

Crop  
Production



# NÖVÉNYTERMELÉS

61. kötet | 2. szám | 2012. június

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Búza-árpa introgressziós  
vonalak agronómiai  
tulajdonságainak vizsgálata

Szennyvíziszappal kezelt rozs  
(*Secale cereale* L.) növény-  
növekedésének és rizoszféra  
tulajdonságainak monitorozása  
modellkísérletben

A vetőmag-öregedés  
fejlődés- és termésbefolyásoló  
hatása eltérő kukorica  
(*Zea mays* L.) genotípusokon

# Növénytermelés

## CROP PRODUCTION

A Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet kiadásában, a Vidékfejlesztési 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  
Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.  
4015 Debrecen, Pf. 36.  
Telefon: (06 52) 508-310  
Fax: (06 52) 508-460  
E-mail: [novenytermeles@agr.unideb.hu](mailto:novenytermeles@agr.unideb.hu)  
[szelesne@agr.unideb.hu](mailto:szelesne@agr.unideb.hu)

### **Megrendeléseinket az alábbi elérhetőségeinkben várjuk:**

NAKVI  
Tananyagellátási és Dokumentációs Osztály  
1223 Budapest, Park u. 2.  
Telefon: (06 1) 362-8100  
Fax: (06 1) 362-8104  
E-mail: [info@agrarlapok.hu](mailto:info@agrarlapok.hu)  
[www.agrarlapok.hu](http://www.agrarlapok.hu)  
[www.nakvi.hu](http://www.nakvi.hu)

A kiadásért felelős Dr. Mezőszentgyörgyi Dávid,  
a Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet főigazgatója.

ISSN 0546-8191  
Növényterm 61 (2012) 2  
Printed in Hungary

# Növénytermelés

CROP PRODUCTION

61. kötet, 2. szám, 2012. 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

VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet főigazgatója

A nyomást és kötést az Agroinform Kiadó és Nyomda Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Megjelent: 11,2 (A/5) ív terjedelemben

ISSN 0546-8191

## TARTALOM

<i>Aranyi Nikolett Réka–Lángné Molnár Márta–Hoffmann Borbála</i> : Búza-árpa introgressziós vonalak agronómiai tulajdonságainak vizsgálata .....	5
<i>Bayoumi Hamuda Hosam E. A. F.–Hegedűs Antal</i> : Szennyvíziszappal kezelt rozsz ( <i>Secale cereale</i> L.) növénynövekedésének és rizoszféra tulajdonságainak monitorozása modellkísérletben .....	19
<i>Berzy Tamás–Záborszky Sándor–Hegyi Zsuzsa–Varga Péter–Pintér János</i> : A vetőmag-öregedés fejlődés- és termésbefolyásoló hatása eltérő kukorica ( <i>Zea mays</i> L.) genotípusokon .....	49
<i>Gyuricza Csaba–Junek Nikolett–Csuzi Szabolcs–Kovács Gergő–Ujj Apolka–Mikó Péter</i> : Talajállapot vizsgálatok energetikai faültetvényben .....	65
<i>Lásztity Borivoj–Biczók Gyula–Jáki István</i> : A kalcium és magnézium deszorpciójának vizsgálata mészlepedékes csernozjomon .....	83
<i>Tóth Brigitta–Bojtok Károly–Hankovszky Gerda–Veres Szilvia–Lévai László</i> : Bioenergetikai melléktermékek – A fahamu és szalmahamu hatása a kukorica fejlődésére .....	97
SZEMLE	
<i>Kádár Imre–Márton László</i> : Kiülepedő szálló por elemösszetétele Budapesten és környékén .....	109
KÖNYVISMERTETÉS .....	125

## CONTENTS

<i>N. R. Aranyi–M. Lángné Molnár–B. Hoffmann</i> : Examination of agronomic traits of wheat-barley introgression lines .....	5
<i>Hosam E. A. F., Bayoumi Hamuda–A. Hegedűs</i> : Monitoring of rye ( <i>Secale cereale</i> L.) plant growth and the properties of the rhizosphere treated with sewage sludge in a model experiment .....	19
<i>T. Berzy–S. Záborszky–Zs. Hegyi–P. Varga–J. Pintér</i> : Relationship between seed deterioration, seed vigour, and yielding parameters in maize ( <i>Zea mays</i> L.) hybrids .....	49
<i>Cs. Gyuricza–N. Junek–Sz. Csuzi–G. Kovács–A. Ujj–P. Mikó</i> : Research on soil condition in a short rotation coppice experiment .....	65

<i>B. Lásztity–Gy. Biczók–I. Jáki</i> : Examination of the desorption of calcium and magnesium on calcareous chernozem soil .....	83
<i>B. Tóth–K. Bojtok–G. Hankovszky–S. Veres–L. Lévai</i> : Byproducts of bioenergy – The effect of wood ash and straw ash on maize growth .....	97
REVIEW	
<i>I. Kádár–L. Márton</i> : Element composition of the accumulating floating dust in Budapest and its surroundings .....	109
BOOK REVIEW .....	125

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Н. Р. Арани–М. Лангне Молнар–Б. Хоффманн</i> : Исследование агрономических свойств интрогрессивных линий пшеницы-ячменя.....	5
<i>Хосам Е. А. Ф. Байоми Хамуда–А. Хегедуи</i> : Мониторинг роста растений ржи ( <i>Secale cereale</i> L.) и свойств ризосферы, обработанной илом сточных вод в опытах моделирования .....	19
<i>Т. Берзи–Ш. Заборски–Ж. Хеды–П. Варга–Я. Пинтер</i> : Старение посевного материала, его развитие и влияние на урожай в различных генотипах кукурузы ( <i>Zea mays</i> L.) .....	49
<i>Ч. Дьюрица–Н. Юнек–С. Чузи–Г. Ковач–А. Уйй–П. Мико</i> : Исследования состояния почвы в энергетических насаждениях деревьев .....	65
<i>Б. Ластить–Дь. Бицок–И. Яки</i> : Исследование десорбции кальция и магния на чернозёме с известковым налётом .....	83
<i>Б. Тот– К. Бойток–Г. Ханковски–Ш. Вереш–Л. Леваи</i> : Биоэнергетические побочные продукты – Влияние древесной золы и золы соломы на развитие кукурузы .....	97
ОБЗОР	
<i>И. Кадар–Л. Мартон</i> : Состав элементов оседающей пыли в Будапеште и его окрестностях .....	109
РЕЦЕНЗИЯ КНИГИ.....	125



## Búza-árpa introgressziós vonalak agronómiai tulajdonságainak vizsgálata

<sup>1</sup>ARANYI NIKOLETT RÉKA-<sup>2</sup>LÁNGNÉ MOLNÁR MÁRTA-<sup>1</sup>HOFFMANN BORBÁLA

<sup>1</sup>Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely

<sup>2</sup>MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

### Összefoglalás

A faj-, illetve nemzetség-keresztezők módját adnak a rokon fajokban előforduló biotikus és abiotikus stressztolerancia átvitelére, az alkalmazkodóképesség növelésére, vagy más agronómiai szempontból értékes tulajdonság hasznosítására. A Martonvásáron létrehozott *Triticum aestivum* L. × *Hordeum vulgare* L. hibridekből válogatott addíciós, szubsztitúciós és transzlokációs vonalakon vizsgáltuk az árpa kromoszómák, illetve kromoszóma szegmentumok hatását az őszi búza egyes értékmérő tulajdonságaira, különös tekintettel a szárazságtűrésre. Kísérleteinket a Pannon Egyetem Georgikon Karán Keszthelyen végeztük a 2007–2008-as vegetációs évben. Első lépésben megvizsgáltuk a rügyecske és a gyököcske fejlődését. Szabadföldi kísérleteinkben a vízhiány indukálására április 21-én nyitott végű fóliát állítottunk fel, ez 180 mm csapadékkülönbséget eredményezett a kontroll és a stresszelt állomány között. Felvételeztük a gyökér-hajtás arányt a szárbaszökés kezdetén (EC: 30-31) és a termés alakulását a vízellátás függvényében.

A csíranövények gyököcske-rügyecske hossz aránya a 4H (4D) és a 6B-4H vonalak esetében volt a legnagyobb. A szabadföldi kísérletben is a 4H (4D) kedvező gyökér-hajtás arányt adott. A virágzás idejében a stresszkezelt és kontroll állomány között átlagosan egy nap különbséget tapasztaltunk. A búza-árpa hibrid származékok és a szülőpartnerek termése átlagosan 13%-kal csökkent, mely érték a 0 és 27% közötti termésvesztéséből ered.

Kísérletünkben a vizsgált tulajdonságokban nagy változatosságot figyeltünk meg a különböző árpa kromoszómát hordozó vonalak között.

**Kulcsszavak:** búza-árpa hibridek, gyököcske és rügyecske fejlődése, gyökér-hajtás arány, szárazságtűrés, szemtermés

## Examination of agronomic traits of wheat-barley introgression lines

<sup>1</sup>N. R. ARANYI-<sup>2</sup>M. LÁNGNÉ MOLNÁR, <sup>1</sup>B. HOFFMANN

<sup>1</sup>University of Pannonia, Georgikon Faculty, Keszthely

<sup>2</sup>Agricultural Institute, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences, Martonvásár

### Summary

Interspecific hybridisation makes it possible to transfer useful traits, such as stress tolerance, earliness, or various desirable traits from one species into another. Addition, substitution and translocation lines developed from wheat-barley (*Triticum aestivum* L. × *Hordeum vulgare* L.) hybrids at the Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Science in Martonvásár were analysed to determine how the added barley chromosomes (segments) influence agronomic traits, especially drought tolerance in wheat. The experiments were carried out at the Georgikon Faculty of the University of Pannonia, Keszthely during the growing season of 2007–2008. As a first step the early development of shoots and roots were checked. The half length of the 15 m rows were covered with a plastic foil on 21st April to protect plants from rain indicating 180 mm difference in water supply between control and stress treatments. Data were obtained for root-shoot ratio (EC: 30-31), date of flowering and grain yield depending on water supply.

The radical-bud ratio was the highest in the case of the 4H (4D) and the 6B-4H lines. Similarly to the germination experiment, favourable root-shoot ratio was measured in the case of the 4H (4D) line in the field experiment as well. The average difference between the control and stress treatments was one day during flowering. Grain yield was reduced by 13% on average in the mean of genotypes examined as a result of 0–27% grain yield decrease.

Our experiment the added barley chromosome segments increased of variation of examined traits.

**Key words:** wheat-barley hybrids, radical and bud development, root-shoot ratio, drought stress, grain yield



## Исследование агрономических свойств интрогрессивных линий пшеницы-ячменя

<sup>1</sup>Н. Р. АРАНИ–<sup>2</sup>М. ЛАНГНЕ МОЛНАР–<sup>1</sup>Б. ХОФФМАНН

<sup>1</sup>Факультет Георгикон Университета Паннония, Кестхей

<sup>2</sup>Сельскохозяйственный Институт Исследовательского Центра Аграрных Наук Венгерской Академии Наук

### Резюме

Сортовые и родовые скрещивания делают возможным перенимать встречающуюся в родственных сортах биотическую и абиотическую стресс-толерантность, увеличивать приспособляемость, или использования других, ценных с агрономической точки зрения, свойств. На созданных в Мартонвашаре из гибридов *Triticum aestivum* L. × *Hordeum vulgare* L. на избранных аддитивных, субституционных и транслокационных линиях исследовали влияние хромосом ячменя, и влияние сегментов хромосом на отдельные оценочные свойства озимой пшеницы, особенно рассматривая засухоустойчивость. Наши опыты проводились на кафедре Георгикон Университета Паннония в Кестхее в 2007–2008-ом вегетационном году. Вначале исследовали развитие зародышевой почки и первичного корешка. В грунтовых опытах для индуктирования дефицита воды 21-го апреля установили теплицу открытую по краям, в результате это привело к 180 мм-ой разнице в осадках между контрольным и подвержённым стрессу насаждением. Исследовали соотношения корня-побега в начале стеблевания (ЕС: 30-31) и формирование урожая в зависимости от водообеспеченности.

Соотношение первичного корешка-зародышевой почки всходов было самым большим в случае линий 4Н (4D) и 6В-4Н. В грунтовом опыте также 4Н (4D) дала благоприятную пропорцию корешка-почки. Во время цветения между подверженным стрессу и контрольным насаждением в среднем обнаружили разницу в один день. Урожай потомства гибридов пшеницы-ячменя и родителей партнёров в среднем на 13% уменьшился, эта величина происходит от потери урожая в размере 0–27%.

В нашем опыте обнаружили большое разнообразие в исследованных свойствах среди линий, носящих различные хромосомы ячменя.

**Ключевые слова:** гибриды пшеницы-ячменя, развитие первичного корешка и зародышевой почки, соотношение корня-всхода, засухоустойчивость, урожай зерна

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

Hazánkban a szárazság az egyik legjelentősebb terméskorlátozó tényező. Bár a 2010-es esztendő csapadékban igen gazdag volt, a száraz években, mint pl. 2003-ban vagy 2011-ben, a búza termés csökkenése akár 25–50% is lehet. A szárazság azonban nem csak aszályos években okozhat kárt. Magyarország az atlanti-, a mediterrán- és a kontinentális éghajlati övek találkozásánál helyezkedik el (Harnos 2003), ennek következtében nemcsak a csapadék mennyisége, de eloszlása is igen változatos. Az előrejelzések szerint a jövőben a csapadék időbeni és térbeli megoszlásának kedvezőtlen irányú változása feltételezhető (Várallyay 2008). A vízhiány különösen nagy termés kiesést okozhat az egyes fejlődési stádiumokban, pl. búzában csírázáskor, virágzáskor és a szemtelítődéskor (Tari et al. 2003).

Csírázáskor először a szeminális gyökerek jelennek meg, azután a koleoptil, amely az első levelet védi. A búza kezdeti növekedési erélye különösen korai szárazság esetén meghatározó. A korai gyors fejlődés csökkenti az evaporációs veszteséget, így segít megőrizni a talajban a nedvességet.

A bokrosodáskor megjelenő másodlagos gyökerek főleg a talaj felső rétegét (20–40 cm) hálózják be, ezért a gyökérszét mintegy 70–80%-a a talaj felszíni rétegeiben található. Lehatolási mélységük fajtától és a talajbeli adottságoktól függ (Szabó 1987). A sok mellékajtás újonnan kialakuló másodlagos gyökérszete a mélyre hatoló gyökerek fejlődését visszavetheti (Erdei 2006). A gyökérszét fenntartása a száradó talajban különösen a fiatal növények esetében nagy jelentőségű. Néhány gyökér sikeres áthatolása a száraz talajrétegen javítja a szárazság túlélésének esélyét (Hofer 1991). A gyökérszét és a gyökérszét mérete az egyik legnehezebben tanulmányozható tulajdonság, azonban a szárazsághoz való alkalmazkodás szempontjából a gyökérszétnek meghatározó szerepe van. A száradó talajjal való közvetlen kapcsolata miatt a gyökér érzékeli először a vízhiányt, és közvetíti a hajtáshoz küldött stressz jellel (Davies és Zhang 1991). Neumann (1999) szerint a vízhiányra adott legkorábbi válaszreakció a hajtás növekedésének gátlása. Az akklimatizációs folyamat részeként a hajtás-gyökér arány eltolódik, ha a hajtásrendszer növekedésének fenntartása mellett a gyökérszét fokozódik, mely a vízfelvétel relatív növelését eredményezheti a vízleadáshoz képest (Serraj és Sinclair 2002). Tenyészedényes kísérletekben a gyökérszét és a gyökér-hajtás arány alakulását vizsgálva Hoffmann et al. (2006) korai vízhiányra a gyökérszét csök-

kenését tapasztalták, míg a későbbi fenofázisban megkezdett vízmegvonás hatására nemcsak a gyökér-hajtás arány, hanem a gyökér abszolút tömege is növekedett a kontrollhoz képest.

A hexaploid búza rokonsági körébe tartozó termesztett és vad fajok (*Aegilops sp.*, *Agropyron sp.*, *Secale sp.*, *Hordeum sp.*) jelentős genetikai változatossággal rendelkeznek számos gazdasági szempontból fontos tulajdonságok tekintetében. A kedvező tulajdonságok e fajokból keresztezéssel átvihetők, és beépíthetők a termesztett búzába (Molnár *et al.* 2007). Az árpáról ismert a jó szárazság- és sótűrő képessége, így potenciális forrást jelent a búza stressztűrő-képességének javításában. Az első búza-árpa hibridet Kruse hozta létre 1973-ban (Kruse 1973). Az azóta előállított búza-árpa transzlokációs és szubsztitúciós vonalat (Islam és Shepherd 1992, Koba *et al.* 1997, Molnár-Láng *et al.* 2000) főként citológiai szempontból értékelték és fertilitásukat vizsgálták. Így kevés információ áll rendelkezésünkre arról, hogy az árpa kromoszómák milyen hatással vannak a búza agronómiai tulajdonságaira. Az utóbbi időben jelent meg néhány publikáció (Szakács és Molnár-Láng 2007, Hoffmann *et al.* 2009), melyek az árpa kromoszómáknak a búza morfológiai és agronómiai tulajdonságaira gyakorolt hatását tárgyalják.

Vizsgálatunk célja az árpa kromoszómák, illetve kromoszóma szegmentumok hatásának tanulmányozása volt az őszi búza szárazságtűréssel kapcsolatos tulajdonságaira. Jelen tanulmányban a gyökér-hajtás arány alakulását, valamint a terméseredményeket mutatjuk be.

### Vizsgálati anyag és módszer

#### *A vizsgált növényanyag*

A Martonvásáron létrehozott *Triticum aestivum* L. és *Hordeum vulgare* L. hibridekből előállított vonalak közül az alábbiakat vizsgáltuk:

- 2H, 3H diszómás addíció [Mv9kr1×Igr1]
- 7DL.7DS-5HS transzlokáció [Mv9kr1×Igr1]
- 3HS.3BL, 6BS.4HL transzlokáció [(Chinese Spring×Betzes)×Mv9kr1]
- 4H (4D) szubsztitúció [(Chinese Spring×Betzes)×Mv9kr1] [továbbiakban 3HS.3BL; 6B-4H; 7D-5HS; 4H (4D); 2H; 3H rövidítéssel],
- valamint a szülőpartnerek (Mv9kr1 martonvásári őszi búza, Igr1 kétsoros őszi árpa, illetve Chinese Spring tavaszi búza és Betzes kétsoros tavaszi árpa).

A fenti introgressziós vonalak részletes citológiai ismertetését *Molnár-Láng et al.* (2000), *Molnár et al.* (2007), *Szakács és Molnár-Láng* (2007) publikációiban találjuk meg.

A búza és az árpa genomok közti nagymértékű inkompatibilitás miatt a búza-árpa hibridek létrehozása nagyon nehéz és időigényes folyamat. A származékok részletes agronómiai vizsgálatához még jelenleg is korlátozott mennyiségben áll rendelkezésünkre vetőmag. A 2007–2008-as év volt az első vegetációs időszak, amikor szabadföldi körülmények között, nagyobb mennyiségben vizsgálhattuk a származékokat. Az agronómiai tulajdonságok részletes vizsgálata jelenleg is folyamatban van.

#### *A korai fejlődés vizsgálata*

A kísérletben genotípusonként 50 darab magot csíráztattunk. A csírázáshoz legkedvezőbb, 19,5 °C-os, egyenletes hőmérsékletet inkubátorban biztosítottuk. A második, hatodik és kilencedik napon mértük a rügyecskék és gyököcskék hosszát.

#### *A szabadföldi kísérlet körülményei*

A kísérleteket a P. E. Georgikon Kar kísérleti területén, Keszthelyen végeztük. A kísérleti tér talaja a II. sz. termőhelyi kategóriába tartozik (Ramman-féle barna erdőtalaj, kötöttsége 37 KA, vízben mért pH értéke 7,5, ásványi-N tartalma 10,6 mg/kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (AL) 74 mg/kg, K<sub>2</sub>O (AL) 159 mg/kg). A vizsgálat évében a csapadék eloszlása rendkívül egyenlőtlen volt és mennyiségében is 42 mm-rel kevesebb volt az ötvenéves átlagnál (*1. ábra*). Kiemelendő a téli: január-februári, és a tavaszi, különösen fontos időszakra eső: április-májusi csapadékhiány. Az egyes vonalak szemeit tág térállásba (sortáv: 30 cm, tőtáv: 2 cm), kézzel vetettük. A vízhiány indukálására április 21-én, a szárbaszökés időszakában (EC: 30-31) a 15 m hosszú sorok 6 m hosszú szakasza fölé nyitott végű fóliát állítottunk (*2. ábra*). A fólia alatt fejlődő növények (stresszelt) a nem takart növényekhez (kontroll) képest 180,5 mm-rel kevesebb csapadékhoz jutottak a betakarításig (*1. ábra*).

A szárbaszökés kezdetén (EC: 29-30), április 11-én 6–6 db, az állományra jellemző fejlettségű növényt 20 cm mélységben kiástunk. A mintavételezés során a növényeket földlabdásan emeltük ki, majd a földet leáztattuk, hogy a gyökerek sérülését minimálisra csökkentsük.

A virágzás idejét napi rendszerességgel dokumentáltuk.

A szemtermés elemzés a kontroll és a vízhiányos területek középő 1-1 folyóméterén végeztük.

1. ábra. A csapadék eloszlása a 2007–2008 vegetációs periódusban és az 50 éves átlag

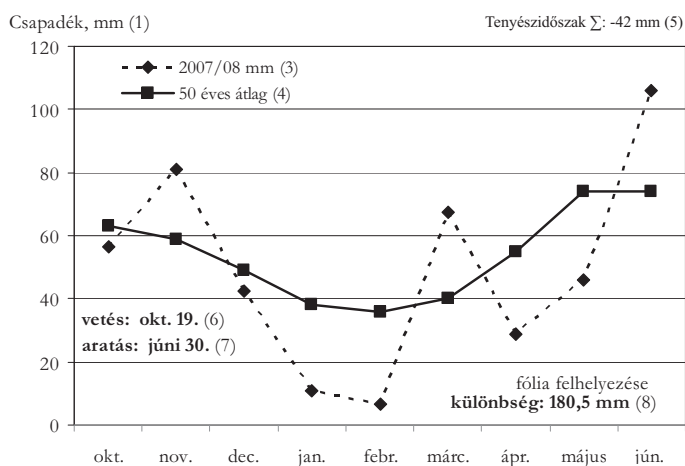


Figure 1. Distribution of precipitation in the growing season of 2007–2008. (1) Precipitation, mm, (2) Months, (3) Precipitation in 2007–2008, (4) 50-year average, (5) Growing season  $\Sigma$ : -42 mm, (6) Time of sowing, (7) Time of harvest, (8) Putting up the rain shelter on 21<sup>th</sup> of April to protect plants from rain indicated 180,5 mm difference in water supply between stress and control treatments.

2. ábra. A búza-árpa introgressziós vonalak és a szülők a szabadföldi kísérletben, és a 15 m hosszú sorok 6 m hosszú szakasza felett felállított esővédő fólia



Figure 2. Introgression lines developed from wheat-barley hybrids and the parental cultivars grown in the field and the half length of the 15 m long rows were covered with plastic foil to protect plants from rain in stress treatment.

## Eredmények és következtetések

### Korai fejlődés vizsgálata

Az egyes genotípusok egymáshoz és a szülőkhöz képest is eltérő ütemű fejlődést mutattak (1. táblázat). A rügyecske hossza kezdetben a 7D-5HS és a 3H származékok esetében elmaradt az Mv9kr1 búza szülőtől. A 6B-4H rügyecskeje az őszi búza szülőnél a második és a kilencedik napon kisebb, a hatodik napon nagyobb volt. A 4H (4D) rügyecskeje mindvégig elmaradt a búza szülőtől, azonban a különbség csak a kilencedik napon bizonyult szignifikánsnak.

1. táblázat. A búza-árpa introgressziós vonalak rügyecske és gyököcske hossza

Geno- típus (1)	2. nap (2)	6. nap (3)	9. nap (4)	2. nap (2)	6. nap (3)	9. nap (4)
	Hajtáshossz (mm) (5)			Gyökérhossz (mm) (6)		
2H	3,4±0,5	64,9±4,64*	113,3±8,48	8 ±1,55	96,9±16,23	132,2±17,07
3H	2,7±0,35*	59,7±7,11	99,2±12,72	5,9± 0,79*	90,8 ±5,85	135,7±19,19
3HS.3BL	2,9±0,53	69,8±10,22*	118,4±23,97	5,4±1,78*	88,1±10,81	123,7±21,99
4H (4D)	3±0,75	49,1±4,19	88,6±10,28*	8,6±1,88	103,8±13,22*	133,3±12,93
6B-4H	2,7±0,48*	71,5±7,53*	80,9±10,34*	7±0,89*	86,8±12,95	120,9±25,23
7D-5HS	2,2±0,66*	51,5±7,07	96,8±19,44	6,4±1,94*	73,8±14,33	106,9±20,16
Mv9kr1	3,4±0,69	54,4±4,36	107,4±9,95	9,1±1,73	87,5±7,7	119,3±17,80

Megjegyzés: \* szignifikáns  $P \leq 0,05$  szinten.

Table 1. The wheat-barley introgression lines bud and radicle length. (1) Genotypes, (2) The 2<sup>nd</sup> measurement day, (3) The 6<sup>th</sup> measurement day, (4) The 9<sup>th</sup> measurement day, (5) Shoot length, (6) Root length. Note: \* significantly different from Mv9kr1 at the  $P \leq 0.05$  level.

A gyököcske hossza a második napon a 2H és a 4H (4D) kivételével mind-egyik származék esetében elmaradt az Mv9kr1 búza-szülő gyököcskéjétől. A hatodik és kilencedik napon a 4H (4D) a gyököcske fejlődése az Mv9kr1 búza szülőhöz képest volt szignifikánsan nagyobb.

A növények fejlődése és különösen a szárazságtűrés szempontjából a gyököcske és a rügyecske egymáshoz viszonyított növekedése, aránya fontos mutató (Hoffman *et al.* 2009). Az erőteljesebb gyököcske hossz-növekedés a szárazságtűrés szempontjából előnyösnek bizonyulhat. A második napon a búza szülőhöz képest csak a 4H (4D) és a 7D-5HS vonal gyököcske-rügyecske hosszaránya volt nagyobb, a 4H (4D) gyököcske-rügyecske aránya a vizsgált genotípusok közül mindvégig a legnagyobb volt. A növények fejlődésével párhuzamosan csökkent a gyököcske-rügyecske hosszaránya, a hatodik napon a Chinese Springnél mértük a legkisebb értéket (3. ábra). Érdekes a 6B-4H viselkedése: a magas második napi gyököcske-rügyecske hosszarány (259%) a hatodik napra a Chinese Springet leszámítva a legkisebbre csökkent, majd – a többi vizsgált genotípussal ellentétben – ismét növekedett és a 4H (4D) vonallal megegyező arányt mutatott.

A csíranövények egyenletes fejlődést mutattak, és életképes, egészséges növény fejlődött belőlük.

3. ábra. A búza-árpa származékok és a szülők gyökérhossz-hajtáshossz aránya (%) a csírázást követő második, hatodik és kilencedik napon

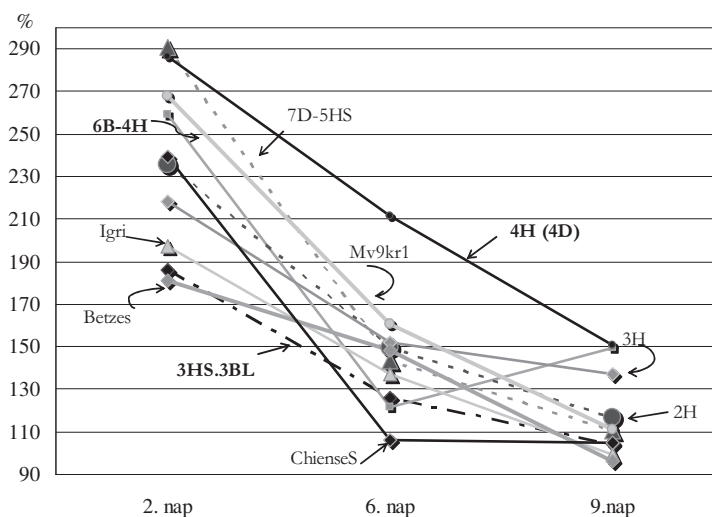


Figure 3. Radicle and bud length ratio (%) of wheat-barley derivatives and the parent cultivars on the 2<sup>nd</sup>, the 6<sup>th</sup> and the 9<sup>th</sup> days.



#### Gyökér-hajtás arány a szántóföldi kísérletben

A szárbaszökés kezdetén (EC: 29-30) a szántóföldről kiásott növényeken is mértük a gyökér-, illetve a hajtás hosszát, és tömegét. A gyökér/hajtás hossz-arányát vizsgálva megállapítottuk, hogy valamennyi búza-árpa származéknak hosszabb volt a gyökere és alacsonyabb a hajtása, mint a búza-szülőé (4. ábra). Ez igen kedvező gyökér-hajtás arányt eredményezett. Kiugró értéket a 7D-5HS (65%) és a 4H (4D) (55%) vonalak esetében kaptunk. A gyökér/hajtás tömeg-arányát vizsgálva az eredmény hasonlóan alakult. A legmagasabb arányt a 7D-5HS (53%), a 4H (4D) (39%) vonalaknál kaptunk. A magasabb gyökér/hajtás aránynak a szárazságtűrés szempontjából kedvező hatását korábbi vizsgálatok (Hoffmann és Burucs 2005) is bizonyították.

4. ábra. A vizsgált genotípusok gyökér/hajtás hossz-aránya, valamint gyökér/hajtás tömeg-aránya szárbaszökés kezdetén (EC: 29-30)

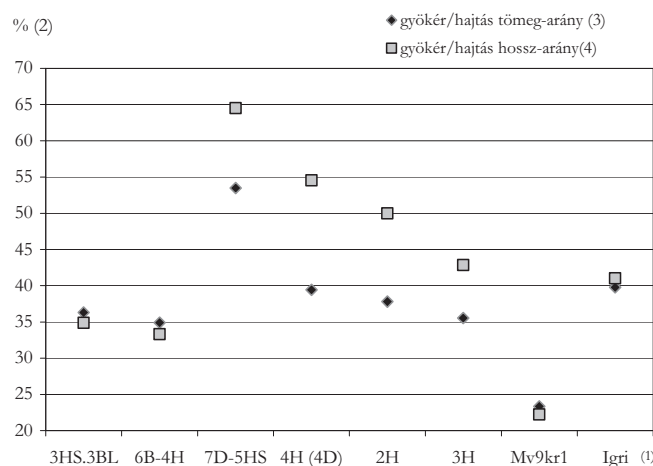


Figure 4. Root/shoot length-ratio and root/shoot weight-ratio of wheat-barley derivatives (EC: 29-30). (1) Genotypes, (2) Percentage, (3) Root/shoot weight-ratio, (4) Root/shoot length-ratio.

#### Virágzás és érés ideje

2008 május 10-ig 301 mm csapadék esett, melyből az esővédő fólia 31 mm-t fogott fel (1. ábra). Az Igr1 árpa és a 7D-5HS, illetve 3H vonalak esetében a stressz kezelésnek nem volt hatása a virágzás időpontjára (2. táblázat), a többi genotípusnál átlagosan egy nappal előrébb tolódott, a 3HS.3BL vonal azonban a stresszkezelésben a kontrollhoz képest két nappal később virágzott. Az Igr1 árpa az Mv9kr1 búzánál hét nappal korábban virágzott a kontroll, és hat nappal

a stressz kezelésben. A származékok közül egyik sem virágzott korábban a búza szülőnél, sőt a 3HS.3BL és a 3H vonalaknál két-három, illetve négy-öt nappal később jelentek meg a portokok a kontroll, illetve a stressz kezelésben.

2. táblázat. A búza-árpa származékok és a szülőpartnerek 50%-os virágzásának időpontja a kontroll és a stressz kezelésben

Genotípus (1)	50%-os virágzás, EC:64-65 (2)		
	Kontroll (3)	Stresszelt (4)	Különbség, nap (5)
3HS.3BL	május 17.	május 19.	2
6B-4H	május 15.	május 14.	1
7D-5HS	május 16.	május 16.	0
4H (4D)	május 15.	május 14.	1
2H	május 15.	május 14.	1
3H	május 18.	május 18.	0
Mv9kr1	május 15.	május 14.	1
Igri	május 08.	május 08.	0
Betzes	május 20.	május 19.	1
ChineseS	május 24.	május 23.	1

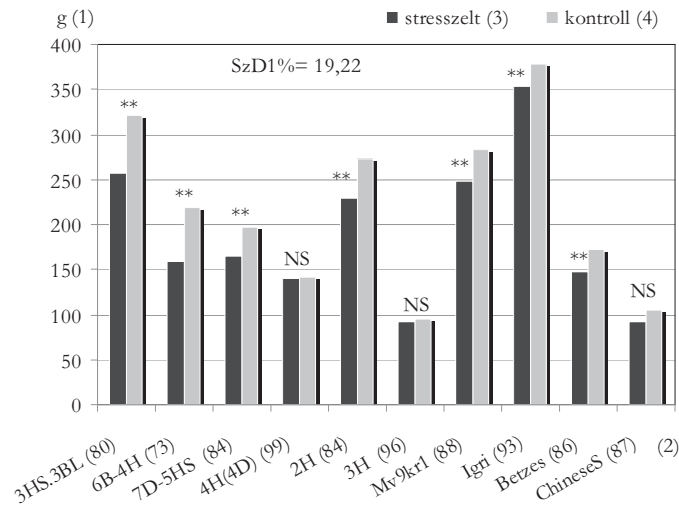
Table 2. The wheat-barley derivatives and the parent cultivars anthesis date and period in control and stress treatments. (1) Genotypes, (2) Anthesis date (EC: 64-65), (3) Control treatment, (4) Stress treatment, (5) Different days.

### Termés alakulása

A vízhiány hatására bekövetkező termésnövekedés a szárazságtűrés legfontosabb, komplex agronómiai mutatója (*Keim és Kronstad* 1981). A fólia alatt elhelyezkedő növények 180 mm-rel kevesebb csapadékhoz jutottak, mint a fólián kívül fejlődők. E jelentős különbség ellenére a növényeken csak mérsékelt szárazságtünetek mutatkoztak, ami azzal magyarázható, hogy a gyakori júniusi esők miatt a levegő magas páratartalma enyhítette a vízhiány hatását. A búza-árpa származékok (addíciós, szubsztitúciós és transzlokációs vonalak) és a szülőpartnerek termése átlagosan 13%-kal csökkent (*5. ábra*). A vízhiány hatására az Igri árpa-szülő termése kevésbé csökkent (7%), mint a búzáé (12% csökkenés). A 4H (4D) és a 3H termése nem változott. A legnagyobb – még a búza szülőnél is nagyobb – termésvesztést a 6B-4H és a 3HS.3BL vonalaknál mértük (27 és

20%). A vízhiányra bekövetkező terméseszkökenés (relatív érték) mellett a szemtermés abszolút értékét is figyelembe véve árnyaltabb képet kapunk. A 3H és a 4H (4D) vonal termése volt ugyanis a legalacsonyabb mindkét kezelésben. Ezzel szemben a nagyarányú terméseszkökenést mutató 3HS.3BL vonal termése volt a legmagasabb, még a búza szülőpartner termését is felülmúlta.

5. ábra. Búza-árpa addíciós, szubsztitúciós és transzlokációs vonalak és a szülőpartnerek szemtermése (g) 1 méterről vett növénymintán mérve a kontroll és a stressz kezelésben



Megjegyzés: \* szignifikáns kezeléshatás  $P < 0,01$  szinten, NS: nem szignifikáns, zárójelben a vízhiányos növények termése a kontroll százalékában kifejezve.

Figure 5. Grain yield of wheat-barley derivatives and their parents harvested on 1 m in control and stress treatments. (1) Grain yield in gram, (2) Genotypes, (3) Stress treatment, (4) Control treatment. Note: \* significant treatment effect at the  $P < 0.01$  level, NS: non significant, (% value in parentheses behind the sign of the line).

A bemutatott eredményekből kitűnik, hogy az árpa eredetű kromoszóma szegmensek jelentősen megnövelik a befogadó búza fajta vizsgált morfológiai jellemzőinek, valamint az agronómiai szempontból fontos tulajdonságoknak a változatosságát. Az egyes vonalak szárazságtűrésének és agronómiai értékének megítéléséhez további vizsgálatok szükségesek, melyek jelenleg is folyamatban vannak.

### Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0025 azonosító számú projekt támogatásával valósult meg.

This publication was realized with the support of the project TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0025.

### IRODALOM

- Davies, W. J. – Zhang, J.*: 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42: 55–76.
- Erdei L.*: 2006. Az abiotikus stressz élettani és hormonális vonatkozásai a vegetatív növekedés és fejlődés alatt. [In: Dudits D. (szerk.) A búza nemesítésének tudománya: A funkcionális genomikától a vetőmagig.] Winter Fair Kft. Szeged. 156–161.
- Harnos N.*: 2003. A klímaváltozás hatásainak szimulációs vizsgálata őszi búza termeléséért. „Agro-21” Füzetek. Klímaváltozások-Hatások-Válaszok. 10. 31: 57–73.
- Hofer, R. M.*: 1991. Root hairs. [In: Waisel, Y.–Eshel, A.–Kafkai, U. (eds.) *Plant Roots: The Hidden Half.*] New York. Marcel Dekker. 129–148.
- Hoffmann, B.–Aranyi, N.–Hoffmann, S.–Molnár-Láng, M.*: 2009. Possibilities to increase stress tolerance of wheat. *Cereal Res. Commun.* 37. 2: 93–96.
- Hoffmann, B.–Búrucs, Z.*: 2005. Adaptation of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes and related species to water deficiency. *Cereal Res. Commun.* 33. 4: 681–687.
- Hoffman B.–Cseuz L.–Pauk L.*: 2006. Az őszi búza szárazságtűrésére történő nemesítésének lehetőségei és korlátai. [In: Dudits D. (szerk.) A búza nemesítésének tudománya: A funkcionális genomikától a vetőmagig.] Winter Fair Kft. Szeged. 191–216.
- Islam, A. K. M. R.–Shepherd, K. W.*: 1992. Production of wheat-barley recombinant chromosomes through induced homoeologous pairing. 1. Isolation of recombinants involving barley arms 3HL and 6HL. *Theor. Appl. Genet.* 83: 489–494.
- Keim, D. L.–Kronstad, W. E.*: 1981. Drought response of winter wheat cultivars grown under field stress conditions. *Crop. Sci.* 40: 482–487.
- Koba, T.–Takumi, S.–Shimada, T.*: 1997. Isolation, identification and characterization of disomic and translocated barley chromosome addition lines of common wheat. *Euphytica.* 96: 289–296.
- Kruse, A.*: 1973. *Hordeum*×*Triticum* hybrids. *Hereditas.* 73: 157–161.
- Molnár, I.–Linc, G.–Dulai, S. D.–Nagy, E.–Molnár-Láng, M.*: 2007. Ability of chromosome 4H to compensate for 4D in response to drought stress in a newly developed and identified wheat-barley 4H (4D) disomic substitution. *Plant Breeding.* 126: 369–374.

- Molnár-Láng, M.–Linc, G.–Friebe, R. B.–Sutka, J.:* 2000. Detection of wheat-barley translocations by genomic in situ hybridization in derivatives of hybrids multiplied in vitro. *Euphytica*. 112. 2: 117–123.
- Neumann, P. M.:* 1999. Early mechanisms of plant-growth by water, salinity and mineral-nutrient stress. *Dahlia Greidinger International Symposium*. 41–53.
- Serraj, R.–Sinclair, T. R.:* 2002. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? *Plant, Cell and Environment*. 25: 333–341.
- Szabó L. Gy.:* 1987. A búza alaktana és fejlődése. [In: Barabás Z. (szerk.) A búza termesztés kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 47–48.
- Szakács, É.–Molnár-Láng, M.:* 2007. Development and molecular cytogenetic identification of new winter wheat/winter barley (Martonvásári 9 kr1/Igri) disomic addition lines. *Genome*. 50: 43–50.
- Tari I.–Csiszár J.–Gallé Á.–Bajkán Sz.–Szepesi Á.–Vashegyi Á.:* 2003. Élettani megközelítések gazdasági növényeink szárazságtűrésének genetikai transzformációval történő javítására. *Botanikai közlemények*. 90. 1-2: 139–158.
- Várallyay G.:* 2008. Extreme soil moisture regime as limiting factor of the plants' water uptake. *Cereal Res. Commun.* 36: 3–6.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Aranyi Nikolett Réka–Dr. Hoffmann Borbála  
Pannon Egyetem Georgikon Kar  
Növénytudományi és Biotechnológia Tanszék  
Keszthely  
Festetics u. 7.  
H-8360

Dr. Lángné Molnár Márta  
MTA Agrártudományi Kutatóközpont  
Mezőgazdasági Intézet  
Martonvásár  
Brunsztik u.2.  
H-2462

## Szennyvíziszappal kezelt rozs (*Secale cereale* L.) növénynövekedésének és rizoszféra tulajdonságainak monitorozása modellkísérletben

<sup>1</sup>BAYOUMI HAMUDA HOSAM E. A. F.-<sup>2</sup>HEGEDŰS ANTAL

<sup>1</sup>Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar,  
Környezetmérnöki Intézet, Budapest,

<sup>2</sup>Szegedi Tudományegyetem Juhász Gyula Pedagógusképző Kar,  
Technika Tanszék, Szeged

### Összefoglalás

A szennyvíziszappal kezelt talajok minőségének meghatározásához elengedhetetlen a biológiai mutatók jellemzése. Kísérletünkben vizsgáltuk a nyíregyházi és hódmezővásárhelyi eredetű kommunális szennyvíziszappal (0:100, 80:20, 60:40, 40:60, 0:100%, talaj: szennyvíziszap) kezelt réti csernozjom talaj, kovárványos barna erdőtalaj és agyagbemosódásos barna erdőtalaj – kontrolhoz viszonyított – fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait, valamint összehasonlítottuk a kezelt és kezeletlen (kontroll) talajok termőképességét a rozs-növény 63 napos termesztését követően. Mértük a növényi szárazanyag tartalmat, valamint a talaj pH-t és nedvesség tartalmának a változását. Megvizsgáltuk továbbá a rizoszféra mikrobiális összetételét és az enzimaktivitást. Ugyancsak meghatároztuk a kibocsátott CO<sub>2</sub> alapján a talajlégzés intenzitását. Eredményeink mutatják, hogy a szennyvíziszap hozzáadásával a talajnak javult a vízgazdálkodása és emelkedett a pH-értéke. A növények egészséges fejlődésén és növekedésén kívül, a legnagyobb növényi szárazanyag tömeget is a nagy szennyvíziszap tartalmú minták (60–100% szennyvíziszap) esetében mértük. A minták szennyvíziszap-koncentrációjának emelésével jelentősen nőtt a tenyésztendő mikrobiális populációk sűrűsége a rozs rizoszférájában a gram-negatív baktériumok esetében.

A gram-negatív és a gram-pozitív baktériumok részaránya a kovárványos barna erdőtalaj, agyagbemosódásos barna erdőtalaj és a réti csernozjom talaj esetén a hódmező-

vásárhelyi, illetve nyíregyházi szennyvíziszappal keverve rendre 2,11; 2,26; 2,01; 2,367; 2,35 és 3,24 volt.

Összefoglalásképpen, a talajok szennyvíziszappal történő kezelése serkenti a növények fejlődését, javítja a rizoszféra fizikai, biokémiai és mikrobiális tulajdonságait, segít megőrizni a talaj nedvességtartalmát, valamint emeli a talaj pH-értékét, mely ugyancsak kedvező a növények fejlődése szempontjából. A talaj termékenységének fokozására a szerzők 40–60%-os szennyvíziszap kezelést javasolnak.

**Kulcsszavak:** monitorozás, szennyvíziszapok, növények fejlődése, rizoszféra

### **Monitoring of rye (*Secale cereale* L.) plant growth and the properties of the rhizosphere treated with sewage sludge in a model experiment**

<sup>1</sup>HOSAM E. A. F., BAYOUMI HAMUDA–<sup>2</sup>A. HEGEDŰS

<sup>1</sup>Óbuda University Rejtő Sándor Faculty of Light Industry and Environmental Protection Engineering, Environmental Protection Engineering Institute, Budapest

<sup>2</sup>University of Szeged Gyula Juhász Faculty of Education, Institute of Applied Sciences, Szeged

#### **Summary**

The monitoring of biological parameters is one of the most essential issues in order to check the soil health and quality when amended with wastewater sludge. The objectives of the model pot experiment were to determine the impacts of wastewater sludge amendment on the plant growth and soil properties. Various soil types [kovárvány brown forest soil (Nyíregyháza), clay loam brown forest soils (Gögöllő) and meadow chernozem soil (Szeged)] were used and amended with various rates of wastewater sludge [Control soil (0), 20, 40, 60, 100 (sludge%)] of different sources. Rye (*Secale cereale* L.) plants were grown for 63 days on various sludge/soil ratios in the pots of 3 kg capacity. Different parameters were measured e.g., the relative plant dry matter content, changes in the soil pH and moisture content. Some microbial properties of the rye rhizosphere (e.g., total count of aerobic heterotrophic bacteria, aerobic heterotrophic spore-forming, cellulose-decomposing and phosphate-dissolving microorganisms,



fluorescent *Pseudomonas*, actinomycetes, filamentous fungi and yeasts) and enzymatic activities (FDA, dehydrogenase, catalase, urease, protease, phosphatase,  $\beta$ -glucosidase, invertase and aryl sulphatase) were studied. The soil basal respiration was measured in terms of the quantity of CO<sub>2</sub>-production. The results indicated that after the application of wastewater sludge, the soil retained its moisture content for a longer period than the free wastewater sludge control soil. Also, soil pH was maintained to be favourable for plant growth more than the control soil. In addition to exhibiting healthy growth and development, the plants also produced the greatest dry matter mass on soils with the largest proportion of sewage sludge (60–100%). The enzymatic activities in the soil samples treated with wastewater sludge were increased in soil with higher sludge doses. There was an increase in the density of the microbial population in the rye rhizosphere as the wastewater sludge dose increased.

Results demonstrated that Gram-negative bacteria were dominant in the rye plant rhizosphere and the ratio between Gram-negative and Gram-positive bacteria in the Kovárvány brown forest soil, clay loam brown forest soil and meadow chernozem soil treated with the Hódmezővásárhely and Nyíregyháza wastewater sludges were 2.106, 2.26, 2.01, 2.367, 2.35 and 3.24, respectively.

Finally, soil treatment with wastewater sludge stimulated rye plant growth, improved the biochemical and microbial properties of the rye plant rhizosphere, promoted the retention of soil moisture and raised the soil pH, which also had a favourable effect on rye plant growth. For maintaining the soil quality, the authors recommend to treat the acidic soil with a ratio of 40–60% wastewater sludge to improve the fertility of the soil.

**Key words:** monitoring, rhizosphere properties, rye plant growth, wastewater sludge

## Мониторинг роста растений ржи (*Secale cereale* L.) и свойств ризосферы, обработанной илом сточных вод в опытах моделирования

<sup>1</sup>ХОСАМ Е. А. Ф., БАЙОМИ ХАМУДА–<sup>2</sup>А. ХЕГЕДУШ

<sup>1</sup>Факультет Лёгкой промышленности и Экологической Инженерии им. Рейто Шандора Университета Обудаи, Будапешт

<sup>2</sup>Кафедра Техники, Педагогический Факультет им. Юхас Дбюла Сегедского Университета, Сегед

### Резюме

Для определения качества обработанной илом сточной воды почв необходим анализ биологических показателей. В нашем опыте мы исследовали - по сравнению с контролем - физические, химические и биологические свойства обработанной илом, происходящим из коммунальной сточной воды Ньиредьхазы и Ходмезёвашархеи (в соотношении 0:100, 80:20, 60:40, 40:60, 0:100%, почва:ил сточной воды) луговой чернозёмной почвы, «kovárvánu» бурой лесной почвы, а также сравнили плодородность обработанных и необработанных (контроль) почв в течении 63 дней выращивания растения ржи. Измеряли содержание сухого вещества растения, и изменение содержания влаги и pH почвы. Также исследовали микробиологический состав и активность энзимов ризосферы. Также определили на основе выпущенного CO<sub>2</sub> интенсивность дыхания почвы. Наши результаты показывают, что с добавлением ила сточных вод улучшилось водохозяйство почвы и увеличилась её величина pH. Кроме здорового развития и роста растений, самую большую массу сухого растительного вещества также измерили в случае образцов с большим содержанием ила сточных вод (60–100% ила сточных вод). С повышением концентрации ила сточных вод образцов значительно выросла густота разводимых микробиологических популяций в ризосфере ржи в случае грам негативных бактерий.

Соотношение грам-негативных и грам-позитивных бактерий в случае «kovárvánu» бурой лесной почвы, бурой лесной почвы с глиной и луговой чернозёмной почвы смешанной с илом сточных вод Ходмезёвашархея, а также Ньиредьхазы точно 2,11; 2,26; 2,02; 2,367; 2,35 и 3,24 было.

В целом, обработка почв илом сточных вод стимулирует развитие растений, улучшает физические, биохимические и микробиологические свойства ризосферы,

помогает сохранить влажность почвы, а также повышает показатель рН почвы, что также очень благоприятно с точки зрения развития растений. Для увеличения плодородности почвы авторы предлагают обработку 40–60%-ым илом сточных вод.

**Ключевые слова:** мониторинг, ил сточных вод, развитии растений, ризосфера

### Bevezetés

Napjaink egyik legégetőbb környezetvédelmi, környezetgazdálkodási problémája az egyre nagyobb mennyiségben keletkező hulladék, közötté a szennyvizek, szennyvíziszapok kezelésének, hasznosításának és ártalmatlanításának kérdése. A talaj az egyik fontos feltételesen megújuló természeti erőforrásunk (Várallyay 2001). A szerves trágyázás minden lehetséges módja azért is kiemelkedő jelentőségű, mert nem csupán tápanyagot juttatunk a talajba, hanem általa javul a talaj szerkezete, hasznos mikrobiológiai folyamatokat indukálunk. Napjainkban ezért is létfontosságú, hogy a termőtalajok szervesanyag megtartásának minden lehetséges módját biztosítsuk. A szennyvíziszap egyrészt környezetszennyező anyag, másrészt megfelelő körültekintéssel szerves-trágya-szerként hasznosíthatók a mezőgazdaságban.

Környezet- és talajvédelmi szempontból fontos, hogy a felhasznált szennyvíziszap ne korlátozza a biztonságos élelmiszer alapanyag előállítását.

A szennyvíziszap felhasználását a MGSZH Talajvédelmi Igazgatósága engedélyezi.

A szennyvíziszap gyarapítja a talaj szerves anyag-tartalmát, kedvezően hat a fizikai tulajdonságaira, N-, P- és mikroelem-tartalma révén hozzájárul a növények tápanyagellátásához. Az alkalmazás során nemcsak a talajra és növényzetre, hanem a talajmikroflórára gyakorolt hatást is célszerű vizsgálni. A talajban élő mikroorganizmusok mineralizálják a bejuttatott szerves anyagot, és a toxikus anyagok detoxikálásában is részt vesznek. Szennyvíziszap-kezelés hatására a talajban élő mikroorganizmusok mennyisége általában növekszik. A szennyvíziszap-kihelyezés legnagyobb veszélye az, hogy a talajban megnövekedhet a nehézfémek mennyisége, és kórokozók kerülhetnek a talajba, ezek esetleges fertőzések forrásai lehetnek (Szili-Kovács 1985).

Mezőgazdasági és erdészeti hasznosítás esetén hozzájárul a talaj szerves anyag-tartalmának növeléséhez, továbbá kedvezően hat a talajok fizikai és kémiai tulajdonságaira. Növelik a talajok vízmegkötő képességét, homoktalajokon előse-

gítik a közeg aggregációját, növelik a kationcserélő képességet (*Epstein 1974, Parr et al. 1978*).

Megfigyeléseink hasonlóak a *Rabie et al. (1997)* szennyvíziszappal kezelt lóbabnövényekkel végzett kutatási, ill. *Abdorhim et al. (2004, 2005)* szennyvíziszappal kezelt tavaszi búza és bab kísérleti eredményeihez. A növényekre kifejtett káros hatásoknál a növényfiziológiai tulajdonságok mellett a toxikus elemek típusa (*Németh et al. 1993*), a talajok fizikai, kémiai állapota, pH-ja és szervesanyag-tartalma (*Anton et al. 2004*), valamint a kihelyezési dózisok játszanak elsősorban szerepet. A talaj tápanyagforgalmát a fizikai, kémiai paraméterek, valamint a növénytakaró és a mikrobiális tevékenység mellett a szabad, még inkább az akkumulált enzimfrakciók aktivitása is meghatározza.

Vizsgálataink alátámasztják, hogy a szennyvíziszapok talajjavító anyagként való alkalmazása egyaránt hatással van a talaj C- és N-dinamikájára. A talajba visszakerülő C-mennyiség korlátozása hatással van a mikroorganizmus-populációkra és a tápelemek immobilizációjára, melyek közül a N a legfontosabb a mikrobiológiai növekedés és aktivitás fenntartása szempontjából. A szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosítása során nagy mennyiségű hasznos szerves anyag és a növények által közvetlenül felhasználható tápanyag kerül a talajba (*Uri et al. 2005, Soler Rovira et al. 1996*). A szennyvíziszap szerves anyagának lebontásában a heterotróf táplálkozású prokarióták és gombák vesznek részt. A degradáció sebessége nagyon sok tényezőtől függ. A lebontás alapvetően mikrobiológiai, biokémiai folyamatok eredménye, ezért minden tényező, amely hatást gyakorol a mikroorganizmusok szaporodására, aktivitására, valamint az enzimaktivitásokra, befolyásolja a lebontás sebességét. A szerves alkotóelemek mikrobiális mineralizációjának termékei aerob és anaerob feltételek között eltérnek. Az aerob metabolizmus fő termékei a CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O és sejtanyag, anaerob feltételek között közttermékek akkumulálódnak. Mivel az energiahasznosulás az anaerob fermentáció során kevesebb mikrobiális sejt jut a degradálódó szerves szén egységére (*Vermes 1984*).

Korábbi közleményeinkben (*Abdorhim et al. 2004, 2005, Palágyi et al. 2008, Bayoumi Hamuda et al. 2009, Bayoumi Hamuda és Ligetvári 2011*) részleteztük a talajtermékenység megőrzésének fontosságát, a szervesanyag lebontást végző talajban élő szervezetek, főként mikroorganizmusok tevékenységét és az azt befolyásoló környezeti tényezőket. Tárgyaltuk a talajban előforduló fémek, ill. nagy nehézfém-koncentrációk gátló hatását a mikroorganizmusok szaporodására és anyagcseréjére. Foglalkoztunk a talaj összetett szer-

ves P és C tartalmú anyagainak lebontásában résztvevő enzimekkel, körvonalztuk a dehidrogenáz-, proteáz- és ureázaktivitás szerepét, valamint a szabad, ill. akkumulált enzimfrakciók aktivitását.

Jelen munkánk során megvizsgáltuk az egyes szennyvíziszapok hatását a kezelt talajok fizikai-kémiai (nedvesség, pH stb.) és biológiai (szerves anyag lebontás, mikroorganizmusok előfordulása stb.) tulajdonságaira, a talaj minőségére valamint a rozs-növény fejlődésére.

### Anyag és módszer

Az 1. táblázatban a vizsgálatokban felhasznált, eltérő humusztartalmú három talajminta: a Szegedi Gabonakutató Intézet üzemi területéről származó réti csernozjom talaj (RCST), a Szent István Egyetem (Gödöllő) kísérleti területéről származó agyagbemosódásos barna erdőtalaj (AMBET), ill. a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Nyíregyházi Kutató Intézetének üzemi területéről származó kovárványos barna erdőtalaj (KBET) 0–25 cm felső rétegeből gyűjtött mintáinak, és a két települési szennyvíztisztító telepről (Hódmezővásárhely és Nyíregyháza) származó kommunális szennyvíziszapminták néhány kémiai jellemzőjét mutatjuk be. A szennyvíziszapok alapjellemzőit *Bayoumi Hamuda et al.* (2009) munkái írják le.

A légszáraz talajt a szennyvíziszappal alaposan összekevertük oly módon, hogy a kész keverék a következő tömegszázalékokban tartalmazzon szennyvíziszapot: 0% (szennyvíziszap-mentes kontrolltalaj), 20, 40, 60, valamint 100% (csak szennyvíziszap, talaj nélkül). Felületén sterilizált (*Vincent* 1970, 1981) rozs (*Secale cereale* L.) magvakat (25 db) ültettünk a fentiek szerint előkészített 3 kg vizsgált talajt tartalmazó műanyag edényekbe. Tízenöt napi csíráztatás után a fiatal növényeket 10 növény edényenkénti sűrűségűre egalizáltuk.

A talajok pH-értékeit *Pérez de Mora et al.* (2006) módszere alapján, különböző szennyvíziszap-dózisok mellett (63 nap inkubáció után) mértük. A kezeletlen és a kezelt talaj pH-értékét pedig 1:2,5 (talaj:1 mol KCl) g ml<sup>-1</sup> arányban vizsgáltuk 60 perces ráztatás után.

A kezelt és kezeletlen minták nedvességtartalmát *Brzezinska et al.* (2006) módszerét módosítva (eredetileg 105 °C helyett 28 °C inkubációs hőmérsékletet alkalmazva, mely közelít a természetes körülményekhez) határoztuk meg (a minta tömegének változását mérve 48 órás, 28 °C-on történő inkubáció után). A kiindulási talajnedvesség 60%-os volt.

1. táblázat. A vizsgálatokban felhasznált talajok és szennyvíziszapok kémiai jellemzése

Paraméterek (1)	Talajminták (2)			Szennyvíziszapok (3)	
	KBET	RCST	AMBET	NySzv	HSzv
pH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>	5,92	6,12	5,31	6,9	7,99
pH <sub>(KCl)</sub>	5,78	6,02	4,71	6,71	7,8
Száranyag-tartalom, % (4)	na	na	na	53	42,9
Szerves anyag, % (5)	na	na	na	21,7	20,4
Humusztartalom, % (6)	2,54	3,55	1,24	na	na
Összes-N, mg/kg (7)	na	na	na	7470	43 311
NO <sub>3</sub> -N, mg/kg	23	39	33	na	na
NH <sub>4</sub> -N, mg/kg	5,6	4,5	1,77	na	na
Mg, mg/kg	214	257	201	2507	11 860
Na, mg/kg	64	53	21	994	1441
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg	318	378	69,1	28 720	20 104
K <sub>2</sub> O, mg/kg	412	428	135	3171	2908
Zn, mg/kg	1,7	1,1	7,1	537	1068
Cu, mg/kg	1,4	2,4	2,3	110,4	182,3
Mn, mg/kg	55	61	53	421	351,2
Fe, mg/kg	945	1094	1187	11 308	13 610
Cd, mg/kg	1,7	1,02	1,6	2,3	4,168
Pb, mg/kg	1,3	0,96	1,1	66,9	540,7

Megjegyzés: KBET: kovárányos barna erdőtalaj (Nyíregyháza), RCST: réti csernozjom talaj (Szeged), AMBET: agyagbemosódásos barna erdőtalaj (Gödöllő), NySzv: nyíregyházi szennyvíziszap, HSzv: hódmezővásárhelyi szennyvíziszap, na: nincs adat.

Table 1. Chemical properties of the soils and wastewater sludge used in the experiment. (1) Parameters, (2) Soil samples, (3) Wastewater sludges, (4) Dry matter content, %, (5) Organic matter, %, (6) Humus content, %, (7) Total N, mg kg<sup>-1</sup>. Note: KBET: Kovárány brown forest soil (Nyíregyháza), RCST: Meadow chernozem soil (Szeged), AMBET: Clay loam brown forest soil (Gödöllő), NySzv: Wastewater sludge from Nyíregyháza, HSzv: Wastewater from Hódmezővásárhely, na: no data available.

A növények relatív száraz tömegét (NRSzT) 63 napig tartó nevelést követően (állandó kb. 60%-os talajnedvesség mellett) határoztuk meg (75 °C hőmérsékleten, szárítószekrényben, tömegállandóságig szárítva).

A CO<sub>2</sub>-kibocsátás meghatározása (talajlégzés): A CO<sub>2</sub>-kibocsátás méréséhez 0,5 kg szennyvíziszappal kezelt talajt töltöttünk 2 l-es üvegedényekbe és a

talaj közepébe 50 ml 1,0 mol NaOH-oldatot tartalmazó műanyag csövet helyeztünk a fejlődő CO<sub>2</sub> megkötésére, majd az edényeket szorosan lezártuk. A NaOH-oldatot 1 mol HCl-oldattal titráltuk és kiszámítottuk a talaj légzése során felszabadult CO<sub>2</sub> térfogatát (Wardle és Parkinson 1991, Fernandes et al. 2005).

*Az enzimaktivitás:* Az FDA aktivitás mérésére a Zelles et al. (1991) által kidolgozott, Schnürer és Rosswall (1982) által módosított módszert alkalmaztuk. A fluoreszcein-koncentrációt (µg hidrolizáló fluoreszcein·g<sup>-1</sup> száraz talaj·h<sup>-1</sup>), spektrofotométer (490 nm) segítségével határoztuk meg. A dehidrogenáz-aktivitást (µg INTF·g<sup>-1</sup> száraz talaj) García et al. (1997) módszere alapján mértük. A katalázaktivitás (µmol O<sub>2</sub>·perc<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup> száraz talaj) mérése a káliumpermanganátos oxigénfogyasztás révén történt, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hozzáadását követően (Tabatabai és Bremner 1970). Az ureáz- és proteázaktivitás (µmol NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N·g<sup>-1</sup> száraz talaj·h<sup>-1</sup>) mérése Nannipieri et al. (1980); a foszfátázaktivitás (µmol p-nitro-fenol (PNP)·g<sup>-1</sup> száraz talaj·h<sup>-1</sup>) Tabatabai és Bremner (1969); a β-glükozidáz-aktivitás (µmol p-nitrofenol·g<sup>-1</sup> száraz talaj·h<sup>-1</sup>) meghatározása a Masciandaro et al. (1994) által leírt módszerrel történt. Az invertázaktivitást a Siegenthaler-féle (1977) módszerrel mértük, amelynek során p-nitrofenil-β-D-glukopiranozid-ot (Fluka, Buchs, Svájc) alkalmaztunk. A p-nitrofenol, tris puffert (pH=9,5) tartalmazó oldat hozzáadása után – a kémhatásváltozás következtében – nitrofenolát-anionná alakul, mely spektrofotométerrel mérhető. A 400 nm-nél mért extinkciós értéket 21,64-gyel szorozva invertáz számban kapjuk az eredményt. Az aril-szulfatáz-aktivitást (µmol p-nitrofenol g<sup>-1</sup> száraz talaj·h<sup>-1</sup>) Tabatabai és Bremner (1970) szerint határoztuk meg (a talaj PNP-szulfáttal való inkubációja után mértük a p-fenol abszorpcióját 400 nm-en).

*Talaj-mikroorganizmusok előfordulása:* Táplemezes módszerrel meghatároztuk az aerob baktériumok, aerob spóráképző baktériumok, sugárgombák, fonalas gombák, élesztők, cellulózbontók és foszfátoldók teljes csíraszámát a rizoszférában. A növényekről leválasztott gyökereket folyó csapvízben mostuk a rátapadó talajszemcsék eltávolításáért, melyet 0,85%-os NaCl-oldattal történő újabb mosás követett. A gyökerekből 10 g mennyiséget felaprítottunk, majd 90 ml steril fiziológiás sóoldatba helyeztük. A szuszpenzióból steril csapvízzel hígítási sort készítettünk. A rizoszférában előforduló összes-mikrobaszámot, a spóráképzőket, a sugárgombák és a mikroszkopikus gombák számát szelektív táplemezek felhasználásával határoztuk meg (Szegi 1979). Ennek során a mintákból 1 ml-jével szélesztettünk King-B, Nutrient, Nutrient+kristályibolya, Nutrient+ciklohexidin (100 µg<sup>-1</sup> ml), EMB, tripton-glükóz-élesztőkivonat, Martin



Bengálrózsa (*Martin* 1950), malátakivonat, PDA, Jensen, Küster-Williams, Actinomycetes (DIFCO), Trichoderma szelektív agaros táptalajon. A mikroorganizmusokat 28 °C-on inkubáltuk (a baktériumokat 48 órán keresztül, a sugárgombákat, fonalas gombákat és az élesztőket pedig 3–5 napig) a fent említett táptalajokon. Az izolált és szeparált mikrobatelepeket morfológiai sajátosságaik (szín, alak, megjelenés, telepméret) szerint osztályoztuk, figyelembe véve a telepek morfortípusát és spóráképzését. Minden morfortípusból kiválasztottunk egy reprezentatív telepet, melyet tovább tisztítottunk, majd azonosításnak vettünk alá. A különböző genusokhoz tartozó tenyésztendő aerob heterotróf baktérium-izolátumokat a telepek és sejtek morfológiája, a Gram-festődés, spóra-festődés, oxidáz- és kataláz-reakciók, a glükóz oxidálása és fermentálása, valamint a mozgás és a pigmentáció alapján vizsgáltuk.

A mikroorganizmusok meghatározását a rizoszférában *Nautiyal* és *Dion* (1990) módszerének megfelelően – a *Pseudomonas*-ok meghatározását pedig *Lloyd-Jones et al.* (2005) módszerével – végeztük. Az általunk meghatározott baktériumokat a BBL Crisystal™ módszer, valamint *Holt et al.* (1994) szerint ellenőriztük. A fonalas gombatorzseket pedig a makro- és mikro-morfológiai sajátosságok szerint határoztuk meg *Domsch et al.* (1980) tanulmányai alapján. A telepek sajátosságait (micélium stb.) a makromorfológiai meghatározás írja le, míg a mikromorfológiai jellemzőket a mikroszkopikus sajátosságok alapján azonosítottuk (*Bánhegyi et al.* 1985). Az élesztőket az „API 20C of AUX bio-Merieux” rendszer, valamint *Deák* (1998) módszerének segítségével határoztuk meg.

A foszfát (ásványi) oldásának vizsgálata *Goldstein* (1986) által leírtak alapján történt. Dikalcium-foszfát agarlemezeket inokuláltunk, így a telepek körül tiszta gyűrűt produkáló törzsek a foszfátoldók.

A cellulózbontók meghatározására *Hendricks et al.* (1995) módszerével cellulóz agarlemezeket oltottunk kétféle táptalaj (PDA: gombák és Nutrient agar: baktériumok) felhasználásával, melyek tartalmazták a karboximetil-cellulóz kongó-vörös (CMC-Kongó-vörös) szubsztrátumot. Az enzimtermelés a sósav hatására megállt, így a telepek körül ibolyakék gyűrűt produkáló törzsek a cellulózbontók.

A kísérletet véletlenszerű blokk elrendezésben, három párhuzamos vizsgálatban, három ismétléssel állítottuk be. Az eredményeket a relatív növénynövekedés (%) esetében a kezeltlen (0% szennyvíziszap-tartalom) kontrolltalajon termelt növények növekedéséhez viszonyítottuk. A kezelések közötti

statisztikailag igazolható eltérések kiszámításához egyszeres osztályozásra épülő varianciaanalízist használtunk. A szignifikáns eltrést  $P < 0,05$  szinten számítottuk ki.

### Eredmények

Vizsgálataink eredményei több mint 20%-os növekedést mutattak a megfigyelt paraméterekben (pH és nedvesség-tartalom), miután szennyvíziszappal kezeltük a talajmintákat. Savanyú talajok esetében a szennyvíziszappal kezelt mintáknál nőtt a pH-érték, valamint a nedvességtartalom is hosszabb ideig fennmaradt, mint a kontroll esetében (2. táblázat).

A szennyvíziszapok talajhoz történő adagolása szignifikánsan növelte a növényi szárazanyag-tartalmat (3. táblázat) mindegyik minta esetében. A növények növekedése és fejlődése gyorsabb és egészségesebb volt, különösen a 60%-os szennyvíziszapot tartalmazó agyagbemosódásos barna erdőtalaj (hódmezővásárhelyi szennyvíziszap) és réti csernojom talaj (nyíregyházi szennyvíziszap) esetében. A növények teljes biomassza tömege arányosan nőtt a talajhoz adagolt szennyvíziszap-dózis emelésével, azonban növekedést a kontroll (100% szennyvíziszap, ill. 100% kezeletlen talaj) esetében már nem tapasztaltuk. A növények növekedése és tápanyagszükséglete, a morfológiai jellemzők alapján, a vegetációs periódus alatt egyenletes volt. Kedvezőtlen tüneteket nem figyeltünk meg sem a kontrollnövényeken, sem a szennyvíziszapkezelte talajról származó növényeknél. Az összes növény morfológiai karaktere (levelek: alak, szín és méret) normális és egészséges volt.

A maximális rozs-növény szárazanyag-tömeget a 60:40% szennyvíziszap: talaj keveréke mellett tapasztaltuk. A nyíregyházi szennyvíziszappal kezelt kovárványos barna erdőtalaj esetében nem figyeltünk meg jelentős statisztikai különbséget a rozs relatív száraztömegében. Az eredmények szerint a lúgos kémhatású szennyvíziszap alkalmazása növeli a savas talajok pH-ját, ami kedvez a rozs-növények növekedésének, valamint csökkenti, vagy gátolja a nehézfémek káros hatását.

A talajból felszabaduló  $\text{CO}_2$ -mennyiség alapján meghatározható a mikrobiális aktivitás mértéke. Vizsgálataink során a talajlégzés értéke a kontrollhoz (0% szennyvíziszap) képest szignifikánsan növekedett a szennyvíziszap-dózis emelésével. A 4. táblázat a mikroszervezetek anyagcseréje során felszabadult  $\text{CO}_2$ -mennyiséget mutatja be a réti csernojom talaj és kovárványos barna erdőtalajban.

Az ilyen légzés mértéke értékes információkkal szolgálhat a talaj-mikroszer-  
vezetek megnövekedett anyagcsere-aktivitásáról. Általánosan a nyíregyházi  
szennyvíziszappal kezelt talajok CO<sub>2</sub>-kibocsátása intenzívebbnek bizonyult a  
hódmezővásárhelyi szennyvíziszappal kezeltéknél. A legnagyobb mértékű CO<sub>2</sub>-  
kibocsátást a kovárványos barna erdőtalaj tartamkísérlet talajában tapasztaltuk.

2. táblázat. *A talaj pH értékének változása szennyvíziszap-kezelés, ill.,  
nedvességtartalmának alakulása 48 órás 28 °C-on történő inkubálást követően  
(60% kiindulási nedvességtartalom mellett)*

Szennyvíz- iszap (1)	Talajtípus (2)	Szennyvíziszap-kezelés (%) (3)				
		Kontroll (4)	20	40	60	100
A talaj pH <sub>(KCl)</sub> értékek változása (5)						
HSzv	RCST	6,02	6,28	6,44*	6,57*	
	KBET	5,78	6,08	6,25	6,39*	7,8*
	AMBET	4,72	5,03	5,27*	5,49*	
NySzv	RCST	6,02	6,19	6,28*	6,41*	
	KBET	5,78	6,08*	6,16*	6,27*	6,71*
	AMBET	4,72	4,96	5,13*	5,34*	
A talaj nedvességtartalmának változása (6)						
HSzv	RCST	12,3	14,5	22,4*	25,3*	36,2*
	KBET	9,4	10,3	19,7*	25,4*	36,2*
	AMBET	8,7	15,3	21,9	28,1	43,1*
NySzv	RCST	12,3	19,2	25,1*	33,2*	43,1*
	KBET	9,4	11,2	17,6	28,3*	43,1*
	AMBET	8,7	12,4	20,1	25,5	36,2*

Megjegyzés: Szennyvíziszap (1) és talajminták (2) jelölése: lásd 1. táblázat, a \*-gal jelölt értékek a kontrollhoz viszonyított szignifikáns különbséget (P<0,05) jelölik.

Table 2. Changes in soil pH values and in the moisture content after wastewater sludge application and incubation at 28 °C for 48 h with initial moisture content 60%. (1) Wastewater sludge, (2) Soil type, (3) Wastewater sludge rate, %, (4) Control, (5) Changes in soil pH(KCl) values, (6) Changes in soil moisture content. Note: For wastewater sludge (1) and soil sample (2) codes see Table 1. Values designated with an asterisk were significantly different from the control (0% sewage sludge content) at the P<0.05 level.

3. táblázat. Az eltérő arányú szennyvíziszappal kezelt talajon termesztett rozs relatív szárazanyag-tartalma (%)

Szennyvíz- iszap (1)	Talajtípus (2)	Szennyvíziszap-kezelés (%)				
		Kontroll (4)	20	40	60	100
HSzv	RCST	100	135,5	174,5*	235,1*	128,4*
	KBET	100	127,9	164,1*	229,9*	179,2*
	AMBET	100	106,4	149,8*	238,6*	141,2*
NySzv	RCST	100	139,4	197,6*	276,6*	146,8*
	KBET	100	133,1	187,3*	266,5*	169,2*
	AMBET	100	125,1	177,4*	231,1*	142,8*

Megjegyzés: Szennyvíziszap (1) és talajminták (2) jelölése: lásd 1. táblázat, a \*-gal jelölt értékek a kontrollhoz viszonyított szignifikáns különbséget ( $P < 0,05$ ) jelölik.

Table 3. Relative dry matter content (%) of rye plant grown on soil treated with wastewater sludge. (1) Wastewater sludge, (2) Soil type, (3) Wastewater sludge rate, %, (4) Control. Note: For wastewater sludge (1) and soil sample (2) codes see Table 1. Values designated with an asterisk were significantly different from the control (0% sewage sludge content) at the  $P < 0.05$  level.

4. táblázat. A szennyvíziszap-kezelés (%) hatása a talajlégzésre ( $CO_2$ -kibocsátás, mg C·100 g<sup>-1</sup> talajban)

Szennyvíz- iszap (1)	Talajtípus (2)	Szennyvíziszap-kezelés (%)				
		Kontroll (4)	20	40	60	100
HSzv	RCST	157,6	264,9	308,1*	546,2*	761,6*
	KBET	149,5	287,3	453,5*	639,1*	822,6*
	AMBET	141,3	239,8	373,1*	492,6*	630,1*
NySzv	RCST	157,6	306,3	464,7*	556,4*	776,8*
	KBET	149,5	320,1	452,8*	581,4*	804,7*
	AMBET	141,3	252,4	308,5*	433,6*	665,4*

Megjegyzés: Szennyvíziszap (1) és talajminták (2) jelölése: lásd 1. táblázat, a \*-gal jelölt értékek a kontrollhoz viszonyított szignifikáns különbséget ( $P < 0,05$ ) jelölik.

Table 4. Effect of wastewater sludge treatment (%) on soil respiration ( $CO_2$  emission, expressed as mg C·100 g<sup>-1</sup> soil). (1) Wastewater sludge, (2) Soil type, (3) Wastewater sludge rate, %, (4) Control. Note: For wastewater sludge (1) and soil sample (2) codes see Table 1. Values designated with an asterisk were significantly different from the control (0% sewage sludge content) at the  $P < 0.05$  level.

A talaj ún. összes enzimaktivitásának meghatározására a fluoreszcein-diacetát (FDA) hidrolízisének spektrofotometriai mérését használtuk, melynek eredményeit az 5. táblázat mutatja be. A legnagyobb FDA aktivitást a RCST talajban regisztráltuk. A szennyvíziszap:talaj keverékkel előállított mintákban 60:40%-tól 100:0%-ig az FDA aktivitás minden kezelésnél pozitív szignifikanciát mutatott. Az eredmények bizonyítják, hogy az FDA hidrolízis során termelődött fluoreszcein mennyisége (spektrofotométeres mérés) egyenes arányban van a mikroba-szaporodás mértékével, valamint az FDA hidrolitikus aktivitása a talajlégzéssel is szoros korrelációt mutat. Ezek szerint a vizsgált modellkísérlet szerves anyag-forgalmát a teljes mikrobiális aktivitás döntően befolyásolja és meghatározza.

5. táblázat. A relatív FDA aktivitás mértéke szennyvíziszappal kezelt talajokban (g száraz talaj·100 ml<sup>-1</sup> Na-foszfát (60 mM) puffer, pH 7,6)

Szennyvíz- iszap (1)	Talajtípus (2)	Szennyvíziszap-kezelés (%)				
		Kontroll (4)	20	40	60	100
HSzv	RCST	100	148	243*	323*	419*
	KBET	100	138	179*	234*	397*
	AMBET	100	135	167*	225*	341*
NySzv	RCST	100	164	255*	345*	468*
	KBET	100	142	184*	265*	399*
	AMBET	100	141	172*	232*	367*

Megjegyzés: Szennyvíziszap (1) és talajminták (2) jelölése: lásd 1. táblázat, a \*-gal jelölt értékek a kontrollhoz viszonyított szignifikáns különbséget (P < 0,05) jelölik.

Table 5. Relative activity of FDA in soils treated with wastewater sludge (g dry soil 100 ml<sup>-1</sup> Na phosphate (60 mM) buffer, pH 7.6) . (1) Wastewater sludge, (2) Soil type, (3) Wastewater sludge rate, %, (4) Control. Note: For wastewater sludge (1) and soil sample (2) codes see Table 1. Values designated with an asterisk were significantly different from the control (0% sewage sludge content) at the P<0.05 level.

A dehidrogenáz-aktivitás mérésének eredményei szintén ezt igazolják. Kísérleteinkben a szennyvíziszap-kezelt talajok esetében mért enzimaktivitás kétszeresen felülmúlta a kontrollminták értékeit. Ugyancsak növekvő tendenciát tapasztaltunk az FDA aktivitást illetően, miután növeltük a talajhoz kevert szennyvíziszap mennyiségét. A szennyvíziszap-adagolás hatására kialakuló

egyensúlyváltozások nemcsak a talaj mikroba-populációjában, hanem a vizsgált talajenzimek aktivitásában, a talajlégzésben, valamint az FDA aktivitásban okoztak szignifikáns növekedést (5. táblázat). A szennyvíziszap jelenlétében a mikrobiális aktivitás és a populáció nagyságának mértéke érzékenyebben jelzi a talaj minőségi állapotát. A talaj dehidrogenáz-aktivitás a talajmikrobióta teljes oxidatív aktivitására utal, ezért jó indikátora lehet a mikrobiológiai aktivitás mértékének. A szennyvíziszap-adagolás minden kezelés esetében növelte a dehidrogenáz-aktivitást, valamint a kataláz-aktivitást (6. táblázat).

6. táblázat. *Enzimaktivitások változása a rozs rizoszférájában szennyvíziszappal való kezelés hatására*

Talajenzimek (1)	Szennyvíziszap-kezelés (%)				
	Kontroll (3)	20	40	60	100
Hódmezővásárhelyi szennyvíziszap – réti csernozjom talaj (4)					
a) Dehidrogenáz, $\mu\text{g INTF}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj	121	210	334	467	212
b) Kataláz, $\mu\text{mol O}_2\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj	1,3	2,1	2,8	3,3	2,7
c) Ureáz, $\mu\text{mol NH}_4\text{-N}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	1,6	1,8	2,1	2,8	3,6
d) Proteáz, $\mu\text{mol NH}_4\text{-N}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	1,3	1,7	2,9	3,8	4,9
e) Foszfátáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	71	102	178	267	393
f) $\beta$ -glükózidáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	124	147	181	229	264
g) Invertáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	38	49	68	81	63
h) Aril-szulfatáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	64	77	91	129	201
Hódmezővásárhelyi szennyvíziszap – kovárányos barna erdőtalaj (5)					
a) Dehidrogenáz, $\mu\text{g INTF}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj	112	197	317	411	201
b) Kataláz, $\mu\text{mol O}_2\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj	1,3	1,8	2,4	3,5	2,8
c) Ureáz, $\mu\text{mol NH}_4\text{-N}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	1,7	1,9	2,3	2,7	3,6
d) Proteáz, $\mu\text{mol NH}_4\text{-N}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	1,2	1,8	2,8	4,3	5,4
e) Foszfátáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	67	98	159	234	414
f) $\beta$ -glükózidáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	131	163	208	269	361
g) Invertáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	39	49	65	87	54
h) Aril-szulfatáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	61	83	96	144	194

A 6. táblázat folytatása a következő oldalon...

A 6. táblázat folytatása...

Talajenzimek (1)	Szennyvíziszap-kezelés (%) (2)				
	Kontroll (3)	20	40	60	100
Hódmezővásárhelyi szennyvíziszap - agyagbemosódásos barna erdőtalajt (6)					
a) Dehidrogenáz, $\mu\text{g INTF}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj	104	164	247	376	167
b) Kataláz, $\mu\text{mol O}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj	1,2	1,8	2,3	2,7	2,5
c) Ureáz, $\mu\text{mol NH}_4\text{-N}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	1,4	1,6	1,9	2,5	3,2
d) Proteáz, $\mu\text{mol NH}_4\text{-N}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	1,1	1,5	2,2	3,3	4,3
e) Foszfátáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	62	77	109	162	304
f) $\beta$ -glükózidáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	117	139	173	220	243
g) Invertáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	33	42	58	77	57
h) Aril-szulfatáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	57	70	86	121	178
Nyíregyházi szennyvíziszap - réti csernojom talaj (7)					
a) Dehidrogenáz, $\mu\text{g INTF}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj	121	212	336	479	203
b) Kataláz, $\mu\text{mol O}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj	1,3	2,1	2,6	3,3	3,1
c) Ureáz, $\mu\text{mol NH}_4\text{-N}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	1,6	1,9	2,2	2,8	3,7
d) Proteáz, $\mu\text{mol NH}_4\text{-N}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	1,3	1,8	3,4	4,5	5,6
e) Foszfátáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	71	99	157	241	368
f) $\beta$ -glükózidáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	124	201	252	314	345
g) Invertáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	41	54	69	87	56
h) Aril-szulfatáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	64	99	113	184	254
Nyíregyházi szennyvíziszap - kovárványos barna erdőtalaj (8)					
a) Dehidrogenáz, $\mu\text{g INTF}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj	112	213	341	457	193
b) Kataláz, $\mu\text{mol O}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj	1,3	1,9	2,5	3,1	3,3
c) Ureáz, $\mu\text{mol NH}_4\text{-N}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	1,7	2,1	2,4	2,9	4,2
d) Proteáz, $\mu\text{mol NH}_4\text{-N}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	1,2	1,9	3,2	4,4	5,8
e) Foszfátáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	67	87	143	221	371
f) $\beta$ -glükózidáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	131	206	274	356	451
g) Invertáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	32	44	65	81	62
h) Aril-szulfatáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	61	87	111	177	245

A 6. táblázat folytatás a következő oldalon...



A 6. táblázat folytatása...

Talajenzimek (1)	Szennyvíziszap-kezelés (%) (2)				
	Kontroll (3)	20	40	60	100
Nyíregyházi szennyvíziszap - agyagbemosódásos barna erdőtalajt (9)					
a) Dehidrogenáz, $\mu\text{g INTF}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj	104	184	329	406	171
b) Kataláz, $\mu\text{mol O}_2\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj	1,2	1,8	2,2	2,8	2,9
c) Ureáz, $\mu\text{mol NH}_4\text{-N}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	1,4	1,6	2,1	2,7	3,6
d) Proteáz, $\mu\text{mol NH}_4\text{-N}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	1,1	1,5	2,3	3,1	4,5
e) Foszfátáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	62	73	103	147	251
f) $\beta$ -glükózidáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	117	152	208	281	306
g) Invertáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	35	43	57	79	54
h) Aril-szulfatáz, $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{g}^{-1}$ talaj $\cdot\text{h}^{-1}$	57	71	106	161	223

Table 6. Changes in enzyme activities in the rye plant rhizosphere after treatment with wastewater sludge (%). (1) Soil enzymes, (2) Wastewater sludge rate, %, (3) Control, (4) Wastewater sludge from Hódmezővásárhely - meadow chernozem soil, (5) Wastewater sludge from Hódmezővásárhely - kovárvány brown forest soil, (6) Wastewater sludge from Hódmezővásárhely - clay loam, (7) Wastewater sludge from Nyíregyháza - meadow chernozem soil, (8) Wastewater sludge from Nyíregyháza - kovárvány brown forest soil, (9) Wastewater sludge from Nyíregyháza - clay loam brown forest soil soil, a) Dehydrogenase, b) Catalase, c) Urease, d) Protease, e) Phosphatase, f)  $\beta$ -glucosidase, g) Invertase, h) Aryl sulphatase.

A legnagyobb mértékű enzimaktivitást (ureáz, proteáz, foszfátáz,  $\beta$ -glükózidáz és aril-szulfatáz) minden talajtípus esetében a 100:0% (szennyvíziszap:talaj) szennyvíziszap-dózis jelenlétében tapasztaltuk. A nagyobb enzimaktivitás a megnőtt mikrobiális aktivitással magyarázható, amit a szennyvíziszap magas tápanyag- és szervesanyag-tartalma idéz elő. A proteáz-aktivitás (6. táblázat) értéke 63 nap inkubációs idő elteltével jelentősen megnőtt. A növények jelentős növekedését és fejlődését az alkalmazott szennyvíziszap, illetve a gyökér-exudátumok idézték elő, melyek növelték a talaj/szennyvíziszap keverékben jelenlévő nitrogén felvehetőségét, ami magyarázatot ad a proteáz-aktivitási értékek szignifikáns növekedésére is. Minél több szerves anyagot tartalmaz a kérdéses szennyvíziszap, az enzim annál inkább ellenáll - szerves anyaggal történő komplexképződés miatt - a denaturációnak. A növény rizoszférájában a maximális proteáz-aktivitást a nyíregyházi szennyvíziszappal és kovárványos ill. réti csernozjom talajok 100:0%-os keverékével történt kezelés esetében tapasztaltuk. A pro-

teáz-aktivitás értékei nem mutattak szignifikáns különbséget a két vizsgált szennyvíziszap függvényében. A kovárványos barna erdőtalajban nevelt rozs-növény rizoszférájában nagyobb enzimaktivitást tapasztaltunk, mint a réti csernozjom talaj és agyagbemosódásos barna erdőtalaj esetében. A nyíregyházi szennyvíziszappal kevert kovárványos barna erdőtalajon nevelt rozs rizoszférájában az enzimaktivitás értéke szintén nagyobb volt, mint a másik vizsgált talajban.

A hódmezővásárhelyi szennyvíziszappal kezelt, különböző talajtípusokban nevelt rozs-növény rizoszférájában az ureáz-aktivitás, valamint foszfatáz-aktivitás értékei a proteáz-aktivitáséhoz hasonlóan alakultak. A legnagyobb enzim-aktivitást a 100:0%-os (szennyvíziszap:talaj) keverék alkalmazásával beállított modellkísérletben tapasztaltuk. A két különböző szennyvíziszappal kezelt, különböző talajtípusokban nevelt rozs (6. táblázat) rizoszférájában a foszfatáz-aktivitás értékei a proteáz-, illetve az ureáz-aktivitás mérési eredményeihez hasonlóan alakultak. A rozs-növény esetében a legnagyobb enzimaktivitást (dehidrogenáz, kataláz és invertáz) a 60:40%-os (szennyvíziszap:talaj) keverék alkalmazása során mértük. A  $\beta$ -glükózidáz-aktivitás a szerves anyag állapotára, illetve a benne lejátszódó folyamatokra utal. Ez az aktivitási érték a rozs-növényekkel (6. táblázat) beállított kísérletek során a kontrolltalajokban volt a legalacsonyabb. Az alkalmazott szennyvíziszap-adagok hatására megnövekedő enzim-aktivitást valószínűleg a nagy szervesanyag-tartalom és a szervesanyag-lebontásra való érzékenység okozta.

A kísérlet során, a szennyvíziszap-kezelt talajokon nevelt növény pozitív hatással volt a  $\beta$ -glükózidáz enzim szintézisére. A legnagyobb értékeket – nyilvánvalóan a szerves anyag lebomlása következtében – a szennyvíziszappal kezelt talajban mértük. A különböző talajtípusokban nevelt, két különböző szennyvíziszappal kezelt rozs-növény (6. táblázat) rizoszférájában az aril-szulfatáz-aktivitás értékei a proteáz-, illetve az ureáz-aktivitás mérési eredményeihez hasonlóak.

*A mikroba-populációk összetételét, az összes aerob heterotróf baktérium, az aerob spóráképző baktérium, a sugárgomba és gomba csíraszámát a rozs rizoszférájában 63 napos növénynevelést követően határoztuk meg (7. táblázat).*

A különböző mikrobacsoportok populációja szignifikánsan nőtt a 20%-os szennyvíziszap talajhoz történő adagolása esetén. Ez azt támasztja alá, hogy a megnövekedett mikroba-populációk képesek a szennyvíziszapban található nagy mennyiségű szerves anyagot és szenet is energiaforrásként hasznosítani.

Következésképpen, a szennyvíziszap serkentőleg hat a talaj általános mikrobiális aktivitására és néhány speciális mikrobacsoportra. A rozs-növény-talaj-szennyvíziszap modellkísérlet során 1254 baktériumtörzset izoláltunk. Megállapítható, hogy a baktériumpopulációk a szennyvíziszappal kezelt talajok esetében a felhasznált szennyvíziszap mennyiségének emelésével szignifikánsan növekedtek (7. táblázat). A baktérium csíraszám a szennyvíziszap-talaj-növény rendszertől függően 4-14-szer nagyobb volt a kontrollhoz képest. A legnagyobb baktérium csíraszámot a nyíregyházi szennyvíziszappal kevert barna erdőtalaj esetében tapasztaltuk.

7. táblázat. A mikrobiális populációk denzitása a rozs rizoszférajában a talaj szennyvíziszappal (%) való kezelését követően

Mikrobiális csoport (1)	Szennyvíziszap-kezelés (%) (2)				
	Kontroll (3)	20	40	60	100
Hódmezővásárhelyi szennyvíziszap - réti csernozjom talaj (4)					
a) Aerob baktérium csíraszám ( $10^6$ )	76	184	264	343	564
b) Aerob spóráképző baktériumok ( $10^5$ )	8,4	13,1	16,7	21,7	32,3
c) Aktinomicéták ( $10^6$ )	1,3	3,7	4,7	5,3	7,2
d) Fonális gombák ( $10^4$ )	4,3	6,7	8,7	12,4	19,7
e) Élesztők ( $10^5$ )	1,4	1,6	2,2	2,5	2,8
f) Cellulóz-bontók ( $10^5$ )	6,9	10,4	16,3	18,6	25,3
g) Foszfátoldók ( $10^5$ )	5,5	11,9	13,8	15,2	22,4
Hódmezővásárhelyi szennyvíziszap - kovárványos barna erdőtalaj (5)					
a) Aerob baktérium csíraszám ( $10^6$ )	66	102	211	436	612
b) Aerob spóráképző baktériumok ( $10^5$ )	5,4	9,4	18,3	22,8	36,7
c) Aktinomicéták ( $10^6$ )	1,5	2,6	4,2	5,3	5,5
d) Fonális gombák ( $10^4$ )	2,1	5,7	10,1	15,2	25,7
e) Élesztők ( $10^5$ )	1,6	1,8	2,6	2,9	3,1
f) Cellulóz-bontók ( $10^5$ )	8,9	13,4	16,9	19,4	27,3
g) Foszfátoldók ( $10^5$ )	6,8	12,7	15,6	17,3	26,6

A 7. táblázat folytatás a következő oldalon...

A 7. táblázat folytatása...

Mikrobiális csoport (1)	Szennyvíziszap-kezelés (%)				
	(2)				
	Kontroll (3)	20	40	60	100
Hódmezővásárhelyi szennyvíziszap – agyagbemosódásos barna erdőtalajt (6)					
a) Aerob baktérium csíraszám ( $10^6$ )	72	109	191	247	437
b) Aerob spóráképző baktériumok ( $10^3$ )	5,7	8,7	12,9	16,3	27,6
c) Aktinomicéták ( $10^6$ )	1,1	2,1	3,6	4,6	6,3
d) Fonalas gombák ( $10^3$ )	5,2	9,1	13,4	18,2	25,3
e) Élesztők ( $10^3$ )	1,6	2,1	2,6	3,3	3,6
f) Cellulóz-bontók ( $10^3$ )	2,3	5,6	10,3	14,5	23,7
g) Foszfátoldók ( $10^2$ )	1,4	3,9	7,7	14,9	23,8
Nyíregyházi szennyvíziszap – réti csernojom talaj (7)					
a) Aerob baktérium csíraszám ( $10^6$ )	76	143	219	287	511
b) Aerob spóráképző baktériumok ( $10^3$ )	8,4	10,3	14,1	17,3	23,1
c) Aktinomicéták ( $10^6$ )	1,3	1,9	3,3	6,1	14,1
d) Fonalas gombák ( $10^3$ )	4,3	5,2	8,1	13,1	19,3
e) Élesztők ( $10^3$ )	1,5	2,1	2,7	3,1	3,9
f) Cellulóz-bontók ( $10^3$ )	6,7	11,9	18,6	21,3	30,1
g) Foszfátoldók ( $10^2$ )	6,8	9,3	13,7	15,3	25,4
Nyíregyházi szennyvíziszap – kovárányos barna erdőtalaj (8)					
a) Aerob baktérium csíraszám ( $10^6$ )	66	114	225	314	584
b) Aerob spóráképző baktériumok ( $10^3$ )	5,4	9,6	14,9	18,8	26,8
c) Aktinomicéták ( $10^6$ )	1,5	2,7	5,1	9,1	17,5
d) Fonalas gombák ( $10^3$ )	2,1	4,4	8,7	15,2	27,4
e) Élesztők ( $10^3$ )	1,6	2,2	2,8	3,2	3,7
f) Cellulóz-bontók ( $10^3$ )	8,9	13,4	18,9	23,8	33,2
g) Foszfátoldók ( $10^2$ )	6,8	11,3	18,5	19,1	26,4

A 7. táblázat folytatás a következő oldalon...

A 7. táblázat folytatása...

Mikrobiális csoport (1)	Szennyvíziszap-kezelés (%)				
	(2)				
	Kontroll (3)	20	40	60	100
Nyíregyházi szennyvíziszap - agyagbemosódásos barna erdőtalajt (9)					
a) Aerob baktérium csíraszám ( $10^6$ )	72	92	157	267	499
b) Aerob spóráképző baktériumok ( $10^3$ )	5,7	7,3	10,6	14,4	18,1
c) Aktinomicéták ( $10^6$ )	1,1	1,8	2,8	5,2	12,7
d) Fonals gombák ( $10^3$ )	5,2	6,2	9,1	14,9	20,7
e) Élesztők ( $10^3$ )	1,4	1,9	2,5	2,8	3,4
f) Cellulóz-bontók ( $10^3$ )	1,5	4,7	5,9	8,1	19,1
g) Foszfátoldók ( $10^3$ )	1,7	3,3	6,9	13,3	24,2

Table 7. Densities of microbial populations in the rye plant rhizosphere treated with wastewater sludge (%). (1) Microbial group, (2) Wastewater sludge rate, %, (3) Control, (4) Wastewater sludge from Hódmezővásárhely - meadow chernozem soil, (5) Wastewater sludge from Hódmezővásárhely - kovárvány brown forest soil, (6) Wastewater sludge from Hódmezővásárhely - clay loam brown forest soil soil, (7) Wastewater sludge from Nyíregyháza - meadow chernozem soil, (8) Wastewater sludge from Nyíregyháza - kovárvány brown forest soil, (9) Wastewater sludge from Nyíregyháza - clay loam brown forest soil soil, a) Aerobic bacteria, b) Aerobic spore-forming bacteria, c) Actinomycetes, d) Filamentous fungi, e) Yeasts, f) Cellulose-decomposers, g) Phosphate-dissolvers.

A leggyakoribb izolátumok a következő genusokhoz tartoztak: *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Brevundimonas*, *Burkholderia*, *Cellulomonas*, *Chromobacterium*, *Chryseobacterium*, *Corynebacterium*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Stenotrophomonas*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Streptomyces* és *Zooglea*. Nem találtuk viszont az *Aeromonas*, *Citrobacter*, *Listeria*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio* és *Yersinia* képviselőit. Az aerob spóráképző baktériumok csíraszámát a szennyvíziszap-talaj-növény modellkísérletben a kontrollhoz képest 3–7-szer nagyobb mennyiségű volt. A legnagyobb aerob spóráképző baktérium csíraszámát a hódmezővásárhelyi szennyvíziszappal kevert réti csernozjom talajtípusból izoláltuk. A szennyvíziszap-kezelések - a kezeletlen talajokéhoz képest - növelték a sugárgombák populációját. A sugárgombák csíraszámát a kontrollhoz képest a szennyvíziszap-talaj-növény modellkísérletben 2–22-szer magasabb volt. A legnagyobb csíraszámát a nyíregyházi szenny-

víziszappal kevert barna erdőtalajban észleltük. A különböző szennyvíziszap/talaj keverékekben domináns izolátumok a *Streptomyces* genushoz tartoztak. A gombapopulációk mindegyik szennyvíziszap/talaj keverékben nagymértékben eltértek a kontrollhoz képest. A gombák csíraszámát a szennyvíziszap-talaj-növény ökoszisztémától függően a kontrollhoz képest 2–13-szor volt nagyobb. A legnagyobb gomba csíraszámot a barna erdőtalaj/nyíregyházi szennyvíziszap mintáknál figyeltük meg.

A különböző szennyvíziszap/talaj keverékekből összeállított modellkísérletben, több mint 350 reprezentatív gombatörzset izoláltunk, Ezek az izolátumok a következő genusokhoz tartoznak: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* és *Trichoderma*. Emellett nagyon sok törzs tartozik a *Saccharomyces* genushoz, melyeket csak nyíregyházi szennyvíziszappal kezelt talajokból izoláltunk. A fonalas gombák közül a legtöbb képviselő a barna erdőtalajban volt kimutatható, főleg abban az esetben, amikor a talaj nyíregyházi szennyvíziszappal volt kezelve.

*A bakteriális közösségek:* Kísérleteinkben a gram-negatív baktériumok domináltak a rozs rizoszférájában. A gram-negatív és a gram-pozitív baktériumok (8. táblázat) részaránya a kovárványos barna erdőtalaj, agyagbemosódásos barna erdőtalaj és a réti csernozjom talaj esetén a hódmezővásárhelyi, illetve nyíregyházi szennyvíziszappal keverve rendre 2,106; 2,26; 2,01; 2,367; 2,35 és 3,24 volt.

Ezek az adatok arra utalnak, hogy nincs statisztikai különbség a rozs rizoszférájának baktérium közösségei között a nyíregyházi és hódmezővásárhelyi szennyvíziszappal kezelt barna erdőtalaj esetében, míg a másik talajban tapasztalható volt a szignifikáns eltérés. A nyíregyházi szennyvíziszappal kezelt talajoknál magasabb gram-negatív baktérium csíraszámot kaptunk, mint a hódmezővásárhelyi szennyvíziszap esetében.

A szervesanyag-mennyiség növelése, valamint a szerves anyagok mennyiségének párhuzamos növelése negatív hatással is lehet a talaj mikrobiótájára. A  $N_2$ -kötő aktivitás tekintetében ez a legfőbb negatív hatás, ill. emiatt változik meg a rizomikrobiális populáció összetétele a szennyvíziszappal kezelt talaj esetében. A legmagasabb értékeket 40%-os szennyvíziszapot tartalmazó mintáknál kaptuk.

8. táblázat. *A rhizobaktérium populáció összetétele a rozs rizoszférájában meg-növekedett szennyvíziszap-kezelés, 63 nap üvegházi nevelés után*

A rhizobaktérium populáció összetétele (1)	Részarány (%) (2)					
	HSzv			NySzv		
	RCST	KBET	AMBET	RCST	KBET	AMBET
a) Gram negatív	67,8	69,3	66,8	70,3	70,1	76,4
b) Pálcika alakú	72,1	74,1	78,1	81,1	82,1	80,3
c) Fluoreszkáló pseudomonaszok	44,2	43,1	42,1	45,5	47,1	42,1
<i>P. fluorescens</i>	47,5	41,4	49,1	52,1	51,9	53,1
<i>P. putida</i>	29,1	21,1	27,1	23,1	21,9	25,5
<i>P. aeruginosa</i>	1,9	1,7	3,1	2,1	2,8	2,8
d) Nem fluoreszkáló pseudomonads	3,3	7,8	4,1	6,2	6,5	7,1
e) Gram pozitív	32,2	30,7	33,2	29,7	29,9	23,6
b) Pálcika alakú	78,7	71,9	72,5	73,4	79,3	76,2
<i>Bacillus</i> sp.	42,7	45,2	35,3	42,8	41,7	40,8
<i>B. mycoides</i>	38,1	33,7	40,4	32,7	38,6	34,9
<i>B. subtilis</i>	11,9	12,6	10,4	13,1	13,4	9,1
f) Aerob spóráképzők	69,4	76,4	59,7	63,4	48,3	54,7
g) Gram negatív/ Gram pozitív arány	2,106	2,26	2,01	2,367	2,35	3,24

Megjegyzés: KBET: kovárványos barna erdőtalaj (Nyíregyháza), RCST: réti csernozjom talaj (Szeged), AMBET: agyagbemosódásos barna erdőtalaj (Gödöllő), NySzv: nyíregyházi szennyvíziszap, HSzv: hódmezővásárhelyi szennyvíziszap.

Table 8. Composition of the rhizobacterium population in the rye plant rhizosphere after 63 days of growth in the greenhouse at high rates of wastewater sludge treatments. (1) Composition of the rhizobacterium population, (2) Proportion, %, a) Gram-negative, b) Rod-shaped, c) Fluorescent pseudomonads, d) Non-fluorescent pseudomonads, e) Gram-positive, f) Aerobic spore-forming bacteria, g) Gram-negative/gram-positive ratio. Note: KBET: Kovárvány brown forest soil (Nyíregyháza), RCST: Meadow chernozem soil (Szeged), AMBET: Clay loam brown forest soil (Gödöllő), NySzv: Wastewater sludge from Nyíregyháza, HSzv: Wastewater from Hódmezővásárhely.



### Eredmények értékelése

Tenyészedény-kísérletünkben modelleztünk kétféle szennyvíziszap növény-talaj rendszert, melyek alkalmazási lehetőségei kedvezően hozzájárulhatnak a növények táplálásához. Azt tapasztaltuk, hogy a rozs növekedési erélye mellett, annak egészségi állapota is jobb volt, mint a kontrollé. A növény tehát a közvetlen környezetből a szükséges és könnyen felvehető mikro-, illetve makrotápanyagokat hasznosította. A vizsgálati adatok azt mutatják, hogy egyre több bizonyíték van arra, hogy az ilyen paraméterek ugyancsak érzékeny indikátorai a szennyvíziszap alkalmazása okozta stresszt szenvedett talaj összetételének és működésének, mert a mikrobiológiai aktivitás (7. táblázat) közvetlenül befolyásolja az agro-ökológiai rendszerek stabilitását és termékenységét. Ugyancsak egyre növekvő az érdeklődés a talajenzimek (6. táblázat), mint a talaj termékenységének indikátorai használatát illetően, mert a talajenzimek aktivitása számos faktorra érzékeny. Mivel az enzimaktivitás szubsztrátspecifikus, ezért bonyolult egy enzim aktivitásából teljes információt jósolni a talaj tápanyagellátottságáról, illetve számos tulajdonság párhuzamos mérése jobban leírhatja a talaj mikrobiológiai aktivitását. *Pierzynski et al.* (1990) szerint a talajminőséget főleg a fizikai (szerkezet, vízmegtartó kapacitás stb.) és kémiai (szerves és szervesetlen anyagok koncentrációja) tulajdonságok határozzák meg, melyek erősen befolyásolhatják a termőképességet, a biológiai aktivitást, vagy más fontos talajtényezőt. Ehhez hasonló *Pappendick* (1991) megközelítése is, aki a talajminőség jellemzésére javasolta a mikrobiális biomassa, a talajlégzés, a metabolikus hányados, N-mineralizáció, vegetációs takaró és a földigiliszták talajbani előfordulásának meghatározását. Hasonló eredményeket kaptunk, mint *Eleiwa et al.* (1996) szennyvíziszappal kezelt lóbab-növényeken végzett kísérletei során. *Anton et al.* (2004), *Chang et al.* (2007) és *Jones és Hinsinger* (2008) megfigyelték, hogy a talajok fizikai és kémiai állapota (pH, szervesanyag-tartalma stb.) függ a kihelyezett szerves és szerves műtrágyák mennyiségétől. A talajok tápanyagforgalmát a fizikai, kémiai tényezők, a növénytakaró és a mikrobiális tevékenység, valamint az akkumulált enzimfrakciók aktivitása is befolyásolja.

A heterotróf mikroorganizmusok száma a talajban a szennyvíziszap-ada-golást követően általában növekszik. Gyakorlatilag az történik, hogy a szennyvíziszap szerves anyagát hasznosítani képes mikroorganizmusok gyors szaporodásnak indulnak. *Stadelmann és Furrer* (1983) szerint szennyvíziszap hatá-

sára megnövekedett az aerob baktériumok és sugárgombák száma, ugyanakkor az autotróf talajalgák és N-kötő kéalgák számában csökkenést figyeltek meg. A szennyvíziszap szerves anyagának lebontását a talajban jól nyomon lehet követni a fejlődött CO<sub>2</sub> mérése alapján. Az eddigi vizsgálatok (*Coppola* 1983, *Stadelmann* és *Furrer* 1983) azt mutatták, hogy a talajlégzés megnövekedett a szennyvíziszap hatására. Ez mutatja, hogy a mikrobiális lebontó folyamatok zavartalanul mennek végbe, azaz a mikroorganizmusok jól hasznosítják tápanyagként.

A talaj szennyvíziszapból származó szerves N- és szervesanyag-tartalma a mikroorganizmusok tevékenységének köszönhető. Ezért annak mennyiségében (mikrobiológiai biomassa), vagy aktivitásában (CO<sub>2</sub>-kibocsátás) történő bármely változás a talaj N-ellátottságának változását eredményezheti. A szennyvíziszapok a talaj szerves anyagának elsődleges kiindulási anyagai, melyeket mikroorganizmusok hasznosítanak növekedésükhöz és aktivitásukhoz. Mivel különböző körülmények között, különböző mikroorganizmusok dominálnak a talajban, az esetlegesen fellépő, elérhető C-forrás hiánya miatt, a szennyvíziszap kijuttatása a mikrobiológiai populáció számának növekedését okozza. A környezeti tényezők (hőmérséklet, nedvesség) is hatnak a mikrobiológiai aktivitásra, valamint a szennyvíziszapok mineralizációjára. A szennyvíziszapok, és a velük való gazdálkodás kihat a szerves anyag minőségére, lebomlási sebességére, így az ehhez szükséges időre, valamint a felszabaduló tápanyag mennyiségére is. Eredményeink megerősítik *Garcia et al.* (1997) kijelentését, mely szerint a mikrobiális- és a dehidrogenáz-aktivitás közvetlen kapcsolatban áll egymással és függ a talajban élő mikroba-populációk metabolikus állapotától. *Crecchio et al.* (2004) megfigyelték, hogy a kommunális eredetű hulladék-komposzt növekvő mértékű alkalmazásával nőtt a talaj szerves-C, N, dehidrogenáz-,  $\beta$ -glükózidáz-, ureáz-, nitrát redukáz- és foszfatáz-aktivitása, azonban a talajban élő baktériumközösségek összetétele jelentősen nem változott. Esetünkben azonban a szennyvíziszap-adag növelésével nőtt a talajenzimek aktivitása és a mikrobiális populációk denzitása is. A vizsgált szennyvíziszapok száraz- és szervesanyag-tartalma között nem, de a biokémiai tulajdonságai, és nehézfém-tartalma között szignifikáns különbségek vannak, amely pl. a kezelt talajok pH-értékének az alakulására is jelentős hatást gyakorol. *Abdorhim et al.* (2004, 2005) szintén arról számoltak be, hogy a szennyvíziszap-kijuttatás következtében magemelkedett a dehidrogenáz, a kataláz, a proteáz, az ureáz, a  $\beta$ -glükózidáz és a foszfatáz enzimek aktivitása, amely a szennyvíziszapok rövid-

távú mezőgazdasági alkalmazásának a talajtermékenységre és a talajok fizikai-kémiai-biológiai tulajdonságaira gyakorolt kedvező hatására hívja fel a figyelmet.

A talajok biológiai aktivitását több mikrobiológiai talajjellemző együttesen határozza meg, illetve számos mikrobiológiai talajvizsgálat alapján következtethetünk rá. A talaj mikroorganizmusainak jelenléte és aktivitása a mezőgazdasági talajok termékenysége szempontjából alapvető jelentőséggel bír. A trágyázásnak a talajok termelékenységére kifejtett jótékony hatása régóta ismert.

A szennyvíziszap-kezelések általában a talaj szervesanyag-tartalmának növekedése révén fokozzák a talajmikrobióta aktivitását (*Kátai* 1999, *Seaker és Sopper* 1988, *Perez et al.* 2006). Kísérleteink eredményei alátámasztják a fenti munkákban közölteket, miszerint a mikrobiális populációk sűrűsége összefügg a talajhoz kevert szennyvíziszap mennyiségével, és a talajhoz kevert szennyvíziszap arányának növelésével a termékenység, és a mikrobiális populációk denzitása, valamint talajenzim aktivitása is megnő. A szennyvíziszap-kihelyezéssel a szerves- és műtrágyázás részben helyettesíthető, a talaj fizikai-kémiai tulajdonságait is javító kezelés valósul meg. Ugyanakkor az élelmiszer-biztonság szempontjai miatt folyamatos állapot-ellenőrző monitoring módszerek alkalmazása javasolt.

Vizsgálataink során bebizonyosodott, hogy: 1. a talaj mikrobiális aktivitása függ a talaj C- és N-tartalmától, a talaj típusától, valamint a hozzájuk kevert szennyvíziszapadag mértékétől; 2. a talajlégzés és a talajenzim-aktivitás is nő a szennyvíziszap hozzáadásával; 3. a talaj szennyvíziszappal való periodikus kezelése következtében kiegyensúlyozott állapot érhető el a növények számára is létfontosságú tápelemek körforgásában.

Véleményünk szerint a szennyvíziszapok ilyen nemű felhasználásának legcélszerűbb helye a mezőgazdaság, ahol a növények tápanyagigénye és a talaj kapacitásának figyelembevételével alkalmaznák a szennyvíziszapot. Modellkísérlet eredményei alapján megállapítottuk, hogy mind a két féle szennyvíziszap csírázást nem gátló, a nyers szennyvíziszap pozitív hatása kifejezettebb. A növekvő adagok hatására a csírázásgátlás jelentősebb. A növények növekedése, magasság alakulása, valamint a légszáraz tömeg is csökkent a szennyvíziszapadagok növekvő adagjainak hatására, a hódmezővásárhelyi szennyvíziszap pozitív hatása kifejezettebb. Fontosnak tartjuk a kutatás folytatását, hosszabb távú megfigyeléssel tanulmányozni a folyamatot más talajadottságok mellett is.

## IRODALOM

- Abdorhím, H.–Khalíf, A. A.–Bayoumi Hamuda, H. E. A. F.–Villányi I.–Heltai Gy.–Kecskés M.: 2004. Szennyvíziszap-adagok hatása a növény (*Triticum vulgare* L.)–talaj rendszer néhány mikrobiológiai és biokémiai tulajdonságára. *Agrokémia és Talajtan*. 53: 367–376.
- Abdorhím, H.–Bayoumi Hamuda, H. E. A. F.–Khalíf, A. A.–Oldal B.–Kecskés M.–Heltai Gy.: 2005. Szennyvíziszap-kezelés hatása egy étkezési szárazbabbfajta (*Phaseolus vulgaris* L.) növekedésére és rizoszférájának mikrobiális változására. *Agrokémia és Talajtan*. 54: 465–476.
- Anton, A.–Máthé, P.–Füleky, Gy.: 2004. The effect of phosphorus fertilizer on the phosphomonoesterase activity of *Capsicum annuum* L. rhizosphere. *Acta Microbiol. Immunol. Hung.* 51: 196–197.
- Bayoumi Hamuda, H. E. A. F.–Ligetvári, F.: 2011. Impacts of municipal sewage sludge on dynamics of organic matter and biological activities in clay loam brown forest soil. *J. Residual Sci. Technol.* 8: 143–149.
- Bayoumi Hamuda, 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: 325–342.
- Bánhegyi J.–Tóth S.–Ubrizsy G.–Vörös J.: 1985. Magyarország mikroszkopikus gombáinak határozókönyve I.–III. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Brzezinska, M.–Tiwari, S. C.–Stepniewska, Z.–Nosalewicz, M.–Bennicelli, R. P.–Samborska, A.: 2006. Variation of enzyme activities, CO<sub>2</sub> evolution and redox potential in an Eutric Histosol irrigated with wastewater and tap water. *Biol. Fertil. Soils*. 43: 131–135.
- Chang, E.-H.–Chung, R.-S.–Tsai, Y.-H.: 2007. Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial population. *Soil Sci. Plant Nutr.* 53: 132–140.
- Coppola, S.: 1983. Soil microbial activities as affected by application of composted sewage sludge. [In: Catroux, G.–L'hermite, P.–Suess, E. (eds.) *The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils.*] D. Reidel Publ. Co. Dordrecht. 170–195.
- Crecchio, C.–Curci, M.–Pizzigallo, D. R. M.–Ricciuti, P.–Ruggiero, P.: 2004. Effects of municipal solid waste compost amendments on soil enzyme activities and bacterial genetic diversity. *Soil Biol. Biochem.* 36: 1595–1605.
- Deák T.: 1998. Élesztőgombák a természetben és az iparban. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.
- Domsch, K. H.–Games, W.–Traute-Heidi, A.: 1980. *Compendium of soil fungi.* Academic Press. London-San Francisco.

- Eleiwa, M. E.–Rabie, M. H.–Negm, A. Y.–Abdel-Sabour, M. F.*: 1996. Influence of two sewage sludge sources on plant growth and nutrient uptake. *Pakist. J. Sci. Indust. Res.* 39: 34–37.
- Epstein, E.*: 1974. Effect of sewage sludge on some soil physical properties. *J. Environm. Qual.* 4: 139–142.
- Rabie, M. H.–Negm, A. Y.–Eleiwa, M. E.–Abdel Sabour, M. F.*: 1997. Influence of tow sewage sludge sources on faba bean and sorghum plants growth and elements uptake. *Egypt. J. Soil Sci.* 37: 425–435.
- Fernandes, S. A. P.–Bettiol, W.–Cerri, C. C.*: 2005. Effect of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity. *Appl. Soil Ecol.* 30: 65–77.
- García, C.–Hernanddez, M. T.–Costa, F.*: 1997. Potential use of dehydrogenase as an index of microbial activity in degraded soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 28: 123–134.
- Goldstein, A. H.*: 1986. Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. *Am. J. Altern. Agric.* 1: 51–57.
- Hendricks, C. W.–Doyle, J. D.–Hugley, B.*: 1995. A new solid medium for enumerating cellulose-utilizing bacteria in soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 2016–2019.
- Holt, G. S.–Krieg, N. R.–Sneath, P. H. A.–Staley, J. T.–Williams, S. T.*: 1994. Aerobic chemolithotrophic bacteria and associated organisms. 9<sup>th</sup> ed. [In: Murray, R. G. E. et al. (eds.) *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology.*] Williams & Wilkins. Baltimore. USA. 427–455.
- Jones, D. L.–Hinsinger, P.*: 2008. The rhizosphere: complex by design. *Plant and Soil.* 312: 1–6.
- Kátai J.*: 1999. Talajmikrobiológiai jellemzők változása trágyázási tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan.* 48: 348–360.
- Lloyd-Jones, G.–Laurie, A. D.–Tizzard, A. C.*: 2005. Quantification of *Pseudomonas* population in New Zealand soils by fluorogenic PCR assay and culturing techniques. *J. Microbiol. Meth.* 60: 217–224.
- Martin, J. P.*: 1950. Use of acid. *Soil Sci.* 69: 215–232.
- Masciandaro, G.–Ceccanti, B.–Garacía, C.*: 1994. Anaerobic digestion of straw and piggery wastewater. II. Optimalization of the process. *Agrochimica.* 38: 195–203.
- Nannipieri, P.–Ceccanti, B.–Cervel, H. S.–Matarese, E.*: 1980. Extraction of phosphatase, urease, protease, organic carbon and nitrogen from soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 1011–1016.
- Nautiyal, C. S.–Dion, P.*: 1990. Characterization of opine-utilizing microflora associated with samples of soil and plants. *Appl. Environ. Microbiol.* 6: 2576–2579.
- Németh, T.–Molnár, E.–Csillag, J.–Bujtás, K.–Lukács, A.–Pártay, G.*: 1993. Fate and plant uptake of some heavy metals in soil–plant systems studied in soil monoliths. *Agrokémia és Talajtan.* 42: 195–206.

- Palágyi A.–Bayoumi Hamuda, 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.
- Pappendick, R. I.*: 1991. Assessment and monitoring soil quality. Rep. Int. Conf. Washington St. Univ. Pullman. WA.
- Parr, J. F.–Epstein, E.–Willson, G. B.*: 1978. Composting sewage sludge for land application. *Agric. Environ.* 4: 123–137.
- Perez de Mora, A.–Burgos, P.–Madejón, E.–Cabrerá, F.–Jaekel, P.–Schloter, M.*: 2006. Microbial community structure and function in a soil contaminated by heavy metals: effects of plant growth and different amendments. *Soil Biol. Biochem.* 38: 327–341.
- Pierzynski, G. M.–Sims, J. T.–Vance, G. F.*: 1990. *Soils and Environmental Quality*. CRC Press Inc.
- Rabie, M. H.–Negm, A. Y.–Eleiwa, M. M.–Abdel-Sabour, M. F.*: 1997. Influence of two sewage sludge sources on Faba bean and sorghum plants growth and elements uptake. *Egypt. J. Soil Sci.* 37: 425–435.
- Schnürer, J.–Rossvall, T.*: 1982. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Appl. Environ. Microbiol.* 43: 1256–1261.
- Seaker, E. M.–Sopper, W. E.*: 1988. Municipal sludge for minespoil reclamation I. Effects on microbial populations and activity. *J. Environ. Qual.* 17: 591–597.
- Siegenthaler, U.*: 1977. Eine einfache und rasche Methode zur Bestimmung der alpha-Glucosidase (Saccharase) im Homig, Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 68: 251–258.
- Soler-Rovira, P.–Soler-Soler, J.–Soler-Rovira, J.–Polo A.*: 1996. Agricultural use of sewage sludge and its regulation. *Fertilizer Res.* 43: 173–177.
- Stadelmann, X.–Furrer, O. J.*: 1983. Influence of sewage sludge application on organic matter content, microorganisms and microbial activities of a sandy loam soil. [In: Catroux, G.–L'hermite, P.–Suess, E. (eds.) *The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils.*] D. Reidel Publ. Co. Dordrecht. 141–166.
- Szegi J.*: 1979. *Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek*. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- Szili-Kovács T.*: 1985. A szennyvíziszap-elhelyezés talajmikrobiológiai Problémái. *Agrokémia és Talajtan*. 34: 486–493.
- Tabatabai, M. A.–Bremner, J. M.*: 1969. Use of p-nitrophenil phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1: 301–307.
- Tabatabai, M. A.–Bremner, J. M.*: 1970. Factors affecting soil aryl-sulphate activity. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34: 427–429.
- Uri Zs.–Lukácsné Veres E.–Kátai J.–Simon L.*: 2005. Különböző módon előkezelt települési szennyvíziszapok hatása a talaj mikroorganizmusaira és enzimaktivitására. *Agrokémia és Talajtan*. 54: 439–450.

- Vermes, L.*: 1984. The role of microorganisms in the decomposition and re-use of waste waters and sewage sludges in soil. [In: Szegi J. (ed.) Soil Biology and Conservation of the Biosphere.] Akadémiai Kiadó. Budapest. 445–460.
- Vincent, J. M.*: 1970. Manual of techniques for the study of root nodule bacteria. IBP Handbook. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Vincent, J. M.*: 1981. The Prokaryotes. [In: Syars M. P. et al. (eds.) A handbook on habitats, isolation and identification of bacteria.] Springer Verlag. Berlin. 818–841.
- Wardle, D. A.–Parkinson, D.*: 1991. Analysis of co-occurrence in a fungal community. Mycol. Res. 95: 504–507.
- Várallyay Gy.*: 2001. Szemléletváltozások a magyarországi talajjavítás történetében. Agrokémia és Talajtan. 50: 311–319.
- Zelles, L.–Adrian, P.–Bai, Q. Y.–Stepper, K.–Adrian, M. V.–Fischer, K.–Maier, A.–Ziegler, A.*: 1991. Microbial activity measured in soils stored under different temperatures and humidity conditions. Soil Biol. Biochem. 191: 955–962.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Bayoumi Hamuda Hosam  
Óbudai Egyetem Rejtő Sándor  
Könnnyűipari és Környezetmérnöki Kar  
Környezetmérnöki Intézet  
Budapest  
Doberdó út 6.  
H-1034

Dr. Hegedűs Antal  
Szegedi Tudományegyetem  
Juhász Gyula Pedagógusképző Kar  
Természettudományi Intézet  
Technika Tanszék  
Szeged  
Boldogasszony sgt. 6.  
H-6725



## A vetőmag-öregedés fejlődés- és termésbefolyásoló hatása eltérő kukorica (*Zea mays* L.) genotípusokon

<sup>1</sup>BERZY TAMÁS-<sup>2</sup>ZÁBORSZKY SÁNDOR-<sup>1</sup>HEGYI ZSUZSA-

<sup>3</sup>VARGA PÉTER-<sup>1</sup>PINTÉR JÁNOS

<sup>1</sup>MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

<sup>2</sup>Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely

<sup>3</sup>Fejér Megyei Kormány Hivatal, Növény- és Talajvédelmi Igazgatósága, Székesfehérvár

### Összefoglalás

A különböző tárolási időtartam, magbiológiai értékre gyakorolt hatása, valamint a csíranövény paraméterek és a szántóföldi szemtermések közötti korreláció vizsgálata céljából 10 kukorica genotípussal állítottunk be kísérletet 2010-ben.

Különböző genotípusok (1-11 évig tárolt) vetőmagtégeit megmintáztuk és elvégeztük a csírázóképeség, vigor és cold teszt vizsgálatokat. A hagyományos paramétereken kívül az alábbiak kerültek felvételezésre: 4 napos friss csíratömeg, 4 napos friss gyökértömeg, 4 napos csírahosszúság. A laboratóriumi vizsgálatokat szántóföldi kísérlet követte. Felvételeztük a kelést, az egyedfejlődést, a virágzási időt, a betakarítási szemnedvességet, a biotikus stressz-érzékenységet és a szemtermést. Az öt éves, ill. azt meghaladó tárolás nemcsak a vetőmag életerejét csökkenti szignifikánsan, de a lassú vontatott juvenális fejlődés miatt késhet a nővirágzás, és növekedhet a betakarításkori szemnedvesség is. A tárolási idővel arányosan, szignifikánsan csökken a stresszelt csíranövények tömege, valamint csírahossza. A hideg és oxigénszegény környezetben fejlődött magoncok csíratömege - valamennyi tárolás esetében - meghaladta a friss gyökértömegeket.

Szoros összefüggést találtunk a vigorosság (CSV<sub>T</sub>) és szemtermés között;  $r^2=0,805$  (Mv 384, Mv 265 hibrid). A csíranövények friss csíratömege (SW) és szemtermése (Y) közötti korreláció még megbízhatóbbnak tűnt ( $r^2=0,84$ ) az Mv 343, Mv 384, Mv 394 hibridek adatait alapul véve. A friss seedling gyökértömege (RW), valamint a szemtermés

közötti korreláció gyengébb ( $r^2=0,37-0,55$ ). A szemtermések ( $Y'$ ) és vigor paraméterek közötti regressziós egyenletek:

$$Y'=11,5+0,74 *SW$$

$$Y'=11,61+1,18 *RW$$

$$Y'=6,35+0,018 *CSVT$$

Megállapítjuk, hogy nem minden esetben a tárolási időtartam, hanem a vetőmag kezdeti életerőssége, vigorossági paraméterei a megbízhatóbbak és kiemelt fontossággal bírnak a genotípusok szántóföldi teljesítőképességében.

**Kulcsszavak:** öregedés, tárolás, magvigor, termőképesség

## Relationship between seed deterioration, seed vigour, and yielding parameters in maize (*Zea mays* L.) hybrids

<sup>1</sup>T. BERZY –<sup>2</sup>S. ZÁBORSZKY –<sup>1</sup>ZS. HEGYI –<sup>3</sup>P. VARGA –<sup>1</sup>J. PINTÉR

<sup>1</sup>Agricultural Institute, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences, Martonvásár

<sup>2</sup>Pannon University, Georgikon Faculty, Keszthely

<sup>3</sup>Government Office of Fejér County, Plant and Soil Protection Headquarters, Székesfehérvár

### Summary

An experiment was set up with 10 maize (*Zea mays* L.) genotypes in 2010 in order to study the effect of various durations of storage on the biological value of the seed and the correlation between seedling parameters and field grain yields.

Samples taken from seed lots of different genotypes stored for 1–11 years were examined in germination, vigour and cold tests. Apart from the usual parameters, a record was also made of the shoot fresh weight, root fresh weight and shoot length of 4-day-old seedlings. Laboratory analysis was followed by field trials, where emergence, plant development, silking, grain moisture at harvest, biotic stress sensitivity and grain yield were scored. Storage for five years or more led not only to a significant decline in seed vigour, but also to slow, protracted juvenile development, resulting in delayed silking and an increase in grain moisture at harvest. The mass and shoot length of

seedlings subjected to stress decreased significantly with an increase in the storage period. The shoot mass of seedlings developing in a cold, oxygen-deficient environment was higher than the fresh root mass after any length of storage.

A close correlation was found between the vigour of stressed seedlings (complex stressing vigour test: CSVТ) and the grain yield ( $Y'$ ), with an  $r^2$  value of 0.805 (hybrid Mv 384 and Mv 265) and the regression equation:  $Y' = 6.35 + 0.018 \text{ CSVТ}$ . An even closer correlation was obtained ( $r^2 = 0.84$ ) between the fresh weight of the seedlings (SW) and the grain yield ( $Y'$ ) in the case of hybrids Mv 343, Mv 384 and Mv 394 (regression equation:  $Y' = 11.5 + 0.74 \text{ SW}$ ). There was a looser correlation ( $r^2 = 0.37 - 0.55$ ) between the fresh root weight of the seedlings (RW) and the grain yield ( $Y'$ ), with the exception of the hybrid Mv 384 (regression equation:  $Y' = 11.61 + 1.18 \text{ RW}$ ). It can be concluded that the field performance of the genotypes does not always depend on the duration of storage. The initial vigour of the seed could be a more reliable indication of expected performance.

**Key words:** deterioration, storage, seedling vigour, yielding ability

## Старение посевного материала, его развитие и влияние на урожай в различных генотипах кукурузы (*Zea mays* L.)

<sup>1</sup>Т. БЕРЗИ–<sup>2</sup>Ш. ЗАБОРСКИ–<sup>1</sup>Ж. ХЕДЬИ–<sup>3</sup>П. ВАРГА–<sup>1</sup>Я. ПИНТЕР

<sup>1</sup>Сельскохозяйственный Институт Исследовательского Центра Аграрных Наук Венгерской Академии Наук, Маргонвашар

<sup>2</sup>Университет Паннон, Факультет Георгикон, Кестхей

<sup>3</sup>Управление области Фейр, Дирекция защиты растений и почвы, Секешфехервар

### Резюме

В проведенном в 2010 году с 10 генотипами кукурузы опыте с целью исследования корреляции между различными сроками хранения, влияния на показатели биологии зерна, а также параметров роста и полевых урожаев зерна.

Взяли образцы посевного материала разного генотипа (хранимых 1–11 лет) и провели исследования всхожести, жизненной силы, и «cold» теста. Кроме традиционных параметров исследовали и следующие: масса свежего 4-х дневного роста,

масса свежего 4-х дневного корня, длина 4-х дневного ростка. Вслед за лабораторными исследованиями следовали полевые опыты. Брали образцы всходов, развитие индивидуума, время цветения, влажность зерна при уборке, чувствительность к биотическому стрессу и урожай зерна. Пятилетнее или более этого хранения не только значительно уменьшает жизненную силу посевного материала, но из-за медленно протекаемого ювенального (*juvenális*) развития может опоздать женское цветение, и может увеличиться влажность зерна во время уборки. Пропорционально со временем хранения, значительно уменьшается масса подверженных стрессу всходов, и длина ростка. Масса всходов развитых в холодном и бедном кислороде окружении семян – во всех случаях хранения – превысила свежую массу корня.

Обнаружили тесную взаимосвязь между жизненной силой (CSVT) и урожаем зерна;  $r^2=0,805$  (гибрид Mv 384, Mv 265). Корреляция между свежей массой всходов (SW) и урожаем зерна ( $Y'$ ) показала ещё более убедительной ( $r^2=0,84$ ) на основании данных гибридов Mv 343, Mv 384, Mv 394. Корреляция между массой корня свежего проростка (*seedling*) (RW) и урожаем зерна слабее ( $r^2=0,37-0,55$ ). Регрессивные уравнения параметров урожаев зерна ( $Y'$ ) и жизненной силы:

$$Y'=11,5+0,74 *SW$$

$$Y'=11,61+1,18 *RW$$

$$Y'=6,35+0,018 *CSVT$$

Установили, что не во всех случаях продолжительность хранения, а начальная выживаемость посевного материала, параметры жизненной силы более надёжны и обладают большей важностью в полевой продуктивности генотипов.

**Ключевые слова:** старение, хранение, жизненная сила зерна, плодовитость

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A magvak élettartama örökletesen meghatározott tulajdonság, amelyet az ökológiai adottságok kisebb nagyobb mértékben befolyásolnak. A mag élettartamát megfelelő tárolással növelhetjük. Nem megfelelő (szuboptimális) tárolás jelentősen csökkentheti a magban levő genetikai potenciált, vigort (*Berzy et al. 2007*). A magban az érést és utóérést követően öregedési folyamatok indulnak meg, melynek hatására az életképesség, az életerő csökken. A magas hőmérséklet, légnedveség (mint tárolási környezet) a légzés gyorsulását eredményezi, az öregedést sietteti (*accelerated aging*). Az öregedő mag vigorosságának csökkenését jelzi,

hogy csírázási hőmérséklet igénye a fiatalabb magtételhez képest magasabb. A csírázás időtartama növekszik, erélye csökken (*Blackow 1972*), a csíranövények mérete és tömege megváltozhat (*George et al. 2003, Tekrony 2003*). A cél olyan tárolási körülményeket biztosítani, amely csökkenti a légzést és a tartalék tápanyag lebomlás mértékét. A raktározás során elsődleges célunk, hogy a magot, mint genetikai örökítő anyagot megőrizzük. Ezért csak érett és sértetlen magokat lehet hosszabb (*Goodsell et al. 1955*) ideig tárolni. A maghéj sérülései kedvezőtlenül hatnak a mag életjelenségeire. A sérült magon könnyebben telepednek meg a baktériumok, gombák, amely az abnormális csíranövények számának növekedését eredményezheti. A vetőmag alakja és mérete genotípusonként eltérő vetőmagfrakciókat és vigorosságot (*Peterson et al. 1995*) eredményez. A vetőmag biológiai értékben meglévő alapvető különbségeket a különböző tárolási körülmények még tovább növelhetnek (*Tekrony et al. 2005*). Az abnormális csíranövények (csavarodott szár, repedt hypokotil, fejletlen hajtás és gyökér) kedvezőtlen körülmények között elpusztulnak (*Fessel et al. 2001*). Az öregedés során a mag színe sötétedik, a maghéj zsugorodik. A változások elsősorban a sejtmembránokat érintik, mely organelumok a sejtek tartalék anyagainak védelmét szolgálják (*Matheus és Bradnock 1968*). Az öregedés folyamata genotípusonként eltérő lehet (*Chiu et al. 2002*), függ a maghéj szerkezetétől, a tartalék tápanyagok mennyiségétől, valamint a tárolási és környezeti viszonyoktól. Ha a tárolás során lassítjuk az anyagcserét (légzés), akkor megakadályozhatjuk a csírázóképeség gyors csökkenését. Kukorica esetében a kedvezőtlen tárolási hőmérséklet (43 °C fölött, illetve fagyponnalatt) már jelentősen csökkenti a csírázóképeséget. (12–13% szemnedvesség tartalom esetén). Ha a tárolási idő meghaladja az egy évet, célszerű a tárolási közeget 21 °C-os hőmérsékleten és 55% RH (relative humidity) páratartalmon tartani. A mag felületén levő mikroorganizmusok, gombák már 4–10 °C-on és 65–70 RH közegben is képesek szaporodni. A 14%-ot meghaladó szemnedvesség-tartalom kedvező a kártevő rovarok aktivitása szempontjából (*Menyhért 1985*). Ha a tárolásból adódó veszteségeket a minimális szinten akarjuk tartani, úgy célszerű hűtött, ill. hideg tárolást végezni, ami 4–5 °C tárolási hőmérsékletet és 45–50 RH légnedvességet jelent. Amennyiben a tárolt magvak szemnedvesség tartalma 11–12% alatt van, akkor a fenti feltételek mellett a vetőmag életerejét évekig is megőrizheti.

Kísérletünkben arra voltunk kíváncsiak, hogy a tárolás körülményeinek és főleg időtartamának, milyen a vetőmag biológiai értékére, a seedling paraméterekre gyakorolt hatása, valamint ezen hatások hogyan befolyásolják a kukorica-hibridek szántóföldi paramétereit.

## Anyag és módszer

2010 tavaszán 10 kukorica genotípus (Mv 265 SC, Hunor SC, Tarján TC, Maros DC, Táltos TC, Mv 343 SC, Mv 354 SC hibridek, valamint Tarján szülői komponensek (apa, anya), és SW 189 su 1 csemege kukorica vonal) eltérő időtartamig tárolt (betakarítási évben  $21 \pm 0,5$  °C, azt követően  $10 \pm 0,5$  °C, 55% páratartalom) vetőmagtételleivel állítottunk be laboratóriumi és szántóföldi (Martonvásár, Keszthely) kísérleteket. A tárolási körülményeket az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet vetőmag tároló helyisége biztosította, a hőmérséklet emelkedése esetén automatikusan bekapcsoló hűtéssel. A vetőmagokat dupla falú papírzacskóban, és a zacskókat nejlon fóliával lezárta raktároztuk, ezáltal a relatív páratartalom is állandó volt.

## Laboratóriumi vizsgálatok

### *Csírázóképesség*

Az elő- és alaptisztított, frakcionált vetőmagokat szabvány szerint (*International Rules for Seed Testing* 2010) csíráztattuk. A csírázató közeg kreppelt szűrőpapír volt – a papír 1 g-jára  $1,4-1,7$  cm<sup>3</sup> vizet tartalmazott –, a papír nedvességét háztartási centrifugával állítottuk be. A megfelelően nedvesített szűrőpapírra 50 magot helyeztünk lerakó sablon segítségével, egy másik szűrőpapírral befedve, felgöngyölve „BP-R (between rolled paper)” állapotban.  $2 \times 4$  tekercset helyeztünk el függőleges helyzetben nylonzacskóban. A csíráztatást hét napig 25 °C-on végeztük, 70 relatív páratartalom mellett,  $240 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  megvilágítással Fito-Klima típusú csírázató kamrában.

### *Cold teszt*

A vizsgálat közege homok és patogén kórokozót tartalmazó talaj 1:1 arányú keveréke volt. A talaj patogéntartalmát nem ellenőriztük. Az így kapott földet 70%-os vízkapacitásig megnedvesítettük, majd két, egymást félig elfedő szűrőpapíron 0,5 cm vastagságban elterítettük egy  $15 \times 40$  cm-es sablon keretein belül. Ennek tetejére szórtuk az előre kiszámolt 50 kukorica vetőmagot. A föld tetejére egy harmadik szűrőpapírt terítettünk, majd az alsó részét felhajtva, oldalirányban göngyöleget készítettünk. Négy göngyöleget két zacskóban elhelyezve 10 napig 10 °C-on, majd 4 napon keresztül 25 °C-on tartottunk (Loeffler et al. 1985, Lovato et al. 2001). A csíranövények értékelése megegyezett a csíráztatási szabványban előírtakkal.

*CSV* (Komplex Stresszelés Vigor teszt)

A vizsgálat első 96 órájában olyan stressznek vetettük alá a magvakat (8×25 mag), amelyek a természetben is előfordulhatnak, fokozott igénybevételt jelentenek a csíranövény számára. A vizsgálat a tavaszi kedvezőtlen időjárási viszonyokat szimulálta, úgymint hypoxia és hidegstressz (Barla-Szabó és Berzy 1989). A stresszeléses periódust (200 mag/250 ml 0,15 %-os chlorogén oldatban történő áztatása 48 órán keresztül 25 °C-on, majd 48 órán keresztül 5 °C-on) 96 órás pozicionált csíráztatás (25 °C, 75 RH, 240 μ mol/m<sup>2</sup>/s) követte. A kifejlődött, ép seedlingeket hajtáshossz alapján nagy és kis vigorú csoportokba, valamint abnormális és nem csírázott kategóriákba osztottuk. A vigorossági %-ot a nagy vigorú növények száma alapján határoztuk meg. Felvételeztük a csíranövények (seedling) csíratömegét (SW=25 csíranövény összesített csíratömege), csírahosszát (SL=4 napos csíranövény-hossz), valamint gyökértömegét (RW=25 csíranövény összesített gyökértömege).

**Szántóföldi vizsgálatok**

A kísérlet színhelye a keszthelyi (Pannon Egyetem Georgikon Kar) tenyészkert volt [Ramann féle barna erdőtalaj, kötöttség szerint homokos vályog, gyenge humusztartalommal (1,65%), a semleget kissé meghaladó pH értékekkel (pH H<sub>2</sub>O=6,3), amely a talajmélységgel kissé növekszik. A talaj foszforral közepesen (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=130 ppm), valamint káliummal (K<sub>2</sub>O=50ppm) gyengén ellátott, vízáteresztő képessége jó]. A vetőmagtétéleket véletlenszerű blokk-elrendezésben 4 ismétlésben vetettük el (kivétel SW 189 genotípus). A parcellák mérete 1,5×6 m volt, soronként 30, parcellánként 60 növényrel. A vetés 2010. május 2-án, kézi vetőpuskával történt. Felvételeztük a kikelt növényszámot (a négy ismétlés összesített növényszámát tüntettük fel, a szakemberek számára is értelmezhető adatok szempontjából) az 50%-os hím és nővirágzás idejét, a betakarítási szemnedvességet (Grainer, Japan), a fekete réteg megjelenését, valamint a szárdőlést. A betakarítás szeptember 19-én, kézzel történt. Feljegyeztük a nyers csöves termést, majd a 38 °C-on való szárítást és morzsolást követően megmértük a szemtermést. A hibridenként eltérő betakarítási szemnedvesség miatt a termést egységesen átszámoltuk májusi morzsoltra (14% szemnedvesség-tartalom). Az adatokat egy és kéttényezős varianciaanalízissel értékeltük ki (Sváb 1980).



### Eredmények

A hibridek kiindulási csírázási értéke 98% felett volt, a törzseké (Tarján anya, Tarján apa) 97%, míg az Mv Aranyos csemege kukorica hibrid szülői vonala (SW 189) 95%-os csírázóképesseggel rendelkezett.

Általános megállapítások: szoros összefüggést találtunk a vigorosság (CSVT, nagy vigorú csíranövények aránya) és szemtermés között, a Táltos és Mv 265 hibrideknél ( $r^2=0,805$  ill.  $0,66$ ).

A csíranövények friss csírasúlya (SW) és a szemtermés közötti korreláció még megbízhatóbbnak tűnik az Mv 343, Táltos, Tarján hibridek esetében ( $r^2=0,84$ ;  $0,78$ ;  $0,68$ ).

A magonc friss gyökérsúlya (RW) és a szemtermés közötti korreláció már gyengébb ( $0,37-0,55$ ), csupán a Táltos hibrid esetében ( $r^2=0,83$ ) tűnik megbízhatósnak.

A szemtermés és csíranövény paraméterek közötti lineáris regresszióanalízis eredményei:

$$Y=6,35+0,018 \text{ CSVT (Mv 265 és Táltos),}$$

$$Y=11,5+0,74 \text{ SW (Mv 343, Táltos és Tarján),}$$

$$Y=11,6+1,18 \text{ RW (Táltos).}$$

#### *Részletes megállapítások*

Az Mv 265 hibrid esetében az öt éves tárolás hatására nemcsak a vetőmagtétel csírázóképessege, életereje – és ezek eredményeképpen a szántóföldi kelés értékei – csökkentek szignifikánsan, de a növények nővirágzása is késett a két éves tárolásos készletből fejlődött állomány egyedeihez képest. A Hunor és Tarján hibrideknél a vetőmag életerejét jobban prezentálták a Cold teszt értékek a CSVT adatokhoz képest (*1. táblázat*).

A vetőmagtétel közötti szignifikáns biológiai érték (Cold teszt, Vigor teszt) különbségek ellenére a szántóföldi kelésben nem tapasztaltunk az előző hibridhez hasonló fölényes különbséget. A szemtermések eredményeiből megállapítható, hogy a vigorosabb, nagyobb csíra és gyökértömeggel rendelkező csíranövényekből fejlődő növényállomány életképesebb és – a Hunor hibrid esetében – gyorsabb vízleadó képességgel is bír (*2. táblázat*).

A Maros silókukorica hibrid 8–11 évig tárolt vetőmagtétellei jelentősen veszítettek életképességükből a megfelelő tárolási körülmények ellenére is.

1. táblázat. A tárolási idő hatása néhány Mv kukorica hibrid és vonal vetőmag vigorosságára és szántóföldi kelésére (Martonvásár-Keszthely 2010)

Genotípus (1)	Tárolás kez- dete (2)	Csírázási % (3)	Vigor % (4)	SW g (5)	RW g (6)	SL (7)	Cold teszt % (8)	Kikelt növény (9)
Mv 265	2005	78,0	58,0	3,33	2,10	6,08	60,0	157
Mv 265	2008	99,0**	96,0***	6,39***	5,03*	7,90	94,0***	202*
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>1%</sub> ; SzD <sub>0,1%</sub> (10)		17,5	28,8	2,95	2,62	ns	22,5	43
Hunor	2004	84,0	21,0	1,25	0,51	3,82	78,0	185
Hunor	2006	95,0*	78,0***	3,91*	2,23*	6,41	94,0*	203
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>1%</sub> ; (10)		9,72	31,7	1,92	1,70	ns	13,7	ns
Tarján	2004	87,0	16	0,76	0,44	3,27	69,0	201
Tarján	2008	98,0*	85,0***	3,42**	1,98**	6,63*	88,0*	217
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>1%</sub> ; (10)		9,54	23,4	2,53	1,41	3,24	15,4	ns
Maros	1999	5,0	0	0	0	0	0	7
Maros	2001	47,0	0	0,02	0,01	0,5	0	66*
Maros	2005	95,0***	62,0	2,23	1,775	5,23**	94,0	184***
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>1%</sub> ; SzD <sub>0,1%</sub> (10)		23,6		ns	ns	4,61		22,82
Táltos	2004	72,0	18,0	1,01	0,72	5,55	49,0	166
Táltos	2006	97**	59,0**	2,13**	1,15**	3,85	96,0***	209*
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>1%</sub> ; SzD <sub>0,1%</sub> (10)		18,8	27,7	0,96	0,41	ns	34,7	36,4
Mv 343	2004	95,0	82,0*	5,06**	3,11**	6,63	93,0*	218
Mv 343	2005	94,0	62,0	3,24	1,74	5,93	78	220
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>1%</sub> ; (10)		ns	12,3	1,64	0,98	ns	14,7	ns
Mv 354	2005	82,0	42,0	1,83	1,15	5,51	74,0	205
Mv 354	2006	94,0*	87,0*	4,28	1,95	7,25	91,0	203
Mv 354	2009	99,0*	97,0*	8,17***	7,01***	9,55	95,0*	229
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>0,1%</sub> (10)		10,6	13,5	3,88	4,74	ns	17,6	ns
Tarján anya	2005	93,0	41,0	2,05	1,21	3,52	47,0	196
Tarján anya	2008	97,0	69,0**	2,92	1,85	6,64*	98,0***	214
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>1%</sub> ; SzD <sub>0,1%</sub> (10)		ns	26,3	ns	ns	3,08	35,9	ns

Az 1. táblázat folytatása a következő oldalon...

Az 1. táblázat folytatása...

Genotípus (1)	Tárolás kez- dete (2)	Csírázási % (3)	Vigor % (4)	SW g (5)	RW g (6)	SL (7)	Cold teszt % (8)	Kikelt növény (9)
Tarján apa	2001	36,0	0	0	0	0	26,0	54
Tarján apa	2004	68,0**	14	0	0	0	54,0	133***
Tarján apa	2008	97,0***	43,0**	0,925	0,55	4,72	84,0*	184***
SzD <sub>1%</sub> ; SzD <sub>0,1%</sub> (10)		19,2; 25,4	24,8	ns	ns	ns	28,5	67,8
SW 189	1999	63,0	16,0	0,55	0,25	4,1	25,0	11
SW 189	2001	82,0	55,0	1,98	0,62	4,5	60,0**	54
SW 189	2004	94,0**	73,0***	3,47**	1,22	4,91	81,0**	164***
SzD <sub>1%</sub> ; SzD <sub>0,1%</sub> (10)		18,4	33,4	2,78	ns	ns	27,4	66,4

Megjegyzés: SW: friss csíratömeg (g/25 csíranövény); RW: friss gyökértömeg (g/25 csíranövény); SL: 4 napos csíranövény-hossz (mm).

*Table 1.* Effect of seed storing on the seed vigour and field emergence in case of some Mv corn hybrid and parental line (Martonvásár-Keszthely 2010). (1) Genotype, (2) Start of storing, (3) Germination (%), (4) Vigour (%), (5) SW: fresh shoot weight of the seedlings (g/25 seedlings), (6) RW: fresh root weight of the seedlings (g/25 seedlings), (7) SL: length of 4 days old seedlings (mm), (8) Cold-test, (9) Emergence (plant/parcel), (10) LSD, P=5; 1; 0,1 level. Note: SW: fresh seedling weight (g per 25 seedlings); RW: fresh root weight (g 25 seedlings); SL: 4-day-old seedling length (mm).

Nemcsak a vigorosság, de a normál csírázóképesség is jóval szabvány érték alatt maradt (*1. táblázat*). A csíra és gyökértömegek egy drasztikus stressz hatására gyakorlatilag értékelhetetlenek voltak, ellentétben az öt évig tárolt kiváló magminőségű tétellel szemben. A hímvirágzás és a fekete réteg kialakulása is konzekvensen hamarabb történt (*2. táblázat*) a rövidebb ideig tárolt vetőmagból fejlődött növényállomány egyedeinél.

A Táltos szemeskukorica hibrid 6 évig tárolt vetőmagtételének Cold teszt értéke a felére, míg – a komplex stresszeléses teszt alapján megállapított – vigorossága a harmadára csökkent a két évvel fiatalabb vetőmagtételhez képest (*1. táblázat*, *1. és 2. ábra*). Bizonyítják ezt a szoros korrelációt a vigorosabb csíra- és gyökértömeg mellett a szemtermés eredmények (*2. táblázat*) is. Tehát, e genotípus vetőmag biológiai értéke az 5 éves tárolást követően drasztikusan csökken!

2. táblázat. A tárolási idő hatása néhány Mv kukorica hibrid és szülővonal szemtermésére és termésparamétereire (Martonvásár-Keszthely 2010)

Genotípus (1)	Tárolás kezdete (2)	Szem- termés kg (3)	SMC % (4)	Hím- virágzás napok (5)	Nő- virágzás napok (6)	Fekete réteg napok (7)	Szár- dőlés % (8)
Mv 265	2005	9,36	23,43	72,0	74,0*	156	2,0
Mv 265	2008	12,03***	23,52	72,0	72,0	156	1,5
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>0,1%</sub> (9)		1,72	ns	Ns	1,55	ns	ns
Hunor	2004	12,07	26,15	72,0	73,0	160	1,15
Hunor	2006	13,89*	24,11*	70,0*	73,0	160	1,25
SzD <sub>5%</sub> ; (9)		1,37	1,94	1,65	ns	ns	ns
Tarján	2004	12,07	24,27	70,0	72,0	161	0,0
Tarján	2008	14,23*	23,22	70,0	72,0	161	0,0
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>1%</sub> (10)		2,07	ns	ns	ns	ns	
Maros	1999	0,81	25,20	72	73	160	2,5
Maros	2001	4,07***	24,35	72	73	160	2,5
Maros	2005	12,25***	24,71	70,0*	72,0	158*	1,3
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>0,1%</sub> (9)		3,48	ns	1,65	ns	1,74	ns
Táltos	2004	10,28	24,85	70	72	159	0,0
Táltos	2006	13,56**	24,58	70	71	159	0,0
SzD <sub>1%</sub> (9)		2,77	ns	ns	ns	ns	
Mv 343	2004	14,26	25,11	68,0	69,0*	162	1,2
Mv 343	2005	13,47	23,80*	69,0	71,0	162	2,2
SzD <sub>5%</sub> ; (9)		ns	1,27	Ns	1,66	ns	ns
Mv 354	2005	14,09	24,71	69,0	70,0	157	18,5
Mv 354	2006	13,21	24,97	69,0	71,0	157	16,2
Mv 354	2009	12,53	26,57	70,0	72,0	158	25,5
		ns	ns	ns	ns	ns	ns

A 2. táblázat folytatása a következő oldalon...

## A 2. táblázat folytatása...

Genotípus (1)	Tárolás kezdete (2)	Szem- termés kg (3)	SMC % (4)	Hím- virágzás napok (5)	Nő- virágzás napok (6)	Fekete réteg napok (7)	Szár- dőlés % (8)
Tarján anya	2005	10,01	26,53	78,0	72,0	163	2,8
Tarján anya	2008	13,71***	26,96	76,0*	72,0	163	2,3
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>0.1%</sub> (9)		2,74	ns	1,78	ns	ns	ns
Tarján apa	2001	1,70	22,75	75,0	78,0	155	6,3
Tarján apa	2004	4,10**	19,99*	74,0	76,0	155	7,5
Tarján apa	2008	5,21***	20,17*	74	75,0*	154	5,5
SzD <sub>5%</sub> ; SzD <sub>1%</sub> ; SzD <sub>0.1%</sub> (9)		1,68; 2,46	2,38	ns	2,2	ns	ns

Megjegyzés: SMC: betakarításkori szemnedvesség.

Table 2. Effect of seed storing on the kernel yield and yield parameters in case of some Mv corn hybrid and parental line (Martonvásár-Keszthely 2010). Genotype, (2) Start of storing, (3) Kernel yield, (4) Seed Moisture Content (%), (5) Days number to male flowering, (6) Days number to female flowering, (7) Days number from sowing to initiation of black layer, (8) Lodging (%), (9) LSD, P= 5; 1; 0,1 level. Note: SMC: Seed moisture content at harvest.

Az Mv 343 hibrid kevésbé szenzitív az 5 évet meghaladó tárolási időtartamra. A csírázási értékek mindkét tételnél megegyeznek, de a nagyobb csíra és gyökértömeeggel rendelkező csíranövényekből fejlődött állomány nővirágzásában konzekvensen és szignifikánsan megelőzte a stressz szenzitív állomány egyedeinek virágzási idejét. A szemtermésben nincs jelentős különbség, de számunkra kiemelt fontosságú tény: nem minden esetben a tárolási időtartam, hanem a genotípus stressz érzékenysége is okozhat eltérést a vetőmagtípusok minőségi paramétereinek között. A fentiekben említett Tarján hibrid szülői (anyai és apai) genotípusait vizsgálva a következő megállapításokat tesszük: az anyai genotípus a kiváló csírázóképeség ellenére nagyfokú hideg stressz érzékenységről tesz tanúságot, az 5 évet meghaladó tárolás esetén. A 3 éves tárolás csíranövényeinek 8 napos csírahossza szignifikánsan meghaladja a fentebb említett tételét. A gyorsabb fejlődés korábbi hímvirágzást és jelentős szemtermésföldényt is eredményezett.

A Tarján apai genotípus, az 5 évet meghaladó tárolási időtartamra fokozottabb érzékenységgel reagált. Az eredendően is hideg-érzékeny csíranövények hajtás- és gyökértömegei gyakorlatilag értékelhetetlenek, mely tényező a kelés-

ben, szemtermésben és szemnedvesség tartalomban is határozottan kifejezésre jutott. A szemes hibridek mellett, a *su1* genotípust képviselő SW 189 beltenyésztett kukorica törzs gyakorlatilag csak a laboratóriumi eredményei (1. táblázat) alapján minősíthető.

1. ábra. 4 éves tárolás hatása az Mv Táltos kukorica hibrid vigorosságára  
(Martonvásár 2010)

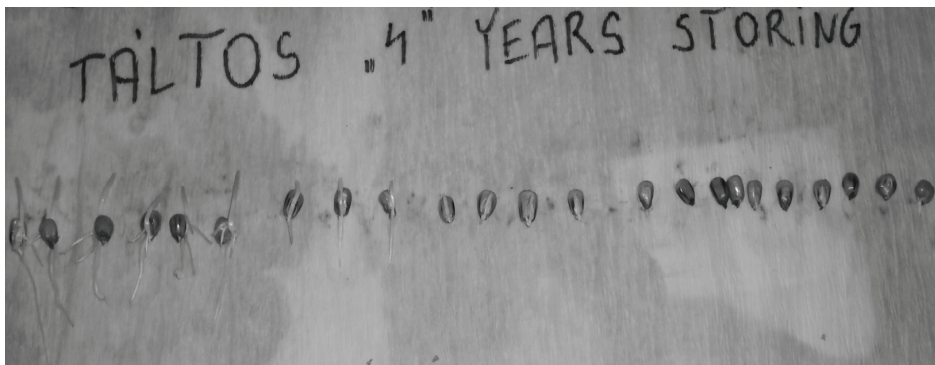


Figure 1. The effect of four-year-long seed storage on the seed vigour of Mv Táltos.

2. ábra. 6 éves tárolás hatása az Mv Táltos kukorica hibrid vigorosságára  
(Martonvásár 2010)

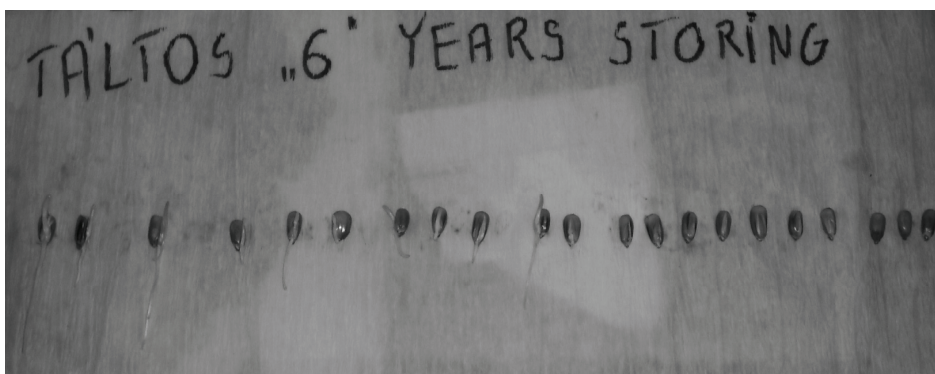


Figure 2. The effect of six-year-long seed storage on the seed vigour of Mv Táltos.

Köztudott, a csemegekukorica beltenyésztett vonalak hiperszenzitivitása a hideg és a hypoxia iránt. Míg a 6 éves vetőmagkészlet elfogadható eredményeket prezentált laborban és szántóföldön egyaránt, úgy a 8 évet meghaladó tárolás

az optimális körülmények között elfogadható csírázás ellenére a szántóföldön már visszafordíthatatlan változásokat eredményezett. A tárolási idő növekedése tehát fokozottabb életerő csökkenést jelent a *su1* genotípusok esetében.

Az Mv 354 (Sárrét hibrid) a gyenge szárszilárdsága miatt konzekvensen nem értékelhető. A nyári viharok a kiváló tőállományt teljesen megdöntötték, ezáltal értékelhetetlenné tették a növényeket. Szoros összefüggést találtunk a vigorosság (CSVT) és szemtermés között a Táltos és Mv 265 hibrideknél ( $r^2=0,805$  ill.  $0,66$ ). A csíranövények friss csírasúlya (SW) és a szemtermés közötti korreláció még megbízhatóbbnak tűnik az Mv 343, Táltos, Tarján hibridek esetében ( $r^2=0,84$ ;  $0,78$ ;  $0,68$ ). A magonc friss gyökérsúlya (RW) és a szemtermés közötti korreláció már gyengébb ( $0,37-0,55$ ), csupán a Táltos hibrid esetében ( $r^2=0,83$ ) tűnik megbízhatósnak. A szemtermés és csíranövény paraméterek közötti lineáris regresszió analízis eredményei:

$$Y'=6,35+0,018 \text{ CSVT (Mv 265 és Táltos),}$$

$$Y'=11,5+0,74 \text{ SW (Mv 343, Táltos és Tarján),}$$

$$Y'=11,61+1,18 \text{ RW (Táltos).}$$

### Következtetések

A tárolás az idő előre haladtával csökkenti a vetőmagtétélek életerejét, ami vonatott, lassú csírázással, és stressz körülmények között szignifikánsan kisebb tömegű és csírahosszú magoncok fejlődésével jár. Hideg és oxigénszegény környezetben fejlődött csíranövények friss csírasúlya – minden tárolásos kezelés esetében – meghaladta a friss gyökérsúlyokat, genotípustól függetlenül.

A Cold teszt (talajos vigor teszt) enyhébb stressz faktorai (*Christeller* 1984, *Loeffler et al.* 1985, *Martin et al.* 1988) – a vizsgálat időtartamában – kísérletünkben szorosabb összefüggést eredményeztek a szántóföldi keléssel, ellentétben a talaj nélküli, drasztikusabb vigor teszttel (CSVT). A szántóföldi kísérletben a nagyobb magvigorú állomány, gyorsabb érést (Black layer), valamint alacsonyabb betakarítási szemnedvességet (SMC) jelentett, a kisebb életerővel rendelkező állománnyal szemben. A szemtermések az Mv 343 és Mv 354 hibridek kivételével, valamennyi hibrid esetében szignifikánsan meghaladták a gyengébb magvigorú hibridekét. Ezen jelenség elsősorban a jobb kelési értékekkel hozhatók szoros összefüggésbe ((Mv 265, Maros, Táltos, Tarján apa) Az eltérő ideig tárolt vetőmagtétélekből fejlődött magoncok friss csírasúlya és a hibridek szemtermése közötti korreláció megbízhatóbbnak tűnik a friss gyökér-



súly és szemtermés közötti összefüggésekhez képest. Megállapíthatjuk, hogy az irodalmi adatokkal ellentétben, ha a kezdeti csírázási értékek közötti különbség csekély, bár a vigorossági mutatók közötti eltérés jelentősebb (Tang *et al.* 2000), úgy a vetőmagtétel szántóföldi kelése – optimális talajhőmérséklet és -nedvesség esetén – megfelelő lehet. Ugyanakkor a hibridek teljesítményének alakulásában nem csak a tárolási időnek, a kelési százaléknak van fontos szerepe, de meghatározó jelentőségűek a kezdeti vigorossági paraméterekben (Tekrony 2003) mért különbségek is. A csemegekukorica hibridekben használatos *su1* genotípus hosszabb ideig tárolt vetőmagja fokozottabb stresszérzékenységről tesz tanúságot.

### IRODALOM

- Barla-Szabó, G.–Berzy, T.: 1989. Application of seed vigour tests for corn production. *Georgikon for Agriculture*. 2: 159–165.
- Berzy, T.–Hegyi, Z.–Pintér, J.: 2007. Correlations between the seed quality and yield parameters of maize hybrids developed on diverse parental lines. [In: 28<sup>th</sup> ISTA Seed Symposium, Abstract.] Iguassu Falls. Brasil. 95.
- Blacklow, W. M.: 1972. Influence of temperature and germination and elongation of the radicle and shoot of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science*. 28: 801–805.
- Chiu, K. Y.–Chen, C. L.–Sung, J. M.: 2002. Effect of priming temperature on storability of primed sh-2 sweet corn seed. *Crop Science*. 42: 1996–2003.
- Christeller, J. I.: 1984. Seedling growth of *Zea mays* at 13 °C. Comparison of a Corn Belt Dent hybrid and hybrid selected for rapid plumula emergence at cool temperatures. *J. Exp. Bot.* 35: 955–964.
- Fessel, S. A.–Roberwald, D.–Cruz Vieria, C. P.–Cruz Mara, C. P.: 2001. Evaluation of seed treatment effect on crop establishment using a model simulating plant emergence. [In: 26<sup>th</sup> ISTA Seed Symposium. Abstract.] Angers. 74.
- George, D. L.–Gupta, M. L.–Tay, D.–Parwata, I. G. M. A.: 2003. Influence of planting date, method of handling and seed size on supersweet corn seed quality. *Seed Science & Techn.* 31. 2: 351–366.
- Goodsell, S. F.–Huey, G.–Royce, E.: 1955. The effects of moisture and temperature during storage and cold test reaction of *Zea mays* seed storage in air, carbon dioxide and nitrogen. *Agronomy Journal*. 47: 61–64.
- International Rules for Seed Testing, Edition:* 2010. ISTA. Switzerland.
- Loeffler, N. L.–Meier, J. L.–Burris, J. S.: 1985. Comparison of two cold test procedures for use in maize drying studies. *Seed Science & Technology*. 13: 653–658.
- Lovato, A.–Noli, E.–Beltrami, E.–Grassi, E.: 2001. Comparison between three cold test low temperatures, accelerated aging test, and field emergence of maize seed. [In: 26<sup>th</sup> ISTA Seed Symposium. Abstract.] Angers. 47.

- Martin, B. A.–Smith, O. S.–Neil, M. O.*: 1988. Relationship between laboratory germination test and field emergence of maize inbreds. *Crop Science*. 28: 801–805.
- Mathews, S.–Bradnock, W. T.*: 1968. Relationship between seed exudation and field emergence in peas and French beans. *Horticultural Research*. 8: 89–93.
- Menyhért Z.*: 1985. A kukoricatermesztés kézikönyve. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó. 559.
- Peterson, J. M.–Perdomo, J. A.–Burris, J. S.*: 1995. Influence of kernel position, mechanical damage and controlled deterioration on estimates of hybrid maize seed quality. *Seed Science & Technology*. 23: 647–657.
- Sváb J.*: 1980. Biometriai módszerek a kutatásban. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó. 506.
- Tang, S.–Tekrony, D. M.–Egli, D. B.–Cornelius, P. L.*: 2000. An alternative model to predict corn seed deterioration during storing. *Crop Science*. 40: 463–470.
- Tekrony, D. M.*: 2003. Review: precision is an essential component of seed vigour testing. *Seed Science & Technology*. 31: 435–447.
- Tekrony, D. M.–Shande, T.–Rucker, M.–Egli, D. B.*: 2005. Effect of seed shape on corn germination and vigour during warehouse and controlled environmental storage. *Seed Science & Technology*. 33: 185–197.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Berzy Tamás– Dr. Hegyi Zsuzsa– Dr. Pintér János  
MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet  
Kukoricanevelési Osztály  
Martonvásár  
Brunszvik u. 2.  
H-2462

Dr. Záborszky Sándor  
Pannon Egyetem Georgikon Kar  
Növénytermesztési és Talajtani Tanszék  
Keszthely  
Deák Ferenc u. 17.  
H-8360

Varga Péter  
Fejér Megyei Kormány Hivatal  
Növény- és Talajvédelmi Igazgatósága  
Vetőmag- és Szaporítóanyag-felügyeleti Osztály  
Székesfehérvár  
Major u. 18.  
H-8000

## Talajállapot vizsgálatok energetikai faültetvényben

GYURICZA CSABA-JUNEK NIKOLETT-CSUZI SZABOLCS-KOVÁCS GERGŐ-  
UJJ APOLKA-MIKÓ PÉTER  
Szent István Egyetem Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

### Összefoglalás

A fás szárú energianövények termelése valós alternatívát jelenthet az elkövetkező években a kedvezőtlen adottságú termőhelyek ésszerű hasznosításában. A Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában Gödöllőn kedvezőtlen termőhelyi körülmények között rozsdabarna erdőtalajon 2007-ben állítottunk be kísérletet fás szárú energianövényekkel. A kísérletben öt fűzfajta (*Salix sp.*), valamint három növénytáplálási kezelés (kontroll, műtrágya, komposzt) hatását vizsgáltuk. Jelen tanulmány célja az energetikai faültetvény létesítését követő négy év talajállapot változásának bemutatása gödöllői barna erdőtalajon fűz kísérletekben. A talajállapot minősítését talajjellenállás, talajnedvesség-tartalom, térfogattömeg, pórus-térfogat mérésekkel végeztük el.

Az 50 cm mélységig elvégzett talajjellenállás vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a növénytáplálási szintek közvetlen hatást nem gyakoroltak a penetrációs ellenállásra. A kísérlet első három évében a csapadék mennyiségétől függetlenül fokozatosan növekedett a talajjellenállás a vizsgált talajrétegben 0–10 cm mélységben 0,5 MPa-ról 2,9 MPa-ra, a 20 cm alatti rétegben 1,2 MPa-ról 4,9 MPa-ra. A negyedik kísérleti évben a talajjellenállás értékek kiegyenlítődése és egyidejű csökkenése volt tapasztalható. A talajjellenállás értéke más talajhasználati rendszerekkel (napraforgó forgatásos műveléssel, őszi búza forgatásos művelés nélkül) statisztikailag igazolható mértékben nőtt (energiaültetvényben 0–20 cm mélységben 2,1–2,8 MPa, 20–50 cm mélységben 3,4–3,6 MPa), azonban káros tömörségi szintet nem érte el. Hasonló megállapítás igaz a térfogattömegre, a komposzttal kezelt parcellákon 0,2–0,3 g/cm<sup>3</sup>-rel kisebb értékeket kaptunk. A komposzttal kezelt parcellákon bizonyítottuk, hogy a talaj nedvességvesz-

teség csökkenése érhető el, ami segíti a növényeket az esetleges szárazabb periódusok átvészelésében, továbbá megőrzi vagy javítja a talaj kedvező fizikai, biológiai állapotát.

**Kulcsszavak:** fás szárú energianövény, talajállapot, talajellenállás, nedvességtartalom, térfogattömeg

### **Research on soil condition in a short rotation coppice experiment**

CS. GYURICZA-N. JUNEK-SZ. CSUZI-G. KOVÁCS-A. UJJ-P. MIKÓ  
Institute of Crop Production, Szent István University, Gödöllő

#### **Summary**

Growing short rotation coppice for electricity production purposes could represent a real alternative in utilising less favoured plough-lands in a rational way in the years to come. However, only few reliable results were gained in relation to the ecologic evaluation of short rotation coppice plantations in the recent years in Hungary. The examination of the long-term effects of growing such plants is hindered by the fact that there are very few short rotation coppice plantations which are older than 5–6 years. In 2007, in the Crop Production and Biomass Utilisation Demonstration Centre of the Szent István University in Gödöllő, a short rotation coppice experiment was established on rusty brown forest soil under unfavourable production site conditions. The effects of five willow species (*Salix sp.*) and three plant nutrition treatments (control, fertiliser, compost) were examined in the experiment. The aim of this study is to show the change of soil conditions during the four years after the establishment of short rotation coppice plantations in willow experiments on brown forest soil in Gödöllő. The qualification of the soil conditions was done with soil penetration resistance, moisture content, bulk density and pore volume measurements.

Based on the penetration resistance examined up to 50 cm depth, it can be established that the plant nutrition treatments did not have any direct effect on the penetration resistance. In the first three years of the experiment, the soil penetration resistance was gradually increasing in the examined layers of the soil (i.e. from 0.5 MPa to 2.9 MPa in the 0–10 cm layer and from 1.2 MPa to 4.9 MPa in the layer below 20 cm). In the fourth

year of experiment, the balancing and parallel reduction of the penetration resistance values were observed. The value of penetration resistance was significantly increased in parallel with other soil use systems (sunflower production with ploughing, winter wheat production without ploughing) (2.1–2.8 MPa in 0–20 cm depth, and 3.4–3.6 MPa in 20–50 cm in short rotation coppice), but it still did not reach the harmful level of compaction. Similar is true about bulk density as 0.2–0.3 g cm<sup>-3</sup> smaller values were obtained on plots treated with compost. It was shown in plots treated with compost that the moisture loss of the soil can be reduced which helps coprs in surviving drier periods and it preserves the favourable physical and biological condition of the soil.

**Key words:** short rotation coppice, soil condition, penetration resistance, soil water content, bulk density

## Исследования состояния почвы в энергетических насаждениях деревьев

Ч. ДЬЮРИЦА–Н. ЮНЕК–С. ЧУЗИ–Г.КОВАЧ–А.УЙЙ–П.МИКО  
Институт Растениеводства Университета им.Святого Иштвана, Гёдёллэ

### Резюме

Производство энергетических растений с древесным стеблем может означать реальную альтернативу в ближайшие годы в рациональном использовании мест выращивания, обладающих неблагоприятными данными. В Демонстрационном Центре Растениеводства и использования биомассы университета им. Св. Иштвана в Гёдёллэ в неблагоприятных местах выращивания на ржаво-бурой лесной почве в 2007 году проводили опыт с энергетическими растениями с древесным стеблем. В опыте исследовали пять сортов ивы (*Salix sp.*), а также влияние трёх питательных обработок растений (контроль, искусственное удобрение, компост). Цель данного исследования - показ изменений состояния почвы в течении четырёх лет осуществления древесного энергетического насаждения на гёдёллэйской бурой лесной почве в опытах с ивами. Квалифицирование состояние почвы проводили измерениями сопротивления сцепления грунта, содержания влаги почвы, массы объёма, объёма пор.

На основании проведённых исследований сопотввления сцепления грунта до глубины 50 см можно установить, что уровни питания растений не оказали прямого воздействия на пенетрационное сопротивление. В первые три года опыта независимо от количества осадков постепенно увеличилось сопротивление сцепления грунта в исследованных слоях почвы глубиной 0–10 см от 0,5 МПа до 2,9 МПа, а в слое ниже 20 см с 1,2 МПа до 4,9 МПа. В четвёртый год опыта обнаружили уравновешенность и одновременно уменьшение показателей сопротивления сцепления грунта. Величина сопротивления сцепления грунта при других землепользовательных системах (выращивание подсолнечника с обработкой оборачиванием, озимая пшеница без обработки с оборачиванием) увеличилась в статистически доказуемых размерах (в энергетических насаждениях на глубине 0–20 см с 2,1 до 2,8 МПа, на глубине 20–50 см с 3,4 до 3,6 МПа), однако не достигла вредного уровня плотности. Похожее установили и относительно массы объёма, на парцеллах, обработанных компостом на 0,2–0,3 г/см<sup>3</sup> меньше величины получили. Доказали, что на обработанных компостом парцеллах можно достичь сокращения потери влажности почвы, что помогает растениям пережить возможный более сухой период, а также сохраняет или улучшает благоприятное физическое, биологическое состояние почвы.

**Ключевые слова:** энергетическое растение с древесным стеблем, состояние почвы, сопротивление сцепления грунта, содержание влаги, масса объёма

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A megújuló energiaforrásokból úgy nyerhető ki energia, hogy az folyamatosan rendelkezésre áll, vagy jelentősebb emberi beavatkozás nélkül legfeljebb néhány éven belül újratermelődik. Magyarországon a megújuló energia felhasználásának aránya 2007-ben 5,3% volt, ami napjainkra is alig érte el a 6%-ot (Kohlheb et al. 2010). Ez azt jelenti, hogy az elkövetkező tíz éven belül a jelenlegi szint több mint kétszeresére kell növelni az arányát, ha a vállalt kötelezettségünknek eleget kívánunk tenni. Magyarországon döntő többségben a biomasszának és a geotermikus energiatermelésnek lehet hosszabb távon nagyobb jelentősége, amelyektől jelentősen elmarad a többi megújuló energiaforrás. Jelenleg a biomassza hasznosítás egyeduralma figyelhető meg, a megújuló energia-előállítás több mint 90%-a valamilyen biomassza forrásból származik (Szajkó 2009, NFM 2010). Az elkövetkező években feltehetően ez az arány csökkenni fog, azon-

ban továbbra is a legjelentősebb megújuló energiaforrás marad. Egyes szakértői vélemények a napenergia hosszú távú hasznosításában is nagy lehetőségeket látnak, azonban várhatóan a megújuló energiahasználaton belüli aránya jelentős mértékben nem fog növekedni. A víz- és szélenergia energiatermelésen belüli arányának jelentős növekedésére a jövőben sem lehet számítani (Varga és Homonnai 2009).

A szántóföldről energetikai célra lekerülő biomassza három típusát különböztethetjük meg: a növénytermesztési melléktermékek csak részlegesen hasznosíthatók a szerves anyag visszapótlásának szükségessége (Birkás *et al.* 2009), és az állattenyésztésből kikerülő szerves trágya korlátozott mennyisége miatt (Póti *et al.* 2010). A lágyszárú és fás szárú energianövények hő- és villamos energia célú termesztése elsősorban a hagyományos takarmány- és élelmiszernövények számára kedvezőtlen termőhelyeken jöhet számításba (Tamás 1997). Magyarország kontinentális éghajlati viszonyainak köszönhetően a fás szárú növények közül az akác (*Robinia sp.*), a fűz (*Salix sp.*), valamint a nyár (*Populus sp.*) számára adottak kedvező termesztési feltételek (Ivelics 2006, Barkóczy *et al.* 2007).

Az energetikai faültetvények hazai kutatása az elmúlt évtizedekben sokirányú volt. Kidolgozták azokat a módszereket, technológiai változatokat, amelyek különböző ökológiai adottságú termőhelyeken a legnagyobb biztonsággal alkalmazhatók (Bai *et al.* 2008). A kutatások kiterjedtek a faj és fajta megválasztására, a megfelelő tőszámsűrűség meghatározására, a különböző vegetatív szaporítási módszerek továbbfejlesztésére, a telepítési technológia javítására, a növényápolás, a növényvédelem, a növénytáplálás módszereinek és hatásainak vizsgálatára, a betakarítási technológia kidolgozására, valamint a betakarított faanyag tárolására, szárítására és további hasznosítási lehetőségeire (Ivelics 2006, Barkóczy *et al.* 2007, Gyuricza *et al.* 2011). Bőséges hazai és nemzetközi kutatási eredmény született a fás szárú energianövények klímaváltozásban betöltött kedvező hatásairól, valamint a fitoremediációs, tájrehabilitációs célú alkalmazás lehetőségeiről (Heller *et al.* 2003, Laureysens *et al.* 2004, Mola-Yudego és Aronsson 2008, Simon *et al.* 2010, Pellegrino *et al.* 2011). Az ökológiai hatások vizsgálata elsősorban a rovarok, a madarak, valamint a vadon élő gerinces állatok és az ültetvények összefüggéseire terjedt ki (Verwijst és Makeschin 1996, Ahman és Wilson 2008). Lényegesen kevesebb kutatás folyt ugyanakkor az energetikai faültetvények hatásáról a talaj fizikai, biológiai és kémiai állapotára. Liebhart (2009) megállapítja, hogy a jelentős talajfizikai jellemzőknél, mint a porozitás, a pórustérfogat, a pórusméret-eloszlás, a térfogat



tömeg, a szerkezeti stabilitás, a talajellenállás, továbbá az infiltrációs ráta közép-távon kedvező hatás figyelhető meg, ugyanakkor a jelenleg rendelkezésre álló eredmények nehezen teszik lehetővé az egyértelmű megítélést. A hagyományos szántóföldi növénytermesztés talajállapotra vonatkozó hatásai részletesen vizsgáltak (Józefaciuk et al. 2001, Birkás et al. 2004.), számos eredmény kiterjeszhető az energetikai faültetvényekre, azonban a technológia sajátosságai miatt a konkrét kutatások nem nélkülözhetők.

Jelen tanulmány célja az energetikai faültetvény létesítését követő négy év talajállapot változásának bemutatása gödöllői barna erdőtalajon fűz kísérletekben. A talajállapot minősítését talajellenállás, talajnedvesség-tartalom, térfogattömeg, pórustérfogat mérésekkel végeztük el.

### Anyag és módszer

A kísérletet a Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában állítottuk be 2007-ben. A kísérleti tábla talaja főként homokon kialakult rozsdabarna erdőtalaj (Chromic Luvisol). A degradációs folyamatok következtében közepes termőrétégű, gyengén humuszos változat alakult ki. A terület erózió veszélyeztetett, a talaj fizikai félesége homokos vályog, amely tömörödéssel érzékeny. A talaj felső 20 cm-es rétegében 53% homok, 26% vályog és 20% agyagfrakció található. A feltalaj (0–35 cm) agyagtartalma 26%, vízvezető képessége jó, az altalajé gyenge. A feltalaj humusztartalma gyenge ugyanúgy, mint N-ellátottsága. Kálium és foszfor ellátottsága megfelelő. A kísérleti tér talajának 2009-es alapvizsgálati adatait az 1. táblázat tartalmazza.

Az éghajlat kontinentális típusú, jellemzőek az időjárási szélsőségek. Az évi középhőmérséklet sokéves átlaga 9,7 °C. Az átlagos csapadékmennyiség 550 mm, melynek kétharmada a nyári félévben (IV–IX.) esik. A vizsgálati évek (2007–2010) időjárási adatait a 2. táblázat mutatja.

A kísérlet kéttényezős véletlenblokk elrendezésű három ismétlésben. A kísérletben öt különböző fűz fajtát, illetve klónt (Sven, Inger, Tordis, Tora, Csala) alkalmaztunk. Valamennyi fajta esetében három különböző tápanyag-ellátottsági kezelést állítottunk be: 1 – tápanyag nélküli kontrollkezelés, 2 – nitrogén műtrágya (ammónium nitrát) tavasszal (50 kg/ha), 3 – felszintakarás szennyvíziszap komposzttal (50 t/ha). A komposzt és a műtrágya kijuttatása május elején a sorokba történt. Az alkalmazott technológia ikersoros, a sortávolság 70 cm,

az ikersorok között 2,5 m távolságot hagytunk, ami a gépi munkákat könnyíti meg. A sorokon belül a dugványokat 40 cm töltávolságra telepítettük. Dugványozás céljára 20 cm hosszúságú, egyéves, gyökér nélküli hajtásrészeket használtunk fel. A telepítés kézzel történt április közepén. A vegetációs időszak során kémiai gyomszabályozást végeztünk a sorokban, a sorközökben talajmaróval két alkalommal történt mechanikai gyomszabályozás. A kártevők és kórokozók elleni kémiai védekezésre nem volt szükség.

1. táblázat. *A kísérleti terület fontosabb talajtani adatai (2009)*

Genetikus talajsztintek (1)	Mélység cm (2)	pH H <sub>2</sub> O (3)	K <sub>a</sub> (4)	CaCO <sub>3</sub> % (5)	Humusz % (6)	Összes N AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , AL-K <sub>2</sub> O mg/kg (7)		
Asz	0–40	6,76	30	0,00	1,32	16,8	371,1	184,0
B	40–60	7,08	40	0,00	1,04	11,9	33,0	112,0
BC	60–70	7,66	61	0,00	0,88	12,0	123,0	127,1
C	70–100	8,10	60	5,57	0,54	16,8	107,5	110,8

*Table 1.* Soil properties of the experimental field (2009). (1) Soil horizon, (2) Depth of soil, (3) pH values, (4) Plasticity limit, (5) Calcium carbonate content, (6) Humus %, (7) N-P-K content.

A fás szárú energianövények termesztése szántóföldi talajhasználatnak minősül, ezért folyamatosan végzünk olyan méréseket, amelyek során a különböző talajhasználati változatok talaját minősítjük. A fás szárú energianövény kísérlettel azonos táblán, ugyanolyan termőhelyi feltételek között 2010 folyamán végeztünk talajállapot vizsgálatokat. A napraforgó alá forgatásos, az őszi búza parcellákon forgatás nélküli alpművelést végeztünk a megelőző évben.

A talaj ellenállását 10 cm rétegenként 50 cm mélységig penetrométerrel mértük (*Daróczy 2005*). A talajnedvesség meghatározásához bolygatott talajmintát 10 cm rétegenként 50 cm, illetve 90 cm mélységig vettünk. A mérés gravimetriás módszerrel történt tömeg%-ban. A térfogattömeg és pórustérfogat vizsgálatához bolygatatlan mintákat vettünk, amelyekből súlyállandóságig szárítás után számoltuk a talajállapot jellemzőket. A biometria értékést *Baráthné et al. (1996)* nyomán egytényezős varianciaanalízissel végeztük.

2. táblázat. A vizsgálati évek meteorológiai adatai

Évek (1)	Ápr. (2)	Máj. (3)	Jún. (4)	Júl. (5)	Aug. (6)	Szept. (7)	Összes (IV-IX) (8)	Éves csapadék (9)
Csapadék, mm (10)								
2007	5,8	44,0	63,2	21,8	69,0	46,0	249,8	518,2
2008	34,4	59,6	66,8	200,8	28,6	82,0	472,2	688,2
2009	2,0	28,0	54,0	18,0	27,0	4,0	133,0	392,2
2010	40,4	161,4	172,0	43,0	38,0	106,6	561,4	757,4
Évek (1)	Ápr. (2)	Máj. (3)	Jún. (4)	Júl. (5)	Aug. (6)	Szept. (7)	Átlag (IV-IX) (12)	Éves átlag (13)
Hőmérséklet, °C (11)								
2007	13,7	18,6	22,6	24,1	22,9	14,1	19,3	12,1
2008	11,9	17,5	21,6	21,6	21,9	15,5	18,3	11,7
2009	15,4	17,6	18,2	22,6	21,8	18,3	19,0	11,2
2010	11,1	15,2	20,2	22,3	20,3	13,4	17,1	9,7

Table 2. Meteorological data of the years of experiment. (1) Years, (2) April, (3) May, (4) June, (5) July, (6) August, (7) September, (8) Total (months IV-IX.), (9) Yearly rainfall, (10) Rainfall (mm), (11) Temperature (°C), (12) Average (months IV-IX.), (13) Yearly average.

### Eredmények és értékelésük

#### Talajellenállás vizsgálatok eredményei

A talajellenállás a talaj tömörödését kifejező jelzőszám, egyszersmind a termőhely fizikai állapotát általánosan jellemző paraméter. A kezelések 0–50 cm mélységében mért talajellenállás értékek a 3. táblázatban láthatók.

A méréseket minden évben két alkalommal végeztük, úgymint a vegetációs időszak elején (áprilisban), valamint végén (szeptemberben). A táblázatban közölt értékek a két mérés átlagát mutatják. A kísérleten belül a növénytáplálási kezelésekből külön végeztük a méréseket.

A kísérlet beállításának évében elvégzett mérések során kapott alacsony talajellenállás a művelt talajra jellemző kedvező lazultságot mutat.

3. táblázat. A talajellenállás (MPa) értékei eltérő növénytáplálási kezelésekben  
fűz energiaültetvényben  
(Gödöllő 2007–2010)

Mélység (cm) (1)	Kezelés (2)			
	Kontroll (3)	Műtrágya (4)	Komposzt (5)	SZD <sub>5%</sub> (6)
2007				
0–10	0,5±0,1	0,6±0,1	0,6±0,2	n. sz.*
10–20	0,4±0,1	0,6±0,3	0,8±0,3	n. sz.*
20–30	1,2±0,2	1,6±0,1	1,6±0,3	n. sz.*
30–40	1,2±0,1	1,7±0,1	1,7±0,4	n. sz.*
40–50	1,0±0,1	1,2±0,1	1,2±0,2	n. sz.*
2008				
0–10	1,3±0,1	1,3±0,1	1,2±0,1	n. sz.*
10–20	1,7±0,1a	1,6±0,1b	1,6±0,1b	0,1
20–30	2,6±0,4	2,2±0,1	2,2±0,1	n. sz.*
30–40	3,0±0,3a	2,6±0,1b	2,8±0,1ab	0,3
40–50	3,3±0,3a	2,8±0,2b	3,1±0,1ab	0,4
2009				
0–10	2,8±0,2	2,7±0,3	2,9±0,3	n. sz.*
10–20	3,5±0,2	3,5±0,5	3,6±0,3	n. sz.*
20–30	4,6±0,1	4,5±0,6	4,4±0,5	n. sz.*
30–40	5,1±0,4	4,7±0,7	4,7±0,5	n. sz.*
40–50	4,9±0,4	4,6±0,8	4,6±0,4	n. sz.*
2010				
0–10	3,1±0,1	3,1±0,2	2,8±0,2	n. sz.*
10–20	2,8±0,3	2,6±0,1	2,6±0,2	n. sz.*
20–30	3,1±0,5	2,8±0,3	2,8±0,2	n. sz.*
30–40	3,4±0,6	2,8±0,3	3,1±0,3	n. sz.*
40–50	3,4±0,6	2,9±0,2	3,0±0,3	n. sz.*

Jelmagyarázat: A ± utáni számok a szórásértéket jelzik. A kezelések közötti betűeltérés szignifikáns különbséget mutat, \*n. sz. = nem szignifikáns.

Table 3. Soil penetration resistance (MPa) in different plant nutrition treatments of the short rotation coppice experiment (Gödöllő 2007–2010). (1) Depth (cm), (2) Treatment, (3) Control, (4) Fertiliser, (5) Compost, (6) LSD<sub>5%</sub>. Legend: numbers after ± represent the standard deviation. The difference in letters between the treatments show a significant difference, \*n. sz. = not significant.

A fás szárú energianövények telepítését megalapozó talajművelés legalább 15 éves ültetvény élettartamot feltételez (*Mola-Yudego és Aronsson 2008*), ezért különösen fontos, hogy az alapozó művelés a dugványok számára kedvező talajállapotot hozzon létre. A felső talajréteg tömör záróréteget nem tartalmazhat, mert ellenkező esetben a telepítés minősége esetlegessé válik, a dugványok talajba helyezési mélysége egyenetlen, illetve egyes esetekben jelentős töréskárral kell számolni.

A 2008. évi mérések a talajellenállás kiinduláskori értékhez képest jelentős növekedését tapasztalhattuk, aminek oka a talajművelés hiánya. A sorközökben végzett mechanikai ápolás a legfelső néhány centiméter talajréteg lazultságát segíti elő, azonban a mélyebb rétegekben sem érte el a talaj ellenállása a kritikus, adott termőhelyi viszonyokra jellemző káros tömörséget jelző értéket. A mérések alapján megállapítható volt, hogy a növénytáplálási kezelések között a talajellenállás értékében statisztikailag igazolható különbségek nem voltak kimutathatók, azonban ebben a mérési időszakban 5% hibavalószínűség mellett három mélységszintben állapítottunk meg különbséget a kezelések között: a legtömörebb a kontroll kezelés talaja volt. Mivel több év átlagában azt tapasztaltuk, hogy a növénytáplálási módoknak nincs közvetlen hatása a talajellenállásra, ezért a 2008. év relatíve kis különbségeivel részletesebben nem foglalkoztunk. Az energiaültetvények talajának vizsgálatakor sokkal fontosabb szempont a tartamhatás értékelése, vagyis az, hogyan változik hosszútávon, művelés nélkül a talaj fizikai, biológiai állapota (*Laureysens et al. 2004*). A harmadik kísérleti évben végzett mérések során 80–120%-kal nagyobb ellenállást mértünk a megelőző évhez képest. Ezeknek az eredményeknek az értékeléséhez figyelembe kell venni, hogy ez az év rendkívül száraz, csapadékhiányos volt, ami a talajellenállás értékeket alapvetően befolyásolta. *Birkás et al. (2004)* kutatásai azt igazolják, hogy az aszályos időszakban mért nagy ellenállás nem értékelhető egyértelműen a visszatömörödés jeleként, pontosabb képet kaphatunk, ha az évek közötti tendenciát követjük.

A vizsgálat negyedik évében végzett mérések során azt tapasztaltuk, hogy a talajellenállás értékek egyik rétegben sem mutattak szignifikáns különbséget, ugyanakkor a talajrétegek közötti kiegyenlítődés is megfigyelhető volt: a felső és az alsó talajrétegek közötti ellenállás nem mutatott különbséget. Ez a jelenség részben magyarázható a nem művelt talajok bolygatás hiányában bekövetkező kedvező állapotának kialakulásával, a biológiai tevékenység felélénkülésével, és ezzel a talaj ellenállásának csökkenésével (*Beese 1990*). Másrészt a

vizsgált év sokéves átlagot meghaladó csapadékmennyisége, és ebből adódó talaj nedvességtartalom növekedése a talajellenállás csökkenés irányába hatott. A mérések időpontja rendkívül intenzív csapadékesemények utánra esett, ami magyarázza a legfelső talajréteg nagyobb talajellenállás értékeit. Összevetve a vizsgált évek termőhelyre jellemző talajellenállás értékeit, illetve azok évek közötti lefutását, a rendszeres bolygatás nélküli direktvetéshez hasonlítható. Adott termőhelyi körülmények között Gyuricza (2000), Birkás et al. (2004), és László (2007) egyaránt direktvetéses talajművelési rendszerekben mért hasonló talajellenállás értékeket. Liebhard (2009) ugyanakkor felhívja a figyelmet arra, hogy már középtávon kedvező hatás figyelhető meg energetikai faültetvények talajának fizikai állapotában, azonban a további vizsgálatok elkerülhetetlenek az egyértelmű elbírálás érdekében.

A 4. táblázat a különböző talajhasználati rendszerekben a vegetációs időszak során öt alkalommal elvégzett mérések átlagértékeit mutatja. Az őszi búza és a napraforgó legfelső talajrétegében statisztikailag kisebb talajellenállást mértünk, mint a negyedik éve csak időnként a sorközökben bolygatott energiaültetvényben. Ugyanakkor a 10–20 cm talajrétegben mért különbséget statisztikailag nem tudtuk igazolni. A mélyebb rétegek ellenállása különbözött a kezelésekben, azonban egyik esetben sem érte el a kritikus tömörséget.

4. táblázat. Talajellenállás (MPa) különböző talajhasználati rendszerekben (Gödöllő 2010, 5 mérés átlagértékei)

Mélység (cm) (1)	Kezelés (2)		
	Energianövény (3)	Napraforgó (4)	Őszi búza (5)
0–10	2,1±0,2a	1,7±0,1b	1,7±0,1b
1–20*	2,8±0,7	2,1±0,4	2,1±0,3
20–30	3,6±0,1a	2,2±0,2b	2,2±0,1b
30–40	3,4±0,3a	3,1±0,6a	1,9±0,1b
40–50	3,4±0,1a	3,3±0,1b	1,7±0,1c

Jelmagyarázat: A ± utáni számok a szórásértéket jelzik. A kezelések közötti betűeltérés szignifikáns különbséget mutat, \*n. sz. = nem szignifikáns.

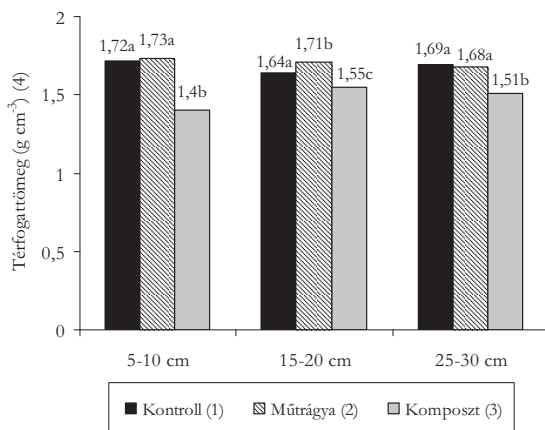
Table 4. Soil penetration resistance (MPa) in different land use systems (Gödöllő 2010, averages of 5 measurements). (1) Depth (cm), (2) Treatment, (3) Energy crop, (4) Sunflower, (5) W-Wheat. Legend: numbers after ± represent the standard deviation. The difference in letters between the treatments show a significant difference, \*n. sz. = not significant.

A további vizsgálatok célja annak megállapítása, hogy a talaj ellenállással jellemezhető állapota hogyan változik az ültetvény élettartama során, illetve milyen további kölcsönhatások befolyásolják a talaj fizikai, biológiai és kémiai tulajdonságait.

#### *Térfogattömeg vizsgálatok eredményei*

A térfogattömeg a talaj fizikai állapota minősítésére egyik leggyakrabban használt paraméter. Az 1. ábrán a kísérlet negyedik évében mért térfogattömeg értékei láthatók három különböző mélység szintben. A bolygatatlan talajmintákat a vegetációs időszak vége után, november elején vettük. Valamennyi mélység szintben a legkisebb értékeket a komposztal borított kezelésben kaptuk. A felső talajszintben (5–10 cm) a legnagyobb a különbség, ami részben azzal magyarázható, hogy az év során egy alkalommal sekély sorközművelést végeztünk, másrészt a komposzt szerkezete kedvezőbb, mint az eredeti talajszint. Szembetűnő ugyanakkor a mélyebb rétegek közötti különbség, ami  $P < 5\%$  hibavalószínűség mellett a 15–20 cm mélységben a kezeléspárok között statisztikailag igazolható, míg a 25–30 cm rétegben a komposztal kezelt parcella különbözik a kezelésektől szignifikánsan.

1. ábra. *Térfogattömeg értékei a fás szárú energianövény kísérlet negyedik évében (Gödöllő 2010)*



Jelmagyarázat: A kezelések közötti betűeltérés szignifikáns különbséget mutat.

*Figure 1.* Soil bulk density in the 4th year of the short rotation coppice experiment. (Gödöllő 2010). (1) Control, (2) Fertiliser, (3) Compost, (4) Soil bulk density ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ). Legend: the difference in letters between the treatments show a significant difference.



Korábbi kutatásaink alapján feltételezzük (Gyuricza 2000), hogy a komposzttal kezelt parcellákon a kisebb térfogattömeg (különösen a mélyebb rétegekben), ami egyúttal nagyobb összporozitással párosul, az élénkebb biológiai aktivitásra vezethető vissza. A talajlakó élőlények közül elsősorban a földgiliszták tevékenysége fokozódik, ami a pórustérfogaton belül nagyobb gravitációs pórus részarányt, egyúttal kisebb térfogattömeg értékeket eredményez (Birkás *et al.* 2004).

#### *Talaj nedvességtartalom vizsgálatok eredményei*

A talajművelés egyik legfontosabb feladata olyan talajállapot kialakítása, hogy a termesztett növény számára elegendő nedvesség hozzáférését tegye lehetővé, másrészt a kedvező fizikai és biológiai kultúrállapot kialakulását és fenntartását segítse elő. Fás szárú energianövények termesztése során a talaj nedvességtartalom megítélése a termőhely függvénye, ezért vizsgálatunk eredményeit is ennek tükrében mutatjuk be. Az 5. táblázat a felső 50 cm talajréteg nedvességtartalmát mutatja be két évben elvégzett két-két mérés átlagában. Mindkét év mérései alapján eltéréseket figyelhettünk meg a talaj nedvességtartalomban. A legnagyobb nedvességet a szennyvíziszap komposzttal takart felszínű kezelésekben mértünk (2008-ban 20,9%, 2010-ben 18,9%). A felszíni komposztborítás tápanyagot szolgáltat a növényeknek, mulcsréteggént viselkedve akadályozza a gyomok csírázását, illetve csökkenti az evaporációt, így a talaj hosszabb időn keresztül képes a nedvességet megőrizni (Laureysens *et al.* 2004). Valamennyi mérési időpontban a komposztos kezelésben a felső 10 centiméter talajrétegben nagyobb nedvességtartalmat mértünk. Rövid vágásfordulójú fűz energetikai célú termesztésére elsősorban a magasabb vízállású termőhelyek jöhetnek számításba, ahol elegendő nedvesség áll a növények rendelkezésére. Ugyanakkor Magyarország időjárási viszonyai között egyre gyakoribbak a szélsőségek, azon belül is a száraz, aszályos évjáratok gyakorisága nőtt meg, ezért a nedvesség helyben tartása, a párolgási veszteség csökkentése alapvető jelentőségű.

A kevésbé csapadékos 2008. évben a két mérés átlagában valamennyi vizsgált talajrétegben statisztikailag igazolható nedvességtartalom különbséget mértünk a kezelések között. 40 cm mélységig a műtrágyával kezelt parcellákon is nagyobb nedvességtartalmat tapasztaltunk a kezeletlen területhez képest. Ennek oka feltételezésünk szerint csak közvetve van összefüggésben a növénytáplálással. A kedvezőbb tápanyag-ellátottság a növényzet gyorsabb fejlődését, ezzel hamarabb felszíni borítást tesz lehetővé, ami az evaporáció csökkenését váltja ki.

5. táblázat. A talaj nedvességtartalom (tömeg%) értékei eltérő növénytáplálási kezelésekben fűz energiaültetvényben (Gödöllő 2008, 2010)

Mélység (cm) (1)	Kezelés (2)			
	Kontroll (3)	Műtrágya (4)	Komposzt (5)	SZD <sub>5%</sub> (6)
2008				
0-10	16,1±0,6a	19,9±0,8b	20,9±0,6b	1,3
10-20	17,3±0,3a	21,6±0,7b	22,9±0,3c	0,9
20-30	18,9±0,5a	22,4±0,7b	24,0±0,4c	1,0
30-40	21,1±0,3a	24,1±0,7b	25,2±0,2c	0,9
40-50	23,1±0,6a	25,8±0,5b	26,7±0,1b	1,0
2010				
0-10	16,8±0,9a	17,2±0,7a	18,9±0,3b	1,3
10-20	18,4±0,6	19,3±0,5	19,3±0,4	n.sz.*
20-30	20,0±0,4a	20,8±0,1b	20,2±0,1a	0,5
30-40	20,8±0,4	21,5±0,3	21,2±0,2	n.sz.*
40-50	21,3±0,5	22,3±0,2	21,9±0,4	n.sz.*

Jelmagyarázat: A ± utáni számok a szórásértéket jelzik. A kezelések közötti betűeltérés szignifikáns különbséget mutat, \*n. sz. = nem szignifikáns.

Table 5. Soil moisture content (mass%) in different plant nutrition treatments of the short rotation coppice experiment (Gödöllő 2008, 2010). (1) Depth (cm), (2) Treatment, (3) Control, (4) Fertiliser, (5) Compost, (6) LSD<sub>5%</sub>. Legend: numbers after ± represent the standard deviation. The difference in letters between the treatments show a significant difference, \*n. sz. = not significant.

A 2010. évben a vegetációs időszakban több csapadék hullott, mint sok év átlagában egész naptári évben. Ebben a mérési időszakban is igazoltuk a komposztkezelés nedvesség veszteséget csökkentő hatását, 15–22%-kal nagyobb talajnedvességet határoztunk meg a kontroll és a műtrágyával kezelt parcellákhoz képest. A mélyebb rétegekben a különbségek elmosódtak, a 20–30 centiméteres mélységen kívül szignifikáns különbséget nem mértünk a kezelések között. A nedvesség veszteséget csökkentő módszerek jelentősége elsősorban száraz évjáratokban értékelődik fel, azonban csapadékos évjáratokban tartalekolt talajnedvesség egy része elraktározható.

A fás szárú energianövények gyökereinek legnagyobb része a feltalajban (5–40 cm) helyezkedik el, ugyanakkor a vízfelvétel szempontjából jelentősek a mélyebb rétegekbe lehatoló gyökerek. Ez utóbbiak szerepe aszályos évjáratban növekszik meg, amikor a felső talajréteg hiányzó vízkészlete a mélyebb rétegekből pótolható. A 2010. év vegetációs időszakában július és október között két hetes intervallumokban hét alkalommal végeztünk 90 cm mélységig talajnedvesség vizsgálatokat a talajellenállásnál leírt módon fűz, napraforgó és őszi búza talajában. A hét mérés átlagértékeit mutatja a 6. táblázat.

6. táblázat. Talaj nedvességtartalom (tömeg%) különböző talajhasználati rendszerekben (Gödöllő 2010, 7 időpontban végzett mérés átlagértékei)

Mélység (cm) (1)	Kezelés (2)			
	Energianövény (3)	Napraforgó (4)	Őszi búza (5)	SzD <sub>5%</sub> (6)
0–10	11,6±0,2a	11,1±0,3a	12,4±0,5b	0,7
10–20	11,3±0,6a	12,8±0,7b	12,5±0,3b	1,1
20–30	11,2±0,6a	12,7±0,7b	13,2±0,7b	1,3
30–40	12,3±0,1a	13,9±0,8b	14,1±1,0b	1,4
40–50	14,5±0,8	16,5±0,8	15,7±1,0	n. sz.*
50–60	15,1±1,0	17,1±1,7	16,8±1,0	n. sz.*
60–70	16,5±0,4	16,6±1,0	16,9±0,5	n. sz.*
70–80	16,7±0,5	17,5±0,6	17,5±0,5	n. sz.*
80–90	16,6±0,6a	18,3±0,4b	17,3±0,2a	0,9

Jelmagyarázat: A ± utáni számok a szórásértéket jelzik. A kezelések közötti betűeltérés szignifikáns különbséget mutat, \*n. sz. = nem szignifikáns.

Table 6. Soil moisture content (mass%) in different land use systems (Gödöllő 2010, averages of 7 measurements). (1) Depth (cm), (2) Treatment, (3) Energy crop, (4) Sunflower, (5) W-Wheat, (6) LSD<sub>5%</sub>. Legend: numbers after ± represent the standard deviation. The difference in letters between the treatments show a significant difference, \*n. sz. = not significant.

Kezeléshatás kizárólag a felső 40 cm talajrétegben figyelhető meg, ez alatt a legkisebb nedvességet minden esetben a fűz talajában mértük, azonban a különbség a 80–90 cm réteg kivételével nem szignifikáns. A napraforgó talajához képest a legfelső talajrétegben nem mutattuk ki a nedvességtartalom csökkenését, ugyanakkor az őszi búza talajában 0,8–1,1 tömeg%-kal nagyobb

volt a talajnedvesség értéke. Ebben szerepet játszott az, hogy az őszi búza betakarítását követően a talajt nem fedte kultúrnövény, amely a vizet felhasználta volna, kizárólag evaporációból származó nedvesség veszteséggel kellett számolni. A fás szárú energianövények (elsősorban fűz) vízigénye jelentős, ugyanakkor a betakarítást követően is néhány hónapon belül zár az állomány, továbbá az évente felszínre kerülő 1–3 t/ha lombtömeg védő hatást fejt ki a felszínen (*Verwijst és Makeschin 1996*). A levélmaradványok nedvességvesztését csökkentő hatása egész évre kiterjed, mert legfeljebb 60–70%-os lebomlási rátával számolhatunk (*Sauerbeck 1992*).

### Következtetések

A fás szárú energianövények ökológiai szempontú értékelése tárgyában hazai viszonyok között kevés megbízható eredmény született az elmúlt években. Az ültetvények hosszú távú hatásának vizsgálatát akadályozza, hogy kevés 5–6 évesnél régebbi energetikai faültetvény található az országban. Jelen dolgozatban a rozsdabarna erdőtalajon fás szárú energianövény kísérletben végzett kutatások első négy éves mérései alapján megállapítható, hogy középtávon ülepedésre hajlamos termőhelyi feltételek között a talajjellenállás növekedést regisztráltuk, azonban annak mértéke nem érte el a kritikus, káros mértékű tömörödési szintet. A további kutatások feladata, hogy választ kapjunk arra a kérdésre, hogy az ültetvény későbbi időszakában várható-e a talajjellenállás értékének kedvező változása kedvező körülmények között alkalmazott direktvetéshez hasonlóan.

A talajjellenállás értéke az energetikai faültetvény kísérletben meghaladta a hagyományos forgatásos és forgatás nélküli művelésben mért szintet, azonban ezek az értékek a több nemzetközi közleményben leírt korábbi eredményeket erősítik meg, amelyek alapján középtávon fás szárú energiaültetvényekben a fizikai és biológiai talajállapot javulása érhető el.

Magyarországon több százezer tonna mennyiségben képződik szennyvíziszap, amely komposztálva energianövények tápanyag-visszapótlására használható fel. A komposzttal kezelt parcellákon bizonyítottuk, hogy a talaj nedvességvesztésének csökkenése érhető el, ami segíti a növényeket az esetleges szárazabb periódusok átvészelésében, továbbá megőrzi vagy javítja a talaj kedvező fizikai, biológiai állapotát.

## IRODALOM

- Ahman, I.–Wilson, F.: 2008. Symptoms of pests rust and other disorders on leaves of willow fertilised with wastewater, urine or sewage sludge. *Biomass and Bioenergy*. 32: 1001–1008.
- Bai A.–Lackner Z.–Marosvölgyi B.–Nábrádi A.: 2008. A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó. Budapest.
- Baráth Cs.–né–Ittész A.–Ugrósdy Gy.: 1996. *Biometria*. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Barkóczy Zs.–Csernyi R.–Ivelics R.: 2007. Energetikai faültetvények tervezése és kivitelezése. Kézirat. Sopron.
- Beese, F.: 1990. Bodenbewirtschaftung aus ökosystemarer Sicht. *Landwirtschaftliches Jahrbuch* 67. Jhrg. – Sonderheft. 18–32.
- Birkás, M.–Jolánkai, M.–Gyuricza, Cs.–Percze, A.: 2004. Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. [In: Karlen, D. L. (ed.) "Soil Quality as an Indicator of Sustainable Tillage Practices".] *Soil Till. Res. Special Issue*. 78. 2: 185–196.
- Birkás M.–Stingli A.–Farkas Cs.–Bottlik L.: 2009. Összefüggés a művelés eredetű tömörödés és a klímakárok között. *Növénytermelés*. 58. 3: 5–26.
- Daróczy S.: 2005. Talajtömörésmérő műszer. Szarvas. Kézirat. 4.
- Gyuricza Cs.: 2000. Az értékőrző és hagyományos talajművelés egyes fizikai és biológiai hatásainak értékelése. Doktori (Ph.D) értekezés. SZIE. Gödöllő.
- Gyuricza Cs.–Hegyesi J.–Kohlheb N.: 2011. Rövid vágásfordulójú fűz (*Salix sp.*) energiaültetvény termesztésének tapasztalatai és életciklus-elemzésének eredményei. *Növénytermelés*. 60. 2: 45–66.
- Heller, M. C.–Keoleian, G. A.–Volk, T. A.: 2003. Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. *Biomass and Bioenergy*. 25: 147–165.
- Ivelics R.: 2006. Minirotációs energetikai faültetvények termesztés-technológiájának és hasznosításának fejlesztése. Kézirat. Sopron.
- Józefaciuk, G.–Murányi, A.–Szatanik-Kloc, A.–Farkas, Cs.–Gyuricza, Cs.: 2001. Changes of surface, fine pore and variable charge properties of a brown forest soil under various tillage practices. *Soil Till. Res.* 1573: 1–9.
- Kohlheb N.–Pataki Gy.–Porteleki A.–Szabó B.: 2010. A megújuló energiaforrások társadalmi hasznosságának értékelése. Tanulmány. ESSRG Kft. 48.
- Laureysens, I.–Bogaert, J.–Blust, R.–Ceulemans, R.: 2004. Biomass production of 17 poplar clones in a short rotation coppice culture on a waste disposal site and its relation to soil characteristics. *Foresyt Ecology and Management*. 187: 295–309.
- László P.: 2007. A direktvetéses és bakhátas gazdálkodási rendszerek hatása a talaj fizikai és biológiai állapotára. Doktori (Ph.D) értekezés. Gödöllő. 107.
- Liebhard, P.: 2009. Energetikai faültetvények. Cser Kiadó. Budapest.
- Mola-Yudego, B.–Aronsson, P.: 2008. Yield models for commercial willow biomass plantations in Sweden. *Biomass and Bioenergy*. 32: 829–837.

- Nemzeti Fejlesztési Minisztérium*: 2010. Magyarország Megújuló Energiahordozó Cselekvési Terve (NCsT). A 2020-ig terjedő megújuló energiahordozó felhasználás alakulásáról.
- Pellegrino, E.–Di Bene, C.–Tozzini, C.–Bonari, E.*: 2011. Impact on soil quality of a 10 year-old short-rotation coppice poplar stand compared with intensive agricultural and uncultivated systems in a Mediterranean area. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 140: 245–254.
- Póti P.–Pajor F.–Bodnár Á.–Abainé H. E.–Bárdos L.*: 2010. Legeltetett anyajuhok és bárányaik húsának és egyes szerveinek ólom és kadmium tartalma. *Magyar Állatorvosok Lapja*. 132. 10: 667–672.
- Sauerbeck, D.*: 1992. Funktion und Bedeutung der Organischen Substanzen für die Bodenfruchtbarkeit – ein Überblick. *Berichte über Landwirtschaft*, 206. Sonderheft: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit. Band 4. Humusgehalt. 13–29.
- Simon L.–Szabó B.–Varga Cs.–Uri Zs.–Bányácski S.–Balázs S.*: 2010. Energianövények hozamának és toxikus-elem felvételének vizsgálata. [In: Farsang A.–Ladányi Zs. (szerk.) *Talajvédelem (különszám)*.] 421–430.
- Szajkó G. (szerk.)*: 2009. Erdészeti és ültetvény eredetű fás szárú biomassza Magyarországon. Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont. Műhelytanulmány. 99.
- Tamás R.*: 1997. A felszabaduló mezőgazdasági területek racionális hasznosítási lehetőségei. Kézirat. Sopron.
- Varga K.–Homonnai G.*: 2009. Munkahelyteremtés zöldenergiával – A megújuló energiaforrások munkahelyteremtő hatásának nemzetközi tapasztalatai. *Tanulmány. Energia Klub*. 17.
- Verwijst, T.–Makeschin, F.*: 1996. Environmental aspects of biomass production and routes of European energy supply. Concerted action Air 3-94-2466. Report form the working group on chemical soil and water issues.

A szerzők levelezési címe – Addresses of the authors:

Dr. Gyuricza Csaba–Junek Nikolett–Csuzi Szabolcs–Kovács Gergő–  
Ujj Apolka–Dr. Mikó Péter  
Szent István Egyetem  
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar  
Növénytermesztési Intézet  
Gödöllő  
Páter K. u. 1.  
H-2103

## A kalcium és magnézium deszorpciójának vizsgálata mészlepedékes csernozjomon

<sup>1</sup>LÁSZTITY BORIVÓJ-<sup>2</sup>BICZÓK GYULA-<sup>3</sup>JÁKI ISTVÁN

<sup>1</sup>MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

<sup>2</sup>Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, Budapest

<sup>3</sup>MOSZ Somogy Megyei Szövetség, Kaposvár

### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom talajon őszi búza eltérő PK ellátottságú műtrágyázási kísérletben a vegetáció során 10 időpontban a szántott rétegben (0-20 cm) vett talajmintákban, folyamatos állandó folyadékárammal frakcionált eljárással, vizes oldat alkalmazásával deszorpciós vizsgálatokat végeztünk a kalcium és magnézium oldatba kerülés alakulásáról.

#### *A vizes áramban mért kalcium deszorpció*

A műtrágyázás a frakciók átlagában a kontrollhoz viszonyítva csupán az NK<sub>1</sub> kezelésben, valamint az első 5 perces frakcióban pedig az NK<sub>1</sub> és NP<sub>2</sub>K<sub>2</sub> kezeléseknél növelte igazolhatóan a deszorbeált kalcium mennyiségét.

A deszorpció intenzitása a trágyázási kezelések átlagában erős és a maximumokat már az első frakcióban mértük. A további frakciókban a változás tendenciában csökkenő, és az első frakcióhoz viszonyítva mennyiségük szignifikánsan kisebb.

#### *Vizes áramú magnézium deszorpció*

A frakcionálási idő hossza erősen befolyásolta a folyamatot – a maximumot az első frakció biztosította –, az idő további növelése jelentős mennyiségi csökkenést eredményezett.

A műtrágyázási kezelések átlagában és az egyes frakciókon belül a deszorpció – ezen a magnéziummal kielégítően ellátott talajon – csupán a legrövidebb idejű (5 perc)



frakcióban mutatott szignifikáns eltéréseket a kezeletlenhez viszonyítva az  $NK_1$  és  $NP_2K_2$  kezelésekben.

A szezonális dinamika mindkét elemnél kis különbségekkel az oldhatósági – elsősorban a környezeti viszonyokhoz (talajbani oldhatóság, hőmérséklet és nedvesség) igazodóan változott.

A kidolgozott vizsgálati módszer eredményei előre vetítik az alkalmazás perspektivikus lehetőségét a dinamikus tápelem-szolgáltatás kontrolljában. Egyben indokolják a vizsgálatok a kalibrálás kiszélesítését (talajra, növényre), és a módszer további elemekre szóló finomítását.

**Kulcsszavak:** Ca, Mg, deszorpció, állandó folyadékáramlásos eljárás, műtrágyázás, őszi búza

## Examination of the desorption of calcium and magnesium on calcareous chernozem soil

<sup>1</sup>B. LÁSZTITY–<sup>2</sup>GY. BICZÓK–<sup>3</sup>I. JÁKI

<sup>1</sup>Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Science, Budapest

<sup>2</sup>Ministry of Environmental Protection and Regional Development, Budapest

<sup>3</sup>The National Federation of Agricultural Cooperators and Producers, Somogy County Association, Kaposvár

### Summary

Desorption examinations were carried out in the soil samples taken from the ploughed layer during the vegetation period in a winter wheat fertilisation experiment on calcareous chernozem soil with the aim to follow how calcium and magnesium gets incorporated into the soil solution.

#### *Calcium desorption measured in aqueous flow*

Fertilisation significantly increased the amount of desorbed calcium in comparison with the control treatment only in the  $NK_1$  treatment in the average of fractions, and the same observations were gained in  $NK_1$  and  $NP_2K_2$  treatments in the 5-minute fractions.

The intensity of desorption is quick in the average of fertilisation treatments and the highest values – half of the total amount – were measured in the first fraction, while the change in further fractions is quick and significantly lower.

*Magnesium desorption measured in aqueous flow*

The length of fractionation time strongly affected the process – the highest values were measured in the first fraction – and the further increase of its duration resulted in intensive slow-down.

In the average of fertilisation treatments and also within each fraction, desorption showed significant differences on the soil which was properly supplied with magnesium only in the shortest (5 minute long) fraction in the NK<sub>1</sub> and NP<sub>2</sub>K<sub>2</sub> treatments in comparison with the non-treated one. Seasonal dynamics changed in accordance with solubility, mostly environmental factors (solubility in the soil, temperature, moisture) with small differences in the case of both elements.

The results of the developed examination method show the perspective possibility of its use in the control of dynamic nutrient supply, while they also justify the broadening of examinations and the further refining of the method itself.

**Key words:** desorption, constant fluid flow process, fertilisation, winter wheat

## **Исследование десорбции кальция и магния на чернозёме с известковым налётом**

<sup>1</sup>Б. ЛАСТИТЬ–<sup>2</sup>ДЬ. БИЦОК–<sup>3</sup>И. ЯКИ

<sup>1</sup>Венгерская Академия Наук, Исследовательский Центр Аграрных Наук,  
Институт Почвоведения и Агрехимии, Будапешт

<sup>2</sup>Министерство Защиты Окружающей Среды и Развития Территорий, Будапешт

<sup>3</sup>МОС Союз области Шомодь, Капошвар

### **Резюме**

На чернозёмной почве с известковым налётом в опыте искусственного удобрения озимой пшеницы в ходе вегетации в образцах почвы, взятых из вспаханных слоёв, провели десорбционные исследования о формировании попадания кальция и магния в раствор.

*Десорбция кальция, измеренная в водном потоке*

Внесение искусственного удобрения в среднем по фракциям только а обработке  $NK_1$ , и также в первой 5-минутной фракции в обработках  $NK_1$  и  $NP_2K_2$  по сравнению с контролем значительно увеличило количество десорбированного кальция.

Интенсивность десорбции в обработках удобрениями в среднем быстрое и максимумы измерили в первой фракции – в половине всего количества –, в остальных фракциях изменение было быстрым и значительно меньшим.

*Десорбция магния в водном потоке*

Длительность времени фракционирования сильно влияла на процесс – максимум обеспечивала первая фракция –, дальнейшее увеличение времени привело к интенсивному замедлению.

В среднем в обработках искусственным удобрением и в отдельных фракциях десорбция – на этой достаточно обеспеченной магнием почве, только во фракции самого короткого времени (5 минут) показала значительные отличия по сравнению с необработанными в обработках  $NK_1$  и  $NP_2K_2$ . Сезонная динамика у обоих элементов с малыми отличиями доказуемо изменилась, в первую очередь, обстоятельства растворимости в соответствии с окружающими обстоятельствами (растворимость в почве, температура и влажность).

Результаты выработанного исследовательского метода показывают перспективную возможность использования в контроле динамического обеспечения питательными веществами. Одновременно мотивируют расширение исследований и дальнейшее развитие метода.

**Ключевые слова:** десорбция, метод постоянного потока жидкости, искусственное удобрение, озимая пшеница

## Bevezetés

A kalcium sokirányú alkalmassága a talajban a pH, a kation kicserélő kapacitás, a kolloidok telítettségében, arányaiban a talajoldatban, valamint a növények fiziológiájában betöltött funkciója miatt a kiemelten fontos tápelemek közé tartozik (Simán 1989, Stefanovits et al. 1987, 1999, Tisdale et al. 1993).

A magnézium számos agyagásványban található elem, forrása a növényi tápanyagnak (Kiss 1983, Loch és Buzásné 1984), mely a növény számára nélkülöz-

hetetlen. Vályog talajokban CaO, és MgO-ban átlagosan 1% körüli értékben található (Loch és Noszticius 1992, Stefanovits et al. 1999).

A mérésük a talajvizsgálatok felhasználásával valósul meg. A talajvizsgálatok célja és módszerei többféleképpen lehetnek (Kádár 2005, Sarkadi 1975). A vizsgálat során azonban nemcsak a mennyiség meghatározása a fontos, hanem, hogy a tápelem milyen sebességgel kerül a talajoldatba, és közvetve, időben álljon rendelkezésre (Loch 1984) a növénynek.

A talajok Ca és Mg készletének mennyiségi és dinamikai változásának tanulmányozására a folyamatos vizes deszorpció módszerét (Stefanovits et al. 1984) alkalmaztuk. A módszer a többi deszorpció eljárásához (Füleky et al. 1980) viszonyítva abban különbözik, hogy egyszerűbben kivitelezhető, és a valós körülményeket is képes jobban megközelíteni.

### Anyag és módszer

A trágyázási kísérletet 1981 őszén állítottuk be mészlepedékes csernozjom talajon. A kezelésekből egységes N trágyázás mellett feltöltő adagú P és K kezeléseket alkalmaztunk pétisó, szuperfoszfát és kálisó felhasználásával. A pétisóban a Ca átlagos tartalma 6,79%, a Mg 9 mg/kg; a szuperfoszfátban Ca 10%, a Mg 450 mg/kg; a kálisóban a Ca 0,16%, a Mg 406 mg/kg volt (Kádár 1991).

A talajmintákat a növénymintával azonos időpontban a szántott rétegből (0–20 cm) vettük márciustól a betakarításig, parcellánként a kezelésekből a nettó területről 20–20 pontminta egyesítésével 4–4 ismétlésben dekádanként. A kísérlet talajának fontosabb jellemzői: A humusz 3,5%, a humuszosréteg vastagsága 60–90 cm, Mg-KCl oldható tartalma 150–180 mg %, CaCO<sub>3</sub> 3,8–5,0%, pH vizes 8,0–8,4, Arany-féle kötöttség 42, hy 2,6–2,9, leiszapolható rész 22%, S-érték 32 mg/100 g talaj. A talajnedvesség pF 2,3 és 4,2, a tf % 37 és 17% között alakult a szántott rétegben. A deszorpciót Stefanovits et al. (1984) által kidolgozott folyamatos állandó folyadékárammal frakcionált eljárással vizsgáltuk, vizes oldat alkalmazásával. A Schachtschabel csőben összeállított talajoszlopon perisztaltikus pumpa segítségével állandó sebességű folyadékáramban, ahol a be- és kivezetett folyadék térfogata azonos – 2 ml/perc áramlási sebesség kialakításával –, jelen esetben 5 percenként 10 ml frakciókat szedtünk le (Jáki 1984). Ezután TVG eljárással (Buzás et al. 1989) meghatároztuk a frakciók Ca és Mg tartalmát.

A biometriai vizsgálatokat varianciaanalízissel Ragályi Péter kolléga végezte, a táblázatokban három tényező (mintavételi idő, műtrágyázási kezelések, frakciók) szerepel.

### Eredmények, következtetések

#### Vizes áramú kalcium deszorpció

A Ca mért deszorpciójának változását a műtrágyázás és a frakcionálási idő függvényében az 1. táblázatban mutatjuk be. A műtrágyázás a frakciók átlagában csupán az NK<sub>1</sub> kezelésben, valamint az első 5 perces frakcióban az NK<sub>1</sub> és NP<sub>2</sub>K<sub>2</sub> kezeléseknél növelte szignifikánsan a deszorbeált kalcium mennyiségét a kontrollkezeléshez viszonyítva.

1. táblázat. *Stacioner vizes áramban deszorbeált kalcium mennyiségek változása (mg Ca/kg/talaj) (Nagyhörcsök 1982)*

Kezelés (1)	Idő (perc) (2)					SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	5'	10'	15'	20'	25'		
∅	78,94	26,91	21,60	18,90	16,99		32,67
N	84,66	27,47	23,86	19,15	17,20		34,47
NP <sub>1</sub>	85,89	29,07	23,20	20,15	19,36		35,53
NK <sub>1</sub>	107,76	37,60	24,71	20,19	17,54	7,01	41,56
NP <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	82,46	26,39	21,66	18,72	17,08		32,86
NP <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	102,20	29,78	22,82	19,42	17,63		38,37
SzD <sub>5%</sub> (3)			7,01				7,61
Átlag (4)	9,98	29,54	22,97	19,42	17,63	6,95	35,91
%	50	16	13	11	10		

N=200 kg/ha, P<sub>1</sub>=500 kg, P<sub>2</sub>=1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, K<sub>1</sub>=500 kg, K<sub>2</sub>=1000 kg K<sub>2</sub>O/ha.

Table 1. Changes in the quantity of calcium (mg kg<sup>-1</sup>) desorbed in a stationary aqueous flow (Mollisol, Nagyhörcsök, 1982). (1) Treatment, (2) Time (minutes), (3) LSD<sub>5%</sub> (4) Mean. N=200 kg ha<sup>-1</sup>, P<sub>1</sub>=500 kg, P<sub>2</sub>=1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, K<sub>1</sub>=500 kg, K<sub>2</sub>=1000 kg K<sub>2</sub>O/ha.

A deszorpció intenzitását vizsgálva a trágyázási kezelések átlagában a maximumokat az első frakcióban mértük – a teljes mennyiség felét –, a további frakciókban a változás erős szignifikáns csökkenést jelzett. A jelenség magyarázatául

szolgál, hogy a kísérlet talajában a mészlepedékben lévő  $\text{CaCO}_3$  nagy fajlagos felülete kedvez a Ca oldhatóságának (Tolner *et al.* 1989). Az egyes kezeléseken belül viszont a műtrágyázás igazolható különbségeket nem okozott. Valószínűsíthető, hogy az alkalmazott műtrágyázási kezelések közel azonos feltételeket biztosítottak a Ca oldatba kerülésének, illetve azt az antagonizmusok (Loch *et al.* 1986) nem, vagy nem igazolható mértékben gátolták.

A deszorpció *szezonális változását* a műtrágyázás függvényében a 2. táblázatban szemléltetjük. A kezelések átlagában a változások abszolút értékben alacsonyak, a tavaszi első mintavételek eredményeihez képest – a klimatikus szélsőségesebb csapadék viszonyok következtében – a szárbaindulás és érés szakaszában statisztikailag is igazolható volt a változás. Valószínűleg az oldékonysági viszonyok megváltozása miatt.

2. táblázat. *Stacioner vizes áramban deszorbeált Ca-mennyiségek változása a mintavételi idő és a műtrágyázás függvényében (mg Ca/kg/talaj) (Nagyhörcsök 1982)*

Mintavételi idő (1)	$\emptyset$	N	NP <sub>i</sub>	NK <sub>i</sub>	NP.K <sub>i</sub>	NP.K <sub>e</sub>	SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)
IV. 06.	32,62	38,44	34,78	32,44	34,30	38,20		35,13
IV. 16.	32,22	44,76	34,92	33,90	24,30	33,02		33,85
IV. 26.	25,56	25,28	29,90	33,30	28,34	27,48		28,31
V. 06.	43,76	39,46	46,76	45,90	44,88	43,70		44,08
V. 16.	30,76	28,74	31,94	36,08	29,36	30,00	22,15	31,15
V. 27.	32,42	26,84	33,72	36,36	39,40	43,18		35,32
VI. 07.	37,00	31,78	31,98	33,34	33,22	42,26		34,93
VI. 17.	27,76	28,50	31,30	29,54	29,16	32,06		29,73
VI. 28.	33,10	40,12	32,16	31,86	32,14	31,56		33,49
VII. 15.	31,48	40,76	47,88	32,84	33,52	42,24		38,12
SzD <sub>5%</sub> (2)				22,51				9,19
Átlag (3)	32,67	34,47	35,53	41,56	32,86	38,37	7,12	35,91

Table 2. Changes in the Ca ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) quantities desorbed in a stationary aqueous flow as a function of fractionation time and fertilisation (Mollisol, Nagyhörcsök, 1982). (1) Sampling time, (2) LSD<sub>5%</sub>, (3) Mean.

A kísérletben az őszi búza földfeletti részében a *Ca* felhalmozást az egyes fenofázisokban a 3. táblázat tartalmazza. A felhalmozás mennyiségét a műtrágyázás szignifikáns mértékben növelte – a kontrollhoz viszonyítva – valamennyi fenofázisban. Az ökológiai feltételek alakulása következtében a maximumot viszont a virágzás végén érte el és utána – elemvesztés – a betakarításig csökkenés, reflux következett be. A szárazanyag felhalmozás menete hasonló lefutást mutatott (Lásztity 1988).

3. táblázat. A műtrágyázás hatása a kalcium felhalmozására a tenyészidő folyamán, őszi búza Mv 8 fajta (kg/ha)  
(Nagyhörcsök 1982)

Fenofázis (1)	Műtrágyázás (2)							SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)	%
	∅	N	P.K <sub>1</sub>	NP <sub>1</sub>	NK <sub>1</sub>	NP.K <sub>1</sub>	NP <sub>2</sub> K <sub>2</sub>			
Bokrosodás (5)	2,5	3,6	3,5	4,1	2,9	4,0	4,6	1,4	3,6	14
	3,7	5,1	6,8	7,0	4,2	6,9	7,2	2,4	5,8	23
Szárbaingulás (6)	3,4	6,6	5,1	9,9	3,7	10,8	8,3	3,7	6,8	27
	6,5	12,1	8,2	17,5	8,8	16,8	16,3	5,8	12,3	48
	10,5	21,2	9,5	27,2	14,7	27,9	22,8	5,6	19,1	75
Kalászás (7)	11,2	21,4	11,6	25,8	19,6	28,6	21,4	4,5	19,9	78
Virágzás (8)	16,3	27,0	14,4	31,1	31,8	30,3	28,0	6,9	25,5	100
	15,7	17,6	14,4	23,7	16,7	26,3	23,9	5,3	19,7	77
Tejes érés (9)	11,1	19,4	10,5	14,4	14,6	17,0	15,1	3,9	14,6	57
Teljes érés (10)	10,4	14,2	11,1	18,4	15,1	19,0	19,6	4,2	15,4	60
Szem (11)	1,7	1,9	1,7	2,1	1,7	3,6	3,0	1,0	2,3	15
Szalma (12)	8,7	12,3	9,4	16,3	13,4	15,4	16,6	3,1	13,1	8

Table 3. Effect of fertilisation on the accumulation of calcium (kg ha<sup>-1</sup>) during plant growth, Winter wheat, Mv 8 hybrid, (Nagyhörcsök 1982). (1) Phenophase, (2) Fertilisation treatments, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Shooting, (6) Stem elongation, (7) Heading, (8) Flowering, (9) Milky ripening, (10) Total maturity, (11) Grain, (12) Straw.

#### Vizes áramú magnézium deszorpció

A talaj folyamatos vizes áramában a deszorpció változását a műtrágyázás és a frakcionálási idő függvényében a 4. táblázatban mutatjuk be. A frakcionálási idő hatását vizsgálva a kezelések átlagában gyors oldatba kerülést figyelhetünk meg. Az 5 perces időpont a további hosszabb frakcionálási időnél szigni-



fikánsan nagyobb mennyiségű oldódást mutatott, mely a frakcionális idő növekedésével folyamatos csökkenést jelzett a kezdeti 53%-ról 8%-ra, a teljes kioldott mennyiség százalékában. Az egyes kezeléseken belül a tendencia hasonló változásokat mutatott.

A műtrágyázási kezelésekek átlagában és az egyes frakciókon belül a deszorpció ezen a magnéziummal kielégítően ellátott talajon, csupán a legrövidebb idejű frakcióban mutatott szignifikáns eltéréseket a kezeletlen kontrollhoz viszonyítva az NK<sub>1</sub> és NP<sub>2</sub>K<sub>2</sub> kezelésekekben.

4. táblázat. *Stacioner vizes áramban deszorbeált magnézium mennyiségek változása (mg Mg/kg/talaj) (Nagyhörcsök 1982)*

Kezelés (1)	Idő (perc) (2)					SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	5'	10'	15'	20'	25'		
∅	4,33	1,27	1,07	0,84	0,71		1,64
N	4,27	1,54	1,04	0,80	0,63		1,66
NP <sub>1</sub>	4,16	1,36	1,01	0,76	0,65		1,59
NK <sub>1</sub>	5,14	1,55	0,98	0,82	0,58	0,80	1,81
NP <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	4,01	1,38	1,01	0,83	0,74		1,59
NP <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	4,73	1,41	1,03	0,87	0,74		1,76
SzD <sub>5%</sub> (3)			0,80				0,33
Átlag (4)	4,44	1,42	1,02	0,82	0,68	0,33	1,67
%	53	17	12	10	8		

Table 4. Changes in the quantity of magnesium (mg kg<sup>-1</sup>) desorbed in stationary aqueous flow as a function of sampling date and fertilisation (Mollisol, Nagyhörcsök 1982). (1) Treatment, (2) Time (minutes), (3) LSD<sub>5%</sub> (4) Mean.

A vegetáció folyamán a deszorpció *szezonális változását* a műtrágyázás és a mintavételi idő függvényében, valamint azok átlagában az 5. táblázat tartalmazza. A műtrágyázási kezelésekek átlagában a dekádonkénti változás a környezeti, ökológiai feltételek (hő, nedvesség, talajkémiai mechanizmusok) hatására viszonylag kis mértékben jelentkezett. Szignifikáns mértékben, két ízben a szárbaindulás és a beéredés fenofázisában volt nagyobb az első kora tavaszi bokrosodáskori mérésekhez képest. Az egyes kezelésekekben belül a változás csak a feltöltő adagú NPK kezelésekekben mutatott igazolható eltéréseket a vegetáció

során. Valószínű a kation egyensúly, valamint a környezeti feltételek alakulása (Lásztity et al. 1994) következtében változott az oldatba kerülés mértéke ezen a talajtípuson is.

5. táblázat. *Stationer vizes áramban deszorbeált Mg-mennyiségek változása a mintavételi idő és a műtrágyázás függvényében (mg Mg/kg/talaj) (Nagyhörcsök 1982)*

Mintavételi idő (1)	∅	N	NP <sub>1</sub>	NK <sub>1</sub>	NP <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	NP <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)
IV. 06.	1,60	1,68	1,16	1,10	1,08	1,50		1,35
IV. 16.	1,32	1,70	1,62	1,56	1,50	1,88		1,60
IV. 26.	1,56	1,58	1,70	1,58	1,34	1,34		1,52
V. 06.	2,06	1,80	1,84	2,14	1,68	2,10		1,94
V. 16.	1,68	1,38	1,40	1,62	1,46	1,46	1,05	1,50
V. 27.	1,68	1,36	1,58	1,54	1,82	1,96		1,66
VI. 07.	1,70	1,62	1,28	1,06	2,14	2,24		1,67
VI. 17.	1,70	1,68	1,50	1,52	1,72	1,58		1,62
VI. 28.	1,60	1,80	1,68	1,34	1,60	1,00		1,50
VII. 15.	1,54	1,96	2,12	1,68	1,60	2,46		1,89
SzD <sub>5%</sub> (2)				1,05				0,43
Átlag (3)	1,64	1,66	1,59	1,81	1,59	1,58	0,33	

Table 5. Changes in the Mg quantities (mg kg<sup>-1</sup>) desorbed in a stationary aqueous flow as a function of fractionation time and fertilisation (Mollisol, Nagyhörcsök 1982). (1) Sampling time, (2) LSD<sub>5%</sub>, (3) Mean.

A kísérletben az őszi búza földfeletti részében a Mg felhalmozást az egyes fenofázisokban a 6. táblázat ismerteti. A felhalmozás mennyiségét a műtrágyázás növelte, a kontrollhoz viszonyítva szignifikáns mértékben, valamennyi fenofázisban. A szezonális felhalmozás tendenciája hasonlóképpen alakult, mint a Ca esetében.

Mészlepedékes csernozjom talajon, melynek talajképző kőzete a lösz és kedvező feltételeket biztosít a növénytermesztés számára, vizsgáltuk a módszer alkalmazhatóságát. A kísérletben közepes humuszrétegű változat található, lúgos kémhatású, mélységben erősen karbonátos. Az adszorpciós kapacitáson belül a kicserélhető kationok közül az uralkodó Ca és Mg csak a mé-

lyebb rétegekben jelentkeznek. A mechanikai összetétel 25%-os kolloidális részt mutat (Szőcs 1965) A vizgazdálkodási tulajdonságok Várallyay (1985) osztályozása szerint a jó vízbefogadó képességű és víztartó talajok csoportjába sorolható. Az őszi búza kísérletben PK feltöltő adagú trágyázással létrejött kielégítő és jó ellátottságú kezelésekben a a vegetáció során a fontosabb fenofázisokban tíz alkalommal a szántott rétegben vett talajmintákban, a folyamatos vizes oldatok áramában, 5 percenként vett frakciókban deszorpciós vizsgálatokat végeztünk, a kalcium és magnézium oldatba kerülés alakulásáról, a növényi felvétel egyidejű mérésekor.

6. táblázat. A műtrágyázás hatása a magnézium felhalmozására a tenyészidő folyamán, őszi búza Mv 8 fajta (kg/ha)  
(Nagyhörcsök 1982)

Fenofázis (1)	Műtrágyázás (2)							SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)	%
	∅	N	P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	NP <sub>1</sub>	NK <sub>1</sub>	NP <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	NP <sub>2</sub> K <sub>2</sub>			
Bokrosodás (5)	0,5	0,9	0,8	1,0	0,6	0,9	1,2	0,4	0,8	7
	0,7	1,1	1,7	1,6	1,0	1,6	1,7	0,5	1,4	11
Szárbaingulás (6)	0,6	1,1	0,8	1,9	0,7	1,9	1,5	0,6	1,2	10
	0,9	2,1	1,2	3,4	1,7	2,7	3,0	1,0	2,2	17
	2,4	4,7	2,8	8,2	4,0	5,8	5,4	1,4	4,8	38
Kalászás (7)	4,1	8,7	4,3	10,8	7,5	11,0	9,4	2,3	8,0	64
Virágzás (8)	5,7	12,3	6,8	13,7	13,8	14,3	15,0	2,5	11,7	93
	7,9	14,1	7,9	14,0	11,7	14,1	17,9	3,3	12,5	100
Tejes érés (9)	7,0	11,4	7,9	11,0	9,3	17,6	12,5	4,1	11,0	87
Teljes érés (10)	5,2	8,6	6,2	10,7	9,2	11,3	10,2	2,0	8,8	70
Szem (11)	3,3	4,9	4,6	6,3	5,7	6,6	6,9	1,2	5,4	60
Szalma (12)	1,9	3,6	2,6	4,4	4,3	4,7	3,8	0,9	3,3	40

Table 6. Effect of fertilisation on the accumulation of magnesium (kg ha<sup>-1</sup>) during plant growth (Winter wheat, Mv 8 hybrid). (1) Phenophase, (2) Fertilisation treatments, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Shooting, (6) Stem elongation, (7) Heading, (8) Flowering, (9) Milky ripening, (10) Total maturity, (11) Grain, (12) Straw.

Megállapítható, hogy a növények tápelem felvételét alapvetően a talaj felvehető tartalma határozza meg. A többi tényező csak részben képes azt módosítani. A megfelelő mennyiségű és időben rendelkezésre álló tápelemkészlet

megismerése indokolt és szükséges. A vizsgált deszorpciós módszer ezen a kedvező tulajdonsággal rendelkező talajon is a sebesség egyidejű ismeretével alkalmas lehet a tápelem gazdálkodás kontrolljához.

### IRODALOM

- Buzás I.–Fekete A.–Buzás I.-né–Csengeri P.-né–Kovács A.-né (szerk.):* 1989. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM. Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Fülek Gy.–Tolner L.–Dömsödi J.:* 1980. A talaj foszfor szolgáltatásának kinetikai vizsgálata anion kicserélhető műgyanta felhasználásával. Agrokémia és Talajtan. 29: 273–280.
- Jáki I.:* 1984. Különböző agyagásvány tartalmú talajok megkötő képességének vizsgálata. Egyetemi doktori értekezés. Gödöllő.
- Kádár I.:* 1991. A talajok és növények nehézfém tartalmának vizsgálata. [In: Környezet- és természetvédelmi Kutatások.] Környezetvédelmi Minisztérium – MTA TAKI. 104.
- Kádár I.:* 2005. A talajvizsgálatok elvei és módszere. [In: Kovács G. J.–Csathó P. A. (szerk.) Magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között.] 73–77.
- Kiss A. S.:* 1983. Magnéziumtrágyázás, magnézium a biológiában. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Lásztity B.:* 1988. A műtrágyázás hatása a tápanyagok felvételére és dinamikájára őszi búzában (N, P, K, Ca, Mg). Növénytermelés. 37. 1: 143–155.
- Lásztity B.–Biczók Gy.–Jáki I.:* 1994. Magnézium deszorpciós vizsgálatok karbonátos homokon. Növénytermelés. 47. 3: 327–332.
- Loch J.:* 1984. A talajok vízzoldható kálium és magnézium tartalmának felhasználása az ellátottság jellemzésére. DATE Tud. Közl. 247–256.
- Loch J.–Biczók Gy.–Tolner L.:* 1986. A magnéziumtrágyázás és a K-Ca-Mg antagonizmus. [In: A mezőgazdaság kemizálása I.] NEVIKI Konf. Keszthely. 62–66.
- Loch J.–Buzásné Hartyányi M.:* 1984. A talajban előforduló magnéziumformák. [In: Fazekas et al. (szerk.) A magnézium forrásai és jelentősége az élő világban.] Akadémiai Kiadó. Budapest. 30–37.
- Loch J.–Noszticius A.:* 1992. Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Sarkadi J.:* 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Simán, Gy.:* 1989. Effect of lime on Soil and Crops in Swedish Field Experiments. Agrochemistry and Soil Sci. 38: 765–774.
- Stefanovits P.–Filep Gy.–Fülek Gy.:* 1999. Talajtan Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Stefanovits P.–Jáki I.–Biczók Gy.:* 1984. Folyamatosan frakcionált deszorpció. Új talajvizsgáló módszer a tápanyagok mennyiségének és az intenzitás dinamikai paramétereinek egyidejű meghatározására. Szabadalom. T/39515/51 Go IN 33/24. (71).

- Stefanovits, P.-Füleky, Gy.-Jáki, I.*: 1987. Relationship between phosphate and potassium desorption and clay mineral composition of soils. Intern. Agrophysics. 3: 93-102.
- Szűcs L.*: 1965. A mészlepedékes csernozjomok osztályozásának továbbfejlesztése és osztályozása. Agrokémia és Talajtan. 14: 153-170.
- Tisdale, S. L.-Nelson, J.-Beaton, D.- Havlin, J. I.*: 1993. Soil fertility and fertilizers. Sulphur, Calcium and Magnesium. Fifth Ed. New York. USA. 8: 266-303.
- Tolner L.-Biczók Gy.-Jáki I.-Lásztity B.*: 1989. A mozgékony PK készletek alakulása a feltöltő adagú PK-műtrágyázás hatására a csernozjom és homoktalajon I. Összefüggés-vizsgálatok vizes deszorpcióval. Agrokémia és Talajtan. 38: 134-138.
- Várallyay Gy.*: 1985. Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és Talajtan. 33: 159-169.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Lásztity Borivoj  
MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet  
Budapest  
Herman O. u. 15.  
H-1022

Dr. Biczók Gyula  
Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium  
Budapest  
Kossuth Lajos tér 11.  
H-1055

Dr. Jáki István  
MOSZ Somogy Megyei Szövetség  
Kaposvár  
Bajcsy Zs. u. 25.  
H-7400



## **Bioenergetikai melléktermékek A fahamu és szalmahamu hatása a kukorica fejlődésére**

TÓTH BRIGITTA-BOJTOK KÁROLY-HANKOVSKY GERDA-  
VERES SZILVIA-LÉVAI LÁSZLÓ

Debreceni Egyetem AGTC, Növénytudományi Intézet, Debrecen

### **Összefoglalás**

Munkánk során a Törökszentmiklósi Mezőgazdasági Zrt.-ből származó fa- és szalmahamu hatásait vizsgáltuk kukoricán (*Zea mays* L. cv. Norma SC) laboratóriumi körülmények között.

A mezőgazdasági melléktermékként keletkezett fa- és szalmahamu a növények számára létfontosságú elemeket tartalmaz jelentős koncentrációban. A fa- és szalmahamu tápanyag-kiegészítő lehet a növények tápanyag-utánpótlásában. Jelentőségét fokozza, hogy egy melléktermék újrahasznosításáról lehet szó, illetve az, hogy a fa- és szalmahamu nem tekinthető klasszikus kemikáliának. A talajt lúgosító hatása miatt a fahamu igen kedvező lehet a savanyú talajokon. Az alkalmazás lehetőségét a fahamu rendkívül alacsony oldékonysága biztosítja. A fa- és szalmahamu növelte a növények szárazanyag tartalmát, viszont a csírázási kísérletben való önmagukban történő adagolása rontotta a csírázási százalékot, ezért főként alaptrágyaként, az őszi talaj-előkészítéssel egyidejűleg történő kijuttatása javasolt.

**Kulcsszavak:** fahamu, szalmahamu, tápanyag, melléktermék, kukorica



## **Byproducts of bioenergy The effect of wood ash and straw ash on maize growth**

B. TÓTH-K. BOJTOK-G. HANKOVSKY-S. VERES-L. LÉVAI

University of Debrecen, Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences,  
Institute of Crop Sciences, Debrecen

### **Summary**

We examined the effect of wood ash and straw ash from the Törökszentmiklósi Mezőgazdasági Zrt. on maize (*Zea mays* L. cv. Norma SC) under laboratory conditions.

Wood ash and straw ash produced as agricultural byproducts contain significant concentrations of elements which are essential for plants. Wood and straw ash can be supplementary nutrients in the nutrient replenishment of plants. Their importance is further increased by the fact that byproducts are recycled and also that wood and straw ash cannot be regarded as chemicals. Wood ash can be rather favourable on acidic soils due to its alkaline effect on them. The usability of wood ash is provided by its extremely low solubility. The wood and straw ash increased the dry matter content of plants, but their sole addition in the germination experiment decreased the germination percentage; therefore, they are recommended to be applied mainly as basic fertiliser at the time of soil preparation in the autumn.

**Key words:** wood ash, straw ash, nutrients, byproducts, maize

## **Биоэнергетические побочные продукты Влияние древесной золы и золы соломы на развитие кукурузы**

Б. ТОТ- К. БОЙТОК- Г. ХАНКОВСКИ- Ш. ВЕРЕШ- Л. ЛЕВАИ

Центр Аграрных и прикладных Экономических наук Дебреценского Университета,  
Институт Ботаники, Дебрецен

### **Резюме**

В ходе нашей работы мы исследовали влияния древесной и соломенной золы, происходящей из Сельскохозяйственного ЗАО (Тёрёксентмиклош), на кукурузе (*Zea mays* L. cv. Norma SC) в лабораторных условиях.

Voznikшая как побочный продукт сельского хозяйства древесная и соломенная зола содержит в значительной концентрации жизненно важные элементы для растений. Древесная и соломенная зола может дополнять питательные вещества в пополнении питательных веществ растений. Значение её увеличивает то, что речь идёт об использовании побочного продукта, и то, что древесную и соломенную золу не рассматриваем как классические химикалии. Из-за щёлочного влияния на почву древесная зола может быть очень благоприятна на кислых почвах. Возможность применения обеспечивает чрезвычайно низкая растворимость древесной золы. Древесная и соломенная зола увеличила содержание сухого вещества растений, однако в опыте прорастания добавление золы ухудшило процент прорастания, поэтому главным образом в качестве основного удобрения, одновременно с осенней подготовкой почвы предлагаем её внесение.

**Ключевые слова:** древесная зола, соломенная зола, питательное вещество, побочный продукт, кукуруза

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A hamu a növényi és állati eredetű anyagok elégeésekor visszamaradó ásvány-szerű alkotórész. A fahamu mennyisége függ a biomassza típusától. A tiszta fahamutartalma mintegy 0,5%, a kéregé 3,5%, a lágyszárú növények szalmája 6% feletti, az energianövényként hasznosítható lágyszárúaké általában 3–8% közötti érték (*Pecznik* 2007). A fahamu felhasználásának kezdete az elmúlt századokra nyúlik vissza. A szappankészítés egyik legáltalánosabb adalékanyaga volt hosszú időn keresztül. A 19. századtól rendszeresen használták Észak-Európa állattartó régióiban, a legelők javítására. A fahamu hatására a hó gyorsabban és folyamatosan olvadt el. Ezzel elkerülték a területek vízborítását – ami a gyors olvadás következménye – miközben jelentős mennyiségű tápanyagot is juttattak a legelőre (*Hartman és Alexa* 2001). A fahamu mezőgazdasági alkalmazása elmarad az erdészetiétől, igaz az erdészeti alkalmazás sem általános. Terjedését elősegíti a tűzifára alapozott erőművek terjedése, vagy a hagyományos tüzelőanyagról való átállásuk a fatüzelésre, valamint az, hogy a nagy mennyiségű fa kitermelésével a fában – sokszor több évtized alatt – felhalmozott tápanyagok visszajuttatása a kitermelés területére a talaj termékenységét, minőségét megőrző tényezővé vált. Ez az eljárás az intenzív erdőművelésnél a talajok tápanyaggal való feltöltésének legegyszerűbb költségtakarékos módja.

A fahamu kijuttatásával a talajok savanyodása megállítható, ugyanakkor a növények számára létfontosságú makro- és mikroelemek kedvező hatása a termés-gyarapodásban mérhető.

A mezőgazdasági célú felhasználások is az előbbi két célt szolgálják (Lickacz 2002). A fahamu mezőgazdasági alkalmazásának egyik gátja a fahamu nehézfém-tartalma lehet. Az egyik legveszélyesebb elem a kadmium, amely a talajainkban természetes körülmények között is jelen van (Grant et al. 1998).

Az intenzív növénytermesztésben a helytelenül használt nagy mennyiségű műtrágya a talaj egyenlőtlen tápanyag-ellátásához vezet (Nambiar 1994). A probléma még súlyosabb a savanyú homoktalajokon, melyek szervesanyagban szegények (Mahapatra et al. 1985) és a N, P, K, Ca és Mg tartalom nem kielégítő. Az alapvető kémiai tulajdonságok (pl. kation kicserélő kapacitás, pH) szorosan összefüggnek a savanyú talajok szervesanyag tartalmával (Moody et al. 1997).

A hamu talajba való bekeverésével elsősorban a talaj kémiai tulajdonságait befolyásolhatjuk, javíthatjuk. A hamunak a talaj fizikai tulajdonságaira gyakorolt hatása az, hogy a hamu módosítja a talaj textúráját, levegőzöttségét, víztartókéességét és sótartalmát, pl. a Ca befolyásolhatja a talaj morzsalékosságát (Demeyer et al. 2001). A talaj termőképességét a fahamu több kísérletben fokozta. A savanyú talajok esetében ez a hatás kifejezett volt (Lickacz 2002).

A szalma hamutartalma 6% körüli, környezetbarát, természetes növényi tápanyag, ezért szántóföldön, illetve kertekben a műtrágya helyettesítésére kiszórható. Magas ásványianyag-tartalma miatt kiválóan alkalmas trágyázásra (Kardos 2009).

Célkitűzésünk az volt, hogy laboratóriumi körülmények között vizsgáljuk a Törökszentmiklósi Mezőgazdasági Zrt. mezőgazdasági üzeméből származó fahamu és szalmahamu hatását a kukorica kezdeti növekedésére, abból a célból, hogy javaslatot tegyünk a keletkezett melléktermék szélesebb körű, gyakorlati felhasználására.

### Anyag és módszer

Kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays* L. cv. Norma sc) használtunk. A magvak felületének fertőtlenítését 5×-ös hígítású H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-dal végeztük el. A fertőtlenített magvakat desztillált vízzel 5-ször öblítettük, majd 10 mM-os CaSO<sub>4</sub> oldatban 4 óráig áztattuk a jobb csírázás érdekében. A magvakat nedves szűrő-

papír (Sartorius Stedim Biotech 3hw 65 g/m<sup>2</sup>) között csíráztattuk, úgy, hogy a csíranövények polaritása természetes legyen. Egy szűrőpapír 30 magot tartalmazott, 5 ismétlésben. A termosztát hőmérséklete 22 °C volt. A növények neveléséhez az alábbi összetételű tápoldatot használtuk: 2,0 mM Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 0,7 mM K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,5 mM MgSO<sub>4</sub>, 0,1 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0,1 mM KCl, 10 μM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 1 μM MnSO<sub>4</sub>, 1 μM ZnSO<sub>4</sub>, 0,2 μM CuSO<sub>4</sub>, 0,01 μM(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> (Lévai 2004). A növények a vasat 100 μM Fe(III)-EDTA formában kapták. A fa - és szalmahamut desztillált vízben oldottuk (1 g vizsgálati anyag+100 ml desztillált víz), majd szűrtük és a szűrletet adtuk a tápoldathoz, 17 ml/dm<sup>3</sup> koncentrációban. A növényi minták elemtartalmának meghatározásához egy OPTIMA 3300 DV típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert (ICP-OES) alkalmaztunk. Egy növényi minta 12 növényt tartalmazott. A minták 85 °C-on történt szárítása és darálása után 1 g mennyiséget mértünk ki analitikai mérlegen. Az előroncsolás során 10 cm<sup>3</sup> deszt. cc. HNO<sub>3</sub>-at alkalmaztunk 60 °C-on, 30 percig. A főroncsolás előtt 3 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-ot adagoltunk hozzá. A főroncsolás 120 °C-on 90 percig tartott. A roncsolmány lehűlése után 50 cm<sup>3</sup>-re töltöttük ioncserélt vízzel, majd Filtrak 388 szűrőpapírral szűrtük. Egy ismétlésben végeztük az elemtartalom meghatározását.

A klorofill méréshez a 4 leveles növények második, illetve harmadik legfiatalabb, de már teljesen kifejlett leveleit használtuk. A relatív klorofill tartalmat SPAD-502 (MINOLTA, Japán) Chlorophyll Meter-rel mértük, kezelésként 12 növényen, 60 ismétlésben (Veres 2005).

A száraztömeg meghatározásához a kezelésként 12 mintát 85 °C-on tömegállandóságig szárítottuk, majd szobahőmérsékletre történt visszahűtés után analitikai mérlegen (OHAUS) mértük.

A környezeti feltételek szabályozottak voltak: a fényintenzitás 300 μmol m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>, a hőmérséklet periodicitása 25/20 °C (nappal/éjjel), a relatív páratartalom (RH) 65–75%, a megvilágítás/sötét periódus 16 óra/8 óra volt.

A toxicitási vagy csírázási teszt széles körben szabványosított módszer (US EPA 1989), amely során a vizsgálandó minta felületére helyezik a magvakat és 2–5 nap elteltével megszámlálják a kicsírázott magok számát. Az MSZ 21976-17:1993 tesztorganizmusként fehér mustármagot (*Sinapis alba*) használ.

A vizsgálati anyagokat (0,5–0,5 g) és a szűrletet (5 ml) a Petri csésze aljára helyezett szűrőpapírra (Sartorius Stedim Biotech 3hw 65 g/m<sup>2</sup>) helyeztük, majd nedvesítettük és nedves szűrőpapírral fedtük. A mustár magvakból minden Petri csészébe 100 szemet raktunk, 3 ismétlésben. Összesen 4 kezelést és

egy kontrollt állítottunk be. A kontroll desztillált víz, a kezelések: fahamu, fahamu-szűrlet, szalmahamu, szalmahamu-szűrlet.

A tápoldat valamint a fahamu és szalmahamu vizes oldatának pH-ját ORION (USA) 210 A plus hordozható pH mérővel mértük.

A kísérletekben vizsgált fahamu és szalmahamu a Törökszentmiklósi Mezőgazdasági Zártkörűen Működő Részvénytársaságtól származik. A fahamut a kazán alján lévő salakolóból vettük, az abban lévő hamu homogenizálását követően.

### Eredmények és következtetések

A mezőgazdasági üzem fa- és szalmahamujának oldékonysága csekély, viszont még kis mennyiségben oldódva is jelentős mértékben növeli a tápoldat pH-ját. A csíráztatási vizsgálatokat megelőző mérések során a fahamu pH-ja 12,44, a szalmahamué 10,04 volt. Valószínűsíthető, hogy ez lehetett az oka a rendkívül alacsony csírázási százaléknak a fahamunál. A csíráztatási kísérlet adatait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat. *Különböző kezelések hatása a fehérmustár csírázására*

Mérési napok (1)	Kontroll (2)	A	B	C	D
Csírázási % (3)					
2.	88,00±4,58	12,00±2,00***	40,00±10,44**	91,67±3,51	92,67±3,21
3.	5,67±5,13	8,33±7,09	34,00±0,00**	3,67±1,15	3,33±0,58
4.	1,33±1,25	1,67±1,53	13,00±0,00**	1,00±0,58	1,67±1,15
5.	0,67±0,58	0,00±0,00	6,33±0,00**	1,33±0,58	0,33±0,58
6.	0,33±0,58	0,33±0,58	1,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00

Jelmagyarázat: kontroll: deszt. víz, A: fahamu, B: szalmahamu, C: fahamu szűrlet, D: szalmahamu szűrlet. Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: \*\*p<0,01, \*\*\*p<0,001.

*Table 1.* The effect of wood ash and straw ash on the germination. (1) Measurement days, (2) Control, (3) Germination %. Legend: control: distilled water, A: wood ash, B: straw ash, C: wood ash filtrates, D: straw ash filtrates. Significant differences comparison to the control: \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001.

A vizsgálat során a csírázási százalékon kívül vizsgáltuk a csírázási erélyt is, mint az egyik legfontosabb értékmérő tulajdonságot. A fokozott csírázási erély azt jelenti, hogy a magvak hamar és egy időben csíráznak, ami a kelést is egy-

idejűvé teszi, ennek eredményeképpen a növényállomány is kiegyenlített lesz, ez pedig megkönnyíti a különböző szántóföldi kultúrák munkálatait. A fahamu és szalmahamu szűrletének vizsgálatakor a csírázási erély meghaladta a kontroll értéket a második mérési napon. A szalmahamu kezelés hatására a mustármag csírázási százaléka a harmadik és a negyedik napon szignifikánsan meghaladta a kontroll értéket. Az össz-csírázási százalékot tekintve a fahamu és a szalmahamu csökkentette a csírázást, míg a szűrletek vizsgálatánál a csírázási százalék növekedett. A csírázási százalék a második mérési napon szignifikánsan csökkent a fahamukezelésnél mért értékhez és a kontrollhoz viszonyítva.

*Górecka et al.* (2006) a fahamu retek csírázására kifejtett hatását vizsgálták. Azt tapasztalták, hogy a fahamu mennyiségének növelése hatással van a csírázási százalékra. Az 1–5%-ban alkalmazott fahamunál nem figyeltek meg kedvezőtlen hatást a csírázásnál – a csírázási százalék 90% feletti volt. A 6–8%-ban alkalmazott fahamukezelésnél a csírázási százalék 20%-ra csökkent. Vizsgálatunkban mi is azt tapasztaltuk, hogy a fahamu közvetlen adagolása 22%-ra csökkentette a csírázást, míg a szűrletek vizsgálatánál a csírázási százalék kontroll körüli volt, illetve növekedett.

Bármely elem fiziológiai hatása akkor közvetlen, amennyiben azt a növény felveszi. A felvett ionokat a növény a hajtás különböző részébe szállítja a transzspirációs árammal (*Schupp et al.* 1991). A toleráns növényekre jellemző, hogy a számukra veszélyt jelentő elemeket az anyagcseréjükben kirekesztik azáltal, hogy kiválasztják azokat a vakuólomba (*Wink* 1993). Az érzékeny növények viszont még a gyökereikből sem minden esetben tudják a toxikus elemeket kiválasztani. Ezért a már említett elemek koncentrációját vizsgáltuk a kukorica hajtásában és gyökerében (2. és 3. táblázat).

Táppoldaton nevelés során a toxikus alumínium nagyobb mennyiségben halmozódott fel a kukorica hajtásában és gyökerében a kontrollhoz képest, ez feltehetően a fahamu táppoldat pH-ra gyakorolt hatásával van összefüggésben. Ugyanis a táppoldat pH-jának növekedésével a legtöbb tápanyag felvehetősége csökken (*Clapham és Zibliske* 1992, *Krejsl és Scanlon* 1996). A gyökér magasabb Al koncentrációja miatt feltehető, hogy a gyökérből hajtásba irányuló transzport gátolt volt, így a hajtásba kevesebb Al szállítódott, ezért toxikus elváltozások, tünetek nem voltak tapasztalhatóak a csíranövényeknél.

2. táblázat. *A vizsgált elemek koncentrációjának (Al, Ca, Fe, Mg, P) alakulása különböző kezelések hatására*

Elemek (1)	Kezelések (2)			
	1.	2.	3.	4.
Al	19,6	4,15	6,26	7,15
Ca	4543	7266	6719	6652
Fe	112	91,4	114	97,6
Mg	3207	2159	1874	1838
P	7962	16090	15825	1293

Jelmagyarázat: 1 - abszolút kontroll - deszt. víz, 2 - kontroll - tápoldat, 3 - fahamu-szűrlet, 4 - szalmahamu-szűrlet (a 4 leveles kukorica hajtásában, mg/kg).

*Table 2.* The concentration of examined elements (Al, Ca, Fe, Mg, P) in the shoots of maize (mg kg<sup>-1</sup>). (1) Elements, (2) Treatments. Legend: 1 - abs. control - distilled water, 2 - control - nutrient solution, 3 - wood ash filtrate, 4 - straw ash filtrate (in the shoot of the 4-leaf maize, mg kg<sup>-1</sup>).

3. táblázat. *A vizsgált elemek koncentrációjának (Al, Ca, Fe, Mg, P) alakulása különböző kezelések hatására*

Elemek (1)	Kezelések (2)			
	1.	2.	3.	4.
Al	23	49,4	95,5	63,5
Ca	1363	4837	4078	6010
Fe	57,6	1074	649	803
Mg	407	2128	1087	1262
P	2783	5563	4004	4639

Jelmagyarázat: 1 - abszolút kontroll - deszt. víz, 2 - kontroll - tápoldat, 3 - fahamu-szűrlet, 4 - szalmahamu-szűrlet (a 4 leveles kukorica gyökerében, mg/kg).

*Table 3.* The concentration of examined elements (Al, Ca, Fe, Mg, P) in the roots of maize (mg kg<sup>-1</sup>). (1) Elements, (2) Treatments. Legend: 1 - abs. control - distilled water, 2 - control - nutrient solution, 3 - wood ash filtrate, 4 - straw ash filtrate (in the root of the 4-leaf maize, mg kg<sup>-1</sup>).

A kukorica hajtásának és gyökerének száraz tömegét a fahamu szűrletének használata szignifikánsan növelte (*4. táblázat*). A hajtás hosszát hozzávetőlegesen 60, tömegét körülbelül 40%-kal növelte. A szalmahamu szintén növelte a hajtás szervesanyag felhalmozását, de a gyökér száraz tömege a kontroll ér-

ték alatt maradt. A kukorica hajtáshosszára szintén kedvező hatással voltak a kezelések. A hajtáshossz 31%-kal nőtt a kontrollhoz viszonyítva, amikor fahamut adtunk a tápoldathoz, ez az érték 14% volt a szalmahamu kezelésnél a kontrollhoz viszonyítva. A desztillált vízen nevelt növények növekedése elenyésző volt a többi vizsgálthoz képest, ami a tápanyagok hiányára vezethető vissza. A gyökérszövet növekedése nem mutatott ilyen nagy eltérést a kezelések és a kontrollhoz képest, viszont itt is megfigyelhető a fahamu kedvezőbb hatása.

4. táblázat. A 4 leveles kukorica gyökérének és hajtásának száraz tömege, hajtáshossza különböző kezelésekre hatása

Kezelések (1)	Hajtás (2)	Gyökér (3)	Hajtáshossz (4)
	(cm)		
1.	0,047±0,01	0,042±0,02	13,15±1,40
2.	0,125±0,03	0,030±0,01	22,36±3,08
3.	0,198±0,05***	0,037±0,00*	29,42±2,68***
4.	0,163±0,07	0,027±0,01	25,53±3,36**

Jelmagyarázat: 1 - abszolút kontroll - deszt. víz, 2 - kontroll - tápoldat, 3 - fahamu-szűrlet, 4 - szalmahamu-szűrlet (g/növény) n=12±S.E. Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: \*p<0,05, \*\*p<0,01, \*\*\*p<0,001.

Table 4. Dry matter accumulation of shoots and roots of maize (g plant<sup>-1</sup>) and length of shoots. (1) Treatments, (2) Shoot, (3) Root, (4) Shoot length. Legend: 1 - abs. control - distilled water, 2 - control - nutrient solution, 3 - wood ash filtrate, 4 - straw ash filtrate (g per plant) n=12±S.E. Significant differences comparison to the control: \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001.

Hatékony szervesanyag felhalmozás nem lehetséges a fotoszintetikus folyamatok nélkülözhetetlen alkotója, a klorofill nélkül. A kezelések hatással voltak a szárazanyag felhalmozásra, ami mögött a fotoszintetikus aktivitás, illetve a klorofill tartalom változását feltételeztük. Az eredményeket az 5. táblázatban foglaltuk össze.

A kukorica második és harmadik levelében mért relatív klorofill tartalom növekedett a kezelések hatására a kontrollhoz képest. A desztillált vízen nevelt növények relatív klorofill tartalma szintén növekedett. Ez azzal magyarázható, hogy egy kisebb növényi tömegben mért ugyanakkora relatív klorofill tartalom nagyobb értéket mutathat, mint egy nagyobb tömegben.

A fa- és szalmahamu jelentős tápanyag-kiegészítő lehet a növények tápanyag-utánpótlásában. Jelentőségét fokozza az, hogy egy melléktermék újrahaszno-



sításáról lehet szó, illetve az, hogy a fa és szalmahamu nem tekinthető klasszikus kemikáliának, azaz természetes körülmények között is keletkezik.

5. táblázat. *A relatív klorofill tartalom változása különböző kezelések hatására*

Kezelések (1)	2. levél (2)	3. levél (3)
1.	35,48±2,73	33,52±4,17
2.	33,77±5,88	28,38±4,62
3.	36,80±5,70	29,43±3,19
4.	36,73±6,07*	29,83±4,58***

Jelmagyarázat: 1 - deszt. víz, 2 - kontroll, 3 - fahamu, 4: szalmahamu (a 4 leveles kukorica második és harmadik levelében). Spad Units. n=60±S.E. Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: \*p<0,05. p<0,001.

*Table 5.* The relative chlorophyll contents in the second and third leaves of maize. (1) Treatments, (2) 2<sup>nd</sup> leaf, (3) 3<sup>rd</sup> leaf. Legend: 1 - abs. control - distilled water, 2 - control - nutrient solution, 3 - filtrate of wood ash, 4 - filtrate of straw ash. (in the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> leaves of the 4-leaf maize). Spad Units. n=60± S.E. Significant differences comparison to the control: \*p<0.05, p<0.001.

A fahamuból készített vizes oldat pH-ja erősen lúgos, ezért hatása igen kedvező lehet a savanyú talajoknál. Az alkalmazás lehetőségét a fahamu rendkívül alacsony oldékonysága biztosítja. Ez a kedvező hatás azt eredményezheti, hogy a savanyú talajokon nevelt növények nehézfém felvétele csökken, ami humán- és állatélvezési szempontból is jelentős. A fahamu alkalmas lehet az emberi tevékenység miatt savanyodó talajok természetes állapotának a helyreállítására, így környezetvédelmi szempontok is indokolják a további vizsgálatokat. A fa és szalmahamu növelte a növények szárazanyag tartalmát és katalizálta a fejlődésüket, viszont a csírázási kísérletben való önmagukban adagolása rontotta a csírázási arányt, ezért főként utólag kijuttatott növényi tápanyag vonatkozásában lehetne hasznosítani.

## IRODALOM

- Clapham, W. M.-Zibilske, L. M.:* 1992. Wood ash as a liming amendment. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 23: 1209-1227.
- Demeyer, A.-Voundi Nkana, J. C.-Verloo, M. G.:* 2001. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. *Bioresour Technol.* 77. 3: 287-295.

- Environmental Protection Agency (U. S.):* 1989. Health and environmental effects document for 4-aminopyridine.
- Górecka, H.–Chojnacka, K.–Górecki, H.:* 2006. The application of ICP-MS and ICP-OES in determination of micronutrients in wood ashes as soil conditioners. *Talanta*. 70: 950–956.
- Grant, C. A.–Buckey, W. T.–Bailey, L. D.–Selles, F.:* 1998. Cadmium accumulation in crops. *Can. J. Plant Sci.* 73: 1–17.
- Hartman M.–Alexa L.:* 2001. Hulladékok a mezőgazdaságban, az erdészetben, a gyümölcsösben, és a szőlészetben. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.
- Kardos R.:* 2009. <http://probalkozas.lapunk.hu/?modul=oldal&tartalom=494976>. 2011.
- Kreszl, J. A.–Scanlon, T. M.:* 1996. Evaluation of beneficial use of wood-fired boiler-ash on oat and bean growth. *J. Environ. Qual.* 25: 950–954.
- Lévai, L.:* 2004. The effect of smut gall tumour infection on iron and zinc uptake and distribution in maize seedlings. *Journal of Agricultural Sciences*. 15: 27–32.
- Lickacz, J.:* 2002. Wood Ash - an Agricultural Liming material for Agricultural Soils. Agri-facts. Alberta. Canada.
- Mahapatra, I. C.–Singh, K. N.–Pillai, K. G.–Bapat, S. R.:* 1985. Rice soils and their management. *Indian J. Agron.* 30: 1–41.
- Moody, O. P.–Yo, S. A.–Aitken, R. L.:* 1997. Soil organic carbon, permanganate fractions and the chemical properties of acidic soils. *Aust. J. Soil Res.* 35: 1301–1308.
- MSZ 21976-17.:* 1993. Települési szilárd hulladékok vizsgálata. Csíranövényteszt.
- Nambiar, K. K. M.:* 1994. Soil fertility and crop productivity under long-term fertilizer use in India. ICAR Publication. New Delhi. India.
- Penczik P.:* 2007. Aranyat érő hulladék. Haszon Agrár.
- Schupp, R.–Glavec, V.–Rennenberg, H.:* 1991. Thiol composition of xylem sap of beech trees. *Phytochemistry*. 30: 113–117.
- Veres, Sz.:* 2005. Alteration of photosynthetic pigment composition by applying bio-fertilizers. XL. Cro. Symp. on Agric. Opatija. Cro. Proc. 163–164.
- Wink, M.:* 1993. The plant vacuole: a multifunctional compartment. *J. Exp. Bot.* 44: 231–246.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Tóth Brigitta–Bojtok Károly–Hankovszky Gerda–Dr. Veres Szilvia–Dr. Lévai László

Debreceni Egyetem  
Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma MÉK  
Növénytudományi Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032



## SZEMLE

### Review

## Kiülepedő szálló por elemösszetétele Budapesten és környékén

KÁDÁR IMRE-MÁRTON LÁSZLÓ  
MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

### Összefoglalás

Budapesten és környékén 2010 augusztusában pormintákat gyűjtöttünk 15 kiválasztott mintavételi helyen. Az épületek ablakpárkányairól, korlátok és hirdetőablak felületeiről steril tépőzáras műanyagzacskókba. Minden mintavételi helyen a mintavételt megismételtük, azaz 2–2 db 15 pontmintából álló 300–350 g-os átlagmintát vettünk, hogy a mintavételek hibáját, szórását, egyezését is megbecsülhessük. A 0,2 mm alatti frakcióból királyvizes feltárással határoztuk meg az „összes” elemtartalmakat ICP technikát alkalmazva.

Érdemi dúsulást nem jeleznek a döntően talajalkotó vas (Fe), alumínium (Al), kálium (K), foszfor (P) és mangán (Mn) elemek. A Fe a felújítás alatti Margithíd porában érthetően kiugró. A magnézium (Mg) részben a Ca kísérőeleme, dúsulása a Ca-ét követi. A kén (S) a szennyeztelen talajhoz viszonyítva nagyságrenddel nőhet a szálló porban. Az energiamérésre használt fossziliák mint a szén, olaj stb. kéntartalma nagy. A közlekedés, település (fűtés), ipar által okozott kénterhelés összeadódik és savas esőket eredményezhet. A nátrium (Na) főként az utak sózásából eredhet. Nem véletlen, hogy a közúti közlekedés elől gyakorlatilag elzárt Margitszigeten a Na mennyisége elenyésző, illetve közeláll a szennyeztelen mezőföldi talajéhoz. A taglalt Ca, Fe, Mg, Al, K, S, Na, P, Mn elemekre szennyezettségi határértékek nincsenek megállapítva környezeti veszélyességükből eredően.

A felújítás alatti Margithídon leülepedő porban extrém nagy a Pb koncentrációja, közelít a 0,3%-hoz. Ez kereken 158-szorosa a szennyezetlen talajénak. A szennyezett talaj határértékét 5,5-szörösen lépi túl a báriumtartalom. A réz (Cu) esetében mintegy 3-szoros, míg a báriumnál (Ba) 11-szeres a túllépés a szennyezett talaj küszöbkoncentrációjához viszonyítva. A nikkel (Ni), ón (Sn), bór (B), kobalt (Co), arzén (As), molibdén (Mo), kadmium (Cd) mikroelemek közül az arzént és a kadmiumot kíséri kiemelt figyelem veszélyességük miatt. Megnyugtató e tekintetben, hogy a szennyezett talajra megállapított határkoncentrációt a nikkel csupán két esetben maximum 50%-kal, az ón szintén két esetben 20–30%-kal lépi túl. A bór nem érdemi szennyező. A kobalt és az arzén szintén a szennyezettségi 30 mg/kg küszöbérték alatt marad. A molibdén bár 4 esetben is meghaladja a 7 mg/kg küszöbkoncentrációt, összességében és átlagosan dúsulást nem jelez.

**Kulcsszavak:** szálló por, kémiai összetétel, Budapest és környéke

## **Element composition of the accumulating air dust in Budapest and its surroundings**

I. KÁDÁR – L. MÁRTON

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

### **Summary**

We collected air dust samples at 15 selected sampling locations in Budapest and its surroundings in August 2010. We used sterile plastic bags fitted with velcro to collect these samples from the window-sills of buildings and the surfaces of railings and billboards. We repeated the sampling at each sampling location; therefore, we took 2–2 samples weighing 300–350 g consisting of 15 sampling points in order to be able to estimate their standard error, standard deviation and conformity. Aqua regia extraction was used to determine the „total” element contents from the fraction under 0.2 mm with using ICP technique.

No notable accumulation was shown in the main soil constituent elements, such as iron (Fe), aluminium (Al), potassium (K), phosphorus (P) and manganese (Mn). The Fe content is obviously high in the dust of the Margit Bridge in Budapest, due to the recent renovation activities. Magnesium (Mg) is partially the accompanying element of Ca; therefore, its accumulation follows that of Ca. The amount of sulphur (S) could

be increased by one magnitude in the air dust in comparison with the unpolluted soil. The sulphur content of the fossiles used for energy measurement (such as coal, oil, etc.) are high. The sulphur load imposed by traffic and settlements (heating) adds up and it could cause acid rain. Sodium (Na) accumulation could mainly result from road salting. It is not a coincidence that the amount of Na is negligible in the Margitsziget, which is practically sealed off from traffic, showing similar results as that of the unpolluted Mezőföld soil. No pollution limit values of Ca, Fe, Mg, Al, K, S, Na, P and Mn are determined due to their environmental risks.

The Pb concentration in the accumulating dust of the Margit Bridge under renovation is extremely high, almost 0.3%. This value is exactly 158 times higher than that of the unpolluted soil. The barium content is 5.5 times higher than the respective limit value of the polluted soil. As regards brass (Cu), the measured value is 3 times higher than its threshold concentration of the polluted soil, whereas this value is 11 times higher in the case of barium (Ba). Of the microelements nickel (Ni), tin (Sn), boron (B), cobalt (Co), arsenic (As), molybdenum (Mo) and cadmium (Cd), increased attention is paid to arsenic and cadmium, due to their dangerous character. From this aspect, it is comforting that nickel exceeds the limit concentration determined for the polluted soil in two cases by not more than 50% and tin also exceeds this value in two cases by 20–30%. Boron is not a significant pollutant. The values of cobalt and arsenic are below the threshold value of 30 mg kg<sup>-1</sup>. Although molybdenum exceeded the 7 mg kg<sup>-1</sup> threshold concentration in four cases, no accumulation is shown altogether and on average either.

**Key words:** air dust, element composition, Budapest and surrounding

## Состав элементов оседающей пыли в Будапеште и его окрестностях

И.КАДАР–Л. МАРТОН

Венгерская Академия Наук, Исследовательский Центр Аграрных Наук,  
Институт Почвоведения и Агрехимии, Будапешт

### Резюме

В августе 2010 года в Будапеште и его окрестностях мы собирали образцы пыли в выбранных 15 местах взятия образцов. С поверхностей подоконников зданий, перил

и досок объявлений в стерильные, плотно закрывающиеся целофановые пакеты. На каждом месте повторили взятие образцов, т.е. по 2 образца из 15 мест взяли 300–350 граммовые средние образцы, чтобы смогли оценить ошибки взятия образцов, их расхождение, схожесть. Из фракции меньше 0,2 мм царской водкой установили содержание „всех” элементов, используя технику ICP.

Не показывают значительного увеличения образующие в основном почву элементы железа (Fe), алюминия (Al), калия (K), фосфора (P) и марганца (Mn). Fe в пыли находящегося в состоянии ремонта моста «Маргит» значительно больше. Увеличение магния (Mg), как частично сопровождающий Ca элемент, следует за увеличением Ca. Сера (S) по сравнению с незагрязнённой почвой многократно может увеличиться в оседающей пыли. Содержание серы используемых для измерения энергии ископаемых, таких как уголь, нефть и т.п. велика. Нагрузка серой, причинённая транспортом, поселением (отопление), промышленностью растёт и может причинять кислотные дожди. Натрий (Na) главным образом происходит из посыпания дорог солью. Не случайно, что на острове «Маргит», практически закрытого для автотранспорта, количество Na ничтожно, и почти близко к незагрязнённым почвам полей. Величины загрязнения расчленённых на элементы Ca, Fe, Mg, Al, K, S, Na, P, Mn не установлены из-за их опасностей на окружающую среду.

В оседающей пыли находящегося в состоянии ремонта моста «Маргит» крайне велика концентрация Pb, почти 0,3%. Это ровно в 158 раз больше, чем в незагрязнённой почве. Содержание бария в 5,5 раз превышает лимит загрязнённой почвы. В случае меди (Cu) всего в 3 раза, а барий (Ba) в 11 раз превышает по сравнению с рубежом концентрации загрязнённой почвы. Среди микроэлементов никель (Ni), олово (Sn), бор (B), кобальт (Co), мышьяк (As), молибден (Mo), кадмий (Cd) повышенным вниманием сопровождаем мышьяк и кадмий из-за их опасности. В этом плане успокаивает, что установленный лимит концентрации для загрязнённой почвы никель только в двух случаях превышает максимум на 50%-ов, олово также в двух случаях на 20–30%-ов превышает. Бор не значительно загрязняет. Кобальт и мышьяк также остались ниже порога загрязнённости 30 mg/kg. Молибден, хотя в 4-х случаях и превысил границу концентрации 7 mg/kg, в целом и в общем увеличения не показал.

**Ключевые слова:** оседающая пыль, химический состав, Будапешт и его окрестности

### A környezetszennyezés forrásai és a toxicitás problémája

Az emberi tevékenység hatására a bioszféra egésze változik, mert ez a tevékenység planetáris méreteket öltött. A bioszféra alkotóinak (víz, talaj, levegő, növény, állat, ember) szennyeződése bizonyos elemekkel és toxikus fémekkel a kémiai környezetterhelés egyik formája, mely alapvető egészségügyi, gazdasági, ökológiai jelentőséggel bír. A környezetterhelés, elsősorban a levegőszennyezés fő forrásai a közlekedés, a fosszilis tüzelőanyagok, mint a szén és az olaj égetése fűtésre (energiatermelés), a metallurgiai ipar, bányászat. A települések fűtése, növekvő szemétermelése, szennyvize és szennyvíziszapja mellett nem elhanyagolható a mezőgazdaság környezetterhelése műtrágyákkal, peszticidekkel, szerves trágyákkal, mezőgazdasági eredetű szennyvizekkel és szennyvíziszapokkal.

A szennyezőanyagok, elemek jelentős része közvetlenül a levegőbe kerül gázok, gőzök, füst, korom és por alakjában. A szennyezők az atmoszférában bizonyos időt töltenek (residence time) kémiai természetüknek és a légköri viszonyoknak megfelelően, majd száraz vagy nedves üledék formájában kicsapódnak és a felszínre jutnak. A talajok és a föld feletti növényi részek kémiai összetétele indikátora lehet tehát a szennyezésnek, amennyiben összevetjük a távolabbi nem szennyezett területekével. Az elemek másik része közvetlenül vagy közvetve a vizekbe jut és a lebegő vagy leülepedő kolloidokhoz kötődik, illetve beépül a vízi élőlények testébe. A vizek, vízi élőlények, planktonok, a vízben élő állatok, valamint az üledékek analízise szintén jelezheti a szennyeződés mértékét.

Toxikusnak tekintjük az elemet, amennyiben káros hatást fejt ki a talajra, növényre, állatra, emberre. Számos kémiai elem nélkülözhetetlen vagy legalábbis előnyös élettani hatású, de mérgezővé vagy károsná válik túlsúlya esetén. Az adag vagy a koncentráció és az élő szervezetre gyakorolt hatás összefüggését, tápelem esetén, a már ismert félbevágott ellipszishez hasonló görbe fejezi ki. A nem tápelemek, illetve a toxikus elemek esetén ez az összefüggés úgy módosulhat, hogy csak a görbe második, lehajló része jelenik meg a mérgező hatást reprezentálva. Bizonyos értelemben tehát elfogadhatók Aristoteles „*a sok megárt*”, valamint Paracelsus „*kicsiben orvosság, nagyban mérég*” által megfogalmazott klasszikus alapelvei.

A toxicitás más oldalról is relatív fogalmat takar. A toxicitás fokát a fajlagos, azaz egy elem egységnyi koncentrációjára eső negatív hatásával (terméscsök-



kenés, megbetegedés stb.) mérhetnénk. A hatás függ azonban a környezetben előforduló más elemek jelenlététől vagy hiányától, az azokkal való kölcsönhatástól. Még a mérgező elem is kifejthet áldásos hatást, amennyiben más elem toxikus befolyását mérsékli. Így pl. a káros Cd túlsúly Zn adagolással enyhíthető mind a növényben, mind az emberi vagy állati szervezetben. Terápiás célokra használnak olyan mérgező nehézfémeket mint a Hg, Pb, As, Sb, Bi, Se stb.

A mérgező hatás függ az expozíciós időtől is. A rendszeres és tartós hatás alattomosabb és esetleg veszélyesebb lehet, mert nehezebben észrevehető az akkumuláció, a terhelés. A beépülő káros elem krónikus zavarokat, az egyszeri nagy adag akut megbetegedést, a letális dózis pedig pusztulást okozhat. Másiként jelentkezik a károsodás a fejlődés egyes stádiumaiban, eltérhet nemenként, fajonként, egyedenként, elemenként. A Hg és Pb különösen veszélyes a gyermekekre, a Cd pedig csontlágylást okozva az idősebb nőkre. (Lásd a Japánban előfordult "itai-itai" kórt). Az érintett szervek is különböznek. Így pl. a Cd és Hg főként a májban, míg a Pb az agysejtekben és a csontokban raktározódik. A kétszikű növények saját vizsgálataink szerint is gazdagabbak a károsnak minősülő nyomelemekben, mint az egyszikű gabonák. A fogyasztásra kerülő szemben akkumulálódott a Zn, Cu, Co, Cr, Mo nagyobb része (Kádár 1991).

Fontos lehet, hogy az elem milyen formában található. A toxicitás kritériuma, hogy a vegyület könnyen oldható és felvehető legyen. A metil-higany vegyületek erős mérgek, míg a HgS oldhatatlan semleges anyag. Hasonlóképpen a Ba oldható vegyületei mérgezőek, míg szulfát alakban kontrasztanyagként használják a gyomor röntgenvizsgálatánál. Meghatározó lehet az ionos állapot, az oxidációs fok. A Cr(III) vegyületei nem mérgezők, míg a Cr(VI) erős mérgező. Megemlítendő, hogy a Cr(III) vegyületek a talajban oxidálódhatnak és idővel mérgezőkké válhatnak. Hasonló a helyzet az As(III) és As(V) vegyértékű ionokkal, utóbbiak mérgezőek. Humán szempontból lényeges a szervezetbe kerülés, illetve a felvétel módja. Legveszélyesebb az injektálás, ezt követheti az emésztőrendszerbe, tüdőbe kerülés (légszennyező elemek belélegzése stb.). Fontos az emészthetőség, hiszen az élelmiszerekből bizonyos elemek 100 %-ban felszívódhatnak, míg mások döntően kiürülnek a szervezetből káros következmények nélkül (Purves 1985, Adriano 1986, Pais 1991).

Nem elhanyagolható a diszperzitás foka, az eloszlás. A szemcseméret csökkenésével ugrásszerűen nő a fajlagos felület, mely meghatározza a reakcióképességet. Különösen veszélyesek e tekintetben a kolloidális porok, melyek felületén káros elemek koncentrálnak. A levegőbe kerülve tartós szennye-

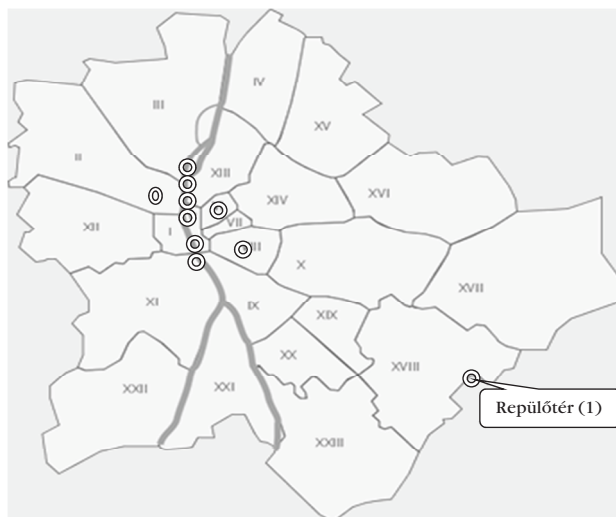
zökké válnak, lassan ülepednek le az atmoszférából, így regionális vagy globális környezetterhelést jelenthetnek. A felületi hatások miatt ezek a kolloidális méretű diszperz rendszerek fotokémiai reakciókra hajlamosak, füstködöt, szmogot képeznek. A folyékony, szilárd és a gáz halmazállapotú szennyezők komplexen, egymás hatását felerősítve súlyos károsodást okozhatnak a nagyvárosok és iparvidékek körzetében. A légkör aerosol mintáinak dúsulási együtthatója az átlagos talajösszetételhez viszonyítva akár többszázszoros esetleg ezerszeres is lehet a legkárosabb elemek tekintetében.

Összefoglalva megállapítható, hogy a toxicitás problémája rendkívül összetett. A mérgező vagy káros hatás függhet számos tényezőtől mint a koncentráció, ionállapot vagy oxidációs fok, expozíciós idő, vegyület formája, melyben az elem előfordul, a fizikai eloszlás és fajlagos felület, a rendszerben lévő más elemek jelenléte vagy hiánya és azokkal való kölcsönhatása, az élő szervezettel történő érintkezés módja és a bejutás körülményei (felületre, táplálékláncba, közvetlenül vérbe vagy tüdőbe jutás) stb. Mindez azt is jelenti, hogy az esszenciális, valamint a nemkívánatosnak tekintett elemek forgalmát a jövőben egy-egy módszerrel és szemlélettel kell vizsgálnunk, figyelemmel kísérve a táplálékláncban való mozgásukat, feldúsulásukat a bioszféra elemeiben. Különböző okokból, de egyformán fontosak számunkra, együtt jelenhetnek meg és kölcsönhatásban vannak. A toxicitás viszonylagossága, függése a környezeti feltételektől egyben a határkoncentrációk megállapításának nehézségeit is feltárja, illetve a toxicitási határértékek relatív jellegét hangsúlyozza.

### **A vizsgálatok anyaga, módszere és eredményei**

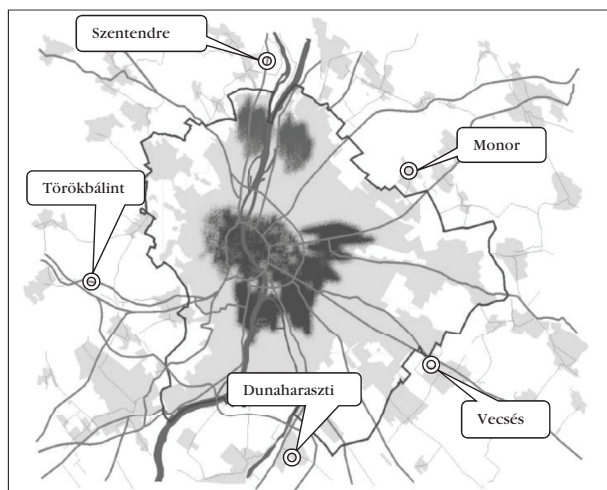
Budapesten és környékén 2010 augusztusában pormintákat gyűjtöttünk 15 kiválasztott mintavételi helyen. Célunk az volt, hogy megismerjük napjainkban milyen káros elemterhelés érheti az itt élő embereket a belélegzett levegő, vagy az elfogyasztott élelem által. A főváros környéki agglomerációt 5 település jelentette: Monor, Vecsés és Dunaharaszti a Duna bal partján a pesti oldalon, illetve Törökbálint és Szentendre a Duna jobb partján a Dunántúli régióban. Budapest területén 10 mintavételi helyet mintáztunk. Részben a Liszt Ferenc reptér és a két vasúti pályaudvar; a 4 belvárosi Duna-híd, valamint a Moszkva (Széll Kálmán) tér, Nagykörút és a Margitsziget. Mintavételi helyeket Budapest belterületén az *1. térkép*, Budapest agglomerációjában a *2. térkép* szemlélteti.

1. térkép. *Mintavételi helyek Budapest belterületén*



Map 1. Sampling locations in the centre of Budapest. (1) Airport.

2. térkép. *Mintavételi helyek Budapest agglomerrációjában*



Map 2. Sampling points in the conurbation of Budapest.

Minden mintavételi helyen műanyagszálas 4 cm szálhosszúságú ecsettel 16×13 cm papírtálcákba pormintákat gyűjtöttünk 15–20 helyről az épületek ablakpárkányairól, korlátok és hirdetőtáblák felületeiről steril tépőzáras műanyagzacskókba. A zacskókat kívül-belül megcímkéztük. A por mennyisége 300–350 g-ot tett ki zacskónként (átlagmintaként). Minden mintavételi helyen a mintavételt megismételtük, azaz 2–2 db 300–350 g-os átlagmintát vettünk, hogy a mintavételek hibáját, szórását, egyezését is megbecsülhessük. Az egyes mintavételeket követően a használt ecsetet és a papírtálcát alaposan portalanítottuk.

Mintákat az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet ICP Laboratóriumába szállítottuk és előkészítettük analízisre 0,2 mm lyukbőségű szitán áteresztve. Ez a 0,2 mm alatti rész tartalmazza a finom homok, por és a koloidális méretű agyagfrációt, melyben a szennyeződések dúsulhatnak. Ezt követően királyvízes feltárásból határoztuk meg az „összes” elemtartalmakat ICP technikát alkalmazva. Az 1. és a 2. táblázatban tanulmányozható a Budapest és környékén kiülepedett por összetétele 22 elemre. Külön csoportosítottuk a főváros környékének és Budapest területének adatait. Viszonyítási alapként megadtuk egy szennyezetlen mezőföldi szántó (Nagyhörcsök) átlagos összetételét, a hazai szabályozásban elfogadott átlagos földtani/talajtani összetételt („A” háttér), valamint a hazai szabályozásban már szennyezettnek tekintett „B” határkoncentrációkat. Feltűntettük elemenként az átlagtól való eltérést, mely \*95%-os, \*\*99%-os, illetve \*\*\*99,9%-os valószínűséggel fennállhat az egyes mintavételi helyek között (F. e.).

Látható, hogy a vizsgált porok kalciumban (Ca) a leggazdagabbak, tehát kifejezetten meszesek. A maximális Ca-tartalom a Nyugati pályaudvar környékén közel 13%-ot ér el, mely 32% CaCO<sub>3</sub>-nak felel meg. A szálló por 1/3-át a mész alkotja. A Ca dúsulása természetes. Forrása a meszes talaj, épületek, utak stb. Mivel relatíve nem káros hatású szennyezettségi határértéket, határkoncentrációt sem talajra, sem szennyvíziszapra nem állapítanak meg.

Érdemi dúsulást nem jeleznek a döntően talajalkotó vas (Fe), alumínium (Al), kálium (K), foszfor (P) és mangán (Mn) elemek. A Fe a felújítás alatti Margithíd porában érhetően kiugró. A magnézium (Mg) részben a Ca kíséreeleme, dúsulása a Ca-ét követi. A kén (S) a szennyezetlen talajhoz viszonyítva nagyságrenddel nőhet a szálló porban. Az energiamérésre használt fossziliák – mint a szén, olaj stb. – kéntartalma nagy. A közlekedés, település (fűtés), ipar által okozott kénterhelés összeadódik és savas esőket eredményezhet. A nátri-

um (Na) főként az utak sózásából eredhet. Nem véletlen, hogy a közúti közlekedés elől gyakorlatilag elzárt Margitszigeten a Na mennyisége elenyésző, illetve közelálló a szennyezetlen mezőföldi talajéhoz. A taglalt Ca, Fe, Mg, Al, K, S, Na, P, Mn elemekre szennyezettségi határértékek nincsenek megállapítva környezeti veszélyességükből eredően (*1. táblázat*).

Nem így a nehézfémeknek minősülő cink (Zn) és ólom (Pb) esetében. A belegezett levegővel bekerülő, vagy az elfogyasztott étellel felvett nehézfémeket a gyomorsav oldja és a véráramba kerülhetnek mérgezést okozva. A szálló porban nagyságrendbeli dúsulás a szennyezetlen háttérhez, a művelt mezőföldi talaj összetételéhez viszonyítva a cink és az ólom esetében. Mindez annak ellenére, hogy a rendszerváltás óta egy sor elavult környezetszennyező üzemet zártunk be és bevezettük az ólommentes benzint Európában. A település, fűtés, közlekedés és az új iparágak, illetve a mezőgazdasági tevékenység környezetterhelése nem elhanyagolható. A felújítás alatti Margithídon leülepedő porban extrém nagy a Pb koncentrációja, közelít a 0,3%-hoz. Ez kereken 158-szorosa a szennyezetlen talajénak (*1. táblázat*).

Az ércekben, talajokban, kőzetekben az ólom a cinkkel együtt fordul elő. Korábban az ólommérgezéseket közvetett módon az olcsóbb és egyszerűbb Zn-meghatározással mutatták ki. Emlékezetes botrány történt 1994-ben Magyarországon, amikor a fűszerpaprikát bűnözők hamisították. Száritott és darált zöldpaprikához ólom, króm és bárium sókat keverték, hogy utánozzák a piros paprika színét. A mérgezett őrleményt fogyasztók súlyosan megbetegedtek, melyben az ólom esetenként az 1%-ot, króm a 0,1%-ot, a bárium a 100 mg/kg koncentrációt meghaladta a szárazanyagban (*Kádár és Koncz 1994, Kádár 1995*).

Az ólommérgezésre legérzékenyebbek a gyermekek. Náluk az ólom 50%-a, míg a felnőtteknél 5–10%-a szívódik fel. Ez a fém az agy, idegrendszer és a vese maradandó károsodását okozza. Az ólomtartalmú festékek, kerámiák, kozmetikumok stb. miatt terhelésünk nem elhanyagolható. Bizonyított, hogy Beethoven ólommérgezés áldozata lett. Hajmintáiban százszoros koncentrációban találták meg a fémet. Az USA-ban 1998-ban *Prokisch* (2010) közlése szerint az 1–5 éves korosztályban közel 1 millió gyermek vérólomszintje haladja meg a 100 ppb határértéket. A fejlődő világban a helyzet azonban még rosszabb.

1. táblázat. *Budapest és környékén kiülepedett por elemzése, valamint egy szennyezetlen szántó (Nagyhörcsök), hazai háttér átlagértékek (A), hazai szennyezettségi küszöbértékek (B), illetve a szennyvíziszapokra vonatkozó határértékek (H. É.) (Királyvíz oldható „összes” elemtartalom, mg/kg) (Budapest 2010)*

Mintavétel			Ca	Fe	Mg	Al	K	S
(1)								
Sorszám	Hely	Dátum	%					
(2)	(3)	(4)						
Budapest környéke (5)								
1	Monor	08. 31.	3,8	1,4	1,2	1,2	0,20	0,04
2	Vecsés	09. 01.	7,7	2,0	1,5	1,8	0,33	0,25
3	Dunaharaszti	09. 01.	3,5	1,7	1,0	1,5	0,32	0,09
4	Törökbálint	08. 31.	8,7	1,9	1,8	1,3	0,28	0,29
5	Szentendre	09. 01.	9,3	1,6	1,5	1,4	0,28	0,40
Budapest területe (6)								
6	Repülőtér	09. 01.	5,4	1,9	0,9	1,4	0,35	0,19
7	Nyugati pályaudvar	09. 02.	12,8	2,9	2,0	1,6	0,35	0,38
8	Keletipályaudvar	09. 02.	8,3	2,5	1,5	1,4	0,43	0,67
9	Szabadsághíd	09. 03.	5,8	2,9	0,9	0,7	0,11	0,27
10	Petőfi-híd	09. 03.	6,4	2,8	1,1	1,1	0,16	0,30
11	Erzsébet-híd	09. 03.	9,4	2,5	1,3	1,1	0,15	0,14
12	Margithíd	09. 02.	2,6	10,5	0,4	0,7	0,11	0,09
13	Széll Kálmán tér	08. 31.	8,7	2,9	1,8	1,5	0,30	0,45
14	Margitsziget	09. 02.	6,0	2,1	1,4	1,5	0,33	0,12
15	Nagykörút	09. 02.	6,6	2,7	1,3	1,0	0,25	0,22
Átlag (7)			7,0	2,8	1,3	1,3	0,26	0,26
F. e.			*	***	**	**	***	NSZ
Szennyezetlen talaj és szennyezettségi határértékek (8)								
1	Nagyhörcsök		2,0	1,9	0,4	1,4	0,30	0,03
2	Talaj (A. érték)		-	-	-	-	-	-
3	Talaj H. É. (B. érték)		-	-	-	-	-	-

*Az 1. táblázat folytatása a következő oldalon...*

Az 1. táblázat folytatása...

Mintavétel			Na	P	Zn	Mn	Pb
(1)							
Sorszám	Hely	Dátum	%		mg/kg		
(2)	(3)	(4)					
Budapest környéke (5)							
1	Monor	08. 31.	0,05	0,06	231	380	38
2	Vecsés	09. 01.	0,13	0,11	1219	505	129
3	Dunaharaszti	09. 01.	0,04	0,11	517	503	96
4	Törökbálint	08. 31.	0,21	0,10	319	422	72
5	Szentendre	09. 01.	0,33	0,09	763	445	271
Budapest területe (6)							
6	Repülőtér	09. 01.	0,18	0,09	1030	451	106
7	Nyugati pályaudvar	09. 02.	0,25	0,19	1813	839	808
8	Keletipályaudvar	09. 02.	0,30	0,16	2124	496	465
9	Szabadsághíd	09. 03.	0,11	0,07	877	499	680
10	Petőfi-híd	09. 03.	0,35	0,08	537	440	837
11	Erzsébet-híd	09. 03.	0,16	0,08	530	448	332
12	Margithíd	09. 02.	0,05	0,06	1074	1195	2838
13	Széll Kálmán tér	08. 31.	0,33	0,11	1043	493	319
14	Margitsziget	09. 02.	0,05	0,12	727	438	88
15	Nagykörút	09. 02.	0,29	0,10	770	481	150
Átlag (7)			0,19	0,10	905	535	482
F. e.			NSZ	**	*	*	***
Szennyezetlen talaj és szennyezettségi határértékek (8)							
1	Nagyhörcsök		0,03	0,09	60	600	18
2	Talaj (A. érték)		-	-	100	-	25
3	Talaj H. É. (B. érték)		-	-	200	-	100

Megjegyzés: F. e.: Igazolható eltérés az átlagtól: \*95%-os, \*\*99%-os, \*\*\*99,9%-os valószínűséggel. NSZ - nem igazolható eltérés. 1: Mezőföldi mészlepedékes vályog csernozjom talaj átlagos összetétele a szántott rétegben. MTA TAKI Kísérleti Telepe. 2: A 10/2000. KöM-KHVM-FVM-EüM rendelet földtani „összes” elemkészletének „A” háttér átlagértékei. 3: A 10/2000. KöM-KHVM-FVM-EüM rendelet földtani „összes” elemkészletének szennyezettségi „B” határértékei (H. É.).

Table 1. Analysis of the accumulated dust in Budapest and its vicinity, an unpolluted plough-land (Nagyhörcsök), the Hungarian background mean values (H) of as well as the limit values (H.É.) of sewage sludge ("total" aqua regia-soluble element content, mg kg<sup>-1</sup>) (Budapest 2010). (1) Sampling, (2) No., (3) Location, (4) Date, (5) Vicinity of Budapest, (6) Budapest area, (7) Mean, (8) Unpolluted soil and pollution limit values. Note: F. e. Significant difference from the mean value (probability



levels): \*95%, \*\*99%, \*\*\*99.9%. NSZ - non-significant difference. 1: Average composition of Mezőföld calcareous adobe chernozem soil in the ploughed layer. Experiment Site of the HAS RISSAC. 2: "A" background mean values of the "total" geological element content in accordance with the Decree no. 10/2000 of the Ministry of Environmental Protection, Ministry of Transport, Telecommunications and Water Management, Ministry of Rural Development and the Ministry of Health. 3: "B" pollution limit values of the "total" geological element content in accordance with the Decree no. 10/2000 of the Ministry of Environmental Protection, Ministry of Transport, Telecommunications and Water Management, Ministry of Rural Development and the Ministry of Health (H. É.).

A 2. táblázat eredményei szerint ismét a Margithídon gyűjtött pormintában kiugró a bárium (Ba) koncentrációja. A szennyeztelen talajét 11-szeresen, a szennyezett talaj határértékét 5,5-szörösen lépi túl a báriumtartalom. A réz (Cu) esetében mintegy 3-szoros a túllépés a szennyezett talaj küszöbkoncentrációjához viszonyítva. A stroncium (Sr) a kalciummal együtt fordul elő a kőzetekben, talajokban, növényekben, mint kísérő mikroelem. Nem tekintjük érdemi szennyezőnek. Dúsulása a vizsgált porokban általában mérsékelt. A króm (Cr) oxidált formában előforduló kromát sói igen veszélyes mérgek, de ez a forma csak speciális esetekben mutatható ki. Az ülepedő por króm koncentrációi ugyan nagy szórást mutatnak, összességében és átlagosan azonban nem lépik túl a talajra megadott 75 mg/kg szennyezettségi küszöböt.

A nikkelt (Ni), ónt (Sn), bórt (B), kobaltot (Co), arzént (As), molibdént (Mo), kadmiumot (Cd) mikroelemek közül az arzént és a kadmiumot kíséri kiemelt figyelem veszélyességük miatt. Megnyugtató e tekintetben, hogy a szennyezett talajra megállapított határkoncentrációt a nikkelt csupán két esetben maximum 50%-kal, az ónt szintén két esetben 20–30%-kal lépi túl. A bór nem érdemi szennyező. A kobalt és az arzént szintén a szennyezettségi 30 mg/kg küszöbérték alatt marad. A molibdént bár 4 esetben is meghaladja a 7 mg/kg küszöbkoncentrációt, összességében és átlagosan dúsulást nem jelez.

A kadmium a Margithíd, valamint a pályaudvarok és a repülőtér körzetében haladja meg többé vagy kevésbé az 1 mg/kg küszöbértéket. Ez a nehézfém lassan ürül ki a szervezetből, ezért a terhelés kumulatív, nő az ember korával. Toxicitása azon alapul, hogy a cink elemet az élő szervezet enzimrendszerében helyettesíteni képes. A kőzetekben, talajokban a cinkkel együtt fordul elő 3%-ot is elérő szennyeződés gyanánt. A kadmium tömeges mérgezést okozott Japánban a II. világháború utáni években, mely az itai-itai betegség, illetve tünetegyüttes néven vált ismertté. Az akkumuláció csontláguláshoz vezetett vesebántalmakkal. Észleltek akut neurózist, krónikus bronchitist, magas vérnyomást, érrendszeri betegségeket, észlelési funkció zavarait. Valójában nehéz megítélni,



hogy a lassú de állandó kadmium terhelésünk mennyiben járulhat hozzá az öregkori betegségekhez.

2. táblázat. *Budapest és környékén kiülepedett por elemzése, valamint egy szennyezetlen szántó (Nagyhörcsök), hazai háttér átlagértékek (A), hazai szennyezettségi küszöbértékek (B), illetve a szennyvíziszapokra vonatkozó határértékek (H. É.) ( Királyvíz oldható „összes” elemtartalom, mg/kg) (Budapest 2010)*

Mintavétel		Ba	Cu	Sr	Cr	Ni	Sn	
(1)								
Sorszám	Hely	Dátum	mg/kg					
(2)	(3)	(4)						
Budapest környéke (5)								
1	Monor	08. 31.	69	413	55	27	13	7
2	Vecsés	09. 01.	339	200	111	52	26	9
3	Dunaharaszti	09. 01.	200	237	71	35	16	6
4	Törökbálint	08. 31.	148	173	152	35	22	12
5	Szentendre	09. 01.	547	167	162	39	26	8
Budapest területe (6)								
6	Repülőtér	09. 01.	448	192	93	47	24	14
7	Nyugati pályaudvar	09. 02.	506	272	222	68	32	15
8	Keletipályaudvar	09. 02.	847	139	160	60	33	25
9	Szabadsághíd	09. 03.	361	273	98	206	24	24
10	Petőfi-híd	09. 03.	277	313	105	82	32	24
11	Erzsébet-híd	09. 03.	223	290	182	72	36	20
12	Margithíd	09. 02.	1108	228	64	131	59	13
13	Széll Kálmán tér	08. 31.	660	245	147	95	44	39
14	Margitsziget	09. 02.	158	178	132	46	31	6
15	Nagykörút	09. 02.	262	263	112	115	57	36
Átlag (7)			410	239	124	74	32	17
F. e.			***	NSZ	*	NSZ	***	***
Szennyezetlen talaj és szennyezettségi határértékek (8)								
1	Nagyhörcsök		100	19	56	36	28	5
2	Talaj (A. érték)		150	30	-	30	25	5
3	Talaj H. É. (B. érték)		200	75	-	75	40	30

A 2. táblázat folytatása a következő oldalon...

A 2. táblázat folytatása...

Mintavétel (1)			B	Co	As	Mo	Cd
Sorszám (2)	Hely (3)	Dátum (4)	mg/kg		%		
Budapest környéke (5)							
1	Monor	08. 31.	7	6	5,5	0,6	0,3
2	Vecsés	09. 01.	19	10	7,4	2,3	0,7
3	Dunaharaszti	09. 01.	15	8	7,1	1,0	0,4
4	Törökbálint	08. 31.	15	7	6,4	2,9	0,5
5	Szentendre	09. 01.	15	8	5,2	2,1	0,9
Budapest területe (6)							
6	Repülőtér	09. 01.	17	9	5,9	3,4	1,4
7	Nyugati pályaudvar	09. 02.	20	9	7,4	3,9	1,3
8	Keletipályaudvar	09. 02.	22	11	11,3	7,8	2,4
9	Szabadsághíd	09. 03.	10	9	6,0	8,7	0,7
10	Petőfihid	09. 03.	10	8	7,6	5,5	0,6
11	Erzsébethíd	09. 03.	13	7	7,6	5,8	0,8
12	Margithíd	09. 02.	9	20	9,0	6,7	1,1
13	Széll Kálmán tér	08. 31.	22	11	9,1	11,3	0,8
14	Margitsziget	09. 02.	24	9	10,1	1,9	0,6
15	Nagykörút	09. 02.	17	11	6,0	8,6	0,7
Átlag (7)			16	9	7,4	4,8	0,9
F. e.			**	*	*	***	***
Szennyezetlen talaj és szennyezettségi határértékek (8)							
1	Nagyhörcsök		15	10	5	3	0,5
2	Talaj (A. érték)		-	15	10	3	0,5
3	Talaj H. É. (B. érték)		-	30	15	7	1

Megjegyzés: F. e.: Igazolható eltérés az átlagtól: \*95%-os, \*\*99%-os, \*\*\*99,9%-os valószínűséggel. NSZ - nem igazolható eltérés. 1: Mezőföldi mészlepedékes vályog csernozjom talaj átlagos összetétele a szántott rétegben. MTA TAKI Kísérleti Telepe. 2: A 10/2000. KöM-KHVM-FVM-EüM rendelet földtani „összes” elemkészletének „A” háttér átlagértékei. 3: A 10/2000. KöM-KHVM-FVM-EüM rendelet földtani „összes” elemkészletének szennyezettségi „B” határértékei (H. É.).

Table 2. Analysis of the accumulated dust in Budapest and its vicinity, an unpolluted plough-land (Nagyhörcsök), the Hungarian background mean values (H) of as well as the limit values (H.É.) of sewage sludge ("total" aqua regia-soluble element content, mg kg<sup>-1</sup>) (Budapest 2010). (1) Sampling, (2) No., (3) Location, (4) Date, (5) Vicinity of Budapest, (6) Budapest area, (7) Mean, (8) Unpolluted soil and pollution limit values. Note: F. e. Significant difference from the mean value (probability

levels): \*95%, \*\*99%, \*\*\*99.9%. NSZ – non-significant difference. 1: Average composition of Mezőföld calcareous adobe chernozem soil in the ploughed layer. Experiment Site of the HAS RISSAC. 2: "A" background mean values of the "total" geological element content in accordance with the Decree no. 10/2000 of the Ministry of Environmental Protection, Ministry of Transport, Telecommunications and Water Management, Ministry of Rural Development and the Ministry of Health. 3: "B" pollution limit values of the "total" geological element content in accordance with the Decree no. 10/2000 of the Ministry of Environmental Protection, Ministry of Transport, Telecommunications and Water Management, Ministry of Rural Development and the Ministry of Health (H. É.).

### IRODALOM

- Adriano, C. D.*: 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Springer Verlag. New York, Berlin.
- Kádár I.*: 1991. A talajok és növények nehézfém tartalmának vizsgálata. KTM-MTA TAKI. Budapest. 104.
- Kádár I.*: 1995. A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. MTA TAKI-KTM. Budapest. 388.
- Kádár I.-Koncz J.*: 1994. Ólom, króm és bárium az ételekben. Élet és Tudomány. 37: 1162-1163.
- Pais, I.*: 1991. Criteria of essentiality, beneficiality and toxicity. What is too little and too much? [In: Pais, I. (ed.) Cycling of nutritive elements in geo- and biosphere.] Proc. 16 BP. Budapest. 59-77.
- Prokisch J.*: 2010. Vigyázat, mérge! Dr. Aliment Kft. Debrecen. 91.
- Purves, D.*: 1985. Trace element contamination of the environment. Elsevier. Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Kádár Imre–Dr. Márton László  
MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet  
Budapest  
Herman O. u. 15.  
H-1022

## KÖNYVISMERTETÉS

### Book reviews

KÁDÁR IMRE–SZEMES IMRE–LOCH JAKAB–LÁNG ISTVÁN

A nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérlet 50 éve

Hazai homoktalajaink termékenységének kutatása, és a rajtuk végzett növénytáplálási, valamint egyéb agrotechnikai beavatkozások környezetvédelmi vonatkozásainak vizsgálata több tekintetben is kiemelt fontossággal bír. Fizikai féleségét tekintve a magyarországi talajok 16%-a homok és mintegy 9%-a homokos vályog. E két kategória együttesen talajaink 1/4-ét teszi ki. Az összes homokterület 29%-a, míg a gyengébb értékű humuszszegény homoktalajok 36%-a a Nyírségben helyezkedik el.

E talajok kolloidokban, humuszban és tápanyagokban általában szegények keletkezésükből eredően. Hangsúlyozni kell rendkívüli érzékenységüket mindenféle környezeti káros behatással vagy szakszerűtlen emberi beavatkozással szemben, mint pl. az elsavanyodás, tápelemhiány vagy annak egyoldalú túlsúlya, talajszennyezés, aszály stb. Mivel a homoktalajok átalakító, szűrő, puffoló és megkötő képessége csekély, nem nyújthatnak megfelelő védelmet a talajvizek szennyeződése ellen. Különösen, ha a talajvíz a felszínhez közel helyezkedik el, az ivóvízbázisok könnyen szennyeződhetnek nitráttal, nehézfémekkel, műtrágyák vivőanyagaival, növényvédő szerek maradványaival és bomlástermékeivel, esetleg szerves szennyezőkkel.

A szerzők az egyik legrégebbi hazai szabadföldi tartamkísérlet 50 évének eredményeit ismertetik. A nyírlugosi kísérletet Láng István állította be 1962 őszén savanyú, homok fizikai féleségű kovárványos barna erdőtalajon. A  $2 \times 2 \times 16 = 64$  kezeléssel, 8 ismétléssel összesen 512 parcellán folytak vizsgálatok split-plot elrendezésben. A kezdeti cél a különböző agrotechnikai beavat-

kozások (NPK-Mg műtrágyázás, fajta, szántási mélység, elővetemény) vizsgálata volt. A kísérlet felépítése lehetővé tette a tápelem-utóhatás vizsgálatokat is. Az első évtizedben Láng István, a másodikban Szemes Imre, a további években Kádár Imre és Márton László irányították a kísérletet.

A könyv 110 oldalon jelent meg fóliázott kötésben az Akaprint Nyomdaipari Kft. nyomdájában, az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet kiadványaként.

Az Előszó (I. fejezet) megfogalmazza a kiadvány célját, a homoki kísérletezés jelentőségét, kiemeli a tartamkísérlet szisztematikus csoportmunka jellegét. Ezt követően egyfajta irodalmi áttekintést is ad a homokkutatások problémáiról.

A II. fejezet a Nyírség természetföldrajzát, úgymint a geológiáját, talajviszonyait, vízrajzát, természetes növénytakaróját, éghajlatát és csapadékviszonyait taglalja. E fejezet külön értékeként kiemelhető a tájra jellemző sajátosságok leírása, valamint a történeti szemlélet.

A III. fejezet a nyírlugosi tartamkísérlet háttérét ismerteti. Külön alfejezet foglalkozik a termőhely talajtulajdonságaival, az 50 év csapadékellátottságával, valamint a kísérlet módszerével és a növényi sorrendek részletezésével.

A IV. fejezet a kísérlet eredményeit tekinti át. Bemutatja a burgonya-rozs (1963–1972), a burgonya-búza (1973–1980) forgók eredményeit, majd a napraforgó, dohány, őszi búza, végül a tritikále monokultúra utóbbi két évtizedét foglalja össze. Külön alfejezetet szentel a talajvizsgálatoknak. A sokrétű adatközlés egyaránt érinti a pH,  $y_1$ , humusz, a kicserélhető kationok, az adszorpciós viszonyok, valamint a szántott réteg  $\text{NH}_4$ -acetát+EDTA oldható makro- és mikroelem tartalmának bemutatását a kezelések hatására. Szintén külön alfejezet vizsgálja a kezeléshatások és a csapadékellátottság közötti kapcsolatokat növényfajonként. Hasonlóképpen külön alfejezet mutatja be a 0,01 M  $\text{CaCl}_2$  módszerrel kapott talajvizsgálatok eredményeit is.

Az V. fejezet a „Fenntartó tápanyaggazdálkodás nyírségi homoktalajon” címet viseli. Itt a szerzők a nyírségi gazdák számára összefoglalják az 50 éves tartamkísérlet tanulságait, megfogalmazva a trágyázási szaktanácsadás alapelveit és módszerét. Kiemelik, hogy „... konkrét, táblaszintű szaktanácsadást csak a helyismerettel rendelkező szakember adhat, aki felhasználja a táblatörzskönyvi adatokat, talaj- és esetleges növényvizsgálati eredményeket. A talajvizsgálatok nem helyettesíthetik a növényelemzést, sem a táblatörzskönyvi adatokat. Célszerű, ha a gazda rendszeresen feljegyzi az egyes táblákon kapott terméseket, felhasznált trágyaszereket, egyéb beavatkozásokat (növényvédelem, meszezés, talajjavítás stb.). A tábla múltjának, történetének ismerete

*lehetővé teszi a tápelemmérések összehasonlítását, mely utalhat a talaj elszegényedésére vagy gazdagodására.”*

A VI. fejezet a felhasznált irodalmi forrásokat tartalmazza 7 oldalon. A könyv külön érdeme a mintegy 200 forrásmunka bemutatása, mely széleskörűen orientálhatja a téma iránt érdeklődő olvasót. A hazai homokkutatással foglalkozó irodalom ilyen formában való összegyűjtése valóban hiánypótló jellegűnek minősül.

A VII. fejezet angol nyelvű esszenciáját nyújtja a fél évszázadot felölelő kísérletezés tanulságainak. Ennek megfelelő a címe is: „*Some lessons learned from the Nyírlugos long-term field experiment*”. A fejezet teljes körű áttekintést adhat az idegen nyelvű olvasó számára precíz angolságával és szakszerűségével.

A VIII. fejezet az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet munkatársainak kiadványait sorolja fel 1980 és 2010 között.

A homoktalajokkal való törődés nem csak az agrárpolitika feladata, hanem a környezet megóvásának, illetve a környezetvédelemnek és környezetgazdálkodásnak is fontos eleme. Tágabban tehát nemzetgazdasági érdek és nemzeti ügy. Sajnos mindez nem tudatosult eléggé vagy elfelejtődött még a szakkörök egy részében is. Homok termőhelyeink általában az ország legszegényebb, leginkább elmaradott régiói, ahol a talajok rossz víztartó képessége, szélsőséges hőgazdálkodása, a gyakori homokverés (szélerózió) miatt kevesebb növény termeszthető biztonsággal. Sajnos a homokkutatás és a homoki kísérletezés visszaszorult, a pótolhatatlan tudományos és történeti értéket jelentő tartamkísérletek száma fogy. Fontosnak és időszerűnek tekintjük ezért a nyírlugosi tartamkísérletünk eredményeinek bemutatását.

A könyv jól tükrözi a szerzők átfogó ismereteit, a tartamkísérletezés terén nyert tapasztalatait. Hazai vonatkozásban első alkalommal találkozunk egy szabadföldi tartamkísérlet öt évtizedes eredményeinek monográfiászerű bemutatásával. Kívánatos lett volna a könnyebb olvasás érdekében jobban látható, nagyobb betűméret alkalmazása. A sűrű és apró betűs szerkesztést feltehetően pénzügyi okok indokolták. A könyvet haszonnal forgathatják az agronómia, környezetgazdálkodás, biológia és környezetvédelem területén dolgozó kutatók, oktatók, a homoki növénytermesztést folytató gazdaságok, egyéni termelők. A könyvben található nagyszámú alapadat a modellezők számára további értékes kiindulási pont lehet.

Ragályi Péter



NAGY JÁNOS főszerkesztő  
a Magyar Tudományos Akadémia doktora,  
Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Tudományok  
Centrumának elnöke, Széchenyi és Szent-Györgyi-díjas egyetemi tanára,  
az Aradi és a Nagyváradi Egyetem „Honoris causa doktora”  
Szakterülete: növénytermesztés, földművelés

Ára: 6 200 Ft áfával

növénytermesztés | növénynemesítés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika