C), fotoperiódus (12/12 óra), páratartalom (50–70%) és fényintenzitás (500 μmol/

m²/s) mellett. Nevelőközegként 1,15 kg steril (fertőzőképes AM gomba propagulumoktól mentes), 0,6–1 mm szemcseméretű, 6,53 pH-értékű pumicitet (horzsakőtufa) használtunk. A pumicit kereskedelmi forgalomban kapható, jó víztartó képességű, a kertészeti növénytermesztésben elterjedt nevelőközeg. Az AM gomba oltóanyagot mind az egyszeres (F₁; F₂), mind a kombinált oltásoknál (F₁R₁; F₁R₂; F₂R₁; F₂R₂) a mag alá rétegeztük, tenyészedényenként 10 g mennyiségben. A *B. japonicum* kezeléseknél magágyoltást alkalmaztunk (1 ml/mag). Közvetlenül az oltást megelőzően az Iregi natúr oltópor (R₁) két grammját 200 ml vízzel elkevertük, és az így előállított szuszpenziót használtuk, míg az R₂ oltóanyagból felszaporított folyadékkultúrát hígítottuk, és használtuk azonos mennyiségben a magoltáshoz (R₁; R₂). A kontroll növények (K) nem kaptak mikrobiális kezelést, míg a kombinált kezeléseknél mindkét oltóanyagot felhasználtuk. Tenyészedényenként két szójamagot vetettünk, a növényeket kétleveles állapotban kiegyeltük. A növényeket a megfelelő tápanyagellátás érdekében hetente egyszer foszforszegény Hoagland-oldattal (0,5 mM KH₂PO₄) öntöttük (2–4. hét 150 ml/tenyészedény; 5. héttől 200 ml/tenyészedény mennyiségben). A kísérlet kezeléseit négy ismétlésben állítottuk be. A tenyészedényeket a helyiségben random módon rendeztük el, és pozíciójukat rendszeresen változtattuk, hogy az esetlegesen heterogén klímaviszonyok hatását kiküszöböljük.

Biomassza és a mikroszimbioták fertőzőképességének meghatározása

A kontroll és oltott növényeket egységesen 60 napig neveltük. A kísérlet felszámolásakor a növények többsége a virágzás és termésképzés korai fázisában (zöld hüvelyes állapot) volt. Bontáskor a hajtásokat levágtuk, és a leveleket leválasztottuk. A növényenkénti levélfelületet szkennelést követően képelemzéssel határoztuk meg (EPSON perf. 4490 PHOTO). A gyökereket a mikroszimbioták vizsgálata céljából óvatosan kimostuk a nevelőközegekből, és meghatároztuk az intakt gyökérzet nedves tömegét. A gümősödést a fő- és oldalgyökereken egyaránt 0–4-es skálán (0=a vizsgált gyökereken nem található gümő, 1=kevés gümő, 2=közepesen gümősödött gyökerek, 3=sok gümő, 4=a gümők száma sok és sűrűn helyezkednek el) értékeltük, egy-egy növény gümősödésének mértékét a kapott értéket összegezve jellemeztük. A gümősödés vizsgálatot követően az intakt gyökereket légmentesen zárható szűrőpalackba (500 ml) helyeztük, majd a szimbiotikus nitrogénkötés vizsgálatára acetilén redukciós tesztet (ARA) végeztünk. A gázkromatográfiás mérést követően a

gyökerekből random módon mintát vettünk AM gomba kolonizációjának vizsgálatához. A gyökérkolonizáció vizsgálatát a gyökerek anilinkékkel történő festését (*Phillips és Hayman 1970*) követően Olympus B71 (Olympus Corp., Tokyo, Japan) típusú sztereomikroszkóppal végeztük (40–100X). *Trouvelot et al. (1986)* módszere alapján meghatároztuk az AM gombák infekciós gyakoriságát (F%). A továbbiakban a leveleket a szárral egyesítettük, a hajtásokat és a gyökérzet megmaradó részét 70 °C-on súlyállandóságig szárítottuk, majd száraz tömegüket meghatároztuk.

Acetilén redukció vizsgálat

A nitrogénáz enzim *in vivo* aktivitását acetilén redukciós teszttel (ARA), a képződött etilén gázkromatográfiás mérése alapján határoztuk meg (*Hardy et al. 1973*).

Nitrogén és foszfor elemtartalmak meghatározása

A levelek N-, illetve P-tartalmának meghatározása cc. H₂SO₄ roncsolást (Kjeldahl-módszer), illetve cc. HNO₃ roncsolást követően induktív csatolású plazma atomemissziós spektrométer (ICP-AES; Jobin-Yvon, ULTIMA2) készülékkel történt.

Fotokémiai hatékonyság vizsgálata

A mikrobiális kezelések hatását a fotoszintetikus rendszer működésére klorofill-a fluoreszcencia indukció mérése alapján, diszkrét hullámhosszokon mérő fluorométerrel (FMM) vizsgáltuk (*Solti et al. 2011*). A PSII reakciócentrumok maximális, illetve aktuális hatékonyságát azonos fejlettségű, sötétadaptált leveleken a klorofill-a indukciójának gyors szakaszában meghatározható F₀, F_m értékek, és e két érték különbségéből kalkulált változó fluoreszcenciából (F_v), az $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ képlet alapján számoltuk. A Kautsky indukciós kinetika mérését az emissziós spektrum két maximumán $\lambda = 690$ nm (vörös) és $\lambda = 735$ nm (távoli vörös) hullámhosszokon végeztük.

Elektromos kapacitás (EC) mérése

A gyökérrendszer aktív felületével arányos elektromos gyökérkapacitást a növekedési periódus 36. napján mértük, GW 8101G típusú LCR-mérőhíddal (1 kHz AC, 1 V). Talajelektrodként rozsdamentes acélrudat, növényelektrodként a szárra rögzített csipeszt alkalmaztunk. A megfelelő elektromos kontak-

tus biztosításához a csipesz alatt a szárát áramvezető géllal kentük be (*Rajkai et al.* 2005). A mérést a pumicit szabadföldi vízkapacitásra történő öntözését követően végeztük, így a nedvességállapot elektromos jellemzőkre gyakorolt hatását kiküszöbölhettük. A nedvességtartalmat Trime-FM3 típusú TDR-műszerrel is ellenőriztük.

Alkalmazott statisztikai eljárások

A mikrobiális kezelések és fajthatás adatok összehasonlításához kéttényezős variancia-analízist (ANOVA) alkalmaztunk. Statisztikailag szignifikáns különbséget $p < 0,05$ szint teljesülése esetén fogadtunk el. Az ábrákon az adott csoport adatainak átlagait tüntettük fel, melyeken hibásávként a szignifikáns differencia szerepel (SzD_{5%}).

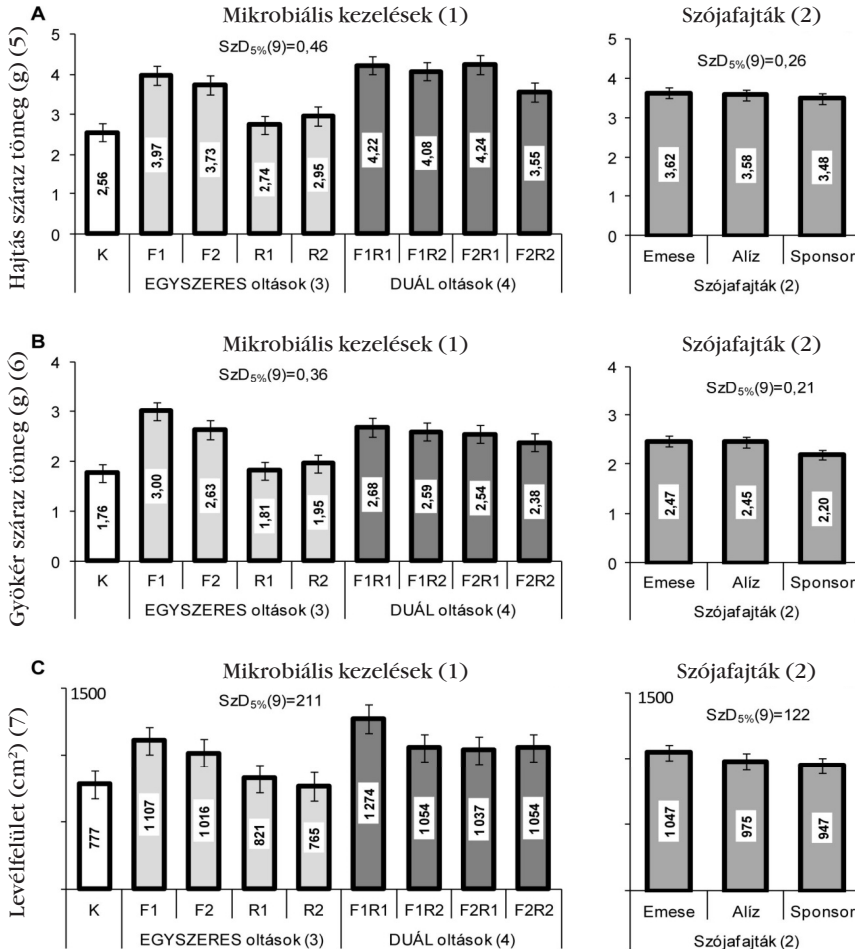
Eredmények

Biomassza-produkció és fotoszintetikus aktivitás

A kontroll növényekhez viszonyítva az AM gombakezelések (F_1 ; F_2), továbbá az AM gomba és bakteriális kettős oltások (F_1R_1 ; F_1R_2 ; F_2R_1 ; F_2R_2) hatására szignifikáns növekedés (50–70%) volt megfigyelhető a hajtások és gyökerek száraz tömegében (*1a–1b. ábra*). A két AM gomba oltóanyag alkalmazása során az F_1 oltóanyag hatása kedvezőbb volt a növények növekedésére. A két oltás között jelentős különbség a gyökértömegekben volt kimutatható. A szójafajták föld feletti biomassza produkciójában nem találtunk szignifikáns különbséget, míg a gyökértömegek esetében a Sponsor produkciója szignifikánsan kisebb volt, mint az Aliz és Emese fajtáké.

A mikrobiális kezeléseknél a levélfelület alakulása hasonló volt a hajtástömegeknél tapasztaltakhoz (*1c. ábra*). A fajták közül az Emese levélfelülete kismértékben meghaladta az Aliz és Sponsor fajtákét, de a különbségek nem voltak szignifikánsak. A mikrobiális kezeléseknél a fotoszintetikus rendszer aktivitására a PSII maximális kvantumhatékonyságának (F_v/F_m) meghatározásával jellemeztük. A 690 nm és 735 nm hullámhosszon mért F_v/F_m értékek közel azonos képet mutattak (a 690 nm-en mért értékeket mutatjuk be). A mikrobiális kezeléseknél az F_v/F_m értékekre nem voltak hatással, a fajták fotoszintetikus aktivitásában viszont jelentős különbséget találtunk. Szemben a fajták biomassza produkciójának és levélfelületének alakulásával, az F_v/F_m paraméter az Emese (0,766), Aliz (0,799), Sponsor (0,810) sorrendben nőtt (SzD_{5%}=0,011).

1. ábra. Egyszeres és kombinált mikrobiális kezelések hatása különböző szójafajták esetén A – a hajtás száraz tömegére (g), B – a gyökér száraz tömegére (g), C – a levélfelületre (cm²)



Megjegyzés: SzD_{5%} - legkisebb szignifikáns differencia p<0,05 szinten; kezelések: K - Kontroll, F₁ - AEGIS Sym Mikrogranulátum, F₂ - SYMBIVIT, R₁ - Iregi natúr szója oltópor, R₂ - *Bradyrhizobium japonicum*

Figure 1. Effect of single and dual microbial inoculation on A – shoot dry mass (g), B – root dry mass (g) and C – leaf area (cm²) of three soybean cultivars. (1) Microbial inoculation, (2) Soybean cultivars, (3) Single microbial inoculation, (4) Dual microbial inoculation, (5) Shoot dry mass (g), (6) Root dry mass (g), (7) Leaf area (cm²), Note: least significant differences (LSD_{5%} at P<0.05) as a result of the two-way ANOVA; treatments: K – Control, F₁ – AEGIS Sym Microgranule, F₂ – SYMBIVIT, R₁ – „Iregi natúr” soybean powder, R₂ – *Bradyrhizobium japonicum*

Bradyrhizobium-oltás okozta gümősödés és nitrogénáz aktivitás (acetilén redukciós teszt)

A kontroll és csak AM gombákkal oltott (F_1 ; F_2) növényekhez képest a *Bradyrhizobium*-mal kezelt növények (R_1 ; R_2 ; F_1R_1 ; F_1R_2 ; F_2R_1 ; F_2R_2) gyökérrendszerén intenzív gümősödést figyeltünk meg (2a. ábra). Gümősödés tekintetében sem az R_1 és R_2 kezelések, sem a fajták között nem találtunk szignifikáns különbséget. Az acetilén redukciós teszt alapján (2b. ábra) az Iregi szójaoltópor (R_1) baktériumai hatékonyabbnak mutatkoztak, mint az MTA ATK TAKI törzsgyűjteményéből származó törzs (R_2) külön és AM gombaoltással kombinálva egyaránt. Az R_1 kereskedelmi forgalomban kapható oltóanyag baktériumainak nitrogénáz aktivitása 2–6-szor nagyobb volt, mint az R_2 baktériumaié.

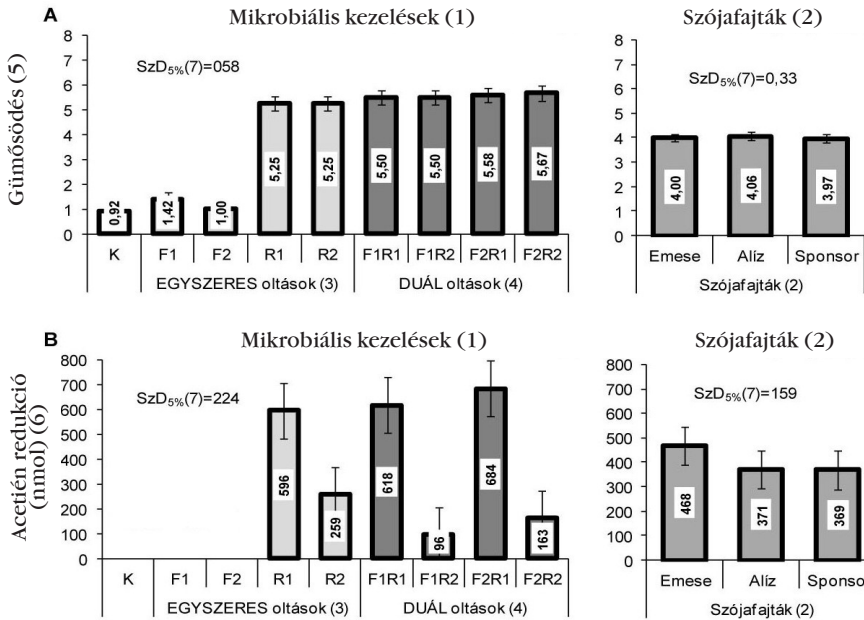
AM gombák gyökér-kolonizációja

Az AM gomba oltóanyagokkal nem oltott, nem mikorrhizás növények gyökerében (K ; R_1 ; R_2) nem találtunk AM gombaképleteket (3. ábra). Mindkét AM gomba oltóanyag alacsony kolonizációs képességgel bírt. Az F_1 oltóanyaggal kezelt növények gyökerében elvértve fordultak elő AM gombaképletek. Az AM gombák kolonizációja az F_2 oltóanyaggal kezelt növények gyökeréből vett minták maximum ötödében volt kimutatható. A *Bradyrhizobium*-mal és F_2 oltóanyaggal is oltott növényeknél (F_2R_1 ; F_2R_2) a gyökérkolonizáció jelentősen csökkent. A szójafajták mikorrhizáltságának mértékében nem találtunk különbséget.

A levelek nitrogén- és foszfortartalma

A levelek N-koncentrációja a *Bradyrhizobium*-kezeléseknél (R_1 ; R_2) volt a legnagyobb (1. táblázat). Az R_1 és R_2 kezeléseknél a N-koncentráció szignifikánsan nagyobb volt, mint az AM gombával oltott növények levelében mért érték. Az R_1 és R_2 oltás között szignifikáns különbséget nem mutattunk ki. A mikorrhizás növények leveleinek N-koncentrációja a nagyobb biomassza okozta hígítási effektusból adódóan kisebb volt, mint a rhizobium-kezelésé. Az Emese fajtában a levelek N-koncentrációjában és tartalmában egyaránt szignifikánsan kisebb értékeket mértünk, mint az Aliz és Sponsor esetén. A kontroll növényekhez viszonyítva a levelek P-koncentrációja az F_1 kezeléseknél szignifikánsan nőtt (2. táblázat).

2. ábra. A – a gümősödés mértékének és B – a gümők funkcionalitásának vizsgálata a nitrogenáz enzim acetilén redukciója alapján az egyszeres és kombinált mikrobiális kezelések növényeinél különböző szójafajták esetén (nmol etilén/növény/óra)

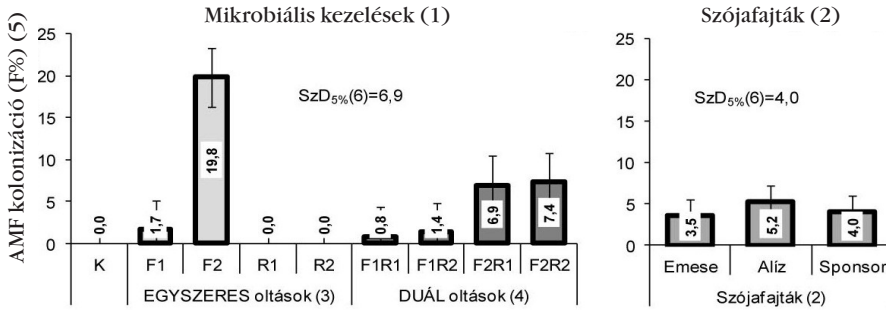


Megjegyzés: SzD_{5%} – legkisebb szignifikáns differencia p<0,05 szinten; kezelések: K – Kontroll, F₁ – AEGIS Sym Mikrogranulátum, F₂ – SYMBIVIT, R₁ – Iregi natúr szója oltópor, R₂ – *Bradyrhizobium japonicum*

Figure 2. A – Nodulation and B – nitrogenase activity based on acetylene reduction assay (nmol ethylene plant⁻¹ hour⁻¹) in plants of single and dual microbial treatments at various soybean cultivars. (1) Microbial treatments, (2) Soybean cultivars, (3) Single microbial treatments, (4) Dual microbial treatments, (5) Nodulation, (6) nitrogenase activity based on acetylene reduction assay (nmol ethylene plant⁻¹ hour⁻¹). Note: least significant differences (LSD_{5%} at P<0.05) as a result of the two-way ANOVA; treatments: K – Control, F₁ – AEGIS Sym Microgranule, F₂ – SYMBIVIT, R₁ – „Iregi natúr” soybean powder, R₂ – *Bradyrhizobium japonicum*

A biomassa produkcióban többletet okozó mikrobiális kezelések eredményeként az AM gombával oltott (egyszeres és kettős egyaránt) növények teljes P-tartalma meghaladta a kontroll vagy rhizobiummal oltott (R₁ és R₂) kezelések növényeinek P-tartalmát.

3. ábra. Az AM gombák gyökér-kolonizációja (F%) az egyszeres és kombinált mikrobiális kezelések növényeinél a különböző szójafajták esetén



Megjegyzés: SzD_{5%} – legkisebb szignifikáns differencia p<0,05 szinten; kezelések: K – Kontroll, F₁ – AEGIS Sym Mikrogranulátum, F₂ – SYMBIVIT, R₁ – „Iregi natúr” szója oltópor, R₂ – *Bradyrhizobium japonicum*

Figure 3. AM fungal root colonization (F%) in plants of single and dual microbial treatments at various soybean cultivars. (1) Microbial treatments, (2) Soybean cultivars, (3) Single microbial treatments, (4) Dual microbial treatments, (5) AM fungal root colonization (F%), Note: least significant differences (LSD_{5%} at P<0.05) as a result of the two-way ANOVA; treatments: K – Control, F₁ – AEGIS Sym Microgranule, F₂ – SYMBIVIT, R₁ – „Iregi natúr” soybean powder, R₂ – *Bradyrhizobium japonicum*

Elektromos kapacitás (EC)

Az egyszeres és kombinált oltások is szignifikánsan növelték az EC-t (4. ábra). A hatás jelentősebb volt az AM gomba oltóanyagok alkalmazásakor. Az EC alapján az F₂ és R₂ oltóanyagok valamelyest hatékonyabbnak bizonyultak az F₁, illetve R₁ készítményeknél. Az oltások kombinálása nem növelte a gyökérrendszer aktivitását a csak AM gombával oltott növényekéhez képest, ellenben nagyobb EC-t mértünk, mint a rhizobium kezelések esetén. Az egyes fajták EC-a szignifikánsan különbözött: a legnagyobb értéket az Emese, a legkisebbet a Sponsor mutatta.

Értékelés

A gyökérszimbionták és gazdanövényeik közti kompatibilitás-vizsgálatok elsősorban a mikroszimbionták státuszára és működőképességére, valamint a gazdanövény termelésében és stressztűrő-képességében megnyilvánuló előnyök vizsgálatára irányulnak.

1. táblázat. A levélben mért nitrogén-koncentráció (%)
a mikrobiális kezelések és szójafajták függvényében

Mikrobiális kezelések (2)	Fajták (1)						Mikrobiális kezelések átlaga (4)
	Emese		Aliz		Sponsor		
	A levél nitrogén-koncentrációja (%) (3)						
	Átlag (4)	Szórás (5)	Átlag (4)	Szórás (5)	Átlag (4)	Szórás (5)	
K	2,479	0,442	2,501	0,339	2,709	0,390	2,653
F ₁	2,239	0,506	2,694	0,287	2,676	0,550	2,536
F ₂	2,274	0,207	2,219	0,250	2,881	0,112	2,458
R ₁	2,959	0,194	2,854	0,121	2,949	0,303	2,921
R ₂	2,453	0,031	3,086	0,113	2,969	0,388	2,836
F ₁ R ₁	2,474	0,147	2,939	0,353	2,761	0,153	2,725
F ₁ R ₂	2,689	0,105	2,793	0,386	2,568	0,300	2,683
F ₂ R ₁	2,701	0,392	2,514	0,431	2,659	0,176	2,625
F ₂ R ₂	2,474	0,290	2,731	0,243	2,919	0,130	2,708
Fajták átlaga (4)	2,527		2,703		2,788		

Megjegyzés: SzD_{5%} (fajták) = 0,142; SzD_{5%} (mikrobiális kezelések) = 0,246; kezelések: K - Kontroll, F₁ - AEGIS Sym Mikrogranulátum, F₂ - SYMBIVIT, R₁ - Iregi natúr szója oltópor, R₂ - *Bradyrhizobium japonicum*

Table 1. Nitrogen concentration (%) of leaves in relation to microbial treatments and soybean cultivars. (1) Cultivar, (2) Microbial treatments, (3) Nitrogen concentration of leaves (%), (4) Mean, (5) Standard deviation (\pm), Note: LSD_{5%} (soybean cultivars)=0.142 and LSD_{5%} (microbial treatments)=0.246 (LSD_{5%} at P<0.05) as a result of the two-way ANOVA; treatments: K - Control, F₁ - AEGIS Sym Microgranule, F₂ - SYMBIVIT, R₁ - „Iregi natúr” soybean powder, R₂ - *Bradyrhizobium japonicum*

Bár a gyökérkapcsoltság kialakulásánál az AM gombák és gazdanövényeik között nincs specificitás, az együttműködés hatékonysága jelentősen függ a genetikai háttértől, a partnerek eredetétől és a környezeti feltételektől (Kiers et al. 2002). Az AM gombák funkcionális variabilitása inter- és intraspecifikus vonatkozásban is jelentős (Munkvold et al. 2004, Van der Heijden et al. 2004). A *Rhizobium*-fajok és pillangósok esetén a gazda-specificitás szűk határok között mozog (Fauvert és Michiels 2008). Egyes szójafajták és különböző eredetű *Bradyrhizobium* izolátumok szimbiotikus együttműködésének hatékonysága között jelentős eltérések mutathatók ki. Néhány kivételtől eltekintve

általánosan elfogadott, hogy legnagyobb esélyük a hatékony gazda-szimbionta együttműködésre a helyi környezeti viszonyokhoz adaptálódott mikroorganizmusoknak van (Okereke et al. 2001, Osunde et al. 2003).

2. táblázat. A levélben mért foszfor-koncentráció (mg/kg) a mikrobiális kezelések és szójafajták függvényében

Mikrobiális kezelések (2)	Fajták (1)						Mikrobiális kezelések átlaga (4)
	Emese		Aliz		Sponsor		
	A levél foszfor-koncentrációja (mg/kg) (3)						
	Átlag (4)	Szórás (5)	Átlag (4)	Szórás (5)	Átlag (4)	Szórás (5)	
K	1629	126	1593	245	1633	369	1618
F ₁	1889	307	1907	361	2065	319	1954
F ₂	1599	326	1325	343	1784	173	1569
R ₁	1825	138	1466	137	1725	335	1672
R ₂	1465	137	1512	188	1559	320	1512
F ₁ R ₁	1649	320	1634	227	1720	187	1668
F ₁ R ₂	1703	206	1644	513	1422	321	1590
F ₂ R ₁	1522	272	1259	343	1491	145	1424
F ₂ R ₂	1365	373	1396	443	1558	156	1440
Fajták átlaga (4)	1627		1526		1661		

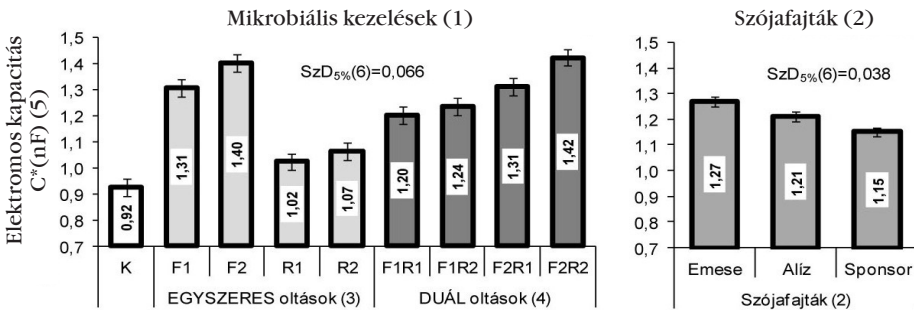
Megjegyzés: SzD_{5%} (fajták) = 136,0; SzD_{5%} (mikrobiális kezelések) = 235,5; kezelések: K - Kontroll, F₁ - AEGIS Sym Mikrogranulátum, F₂ - SYMBIVIT, R₁ - Iregi natúr szója oltópor, R₂ - *Bradyrhizobium japonicum*

Table 2. Phosphorous concentration (mg kg⁻¹) of leaves in relation to microbial treatments and soybean cultivars. (1) Cultivar, (2) Microbial treatments, (3) Phosphorous concentration of leaves (mg kg⁻¹), (4) Mean, (5) Standard deviation (±), Note: LSD_{5%} (soybean cultivars)=136.0 and LSD_{5%} (microbial treatments)= 235.5 (LSD_{5%} at P<0.05) as a result of the two-way ANOVA; treatments: K - Control, F₁ - AEGIS Sym Microgranule, F₂ - SYMBIVIT, R₁ - „Iregi natúr” soybean powder, R₂ - *Bradyrhizobium japonicum*

Eredményeink nem cáfolják, de nem is feltétlenül támasztják alá a fenti szakirodalmi adatokat. Az egyes oltóanyagok között mindkét szimbionta esetén kimutathatók voltak funkcionális különbségek. A rhizobium baktériumokkal végzett oltások közül - közel azonos mértékű gümőképzés mellett - az Iregi natúr oltópor (R₁) acetilénredukciós aktivitás alapján becsült N-kötése jelen-

tősen meghaladta a törzsbankból származó törzs (R_2) aktivitását, melyet a hajtás nagyobb N-tartalma is alátámasztott. Ezzel ellentétben a N-kötőkkel történő oltás a gazdanövények biomassza produkciójában nem okozott számottevő pozitív hatást. A rhizobium oltásokkal szemben az AM gombaoltás az egyszeres (F_1 ; F_2) és kombinált (F_1R_1 ; F_1R_2 ; F_2R_1 ; F_2R_2) kezeléseknél is szignifikánsan növelte a növényi produkciót. A mikorrhizas kezeléseknél tapasztalt kisebb N- és P-koncentrációk a többlet biomassza okozta higulási effektusból adódhatnak. Esetünkben – számos irodalmi adattal (*Biró et al.* 2000, *Afkhami et al.* 2014) ellentétben – a kettős mikrobiális kezelése az egyszeres oltásokkal szemben nem okoztak számottevő növekedést a növényi produkcióban, a gümőképzésben és gyökérekolonizációban. A kettős oltások esetén az AM gombák infekciója az egyszeres oltásoknál becsült értékekhez képest csökkent, mely magyarázható a gazda részéről a két szimbionta eltartására fordított „költségek” visszaszorításával.

4. ábra. A vizsgált szójafajták gyökerének elektromos kapacitása az egyszeres és kombinált mikrobiális kezeléseknél



Megjegyzés: $SzD_{5\%}$ – legkisebb szignifikáns differencia $p < 0,05$ szinten; kezeléseik: K – Kontroll, F_1 – AEGIS Sym Mikrogranulátum, F_2 – SYMBIVIT, R_1 – „Iregi natúr” szója oltópor, R_2 – *Bradyrhizobium japonicum*

Figure 4. Root electrical capacitance in plants of single and dual microbial treatments at various soybean cultivars. (1) Microbial treatments, (2) Soybean cultivars, (3) Single microbial treatments, (4) Dual microbial treatments, (5) Root electrical capacitance C^* (nF), Note: least significant differences ($LSD_{5\%}$ at $P < 0.05$) as a result of the two-way ANOVA; treatments: K – Control, F_1 – AEGIS Sym Mikrogranulátum, F_2 – SYMBIVIT, R_1 – „Iregi natúr” soybean powder, R_2 – *Bradyrhizobium japonicum*

A gazdanövény és mikroszimbionta együttélés mérlege a gazda fotoszintetikus termékeinek szimbiontába történő transzportjában realizálódó költségek és a szimbionta által biztosított előnyök arányán múlik. A mikorrhiza

fenntartására fordítható a gazdanövény által fixált szén 4–20%-a (*Grimoldi et al.* 2006, *Kaschuk et al.* 2009), míg a biológiai N-fixáció „ára” elérheti a fotoszintetikus termékek 25%-nak átadását is (*Minchin et al.* 1981). A tripartitív szimbiózisok során a szimbionták fenntartásának költségei összeadódnak, és bár nem jellemző, de bizonyos környezeti feltételek mellett a szimbionta jelenléte a gazdanövény tömegének csökkenéséhez is vezethet (*Afkhami et al.* 2014). A makroelemek közül a N és P hiánya a leginkább limitáló hatású a növény növekedésére. A rhizobiumok és AM gombák gyökérbeni jelenlétének előnyei éppen e két makroelem ellátásának javításában nyilvánulnak meg. Optimális N- és P-ellátás mellett a gazdanövény nem igényli a szimbionták által nyújtott előnyöket: gyökérben visszaszorítja azok kolonizációját, ami csökkent gümőképződéssel vagy AM gomba kolonizációval járhat. Kísérletünkben a kereskedelmi forgalomban kapható AM gomba oltóanyagok fertőzőképessége és gyökérkolonizációja indokolatlanul alacsony volt. A két készítmény növényprodukcóra gyakorolt hatásában alig, míg fertőzőképességében jelentős különbséget találtunk. A hat AM gombafaj keverékéből összeállított SYMBIVIT (F_2) fajainak gyökérkolonizációja nagyobb volt, mint a *R. intraradices* és *F. mosseae* fajokra alapozott készítményé (F_1). A növény-AM gomba kompatibilitás szempontjából a gazdanövény számára mindenképpen kedvezőbb egy olyan mesterséges közösséget utánozó készítmény, amelyből nagyobb hatékonysággal tud számára megfelelő partnert választani. Feltételezhető az is, hogy az AM gombával történő kezelésekből tapasztalt biomassza-többlet nem csupán az alacsony AM gombakolonizáció pozitív hatásával, hanem az oltóanyagok hordozójának tápanyagtartalmával is magyarázható. Ezt alátámasztja, hogy az F_1 kezelés növényeinek szöveteiben az elhanyagolható fertőzőségi mellett is jelentősen nőtt a P koncentrációja.

Az F_2 készítménnyel kezelt növények nagyobb gyökéraktivitását a szignifikánsan nagyobb EC értékek is jelzik. Az EC összefüggést mutat a gyökér aktív felületével, illetve víz- és tápanyag-felvételének mértékével (*Cseresnyés et al.* 2013). A *Rhizobium* és AM gombakolonizáció jelentős változásokat eredményezhet a gazdanövény gyökérrendszerének felvevő felületében. Korábbi vizsgálataink bizonyították, hogy az AM gombák gyökérkolonizációjának alakulása (a fertőzés kezdetétől a kolonizáció terjedéséig), és ebből adódóan a gyökéraktivitásban bekövetkező változások, továbbá a fajok funkcionalitásában meg nyilvánuló különbségek nyomon követhetők az EC mérésével (*Cseresnyés et al.* 2013, *Takács et al.* 2014). Az aktív gyökérfelület és a gümősödés közti össze-

függések vizsgálatára vonatkozóan nem rendelkezünk adatokkal. Kísérletünkben a gyökér biomasza és a gyökérkapacitás értékek hasonló tendenciát mutattak a szójafajták tekintetében, míg a kezelések vonatkozásában a biomasza az F_1 , az EC az F_2 oltásoknál volt nagyobb. Az ellentétes tendenciát az AM gombák kolonizációjának mértéke magyarázhatja: a gümők és az AM gombák extraradikális hifahálózata megnövelte a talaj-gyökér rendszer kontakt-felületét, és mindkét hatás a kontroll növényekhez viszonyítva egy megemelkedett EC-t eredményezett. Mivel a kapacitásmérés alkalmas a növényt ért, a gyökérfejlődést és -működést befolyásoló környezeti hatások detektálására, ezért a szimbiotikus folyamatok alakulásának vizsgálatára, intra- és interszifikus funkcionális különbségek kimutatására is alkalmas lehet. A fluoreszcencia indukciós görbe F_v/F_m paramétere és az EC alkalmas volt a szója genotípusok közötti különbségek jellemzésére.

Eredményeinkből kitűnik, hogy a szimbioták gazdanövényre gyakorolt – esetlegesen pozitív – hatásának értékelése csak komplex vizsgálat során lehetséges. A növényi produkció alakulása és a szimbioták státuszvizsgálata mellett a funkcionális különbségek kimutatására irányuló *in situ* vizsgálatok is szükségesek a szimbiotikus partnerek kompatibilitásának felméréséhez. A kereskedelmi forgalomban kapható mikrobiológiai készítmények sok esetben kielégítik ugyan a hozzájuk fűzött reményeket, de megbízhatóságuk a tekintetben, hogy a kívánt hatás mely alkotó(k)nak köszönhető, kérdéses lehet.

Köszönetnyilvánítás

A vizsgálatokat az Ökológiai és Mezőgazdasági Kutatóintézet által finanszírozott pályázat keretében végeztük. A publikáció a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült. A szója vetőmagot a Kaposvári Egyetem Takarmánytermesztési Kutatóintézete és a SUMI AGRO Hungary Kft. biztosította.

Irodalom

Afkhami, M. E.–Rudgers, J. A.–Stachowicz, J. J.: 2014. Multiple mutualist effect: conflict and synergy in multispecies mutualisms. *Ecology*. 85: 833–844.

- Albareda, M.–Rodríguez-Navarro, D. N.–Temprano, F. J.*: 2009. Soybean inoculation: Dose, N fertilizer supplementation and rhizobia persistence in soil. *Field Crops Research*. 113: 352–356.
- Biró, B.–Köves-Péchy, K.–Szili-Kovács, T.–Szegi, J.*: 1993. Effect of fertilizer on spontaneous *Rhizobium* infection in Hungarian soils. *Agrokémia és Talajtan*. 42: 207–211.
- Biró, B.–Köves-Péchy, K.–Vörös, I.–Takács, T.–Eggenberger, P.–Strasser, R. J.*: 2000. Interrelations between *Azospirillum* and *Rhizobium* nitrogen fixers and arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of alfalfa in sterile AMF free or normal conditions. *Applied Soil Ecology*. 15: 159–168.
- Bonfante, P.–Genre, A.*: 2008. Plants and arbuscular mycorrhizal fungi: an evolutionary-developmental perspective. *Trends in Plant Science*. 13: 492–498.
- Cseresnyés, I.–Takács, T.–Végh, R. K.–Anton, A.–Rajkai, K.*: 2013. Electrical impedance and capacitance method: a new approach for detection of functional aspects of arbuscular mycorrhizal colonization in maize. *European Journal of Soil Biology*. 54: 25–31.
- Denison, R. F.–Kiers, E. T.*: 2011. Life histories of symbiotic rhizobia and mycorrhizal fungi. *Current Biology*. 21: 775–785.
- Doku, E. V.*: 1969. Host specificity among five species in the cowpea cross-inoculation group. *Plant and Soil*. 30: 126–128.
- Duponnois, R.–Galiana, A.–Prin, Y.*: 2008. The mycorrhizosphere effect: a multitrophic interaction complex improves mycorrhizal symbiosis and plant growth. [In: Siddiqui, Z. A. et al. (eds.) *Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry*]. Springer. 227–240.
- FAOSTAT*: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Available at: <http://faostat.fao.org>
- Fauvert, M.–Michiels, J.*: 2008. Rhizobial secreted proteins as determinants of host specificity in the rhizobium–legume symbiosis. *Federation of European Microbiological Societies (FEMS) Microbiology Letters*. 285: 1–9.
- Grimoldi, A. A.–Kavanová, M.–Lattanzi, F. A.–Schäufele, R.–Schnyder, H.*: 2006. Arbuscular mycorrhizal colonization on carbon economy in perennial ryegrass: quantification by $^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$ steady-state labelling and gas exchange. *New Phytologist*. 172: 544–553.
- Hardy, R. W. F.–Bums, R. C.–Hosten, R. D.*: 1973. Application of the acetylene–ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. *Soil Biology and Biochemistry*. 5: 47–81.
- Kajdi F.–Györi T.*: 2009. A szójatermesztés technológiai kérdései. *Növényvédelem*. 45: 148–156.
- Kaschuk, C.–Kuyper, T. W.–Leffelaar, P. A.–Hungria, M.–Giller, K. E.*: 2009. Are the rates of photosynthesis stimulated by the carbon sink strength of rhizobial and arbuscular mycorrhizal symbioses? *Soil Biology and Biochemistry*. 41: 1233–1244.

- Kiers, E. T.–West, S. A.–Denison, R. F.: 2002. Mediating mutualisms: the influence of farm management practices on the evolutionary maintenance of symbiont co-operation. *Journal of Applied Ecology*. 39: 745–754.
- Marschner, H.: 1997. The soil–root interface (*Rhizosphere*) in relation to mineral nutrition. [In: Marschner, H. (ed.) *Mineral nutrition of higher plants*.] Academic Press. London. 537–594.
- Masuda, T.–Goldsmith, P. D.: 2009. World soybean production: Area harvested, yield, and long-term projections. *The International Food and Agribusiness Management Review*. 12: 143–162.
- Minchin, F. R.–Summerfield, R. J.–Hadley, P.–Roberts, E. H.–Rawsthorne, S.: 1981. Carbon and nitrogen nutrition of nodulated roots of grain legumes. *Plant and Cell Environment*. 4: 5–26.
- Munkvold, L.–Kjoller, R.–Vestberg, M.–Rosendahl, S.–Jakobsen, I.: 2004. High functional diversity within species of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*. 164: 357–364.
- Neves, M. C. P.–Rumjanek, N. G.: 1997. Diversity and adaptability of soybean and cowpea rhizobia in tropical soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 29: 889–895.
- Okereke, G. U.–Onochie, C.–Onunkwo, A.–Onyeagba, E.: 2001. Effectiveness of foreign Bradyrhizobia strains in enhancing nodulation, dry matter and seed yield of soybean (*Glycine max* L.) cultivars in Nigeria. *Biology and Fertility of Soils*. 33: 3–9.
- Osunde, A. O.–Gwam, S.–Bala, A.–Sanginga, A.–Okogun, J. A.: 2003. Response to rhizobial inoculation by two promiscuous soybean cultivars in soils of the Southern Guinea savanna zone of Nigeria. *Biology and Fertility of Soils*. 37: 274–279.
- Phillips, J. M.–Hayman, D. S.: 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*. 55: 157–160.
- Rajkai, K.–Végh, R. K.–Nacsa, T.: 2005. Electrical capacitance of roots in relation to plant electrodes, measuring frequency and root media. *Acta Agronomica Hungarica*. 53: 197–210.
- Solti, Á.–Tamaskó, G.–Lenk, S.–Barócsi, A.–Bratek, Z.: 2011. Detection of the vitalization effect of *Tuber mycorrhiza* on sessile oak by the recently-innovated FMM chlorophyll fluorometer. *Acta Biologica Szegediensis*. 55: 147–149.
- Smith, S. E.–Jakobsen, I.–Mette Grønlund, M.–Smith, A. F.: 2011. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant phosphorus nutrition: Interactions between pathways of phosphorus uptake in arbuscular mycorrhizal roots have important implications for understanding and manipulating plant phosphorus acquisition. *Plant Physiology*. 156: 1050–1057.
- Szegi J.: 1967. A nitrogénkötő mikroorganizmusok jelentősége a talaj termékenysége szempontjából. *Agrokémia és Talajtan*. 16: 477–486.

- Takács, T.–Füzy, A.–Rajkai, K.–Cseresnyés, I.*: 2014. Investigation of arbuscular mycorrhizal status and functionality by electrical impedance and capacitance measurement. *Acta Biologica Szegediensis*. 58: 55–59.
- Trouvelot, A.–Kough, J. L.–Gianinazzi-Pearson, V.*: 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherches et méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. [In: Gianinazzi-Pearson, V.–Gianinazzi, S. (eds.) *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae.*] INRA. Paris. 217–221.
- Van der Heijden, M. G. A.–Scheublin, T. R.–Brader, A.*: 2004. Taxonomic and functional diversity in arbuscular mycorrhizal fungi – is there any relationship? *New Phytologist*. 164: 201–204.
- Wang, X.–Pan, Q.–Chen, F.–Yan, X.–Liao, H.*: 2011. Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. *Mycorrhiza*. 21: 173–181.
- Xie, Z.–Stahelin, C.–Vierheilig, H.–Wiemken, A.–Jabbouri, S.–Broughton, W. J.–Vogeli-Lange, R.–Boller, T.–Xie, Z. P.*: 1995. Rhizobial nodulation factors stimulate mycorrhizal colonization of undulating and non-nodulating soybeans. *Plant Physiology*. 108: 1519–1525.
- Yang, S.–Tang, F.–Gao, M.–Krishnan, H. B.–Zhu, H.*: 2010. R gene-controlled host specificity in the legume–rhizobia symbiosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*. 107: 18735–18740.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Cseresnyés Imre**–Dr. Füzy Anna–Dr. Szili-Kovács Tibor–
Dr. Takács Tünde*–Kovács Ramóna
MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet
Budapest
Herman Ottó út 15.
H-1022
*takacs.tunde@agrar.mta.hu, **cseresnyes.imre@agrar.mta.hu

Dr. Parádi István
ELTE TTK Biológiai Intézet
Budapest
Pázmány Péter sétány 1/C.
H-1117

SZEMLE

Review

Keszthelyi tartamkísérletek (1964–2014)

KISMÁNYOKY TAMÁS - TÓTH ZOLTÁN

Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely

A tartamkísérletek lényeges információkat nyújtanak ahhoz, hogy a fenntartható mezőgazdaságis termeléshez a talajtermékenységet befolyásoló tényezőket biztonsággal meghatározzuk. A legtöbb esetben a hatások és kölcsönhatások csak hosszú távú adatsorokból értelmezhetőek, különösen akkor, ha különböző talajtípusokat és klimatikus feltételeket hasonlítunk össze.

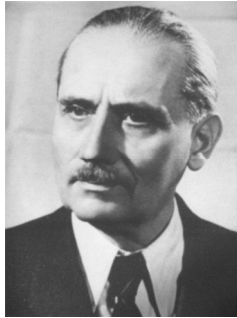
A tartamkísérletek olyan élő laboratóriumként foghatók fel, amelyek lehetővé teszik a mezőgazdasági környezet fizikai és biológiai paramétereinek megbízható tanulmányozását, alapvető információkat nyújtanak a tudósoknak és a politikai döntéshozóknak ahhoz, hogy a mechanizmusok változásait nyomon követhessék.

Legtöbb kisparcellás kísérlet olyan céllal létesült, hogy vizsgálja a vetésforgó, a monokultúra, a szerves- és műtrágyahatások, a mikroelemek, a meszezés, a talajművelés, a vízháztartás, a növényvédelem hatásait, az új fajták tápanyagreakcióit és a tényezők kölcsönhatásait. Hasonló célokkal állították be a keszthelyi és a hazai tartamkísérleteket is. Az alkalmazott szintű agrotechnikai kutatások eredményei akkor hasznosíthatóak a gyakorlatban és a szaktanácsadásban igazán, ha a kutatóhelyek a tájegységben találhatóak. Ennek egyik legkiválóbb példája az OMTK (Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek) hálózata.

A Keszthelyi Tartamkísérleteket az 1960-as években állították be nagy hírű elődeink Kemenesy Ernő, Láng Géza, Nyéki Jenő, Kováts András (*1. ábra*) és

később az ezeket fenntartó, újakkal kiegészítő tudományos generációk tagjai. Ezek a tartamkísérletek ma is nélkülözhetetlen háttérrel biztosítanak jelenlegi kutatásainkhoz.

1. ábra. A keszthelyi tartamkísérletek alapítói



Kemenesy Ernő (1891-1985)



Láng Géza (1916-1980)



Kováts András (1924-1988)



Nyéki Jenő (1919-2005)



Kismányoky Tamás (1946-)

Figure 1. Founders of long-term experiments in Keszthely

A keszthelyi tartamkísérletek

Szerves és műtrágyák hatásának vizsgálata különböző vetésforgókban

A kísérlet beállítása: Kemenesy Ernő – 1963.

Elrendezés: a vetésforgók képezik a főparcellákat, a trágyakezelések képezik az alparcellákat sávos elrendezésben.

Parcella: 120 db, 129 m²/parcella.

Vetésforgók: I-II (pillangós növényvel és a nélkül (A főtenyező); szerves és műtrágyák (B tényező).

Szerves és műtrágyák hatásának összehasonlító vizsgálata

Kísérlet beállítása: Láng Géza – 1960–1963.

Elrendezés: kéttényezős véletlen blokk négy ismétlésben két vetésforgóban, szárleszántással és a nélkül.

Parcella: 120 db, 18 m²/parcella.

Vetésforgók: I-II (A tényező); szerves és műtrágyák (B tényező).

A nitrogén hatásának vizsgálata és utóhatásának vizsgálata

A kísérlet beállítása: Láng Géza – 1963.

Elrendezés: hat kezelésés hat ismétléses latin négyzet.

Parcella: 36 db, 96 m²/parcella.

Vetésforgó: B-B-K-K

A foszfor hatásának és utóhatásának vizsgálata

A kísérlet beállítása: Láng Géza – 1963.

Elrendezés: hat kezelésés hat ismétléses latin négyzet.

Parcella: 36 db, 96 m²/parcella.

A kálium hatásának és utóhatásának vizsgálata

A kísérlet beállítása: Láng Géza – 1963.

Elrendezés: hat kezelésés hat ismétléses latin négyzet.

Parcella: 36 db, 96 m²/parcella.

Talajművelési rendszerek vizsgálata bikultúrában

A kísérlet beállítása: Kováts András – 1969.

Elrendezés: split-plot négy ismétlésben.

Tényezők: talajművelés módok (3) (A tényező); trágyázás (5) (B tényező).

Parcella: A 435 m², B 87m², 120 db parcella.

Vetésforgó: B-B-K-K

Műtrágyázási kísérlet monokultúrában

A kísérlet beállítása: Kováts András – 1969.

Elrendezés: split-plot négy ismétlésben.

Tényezők: a műtrágyák mennyisége (A tényező); a N-trágyázás időpontja (B tényező).

Parcella: főparcella 266 m², alparcella 88 m².

Vetésforgó: monokultúra, a hibridek változnak.

Nemzetközi szerves és N-műtrágyázási tartamkísérletek

A kísérlet beállítása: Kismányoky Tamás – 1983.

Elrendezés: kéttényezős sávos elrendezésű három ismétlésben.

Tényezők: PK N1-5 (A tényező), műtrágya, szalma-szár-zöldtrágya (3) (B tényező).

Parcella: 135 db, 48 m²/parcella.

Vetésforgó: K-B-ŐÁ

N-műtrágyázási és kemizálási kísérlet (Széchenyi)

A kísérlet beállítása: Kismányoky Tamás – 2003.

Elrendezés: kéttényezős sávos elrendezésű négy ismétlésben.

Parcella: 80 db, 60 m²/parcella.

Tényezők: kontroll, herbicid, fungicid, inszekticid (A tényező), O N1-4 (B tényező).

Vetésforgó: búza-kukorica monokultúra.

Országos Műtrágyázási Tartamkísérlet Hálózat (OMTK) keszthelyi kísérletei 1967-től

A somogyi homoktalajok kutatása (Mariettapuszta, Nyéki Jenő), valamint a pszeudoglejes barna erdőtalajok kutatása (Szentgyörgyvölgy, Cseh Ervin és Németh István) az 1980-as, 1990-es években megszűnt.

Hogyan tovább tartamkísérletek?

A tudományos életben a szabadföldi tartamkísérleteket sokan alulértékelik. Ez adódik abból, hogy a tartamkísérletek művelése nem jár együtt nagyszámú publikáció több lapban való gyors megjelentetésével, az eredmények évek múlva realizálódnak. A tartamkísérletekkel kapcsolatosan olyan vélemények is vannak, hogy a kísérletek egy induláskori eredeti hipotézisre alapozódnak, ezért elavulnak. Ez nem így van, mert az adatok analízise új hipotéziseket vet fel, amelyeket csak további munkával lehet megmagyarázni, vagyis a hipotézisek új ciklusa kezdődik el, amely új módszereket, koncepciókat generál. A tartamok mellett szól az is, hogy a hosszú adatsorok adatbázisa kivédi a hibás következtetések levonását.

Talaj- és növényminták archiválása esetén – összehasonlítási alapok birtokában – fontos következtetések vonhatók le a több évtized vagy évszázad alatt bekövetkezett talajminőség-változásról és az esetleges környezeti szennyeződések nagyságáról. A tartamok fontosak a környezetben előforduló változások (klíma), továbbá a növénytermesztés és a természetes ökoszisztémák kölcsönhatásának megértésében is.

Nagy figyelem fordul napjainkban különböző modellek kifejlesztésére, feltételezve, hogy ezek megbízható eszközei a jövő történéseinek előrejelzéséhez. Ez így is van, de a modell csak annyira megbízható, amennyire megbízható adatbázisra épül, ezért az agronómiai rendszerek modellezése igényli az előzetesen lefolytatott tartamkísérletek eredményeit a kérdések megválaszolásához.

Láng István akadémikus tartamkísérletekről tartott előadásában véleményét a következőkben foglalta össze:

„Magyarország a nemzetközi élmezőnyhöz tartozik a trágyázási tartamkísérletek terén. A megszerzett többéves adatok és tapasztalatok nagy segítséget adnak a változó követelmények, az újonnan fellépő környezetvédelmi és klímaváltozási kihívások helyes megválaszolásához. A jelen és a jövő generációk felelőssége megőrizni ezt a tudományos örökséget.”

A szerzők levelezési címe - Adress of the authors:

*Dr. Kismányoky Tamás - Dr. Tóth Zoltán
Pannon Egyetem Georgikon Kar
Keszthely
Festetics u. 7.
H-8360
*kis5556@ella.hu

KÖNYVISMERTETÉS

Book reviews

Kádár Imre: „Összefüggések a talaj termékenysége és tápanyagellátottsága között”

(MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest, 2015)

A kiadvány I. részét a szerző 1978-ban megvédett kandidátusi értekezésének anyaga képezi 176 oldalon. A bevezető irodalmi fejezet a mezőgazdaság fejlődéstörténete tükrében vizsgálja a talajtermékenység fenntartásának módszereit az elmúlt korok földművelési rendszereiben, majd a hazai és a nemzetközi agrokémiai iskolák fejlődését elemzi. Bemutatja az országos tápelem (NPK) mérlegek módszerét. Felállítja Magyarország és Ausztria elemmérlegeit. Összefüggést talál Ausztriában a tartományok/régiók műtrágyahasználata és a gazdálkodási mód (szántók részaránya) között. Utal arra, hogy Ausztriában és Németországban már az 1900-as évek elején a P-mérleg egyensúlyba kerül. Ez az állapot nálunk az 1960-as évekkel áll be és az intenzív műtrágyahasználattal karöltve jelentkezik.

A disszertáció nagyobb részét a mezőföldi műtrágyázási tartamkísérletek értékelése tölti ki. A kísérleteket széleskörű talaj- és növényelemzések egészítik ki, így sor kerül a talaj- és növényanalitikai határkoncentrációk megállapítására szaktanácsadást megalapozó céllal. A dolgozat 214 irodalmi forrásra támaszkodik, szövegekben 10 ábrát és 126 táblázatot foglal magában. Ezt követően olvashatjuk az opponensek (dr. Pecznik János és dr. Loch Jakab) véleményét és a szerző erre adott válaszát. Úgy tűnik, a 38 évvel ezelőtt írott értekezés semmit sem veszített időszerűségéből. Változatlan formában történt kiadása indokolt volt.

A kiadvány II. része az alábbi önálló fejezeteket, a közelmúltban megjelent munkákat tartalmazza, felsorolva a fejezetek címeit/szerzőit:

- Szemelvények az Agrokémiai és Növénytaplálási Osztály kutatásaiból (Műhelymunka 1974–2000, Sarkadi János társszerzővel)
- A foszfor előregedésének vizsgálata és eredményei 22 év után (Szabadföldi tartamkísérlet adatai összegezve Csathó Péter társszerzővel)
- Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérlet eredményei Mezőföldön (A 40 év adatai összegezve Márton László társszerzővel)
- A dohány ásványi táplálása és a hazai dohány termőhelyek talajtani/agrokémiai vizsgálata (Gondola István társszerzővel)
- Az angliai Rothamsted tartamkísérleteinek tanulságairól
- Különböző szemléletek a tápanyagpótlás alapelveiről
- Liebig és a magyar tudomány
- Élelmiszerválság és az agrártudomány
- Gércei alginit hatása a savanyú homoktalaj termékenységre (Ragályi Péter, Radimszky László és Gajdó Anna társszerzőkkel)
- A műtrágyázási szaktanácsadás ajánlott módszere

Az említett önálló fejezetek összesen újabb 10 szövegekőzi ábrát és 97 táblázatot tartalmaznak, valamint 122 forrásra utalnak. Megemlítem, hogy a szerző az orosz, német és angol nyelvterületek kiváló ismerője, melyet az átfogó szakirodalmi feldolgozás tükröz, ez munkája külön érdeme. Mai szemmel ez utóbbi tudománytörténeti értéket jelenthet számunkra és különösen az eljövendő generációk számára.

A kiadvány összesen 389 oldalon jelent meg fóliázott kötésben. Ajánlható a kutatás, oktatás, szaktanácsadás számára egyaránt. Nyelvezete közérthető, olvasmányos. Haszonnal forgathatják a gazdák, akik megismerhetik a szaktanácsadás során alkalmazott fogalmakat, a talajok jellemző tulajdonságait, melyek azok termékenységet és ezáltal a gazda jólétét is meghatározzák. Részletes műtrágyázási tanácsadás a főbb növényekre ajánlást tartalmaz a közölt kísérleti eredményekre alapozva, így pl. kalászosok, kukorica, repce, napraforgó, burgonya, lucerna szántóföldi kultúrákra, valamint a gyepekre is.

A kiadvány az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet honlapjáról letölthető: <http://www.mta-taki.hu/tagok/prof-dr-kadar-imre/publikaciok>



NAGY JÁNOS főszerkesztő
a Magyar Tudományos Akadémia doktora,
Debreceni Egyetem prorektora,
Széchenyi-díjas egyetemi tanára, az Aradi, a Nagyváradi
és a Kaposvári Egyetem „Honoris causa doktora”
az Ukrán Agrártudományi Akadémia külföldi tagja
Szakterülete: növénytermesztés, földművelés

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika
