

# NÖVÉNYTERMELÉS

---

CROP PRODUCTION



## NÖVÉNYTERMEELÉS

Növénytermesztés, növénynemesítés, növénygenetika, növényélettan, agrobotanika negyedévente megjelenő tudományos közleménye

## CROP PRODUCTION

Scientific Proceedings for Crop Production, Plant Breeding, Plant Genetics, Plant Physiology, Agrobotany, issued in six fascicles yearly

### A Földművelésügyi és Vidékfejlesztési minisztérium tudományos lapja

### Scientific Journal of the Ministry of Agriculture and Rural Development

*Szerkesztőbizottság:* Bedő Zoltán, Buvár Géza, Bocz Ernő, Heszky László, Jolánkai Márton, Kádár Imre, Késmárki István, Király Zoltán, Kismányoki Tamás, Matuz János, Menyhért Zoltán, Neszmélyi Károly, Pepó Péter, Ványiné Széles Adrienn

*Főszerkesztő:* Nagy János

*Olvasószerkesztő:* Széles Sándorné

*Szerkesztőség:* Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Mezőgazdaságtudományi Kar  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138. Tel.: 52/508-310  
E-mail: [novenytermeles@agr.unideb.hu](mailto:novenytermeles@agr.unideb.hu), [szelesne@agr.unideb.hu](mailto:szelesne@agr.unideb.hu)

*Felelős kiadó:* Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centrum elnöke

*Kiadja és terjeszti:* Debreceni Egyetem  
Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma  
Mezőgazdaságtudományi Kar megbízásából



az Agroinform Kiadó  
1149 Budapest, Angol u. 34.  
Tel./fax: 1/220-8331  
[www.agroinform.com](http://www.agroinform.com)



*A lap fenntartásához az alábbi kutatóintézetek és egyetemek járulnak hozzá rendszeres anyagi támogatásukkal:*

Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, Debrecen  
Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Karcagi Kutató Intézet, Karcag  
Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Nyíregyházi Kutató Központ, Nyíregyháza  
Gabonatermesztési Kutató Közhasznú Társaság, Szeged  
Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös  
KRF „Fleischmann Rudolf” Kutatóintézet, Kompolt  
Kiskun Kutatóközpont, Kiskunhalas  
Magyar Növénynemesítők Egyesülete, Budapest  
Mezőgazdasági Kutató-Fejlesztő Kht., Szarvas  
MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Budapest  
MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet, Prebázis Kft., Martonvásár  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest  
Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal, Budapest  
Szent István Egyetem, Gödöllő  
Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely

Egyes szám ára: 400,- Ft

**HU ISSN 0546-8191**

Előfizethető a kiadónál, illetve a szerkesztőségben postautalványon, vagy átutalással a K&H 10200885-32614451 pénzforgalmi jelzőszámra, a kiadvány pontos címének megjelölésével.

Készítette az Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Felelős vezető: Stekler Mária

Budapest, 2008/152

## TARTALOM

<i>Murányi István–Pocsai Emil–Tóth Nikoletta–Bódi Zoltán</i> : Télálló kétsoros őszi árpa ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) nemesítése . . . . .	3
<i>Kádár Imre</i> : Mútrágyahatások vizsgálata 4. éves telepített gyepen. Elemfelvétel, elemforgalom . . . .	9
<i>Kádár Imre–Márton László</i> : A borsó trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1971–2007 között . . . . .	21
<i>Kádár Imre–Morvai Balázs</i> : Bőrgyári szennyvíziszap vizsgálata tenyészedényes kísérletben. A Ca-, a Na- és a Cr-elemek forgalma . . . . .	35
<i>Kádár Imre</i> : A mútrágyázás hatása az őszi búzára karbonátos homoktalajon . . . . .	49
<i>Berzy Tamás–Hegyi Zsuzsa–Pintér János</i> : Összefüggések a reciprok keresztezésű kukoricahibridek ( <i>Zea mays</i> L.) vetőmag-életereje és termésparaméterei között . . . . .	59
<i>Anda Angéla</i> : A kukoricaállományon belüli léghőmérséklet és légnedvesség alakulása kis vízádaggal történő öntözéskor . . . . .	69
<i>Pepó Péter–Balogh Ágnes</i> : A vízellátás szerepe az őszi búza ( <i>Triticum aestivum</i> L.) fajtaspecifikus trágyareakciójában . . . . .	85
MEGEMLÉKEZÉS	
<i>Nyiri László</i> 75. születésnapjára . . . . .	95
<i>Balla László</i> 75. születésnapjára . . . . .	100
NEKROLÓG . . . . .	
<i>Kovács Gábor</i> (1925–2007.) . . . . .	103

## CONTENTS

<i>Murányi I.–Pocsai E.–Ms. Tóth N.–Bódi Z.</i> : Breeding of winter-hardy two-rowed winter barley ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) . . . . .	3
<i>Kádár I.</i> : Fertilisation responses of a 4-year-old established all-grass sward. Element uptake and turnover . . . . .	9
<i>Kádár I.–Márton L.</i> : Fertiliser response of pea in long-term fertilisation trials in the Mezőföld region between 1971 and 2007 . . . . .	21
<i>Kádár I.–Morvai B.</i> : Analysis of tannery sludge in a pot experiment: Analysis of Ca, Na and Cr . . . .	35
<i>Kádár I.</i> : Effect of mineral fertilisation on winter wheat grown on calcareous sandy soil . . . . .	49
<i>Berzy T.–Hegyi Zs.–Pintér J.</i> : Correlations between the seed vigour and yield components of the reciprocal crosses of maize ( <i>Zea mays</i> L.) hybrids . . . . .	59
<i>Ms. Anda A.</i> : Changes in the air temperature and humidity within maize stands given small rates of irrigation water . . . . .	69
<i>Pepó Pé.–Ms. Balogh Á.</i> : Role of water supplies in the variety-specific fertiliser responses of winter wheat ( <i>Triticum aestivum</i> L.) . . . . .	85
ANNIVERSAIRES – MEMORIALS	
Our compliments to László <i>Nyiri</i> on the occasion of his 75th birthday . . . . .	95
Our compliments to László <i>Balla</i> on the occasion of his 75th birthday . . . . .	100
NECROLOGY . . . . .	
<i>Gábor Kovács</i> (1925–2007.) . . . . .	103

## Télálló kétsoros őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) nemesítése

<sup>1</sup>MURÁNYI ISTVÁN–<sup>2</sup>POCSAI EMIL–<sup>1</sup>TÓTH NIKOLETTA–<sup>1</sup>BÓDI ZOLTÁN

<sup>1</sup>Károly Róbert Főiskola, Fleischmann Rudolf Kutatóintézete,  
Kompolt

<sup>2</sup>Fejér Megyei Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatóság,  
Velence

### Összefoglalás

A kétsoros őszi árpák számos előnnyel rendelkeznek; nagy termőképességük, kiváló szárszilárdságuk mellett azonban télállóképességben elmaradnak a hatsoros ősziárpa-fajtáktól. A kétsoros ősziárpa-fajták télállóságának javítását tűztük ki célul a nemesítési programunkban. Első lépcsőben a *Sladoran* nagy termőképességű, kiváló szárszilárdságú, de igen gyenge télállóságú kétsoros fajta és a kiváló télállóságú *Kompolti 4* hatsoros fajta keresztezéséből előállítottuk a két fajta előnyös tulajdonságait hordozó *KH Kincsem* télálló kétsoros fajtát. A *Kompolti 4*-ből származó, télállóságot meghatározó fő gént a *KH Kincsem* × *Rex* utódokba vittük tovább. A legjobb törzs *KH Malko* néven került elismerésre 2001-ben és jelenleg Magyarország legnagyobb termőképességű, a kétsorosok között legjobb télállóságú fajtája.

**Kulcsszavak:** őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.), télállóság, szárszilárdság, nemesítés

### Breeding of winter-hardy two-rowed winter barley (*Hordeum vulgare* L.)

<sup>1</sup>I. MURÁNYI–<sup>2</sup>E. POCSAI–<sup>1</sup>N. TÓTH–<sup>1</sup>Z. BÓDI

<sup>1</sup>Fleischmann Rudolf Research Institute, Károly Róbert College,  
Kompolt

<sup>2</sup>Directorate for Plant Protection and Soil Conservation, Agricultural Office of Fejér County,  
Velence

### Summary

Two-rowed barley varieties have many favourable properties compared with six-rowed varieties, such as better brewing quality, lodging resistance, tillering ability and storm resistance, stronger ears and less susceptibility to fracture of the spike stalk, but they have poorer winter hardiness. Although many two-rowed barleys have been registered and grown, including many winter malting varieties, the cultivation of varieties with poor winter hardiness is a great risk for growers under continental climatic conditions.

The breeding of two-rowed winter barley varieties for winter hardiness was begun in 1986. The most successful cross involved the two-rowed variety *Sladoran*, which has high yielding ability, short firm stems and very poor winter hardiness, and the six-rowed variety *Kompolti 4*, whose resistance to extreme winter climatic conditions appears to be regulated by a major gene. This cross resulted in a line with excellent winter hardiness and very good agronomic properties, which was released under the variety name *KH Kincsem* in 1996. This was further crossed with the variety *Rex* to improve the yield potential, stem strength and resistance, while retaining excellent winter hardiness. The best line was entered for state trials in 1998 and released as *KH Malko* in 2001. This variety is one of the most winter-hardy two-rowed barley genotypes in Europe, and also has excellent agronomic traits.

The results indicate that when breeding for winter hardiness both appropriate genetic materials and a location suitable for screening are of major importance.

**Key words:** winter barley (*Hordeum vulgare* L.), breeding, lodging resistance, winter hardiness

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

Magyarországon a '80-as évek elején mindössze hat ősziárpa-fajta volt köztermesztésben a jelenlegi ötvenhárom államilag elismert fajtával szemben (Murányi és Simon 2005).

A '80-as évek fajtaválasztékának bővítésére a termelői igény elsősorban a nagyobb termőképesség, a megbízhatóbb télállóság és a jobb szárszilárdság elérésében jelentkezett (Murányi 1998, Pepó 2002a és b, Tomcsányi és Murányi 2004). A hazai fajták közül az 1984-ben államilag elismert *Kompolti 4-es* és a *Kompolti korai*-n kívül mindössze a *Rachel* fajta rendelkezett megfelelő télállósággal. Az akkori Jugoszlávia területéről (ma Horvátország) Magyarországon 1984-ben bejelentett *Rodnyik* és *Sladoran* kétsoros fajták kiváló termőképességgel és szárszilárdsággal (különösen a *Sladoran*) rendelkeztek, de a magyar kontinentális klímán a télállóságuk nem bizonyult megfelelőnek. Az 1987-es év telén a *Sladoran* teljesen kifagyott a kísérletekben, ezért nem került regisztrálásra. A *Rodnyik* fajta regisztrálásra került, de gyenge télállósága miatt elterjedni nem tudott és néhány év múlva kikerült a termesztésből. Hasonló tapasztalat alakult ki a német és francia kétsoros árpákkal is, közöttük az *Igri*-vel (Tantau et al. 2004). A szintén horvát *Rex* fajta 1991-ben került regisztrálásra, kiváló termőképessége és szárszilárdsága ellenére csak az országunk déli részén termeszthető a gyenge télállósága miatt.

Napjainkban a kompolti kétsoros fajták felelnek meg leginkább a télállósági és az egyre növekvő agrotechnikai elvárásoknak.

A Kompolti Kutatóintézetben a '80-as évek közepén célul tűztük ki a megfelelő télállósággal, kiváló termő- és állóképességgel rendelkező kétsoros ősziárpa-fajták előállítását (Murányi 2004).

A program kezdetén a célkitűzések elérésében a *Kompolti 4* hatsoros, valamint a *Sladoran* és *Rodnyik* kétsoros fajtákat választottuk ki. A télállóságra történő nemesítésben döntően szerepe van a környezetnek is, ahol az eredményes szelekció végrehajtható. Kompolt kitűnő adottságokkal rendelkezik a télálló képesség elbírálására, rendszeresen előfordulnak hótakarás nélküli,  $-15\text{ °C}$ -ot meghaladó téli időszakok. Az itt tapasztalható hideghatás megfelelő szelekciós lehetőséget nyújt (Szalai 1971, 1972).

### Anyag és módszer

Magyarországon a '80-as évek közepén nem rendelkezünk megfelelő télállóságot mutató kétsoros ősziárpa-genotípussal. Nemesítési célkitűzésként a megfelelő termés, a jó alkalmazkodóképesség és a betegségekkel szembeni ellenállóság mellett a kiváló télállóság is megfogalmazásra került. E célkitűzés alapján a kiváló télállóságot mutató *Kompolti 4* fajtát választottuk ki donor fajtaként (anya). A keresztezésekben apai komponens a *Sladoran* és a *Rodnyik* volt.

A *Kompolti 4* fajta magyarországi viszonyok között kiváló télállósággal, jó termőképességgel és közepesnél kissé jobb szárszilárdsággal rendelkezett (1. táblázat).

A *Sladoran* rövid szárú, igen jó állóképességű fajta, kiváló termőképességgel. A keresztezés eredményekén a jó tulajdonságokat meghatározó géneket koncentráltan hordozó neokombináns növények megjelenésére számítottunk. A *Kompolti 4* × *Sladoran* keresztezéséből (K-86-11) 1986-ban huszonkét F<sub>0</sub> magot kaptunk (a keresztezés öt kalászt érintett, mintegy hatvan virággal). Ezek F<sub>1</sub> termését 1987-ben 2 × 10 m-es egysoros parcellába vetettük el (2. táblázat). A szelekciót az F<sub>2</sub> nemzedékben kezdtük el. A kiválogatott kalászokat az F<sub>3</sub> – F<sub>5</sub> generációban kalászutódorokba vetettük el. A keresztezés utódnövényei kiváló variabilitást mutattak, a két fajta tulajdonságai jól kombinálódtak. A szelektált két- és hatsoros típusokat külön kezeltük.

Az F<sub>5</sub> generációban hatvannégy „A” törzset tulajdonságaik, homogenitásuk alapján kiemeltünk és „B” törzsekbe (5 m<sup>2</sup>) vetettük el őket. A legjobb harminckét „B” törzset 1992-ben kétismétléses (10 m<sup>2</sup> parcella) „C” törzskísérletekbe vetettük. Több törzs igen perspektivikusnak tűnt, ezért a legjobb tulajdonsággal rendelkező öt törzs előszaporítását is megkezdtük (100 m<sup>2</sup>).

1. táblázat. A *KH Kincsem kétsoros télálló ősziárpa-fajta nemesítési folyamata* (Kompolt, 1986) I.

Tulajdonságok (1)	<i>Kompolti 4</i> × <i>Sladoran</i>	
	hatsoros (5)	kétsoros (6)
Télállóság (2)	8.0	1.0
Termőképesség (3)	7.0	9.0
Szárszilárdság (4)	6.0	8.5

Table 1. Breeding scheme for the winter-hardy two-rowed winter barley variety KH Kincsem I. (Kompolt, 1986). (1) Traits, (2) Winter hardiness, (3) Yield potential, (4) Lodging resistance, (5) Six-rowed, (6) Two-rowed.

2. táblázat. A *KH Kincsem kétsoros télálló ősziárpa-fajta nemesítési folyamata* (Kompolt, 1986) II.

Generáció (1)		Növény (n), illetve törzs száma (t), [db] (2)		Szelekció (3)
1987	F <sub>1</sub>	22 (n)	–	
1988	F <sub>2</sub>	1600 (n)	80 (n)	
1989	F <sub>3</sub>	2240 (n)	124 (n)	
1990	F <sub>4</sub>	3472 (n)	136 (n)	
1991	F <sub>5</sub>	3808 (n)	64 (t)	
1992	F <sub>6</sub>	64 (t)	32 (t)	Szaporítás (4)
1993	F <sub>7</sub>	32 (t)	1	Fajtabejelentés (K-17) (5)
1994	F <sub>8</sub>			MgSzH (6)
1995	F <sub>9</sub>			MgSzH (6)
1996	F <sub>10</sub>			MgSzH (6) + Fajtaelismerés (7)

Table 2. Breeding scheme for the winter-hardy two-rowed winter barley variety KH Kincsem II. (Kompolt, 1986). (1) Generation, (2) No. of plants (n) or lines (t), (3) Selection, (4) Multiplication, (5) Entry in state trials, (6) Central Agricultural Office, Hungary, (7) State registration.

Az ősziárpa-törzsek télállóképességének elbírálását – az adott talajfelületre vetítve – százalékban vételeztük fel, majd állapítottunk meg 1–9 közötti kódszámot törzsenként, ahol a 1-es érték a kifagyást, a 9-es értékszám az alig károsodott állományt jelezte. Vizsgálati módszerünk megegyezik az MgSzH által kiadott kísérleti módszertani metodikával. A *Kompolti 4* × *Rodnyik* keresztezéséből nem tudtunk számottevő utódot szelektálni, ezért a továbbiakban eltekintünk az ismertetésétől.

### Eredmények és következtetések

Az 1992/93-as tél hótakaró nélküli, átlag feletti hideget hozott. A nem kellő télállóságú fajták, törzsek kifagytak (köztük a *Rex* fajta is). A *K-86-11* keresztezés 25-ös kétsoros törzse ez évben 6,5-ös télállósági értékkel az összes kétsoros őszi árpa közül a legjobb télállóságot mutatta, megközelítve a *Kompolti 4*-ét. A télálló törzsek származásából és a tulajdonság fenotípusos megjelenéséből azt a következtetést vontuk le, hogy a *Kompolti 4* télállósága (feltételezhetően elsősorban egy főgén határozza meg) keresztezéssel átvihető új genotípusokba.

3. táblázat. A *KH Kincsem OMMI eredményei* (1994–1996)

Tulajdonság (1)	Standard	K-17
Termésátlag [t/ha] (2)	5.41	5.51
Állóképesség* (3)	3.98	4.38
Fagyűrész (fitotronban kifagyás) [%] (4)	39.7	41.4

\*1–5, 5 = szárszilárdság (5)

Table 3. Results achieved with *KH Kincsem* in state trials (1994–1996). (1) Traits, (2) Yield average, t/ha, (3) Lodging resistance, (4) Frost resistance in phytotron tests, %, (5) \*On a 1-5 scale, where 5 = resistant.

A *K-82-11-25*-ös törzs átlag feletti termőképességet és szárszilárdságot ért el megfelelő betegségezisztencia mellett, ezért 1993-ban bejelentettük állami elismerésre.

Az állami kísérletekben felülmúlta a standard fajták termését, átlag feletti télállóságot és szárszilárdságot mutatott (3. táblázat), ezért 1996-ban *KH Kincsem* (*K-86-11-25*) jelzéssel állami elismerést kapott.

Időközben megfigyeléseink és vizsgálataink bizonyították, hogy a fajtának átlag feletti szárszilárdságú, valamint Barley Yellow Dwarf Vírus és Wheat Dwarf vírussal szembeni ellenállósága van.

A *KH Kincsem*et – termőképességét, szárszilárdságát és liztharmat-rezisztenciáját javítani szándékozva – már 1992-ben kereszteztük a kiváló termőképességű, de gyenge télállóságú *Rex* fajtával.

A *KH Kincsem* nemesítéséhez hasonlóan szintén többszöri egyedszelekciót alkalmazva választottuk ki a legkedvezőbb fenotípust mutató törzset a télállóságra is szigorúan szelektálva. A *Kompolti 4* kedvező télállósági tulajdonságát hordozó *K-2173* jelzésű törzset 1998-ban jelentettük be állami kísérletbe és 2001-ben kapott állami elismerést *KH Malko* néven.

A kompolti őszi árpa nemesítésének egyik permanensen alapvető célkitűzése a termésbiztonságot jelentős mértékben befolyásoló télállóság növelése, illetve szinten tartása. A magyar ősziárpa-lista fajtái közül a kompolti fajták télállósága jelentősen átlag

feletti. Több télállósági génforrással dolgozunk, de a kétsoros fajták esetében a legkiválóbb eredményt a *Kompolti 4* télállósági tulajdonságát felhasználva értük el.

A 2002/03. év téli időjárása próbára tette az őszi árpák télállóságát.

Ekkor a hideghatás mellett a hosszú ideig tartó vastag hótakaró alatti *Fusarium nivale*-fertőzés is gyengítette az állományokat, országosan jelentős termés kiesést okozva. A nem kellő télállóságú fajták 100 %-os kipusztulást is mutattak.

Az OMMI állami kísérletekben 2003-ban hét állomás közül négy állomás ősziárpa-kísérleteit érte a nagy kifagyásokat okozó hótakaró nélküli hideg. Az őszi árpák termését az évben 79,6 %-ban a fajták télállósága határozta meg (*Matók* 2003).

A télállósági értékek (hatsoros, kétsoros árpafajták) 2003. évben az OMMI adatai alapján mutatja be a 4. táblázat. Az összevont eredményekből is láthatjuk, hogy a kétsoros fajták átlagosan gyengébb télállóságot értek el, mint a hatsorosak. A *Kompolti* nemesítésű fajták mindkét típusban lényegesen kedvezőbb télállósági értéket mutatnak. A *KH Malko* kiemelkedik télállóságával a kétsoros fajták közül, elérve a legjobb télállóságú hatsoros őszi árpák szintjét. A 2003-ban Kompolton beállított őszi árpa EBC kísérletben is a legjobb télállóságot mutatta a *KH Malko* és a legnagyobb termést is ez a fajta adta.

A *KH Malko* az OMMI országos kísérleteiben a 2003–2005. év átlagában a legnagyobb terméseredményt érte el 110,9 %-kal. E kísérletsorozatban a *KH Malko* öt másik kompolti fajta előtt került az élre.

A program eredményeként (*KH Kincesem*, *KH Malkó*) megállapítható, hogy a télállóságra nemesítéshez elengedhetetlen a határozott célkitűzés, a következetes végrehajtás, a megfelelő génanyag és a télállósági szelekcióhoz alkalmas nemesítői hely.

4. táblázat. Az őszi árpa fajták télállóképességi értékei 2003-ban (OMMI adatok)

Elismert hatsoros fajták átlaga (1)	5.7
Kompolti hatsoros fajták átlaga (2)	7.1
Legnagyobb érték (Botond) (3)	7.5
SzD <sub>5%</sub> (4)	1.5
Elismert kétsoros fajták átlaga (5)	4.7
Kompolti kétsoros fajták átlaga (6)	6.3
<i>KH Malko</i> átlaga (7)	7.1
Legnagyobb érték ( <i>KH Malko</i> ) (3)	7.1
SzD <sub>5%</sub> (4)	1.5

Table 4. Winter hardiness of winter barley varieties in 2003 (data from the National Institute for Agricultural Quality Control). (1) Mean for state-registered 6-rowed varieties, (2) Mean for six-rowed varieties from Kompolt, (3) Highest value, (4) LSD<sub>5%</sub>, (5) Mean for state-registered 2-rowed varieties, (6) Mean for two-rowed varieties from Kompolt, (7) Mean for variety KH Malko.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a GAK „Rezarpak” és az Alap1-00137/2004 támogatásért.

### IRODALOM

- Matók, Gy.*: 2003. Államilag elismert őszi árpa fajták kísérleteinek tapasztalatai 2003-ban. *Agrofórum* 14, 10: 29–31.
- Murányi I.*: 1998. Őszi- és tavaszi árpa agrotechnikai fejlesztés és nemesítés. Doktori értekezés tézisei. Gödöllő, 1–55.



- Murányi I.: 2004. Az őszi és tavaszi árpa nemesítés eredményei a klímaváltozás összefüggéseiben. *Gazdálkodás XLVII*, 9: 128–136.
- Murányi I.–Simon A.: 2005. A kompolti őszi árpa nemesítés helye Európában. *Gazdálkodás 13*: 66–73.
- Pepó P.: 2002a. Újabb adatok az őszi és tavaszi árpafajták szárszilárdságához. *Növénytermelés 51*, 4: 397–403.
- Pepó, P.: 2002b. Az évjárat és a genotípus hatása az őszi és tavaszi árpa szárszilárdságára. *Növénytermelés 51*, 4: 405–412.
- Szalai Gy.: 1971. Terméselemek összefüggés vizsgálata Béta-40 őszi árpa termésbecslési módszerének kidolgozására. *Növénytermelés 20*, 3: 227–237.
- Szalai Gy.: 1972. Az őszi árpa néhány fontosabb agrotechnikai tényezőjének és termésösszetevőinek elemzése. *Kandidátusi Értekezés, Kompolt*, 1–244.
- Tantau, H.–Balko, C.–Brettschneider, B.–Mely, G.–Dorffling, K.: 2004. Improved frost tolerance and winter survival in winter barley (*Hordeum vulgare L.*) by in vitro selection of proline over accumulating lines. *Euphytic, 139*, 1: 19–32.
- Tomcsányi A.–Murányi I.: 2004. Az árpa nemesítése. In: *Az árpa (Szerk.: Tomcsányi A.–Turcsányi G.)*, Akadémiai Kiadó, Budapest. 290–345.

Érkezett: 2007. 10. 01.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

Dr. Murányi István–Tóth Nikoletta–Dr. Bódi Zoltán  
Károly Róbert Főiskola Fleischmann Rudolf Kutatóintézete  
Kompolt  
Fleischmann Rudolf u. 4.  
H-3356  
Email: dmuranyi@gateki.ektf.hu

Dr. Pocsai Emil  
Fejér Megyei Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatóság  
Velence  
Ország u. 230.  
H-2481

## Műtrágyahatások vizsgálata 4. éves telepített gyepen. Elemfelvétel, elemforgalom

KÁDÁR IMRE  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet,  
Budapest

### Összefoglalás

Egy műtrágyázási kísérlet 31. évében, 2004-ben vizsgáltuk az eltérő N-, P-, K-ellátottsági szintek és kombinációik hatását a réti csekesz (*Festuca pratensis*) vezérnövényű, nyolckomponensű, pillangós nélküli gyepkeverék 4. évének termésére és ásványi-tartalmára. A termőhely talaja a szántott rétegben mintegy 3% humuszt, 3–5% CaCO<sub>3</sub>-ot és 20–22% agyagot tartalmazott, N- és K-elemekben közepesen, P- és Zn-elemekben gyengén ellátottnak minősült. A kísérlet 4N × 4P × 4K = 64 kezelést × 2 ismétlést = 128 parcellát foglalt magában. A talajvíz 13–15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. Az első kaszálás 2004. május 11-én, a második július 19-én történt. A tenyészidő során összesen 368 mm csapadékot kapott a terület a 2004. évben a 6,5 hónap alatt. A kísérlet módszerét, beállításainak körülményeit és az előző évek adatait korábbi közleményeink taglalták (Kádár 2005a, b, c; 2006a, b, c; 2007a, b; Kádár és Győri 2005a, b). Főbb eredmények:

1. A harmincegy éve trágyázatlan talaj 1,6 t/ha, míg a maximális N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K<sub>3</sub>-kezelés 9,4 t/ha szénatermést adott 2004-ben, tehát trágyázással a két kaszálás hozama közel hatszorosára volt növelhető. Ezzel párhuzamosan 2–2,5-szeresére nőtt az átlagos növénymagasság és 1/3-ával mérséklődött a szárazanyag mennyisége a fűben.
2. A leginkább mobilis Na felvett tömege a N-műtrágyázással az anyaszénában huszonnyolcszorosára, a 2. kaszáláskor hetvennyolcszorosára nőtt, míg a K-trágyázással közel egyötödére, ill. felére esett vissza. Az N × K kölcsönhatások eredményeképpen a Na felvételében a 1. kaszáláskor nyolcvanegyszeres, a 2. kaszálásnál százhuszonnégyeszeres különbségek adódtak. A Mo beépülését a N-ellátás serkentette, míg a P-kínálat gátolta. Az N × P kölcsönhatások 4–6-szoros eltéréseket indukáltak a Mo felvételében.
3. Az 1 t szénába épült „fajlagos” elemkészlet a meghatározó N-ellátottság függvényében az alábbiak szerint alakult ezen a termőhelyen: 24–26 kg K, (29–31 kg K<sub>2</sub>O), 15–27 kg N, 5–6 kg Ca, 2–3 kg P (4–7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 2–3 kg S, 2 kg Mg és 0,1–1,0 kg Na. A mikroelemek tartalma szintén változott: Mn 114–133 g, Fe 82–126 g, Al 38–88 g, Zn 42–52 g, Sr 13–16 g, Cu 3–6 g, B és Ba 3–4 g, Mo 0,4–1,6 g, Ni 1,2–1,8 g, Cr 0,1 g átlagosan 1 t szénában. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a gyepek elemigényének és trágyaszükségletének a számításánál.
4. A trágyázatlan talaj mindössze 21 kg/ha N-t tudott a szénába juttatni. A kielégítő PK-ellátottságú talajon a 100, 200, 300, kg · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup> N-adagok nyomán a szénába épült N mennyisége is eléri vagy megközelíti a 100, 200, 300, kg/ha körüli mennyiséget. E becslések szerint a N-műtrágya 100%-ban hasznosulhatott.

**Kulcsszavak:** műtrágyázás, telepített gyep, elemfelvétel, 4. év

## Fertilisation responses of a 4-year-old established all-grass sward. Element uptake and turnover

I. KÁDÁR

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry,  
Budapest

### Summary

The effect of different N, P and K supply levels and their combinations were examined in the 31<sup>st</sup> year of a long-term fertilisation experiment on the development, yield and mineral element content of a 4-year-old established all-grass sward in 2004, with a seed mixture of eight grass species. The trial was established on calcareous chernozem soil containing around 3% humus, 5% CaCO<sub>3</sub> and 20–22% clay in the ploughed layer, which was originally moderately well supplied with available K, Mg, Mn and Cu and poorly supplied with P and Zn. The trial included 4N × 4P × 4K = 64 treatments in 2 replications, giving a total of 128 plots. The fertilisers applied were Ca-ammonium nitrate, superphosphate and potassium chloride. The groundwater table was at a depth of 13–15 m and the area was prone to drought. The 1<sup>st</sup> cut was made on 11<sup>th</sup> May, and the 2<sup>nd</sup> on 19<sup>th</sup> July. During the vegetation period of 6.5 months in 2004, the site had a total of 368 mm precipitation. The lay-out, methods and main results of the trial were published earlier (Kádár 2005a, b, c; 2006a, b, c, 2007a, b; Kádár and Győri 2005a, b). Main conclusions of this study are as follows:

1. The hay yield on control plots unfertilised for 31 years was 1.6 t/ha in 2004, compared with 9.4 t/ha at the maximum supply level (N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K<sub>3</sub>). NPK fertilisation thus increased the yield nearly 6-fold. At the same time, the mean plant height increased 2–2.5-fold, while the dry matter content was 1/3 lower than that of the control.
2. The uptake of the most mobile element, Na, was 28-fold higher as the result of N fertilisation in the 1st cut and 78-fold higher in the 2nd, while K fertilisation caused it to drop to 1/5 or half. As the result of N×K interactions 81-fold differences in Na uptake were observed in the 1st cut and 123-fold differences in the 2nd. The incorporation of Mo was stimulated by N supplies and inhibited by P. N×P interactions caused 4–6-fold differences in Mo uptake.
3. The specific element contents incorporated into 1 t hay, as a function of the N supplies, were as follows: 24–26 kg K (29–31 kg K<sub>2</sub>O), 15–27 kg N, 5–6 kg Ca, 2–3 kg P (4–7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 2–3 kg S, 2 kg Mg and 0.1–1.0 kg Na. Changes were also observed in the microelement contents: Mn 114–133 g, Fe 82–126 g, Al 38–88 g, Zn 42–52 g, Sr 13–16 g, Cu 3–6 g, B and Ba 3–4 g, Mo 0.4–1.6 g, Ni 1.2–1.8 g and Cr 0.1 g on average in 1 t hay. These data could serve as guidelines for calculating the element requirements and fertiliser rates for grass swards.
4. On unfertilised soil only 21 kg/ha N was incorporated into the hay. On soils with satisfactory PK supplies, annual N rates of 100, 200 and 300 kg/ha led to the incorporation of around 100, 200 and 300 kg/ha N into the hay, indicating that 100% of the N fertiliser is utilised.

**Key words:** fertilization, established grass, element uptake, 4th year

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

Korábbi munkáink részletesen ismertették a kísérlet előzményeit, a gyepek trágyázásával összefüggő hazai és idegen nyelvű fontosabb forrásokat, valamint az NPK-ellátottsági szintek és kombinációik (kölsönhatásaik) befolyását az első három év termésére, a széna elemtartalmára, minőségi jellemzőire, aminosavkészletének alakulására (Kádár 2005a, b és c; 2006a, b, c; 2007a; Kádár és Győri 2005a és b). A 4. kísérleti év főbb összevont termésidegeit, valamint az ásványi összetétel alakulását szintén közöltük (Kádár 2007b). A továbbiakban a 2004. évi kaszálások elemforgalmával, ill. az egyes makro- és mikroelemek felvételével foglalkozunk.

### Anyag és módszer

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, intézetünk nagyhőrcsöki kísérleti telepén. A termőhely löszön képződött karbonátos csernozjom talaja a szántott rétegben mintegy 3–5%  $\text{CaCO}_3$ -ot és 3% humuszt tartalmaz. A  $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ -érték 7,3, az AL- $\text{P}_2\text{O}_5$ -tartalom 60–80 mg/kg, az AL- $\text{K}_2\text{O}$ -tartalom 140–160 mg/kg, a KCl-oldható Mg-tartalom 150–180 mg/kg. Ami a KCl + EDTA-oldható mikroelemeket illeti, a Mn 80–150 mg/kg, a Cu 2–3 mg/kg, a Zn 1–2 mg/kg értékkel jellemezhető. Hazai szaktanácsadásunkban irányadó határértékek alapján ezek az adatok igen jó Mn-, kielégítő Mg- és Cu-, közepes N- és K-, valamint gyenge P- és Zn-ellátottságról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen található, a kísérleti terület az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny.

A N-t megosztva, felét ősszel, felét tavasszal alkalmaztuk pétisó formájában 0, 100, 200, 300  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$  N-adagban. A P- és a K-trágyázás 0, 500, 1000, 1500  $\text{kg/ha}$   $\text{P}_2\text{O}_5$ -, ill.  $\text{K}_2\text{O}$ -adaggal történik, 5-10 évente ismételve a feltöltést. Legutóbb 1999 őszén végeztünk PK-feltöltő trágyázást. A N-, P- és K-műtrágyákat 4-4 szinten adagolva 1973 őszén minden lehetséges kombinációt beállítottunk  $4\text{N} \times 4\text{P} = 16 \times 4\text{K} = 64$  kezelés  $\times 2$  ismétlés = 128 parcellában. A parcellák mérete  $6 \times 6 = 36 \text{ m}^2$ , elrendezésük kevert faktoriális. A kísérleti terv, ill. az alkalmazott műtrágyázás lehetővé tette, hogy valamennyi olyan tápláltsági állapotot (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott) és azok változatait létrehozzuk, amelyek a gyakorlatban is előfordulnak, vagy táblaszinten a jövőben előfordulhatnak.

A vezérnövény virágzása előtti stádiumban 2001-ben és 2002-ben 2-2 kaszálást végeztünk, míg a szárazabb 2003. évben csak egy kaszálásra került sor. A parcellák szegélyétől 1,4 m-eket jobbról és balról hagyva  $3,2 \times 6 = 19,2 \text{ m}^2$  nettó parcellák területét értékeltük az eke általi talajáthordás hatásának kizárása céljából. Laboratóriumi vizsgálatok céljára parcellánként 20-20 helyről a fűkasza után átlagmintákat vettünk. Mértük ezek friss és légszáraz tömegét  $50^\circ\text{C}$ -on történt szárítást követően, majd finomra őröltük és 23-25 elemre vizsgáltuk cc. $\text{HNO}_3$  + cc. $\text{H}_2\text{O}_2$  roncsolás után, ICP technikát alkalmazva. A N-tartalmat hagyományos cc. $\text{H}_2\text{SO}_4$  + cc. $\text{H}_2\text{O}_2$  feltárásból határoztuk meg. A  $\text{NO}_3\text{-N}$  készletét 1:800 arányú desztillált vizes kivonatból mértük *Thammné* (1990) által ajánlott módszerrel.

Kaszálásonként és parcellánként bonitáltuk a növényállomány fejlettségét, borítottságát, magasságát. Az egyes komponensek változását dr. Szemán László (SZIE, Gödöllő), a gyomosodást dr. Radics László (KÉE, Budapest), a minőségvizsgálatokat dr. Győri Zoltán (DE, Debrecen) végezte. A telepítés előtt talajmintákat vettünk a szántott rétegből parcellánként 20-20 pontminta/lefűrés egyesítésével. A mintákban meghatároztuk a  $\text{NH}_4$ -acetát + EDTA-oldható makro- és mikroelemeket *Lakanen* és *Erviö* (1971) szerint, valamint az  $\text{NH}_4$ -laktát-oldható PK-tartalmat *Egnér et al.* (1960) szerint.

Az  $\text{N} \times \text{P} \times \text{K}$  másodrendű kölcsönhatások a kísérletben általában nem voltak igazolhatók, így ismétlésül szolgálhattak. A kéttényezős  $\text{N} \times \text{P}$ ,  $\text{N} \times \text{K}$ ,  $\text{P} \times \text{K}$  táblázatok közül hely hiányában csak azokat mutatjuk be a 3. tényező (tehát összesen 8-8 ismétlés) átlagában, ahol a kölcsönhatások kifejezettek. Amennyiben az ilyen elsőrendű kölcsönhatások sem érdemlegesek, csak a főhatásokat (N, P, K) közöljük 32-32 ismétlés átlagában. A kéttényezős vagy kéttényezős eredménytáblázatokban az  $\text{SzD}_{5\%}$  értékek a sorokra és az oszlopokra azonosak, így azokat csak egyszer tüntetjük fel.

Ami a csapadékellátottságot illeti, arra a következők szerint utalunk. Januárban 32, februárban 46, márciusban 61, áprilisban 88 mm esőt kapott a kísérleti terület. Az első kaszálás május 11-én történt, tehát a 2004. év első négy hónapjában összesen 227 mm csapadékban részesült a gyep. Az előző, a 2003. évben az egyetlen kaszálás június elején történt, majd év végéig még 218 mm csapadék hullott, melynek egy részét az anyaszéna hasznosíthatta 2004-ben. A 2004. évi 2. kaszálásra július 19-én került sor. A sarjúszéna tenyészideje tehát kilenc hetet tett ki, mely idő alatt májusban 28, júniusban 113 mm eső esett.

### Eredmények

Az 1. táblázatban a különböző NPK-ellátottsági szintek, ill. kombinációk hatása tanulmányozható a gyep fejlődésére, állománymagasságára, százalékos légszáranyag-tartalmára, valamint a zöld fű és a légszár széna termésére. A bemutatott adatok arra utalnak, hogy a harmincegy éve semmiféle trágyázásban nem részesült talajon a gyep mindkét kaszálás idején igen gyengén fejlődött. Az egyoldalú  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$  mérsékelt N-adagolás közepes, míg a  $\text{P}_1\text{K}_1$  közepes ellátottságú talajon ugyanez a N-adag az 1. kaszáláskor már jól fejlett állományt eredményezett. A 2. kaszálás idejére kielégítő N-ellátottságot a 200, ill.  $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$  N-trágyázás biztosította.

1. táblázat. Különböző NPK-ellátottsági szintek és kombinációk hatása a gyep fejlődésére és termésére (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld, 2004.)

Vizsgált jellemzők (1)	NPK-ellátottsági szintek, ill. kombinációk (2)					SZD <sub>5%</sub> (3)
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	
Bonitálás (1=igen gyengén, 5=igen jól fejlett állomány) (4)						
1. kaszálás (9)	1.0	3.0	4.5	5.0	5.0	0.9
2. kaszálás (10)	1.0	3.5	2.5	5.0	5.0	1.0
Átlagos növénymagasság [cm] (5)						
1. kaszálás (9)	27.5	46.0	67.0	63.5	63.5	9.3
2. kaszálás (10)	20.0	29.5	30.0	45.0	55.0	9.4
Légszáranyag-tartalom [%] (6)						
1. kaszálás (9)	25.5	22.3	19.5	18.1	18.6	4.0
2. kaszálás (10)	34.0	33.4	33.4	33.0	36.0	4.0
Zöld fűtermés [t/ha] (7)						
1. kaszálás (9)	4.8	13.0	23.2	25.0	29.5	4.4
2. kaszálás (10)	1.0	5.9	3.9	8.9	10.8	2.3
Összesen (11)	5.9	18.9	27.1	33.9	40.3	4.8
Légszár széna [t/ha] (8)						
1. kaszálás (9)	1.2	2.9	4.5	4.5	5.5	0.9
2. kaszálás (10)	0.4	2.0	1.3	3.0	3.9	0.7
Összesen (11)	1.6	4.9	5.8	7.5	9.4	1.0

Table 1. Effect of different NPK supply levels and combinations on the development and yield of grass. (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, 2004). (1) Parameters, (2) NPK supply levels and combinations, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Scoring of grass stand (1 = very poorly, 5 = very well developed), (5) Average plant height, cm, (6) Air-dry matter, %, (7) Fresh grass yield, t/ha, (8) Air-dry hay, t/ha, (9) 1<sup>st</sup> cut, (10) 2<sup>nd</sup> cut, (11) Total.

A tápanyagkínálattal 2–2,5-szeresére nőtt az átlagos növénymagasság, mely az anyaszénában kerekén 28–64 cm, a sarjában 20–55 cm között változott a kezelések nyomán. A tápanyagbőség fiatalabb, nedvdúsabb fűtermést eredményezett az 1. kaszáláskor. A tápanyagszegény kontroll talajon a fű gyorsan elöregedett, légszáranyag-tartalma átlagosan 7%-kal volt nagyobb, azaz egyharmadával emelkedett. A fűtermés az 1. kaszálásban hatszorosára, míg a 2. kaszáláskor csaknem tizenegyszeresére ugrott a maximális  $N_3P_3K_3$ -szinten, összevetve a csökkenő kontrollal. A légszár szénahozamokban ezek a különbségek mérséklődtek. A két kaszálás összegeit tekintve a kontrollon 1,6 t/ha, az  $N_3P_3K_3$ -szinten 9,4 t/ha szénatermést mértünk, tehát a tápanyagkínálattal az össztermés közel hatszorosára volt növelhető 2004-ben.

Növényvizsgálataink huszonnégy elemre terjedtek ki, egyaránt érintve az ismertebb és fontosabb esszenciális makro- és mikroelemeket, valamint a környezeti szempontból mérvadó nehézfémeket is. A 2004. évi anyaszéna elemfelvételét a N-ellátottsági szintek függvényében tekinti át a 2. táblázat. Az 1. kaszálás idején mért szénatermés a N-kontrollon 1,2 t/ha, míg a  $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$  N-adagú kezelésben 4,4 t/ha mennyiséget tett ki, csaknem négyeszeresére nőtt a N-trágyázás nyomán. A legtöbb elem felvétele többé-kevésbé ezt az arányt követi, a kontrollon beépült mennyiség 4–5-szeresére nő a bőséges N-kínálattal.

2. táblázat. A N-trágyázás hatása a gypsészéna elemfelvételére  
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld, 2004. 05. 11.)

Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	N-trágyázás [ $\text{N kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ ] (3)				SZD <sub>5%</sub> (4)	Átlag (5)
		0	100	200	300		
PK-kezelések átlagai (6)							
K	kg/ha	31	109	110	116	17	91
N	kg/ha	19	88	121	136	10	91
Ca	kg/ha	5	16	21	22	2	16
P	kg/ha	4	12	12	13	1	10
S	kg/ha	2.4	8.2	9.5	9.7	0.7	7.4
Mg	kg/ha	1.7	6.2	7.4	7.6	0.7	5.7
Na	kg/ha	0.1	3.7	4.8	3.9	1.4	3.1
Fe	g/ha	163	420	521	448	83	388
Mn	g/ha	135	435	433	404	38	352
Al	g/ha	114	256	287	246	88	226
Zn	g/ha	66	263	274	266	55	217
Sr	g/ha	13	45	58	62	4	45
Cu	g/ha	4	18	23	24	2	17
Ba	g/ha	3	11	15	15	4	11
B	g/ha	3	11	11	11	2	9
Ni	g/ha	2	6	6	5	2	7
Mo	g/ha	1	2	2	2	1	2

Megjegyzés: az As-, a Cd-, a Cr-, a Hg-, a Pb- és a Se-tartalom általában 1 g/ha mérési határ alatt maradt. (7)

Table 2. Effect of N fertilisation on the element uptake of hay on 11th May, 2004 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörscök). (1) Element, (2) Units, (3) N-fertilisation,  $\text{N kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ , (4) LSD<sub>5%</sub>, (5) Mean, (6) Means of PK treatments, (7) Note: As, Cd, Cr, Hg, Pb and Se contents were usually below the 1 g/ha detection limit.

Az átlagostól eltérően a Cu felvétele hatszorosára, a N-hozam mintegy a hétszere-sére, míg a Na hozama maximálisan a negyvennyolcszorosára ugrik, megközelítve az 5 kg/ha tömeget. Ezzel szemben a Fe, a Mn és az Al fémnél a N-trágyázás hígulást eredményezett, és így a felvétel nem követi arányosan a termésnövekedést/szárazanyag-gyapadást. A Mo koncentrációja felére csökkent a szénában a N-kezeléssel, így a Mo felvett mennyisége hasonló mértékben elmarad a termés emelkedésétől. Megemlítjük, hogy az As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se akkumulációja általában az 1 g/ha mérési határ alatt maradt. A 2. táblázat adataiból az is látható, hogy maximális akkumulációt a N ért el, ezt követi a K, a Ca, a P, a S, a Mg és a Na a makroelemek tekintetében.

Az 1. kaszálás idején az átlagos P-hatások csupán 1 t/ha szénatöbbletet eredményeztek, de a P-kínálattal nőtt a széna Ca-, P-, S-, Sr- és Ba-koncentrációja is. Ebből adódóan a felvett mennyiségük átlagosan megkétszereződik, sőt a Sr esetében több mint háromszorosára emelkedik. A foszfát-molibdenát antagonizmus ugyanakkor a Mo felvételét mérsékelte. A K-trágyázás 0,5 t/ha szénaterméstöbbletet adott. Egyidejűleg javította a K-, a N- és a Zn-elemek beépülését, valamint gátolta a Ca-, Mg-, Na- és Sr-kationok és a B felvételét. A mobilis Na felvett mennyisége a K-Na antagonizmus ered-

3. táblázat. A PK-ellátottsági szintek hatása a gypeszéna elemfelvételére (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld, 2004. 05. 11.)

Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	AL-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -tartalom [mg/kg] a talajban (3)				SZD <sub>5%</sub> (4)	Átlag (5)
		66	153	333	542		
NK-kezelések átlagai (6)							
N	kg/ha	69	95	96	103	10	91
Ca	kg/ha	10	17	18	19	2	16
P	kg/ha	6	11	12	13	1	10
S	kg/ha	5	8	8	9	1	7
Sr	g/ha	19	40	53	66	4	45
Cu	g/ha	15	18	18	18	2	17
Ba	g/ha	7	11	12	14	4	11
Mo	g/ha	2.2	1.9	1.7	1.6	0.3	1.8
Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	AL-oldható K <sub>2</sub> O-tartalom [mg/kg] a talajban (7)				SZD <sub>5%</sub> (4)	Átlag (5)
		135	193	279	390		
NP-kezelések átlagai (8)							
K	kg/ha	54	84	106	122	17	91
N	kg/ha	77	86	97	103	10	91
Ca	kg/ha	17	18	16	14	2	16
Mg	kg/ha	6.3	6.5	5.4	4.8	0.7	5.7
Na	kg/ha	5.0	4.6	1.8	1.1	1.4	3.1
Zn	g/ha	164	213	242	249	56	217
Sr	g/ha	47	49	44	39	5	45
B	g/ha	9	10	9	8	2	9

Table 3. Effect of PK supply levels on the element uptake on 11th May, 2004 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók). (1) Element, (2) Units, (3) Ammonium lactate (AL)-soluble P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mg/kg, in the ploughed layer, (4) LSD<sub>5%</sub>, (5) Mean, (6) Means of NK treatments, (7) Ammonium lactate (AL)-soluble K<sub>2</sub>O, mg/kg, in the ploughed layer, (8), Means of NP treatments.

ményeképpen egyötödére süllyedt a K-kontroll talajon mérthez viszonyítva. A K-ellátottsági szintek az NP, a P-ellátottsági szintek hatásait az NK-kezelések átlagaiban foglalja össze a 3. táblázat.

A 2. kaszáláskor az N-kontrollon kapott 0,4 t/ha szénahozam több mint nyolcszorosára, 3,4 t/ha-ra emelkedett. A P- és a K-trágyázás viszont hatástalan maradt. Az elemfelvételeket tekintve kiugró a Cu akkumulációja tízszeres, a N közel tizenötszörös, míg a Na harminckilencszeres mennyiséggel a maximális N-kínálat nyomán, összevetve a N-kontrollal. Más elemek felvétele inkább elmarad a szárazanyag-gyapodás ütemétől. Extrém eltérést a Mo mutat, melynek koncentrációja egynegyedére süllyedt a N-bőség eredményeképpen. Erre vezethető vissza, hogy a maximális Mo-felvétel a  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$  kezelésben mérhető, majd a növekvő további N-kínálattal igazolhatóan mérséklődik és alig teszi ki kétszeresét az N-kontrollnak. Az As-, a Cd-, a Hg-, a Pb- és a Se-tartalom általában itt is az 1 g/ha mérési határ alatt maradt (4. táblázat).

Az 5. táblázatban az N  $\times$  K, ill. az N  $\times$  P ellátottsági szintek, ill. kombinációik hatását mutatjuk be a két leginkább mobilis elem, a Na és a Mo felvételére. Kísérletünkben csak N-, P- és K-műtrágyákat alkalmazunk, Na- és Mo-trágyaszereket nem. A N-műtrágyázás

4. táblázat. A N-műtrágyázás hatása a gyepszéna elemfelvételére (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld, 2004. 07. 20.)

Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	N-trágyázás [ $\text{N kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ ] (3)				SZD <sub>5%</sub> (4)	Átlag (5)
		0	100	200	300		
PK-kezelések átlagai (6)							
K	kg/ha	10	34	65	70	10	45
N	kg/ha	5	19	57	74	5	39
Ca	kg/ha	3	10	19	22	2	14
P	kg/ha	1.6	4.0	6.4	6.6	0.5	4.7
S	kg/ha	1.5	3.2	6.3	6.9	0.5	4.5
Mg	kg/ha	1.2	3.6	7.7	8.7	0.8	5.3
Na	kg/ha	0.1	0.9	3.7	3.9	0.7	2.1
Mn	g/ha	79	285	473	488	50	331
Fe	g/ha	38	88	170	188	14	121
Al	g/ha	26	46	59	50	12	45
Sr	g/ha	10	27	53	59	5	37
Zn	g/ha	8	26	53	58	6	36
B	g/ha	4	9	16	18	2	12
Ba	g/ha	2	7	17	18	3	11
Cu	g/ha	2	6	17	20	2	11
Mo	g/ha	1.6	4.3	3.7	3.1	0.5	3.2
Ni	g/ha	0.9	1.9	4.4	4.1	1.4	2.8
Cr	g/ha	0.1	0.4	0.6	0.6	0.1	0.4

Megjegyzés: az As-, a Cd-, a Co-, a Hg-, a Pb- és a Se-tartalom általában 1 g/ha mérési határ alatt maradt. (7)

Table 4. Effect of N fertilisation on the element uptake of hay on 20<sup>th</sup> July, 2004 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörscök). (1) Element, (2) Unit, (3) N fertilisation,  $\text{N kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ , (4) LSD<sub>5%</sub>, (5) Mean, (6) Means of PK treatments, (7) Note: As, Cd, Co, Hg, Pb and Se contents were usually under 1 g/ha detection limit.



nyomán a felvett Na tömege a N-kontroll-hoz képest az 1. kaszálásnál huszonnyolc-, a 2. kaszálásnál hetvennyolcszorosára nő, míg a K-trágyázással közel egyötödére, ill. felére esik. Az N × K kölcsönhatások eredményeképpen az anyaszénában nyolcvanegyszeres, a sarjúszenában százhuszonháromszoros különbségek adódnak a Na felvételében. A Mo akkumulációját a N-trágyázás növeli, a P-kínálat pedig mérsékeli, különösen a sarjúszenában. A fennálló negatív kölcsönhatások 4–6-szoros eltéréseket indukálnak a Mo-felvételben. A bemutatott adatok jelezhetik a kölcsönhatások irányát és mértékét, melyek egyszerű kísérleti tervek végrehajtásainál rejtve maradnak előttünk.

5. táblázat. Az N × K és az N × P kölcsönhatások vizsgálata a Na és a Mo felvételében (Mészlepedékes vályog csernozjom talaj, Nagyhőrcsök, Mezőföld, 2004.)

AL-K <sub>2</sub> O [mg/kg] (1)	N-trágyázás [N kg · ha <sup>-1</sup> · év <sup>-1</sup> ] (2)				SZD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	100	200	300		
Na [kg/ha] május 11-én (5)						
135	0.30	7.23	5.90	6.48	2.80	4.98
193	0.12	5.23	7.80	5.36		4.63
279	0.07	1.43	3.34	2.24		1.77
390	0.08	0.83	1.01	1.46		1.09
Átlag (4)	0.14	3.68	4.76	3.89	1.40	3.12
Na [kg/ha] július 20-án (6)						
135	0.07	2.02	4.73	4.94	1.42	2.94
193	0.05	1.01	4.95	4.54		2.64
279	0.05	0.30	3.30	2.68		1.58
390	0.04	0.35	1.76	3.48		1.41
Átlag (4)	0.05	0.92	3.69	3.91	0.71	2.14
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [mg/kg] (7)	N-trágyázás [N kg · ha <sup>-1</sup> · év <sup>-1</sup> ] (2)				SZD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	100	200	300		
Mo [g/ha] május 11-én (8)						
66	0.75	3.18	2.44	2.33	0.53	2.17
153	1.04	2.46	2.29	1.69		1.87
333	1.01	2.29	1.92	1.49		1.68
542	1.04	2.18	1.72	1.54		1.62
Átlag (4)	0.96	2.52	2.09	1.76	0.26	1.84
Mo [g/ha] július 20-án (9)						
66	1.72	8.57	8.42	7.55	0.93	6.57
153	1.74	3.25	3.19	2.44		2.66
333	1.69	2.81	1.86	1.12		1.87
542	1.43	2.53	1.29	1.43		1.67
Átlag (4)	1.64	4.29	3.69	3.13	0.46	3.19

Table 5. Effect of N × K and N × P interactions on the uptake of Na and Mo in 2004 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhőrcsök). (1) Ammonium lactate (AL)-soluble K<sub>2</sub>O, mg/kg, in the ploughed layer, (2) N-fertilization, N kg · ha<sup>-1</sup> · year<sup>-1</sup>, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Na kg/ha on 11<sup>th</sup> May, (6) Na kg/ha on 20<sup>th</sup> July, (7) Ammonium lactate (AL)-soluble P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mg/kg, in the ploughed layer, (8) Mo g/ha on 11<sup>th</sup> May, (9) Mo g/ha on 20<sup>th</sup> July.

A 2004. évi gyep teljes elemforgalmáról a N-szintek függvényében és a két kaszálás összesített adataival a 6. táblázat nyújt áttekintést. A széna hozamát a N-trágyázás közel ötszörösére növelte. Ezzel többé-kevésbé párhuzamosan nőtték az 1 ha-ról kivont elemek mennyiségei is. Kiugró akkumulációt jelez a N-kontrollhoz viszonyítva 8-9-szeres mennyiséggel a N, a Ba és a Cu, valamint negyvenszeres felhalmozást a Na. Elmarad viszont a szárazanyag gyarapodásához képest a Fe, az Al és különösen a Mo a már korábban említett okok miatt.

A fajlagos elemtartalom, azaz 1 t széna elemkészletének ismerete fontos mutató a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban. A 6. táblázat adataiból levezetve, meghatározó N-ellátottság függvényében, az 1 t széna képződéséhez 24–26 kg K- (29–31 kg K<sub>2</sub>O-), 15–27 kg N-, 5–6 kg Ca-, 2–3 kg P- (4–7 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-), 2–3 kg S-, 2 kg Mg- és 0,1–1,0 kg Na-elemre volt szükség ezen a termőhelyen. A fajlagos mikroelem-tartalom a következők szerint alakult: Mn 114–133 g, Fe 82–126 g, Al 38–88 g, Zn 42–52 g, Sr 13–16 g, B és Ba 3–4 g, Cu 3–6 g, Mo 0,6–1,6 g, Ni 1,2–1,8 g, Cr 0,1 g/t szénában. Az As-, a Cd-, a Co-, a Hg, a Pb- és a Se-tartalom általában 0,1 g/ha mérés határ alatt maradt.

6. táblázat. A N-trágyázás hatása a gyepszéna elemfelvételére. Két kaszálás összegei (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld, 2004.)

Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	N-trágyázás [N kg · ha <sup>-1</sup> · év <sup>-1</sup> ] (3)				SZD <sub>5%</sub> (4)	Átlag (5)
		0	100	200	300		
PK-kezelések átlagai (6)							
K	kg/ha	40	143	175	186	25	136
N	kg/ha	24	106	179	209	12	130
Ca	kg/ha	8	27	40	44	3	30
P	kg/ha	5	16	19	19	1	15
S	kg/ha	4	11	16	17	1	12
Mg	kg/ha	3	10	15	16	1	11
Na	kg/ha	0.2	5	8	8	2	5
Mn	g/ha	213	719	906	892	76	682
Fe	g/ha	201	508	692	637	83	509
Al	g/ha	141	302	346	296	90	271
Zn	g/ha	73	290	326	325	57	254
Sr	g/ha	23	73	111	121	8	82
Ba	g/ha	4	18	32	34	5	22
B	g/ha	7	20	28	28	2	21
Cu	g/ha	5	24	40	45	2	28
Mo	g/ha	2.6	6.8	5.8	4.9	0.6	5.0
Ni	g/ha	2.9	7.7	10.1	9.3	1.8	7.5
Cr	g/ha	0.1	0.4	0.6	0.6	0.1	0.4

Megjegyzés: az As-, a Cd-, a Co-, a Hg-, a Pb- és a Se-tartalom általában 1 g/ha mérési határ alatt maradt. (7)

Table 6. Effect of N fertilisation on the element uptake of hay in 2004. Total of two cuts (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök). (1) Element, (2) Units, (3) N fertilisation, N kg · ha<sup>-1</sup> · year<sup>-1</sup>, (4) LSD<sub>5%</sub>, (5) Mean, (6) Means of PK treatments, (7) Note: As, Cd, Co, Hg, Pb and Se contents were usually below the 1 g/ha detection limit.

7. táblázat. Különböző NPK-ellátottsági szintek és kombinációk hatása a gyepszéna termésére és elemfelvételére. Két kaszálás összegei (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörccsök, Mezőföld, 2004.)

Vizsgált jellemzők (1)	Mértékegység (2)	NPK-ellátottsági szintek és kombinációk (3)					SZD <sub>5%</sub> (4)
		N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	
Széna (5)	t/ha	1.6	4.9	5.8	7.5	9.4	1.2
K	kg/ha	38	97	137	178	305	100
N	kg/ha	21	87	118	200	275	45
Ca	kg/ha	8	28	26	42	47	10
P	kg/ha	5	8	17	21	27	4
S	kg/ha	4	10	10	17	21	4
Mg	kg/ha	3	11	11	16	13	5
Na	kg/ha	0.4	9	7	8	8	3
Mn	g/ha	210	965	698	898	876	303
Fe	g/ha	246	491	451	548	576	165
Al	g/ha	178	240	200	224	155	179
Zn	g/ha	82	225	376	252	322	114
Sr	g/ha	14	47	66	129	147	30
Cu	g/ha	5	29	27	42	47	8
Ba	g/ha	3	23	12	34	38	17
B	g/ha	7	26	20	28	25	7
Mo	g/ha	2	14	5	4	3	2
Ni	g/ha	6	10	9	11	7	7
Cr	g/ha	0.1	0.2	0.6	0.8	0.6	0.4

Table 7. Effect of different NPK supply levels and combinations on the yield and element uptake of hay in 2004. Total of two cuts (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörccsök). (1) Parameters, (2) Units, (3) NPK supply levels and combinations, (4) LSD<sub>5%</sub>, (5) Hay.

Amennyiben az extrém egyedi ellátottsági kezeléseket vesszük figyelembe, az elemfelvétel is extrémebb különbségeket mutathat a NPK-elemek között megnyilvánuló antagonista vagy szinergista hatások eredményeképpen. Így pl. míg a széna termésében mintegy hatszoros eltéréseket találtunk az abszolút kontroll és a maximális NPK-szint között, a felvett Ni és Al mennyisége statisztikailag bizonyíthatóan nem változik a kezelések függvényében. A Mg, a Mn, a Zn és a B felvétele ugyanakkor átlagosan a négyszeresére; a Ca, a P, a S és a Cr mennyisége 5-6-szorosára; a K, a Cu és a Sr akkumulációja 8–10-szeresére; a N és a Ba felvétele tizenháromszorosára, míg az egy hektárról kivont Na tömege húszszorosára nőtt meg a 7. táblázatban közölt eredmények szerint. Az is látható, hogy a trágyázatlan talaj 21 kg/ha N-t tudott a szénába juttatni. Gyakorlatilag 100%-ban hasznosulhatott az N<sub>1</sub>-, N<sub>2</sub>- és N<sub>3</sub>-szintek N-adagja, hiszen a szénába épült N mennyisége eléri vagy megközelíti a 100, 200, ill. 300 kg/ha tömeget a 100, 200, ill. 300 kg · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup> kezelésekből, ahol a P és a K kielégítő ellátottsága is adott.

#### IRODALOM

- Egnér, H.–Riehm, H.–Domingo, W. R.: 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. Lantbr. Högsk. Ann. 26: 199–215.  
Kádár I.: 2005a. Műtrágyázás hatása a telepített gyp termésére és N-felvételére. 1. Gyepgazd. Közl. 2: 36–45.

- Kádár I.–Győri Z.*: 2005a. Műtrágyázás hatása a gyepszéna takarmányértékére és tápanyag-hozamára. 2. Gyepgazd. Közl. 2: 46–56.
- Kádár I.*: 2005b. Műtrágyázás hatása a telepített gyep ásványi elemtartalmára. 3. Gyepgazd. Közl. 2: 57–66.
- Kádár I.*: 2005c. Műtrágyázás hatása a telepített gyep ásványi elemfelvételére. 4. Gyepgazd. Közl. 3: 3–10.
- Kádár I.–Győri Z.*: 2005b. Műtrágyázás hatása a telepített gyep aminosav tartalmára és hozamára. 5. Gyepgazd. Közl. 3: 11–20.
- Kádár I.*: 2006a. Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepen. Termés és elemtartalom. Gyepgazd. Közl. 4: 95–107.
- Kádár I.*: 2006b. Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepen. Ásványi elemfelvétel. Gyepgazd. Közl. 4: 109–120.
- Kádár I.*: 2006c. Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves gyepen. Minőség, tápanyaghozam. Gyepgazd. Közl. 4: 121–130.
- Kádár I.*: 2007a. Műtrágyahatások vizsgálata 3. éves telepített gyepen. Növénytermelés. 56: 345–361.
- Kádár I.*: 2007b. Műtrágyahatások vizsgálata 4. éves telepített gyepen. Termés, elemösszetétel. Növénytermelés. 56: 363–376.
- Lakanen, E.–Erviö, R.*: 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123: 223–232.
- Thamm F.-né*: 1990. Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. Agro-kémia és Talajtan. 39: 191–206.

Érkezett: 2007. 10. 02.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Kádár Imre  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete  
Budapest  
Herman O. u. 15.  
H-1022

## Börgyári szennyvíziszap vizsgálata tenyészedenyes kísérletben. A Ca-, a Na- és a Cr-elemek forgalma

KÁDÁR IMRE–MORVAI BALÁZS  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet,  
Budapest

### Összefoglalás

Tenyészedenyes kísérletünk harmadik évében vizsgáltuk a börgyári szennyvíziszap-terhelés hatását az őszi árpa ásványi összetételére, valamint a kísérleti talajok (savanyú és meszes homok, ill. savanyú és meszes kötött talaj) cc. HNO<sub>3</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> feltárással becsült „összes” és az NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA-oldható Ca-, Na- és Cr-elemtartalmak változására. Talajonként 0; 7,5; 15, 30, 60 g/kg iszapterhelést alkalmaztunk légszáraz tömegre számítva. A maximális 60 g/kg terhelés szántóföldön 180 t/ha légszárazanyag leszántását jelentené 6%-os tömegarányt képviselve a szántott rétegben. Az 5 iszapadag × 4 talaj = 20 kezelés × 4 ismétlés = 80 db edényszámot tett ki évente. Az edények alul lyuggatott, 10 literes műanyag vödrök voltak. Levonható főbb tanulságok:

1. A maximális 60 g/kg, azaz 6% iszapterhelés nyomán kereken 39 t/ha Ca, ill. 97 t/ha CaCO<sub>3</sub> egyenértékű bevitele történt. A mészhiányos talajok pH-értéke 8 körüli, CaCO<sub>3</sub>-tartalmuk 3% körüli értékre emelkedett. A humusztartalom átlagosan 0,6%-kal nőtt, mely megfelelt a bevitt mennyiségnek. Az iszap szerves anyaga nem bomlott el a kísérlet három éve alatt. Az „összes” só mennyisége átlagosan 0,6 g/kg értékkel lett több.
2. Az iszappal bevitt Ca gyakorlatilag teljes mennyisége kimutatható volt cc.HNO<sub>3</sub> + cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-oldható „összes”, valamint NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA-oldható formában. A tavaszi árpa szem- és szalmatermése egyaránt jól jelezte az extrém Ca-kínálatot.
3. Az iszappal a talajba juttatott Na teljes mennyisége szintén kimutatható volt mind a cc.HNO<sub>3</sub> + cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-oldható „összes”, mind az NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA-oldható formában, amennyiben a növényi felvételt is tekintetbe vesszük. A mag Na-tartalmát átlagosan megkétszerezte a maximális terhelés, míg a melléktermését 3,5-szeresére növelte. Kötött savanyú talajon a Na felvétele kicsi maradt, egyharmadát a savanyú homokon mértük.
4. Az iszap sz. a. 0,52% Cr-ot tartalmazott, mely a határérték 5,2-szerese. A termőföldön engedélyezett 10 kg · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup> Cr-terhelés harmincegyszeresét alkalmaztuk három éven át. A harmadik év végén a 75 mg/kg Cr-tartalmat a talajban 5–6-szorosan léptük túl. A három év alatt 312 mg/kg, azaz 936 kg/ha Cr-terhelés történt. Az iszappal bevitt Cr teljes mennyisége kimutatható volt cc.HNO<sub>3</sub> + cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-oldható „összes” formában, míg az NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA-oldható forma homokon 8–10%-os, kötött talajokon 7% visszamérhetőséget mutatott, döntően megkötődött.
5. A tavaszi árpa magtermésében a Cr 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt maradt a terheléstől függetlenül, míg a szalmában maximum 1–3 mg/kg koncentráció között ingadozott. Az extrém terhelés ellenére a mag humán fogyasztásra, a melléktermés takarmányozási célokra alkalmas maradt. A szemtermés 3,5-szeresére, a szalmatermés mintegy a háromszorosára nőtt a kontrollhoz képest a maximális terhelés nyomán a harmadik évben. Depresszió, fitotoxicitás nem jelentkezett.

**Kulcsszavak:** tenyészedeny, börgyári szennyvíziszap, elemforgalom

## Analysis of tannery sludge in a pot experiment: Analysis of Ca, Na and Cr

I. KÁDÁR–B. MORVAI

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

### Summary

In the 3rd year of a pot experiment the effect of tannery sludge was examined on the mineral composition of winter barley and on the estimated "total" (digested with cc.  $\text{HNO}_3$  + cc.  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) and  $\text{NH}_4$ -acetate + EDTA-soluble Ca, Na and Cr contents of the experimental soils (acidic and limy sand, and heavy acidic and limy soil). Sludge rates of 0, 7.5, 15, 30 and 60 g/kg, in terms of air-dry matter, were applied to each soil, giving a total of 20 treatments in four replications, i.e. a total of 80 ten-litre pots. In the field, the maximum rate was equivalent to ploughing in 180 t/ha air-dry matter, giving a mass ratio of 6% in the ploughed layer. The main conclusions were as follows:

1. The maximum rate of 60 g/kg, i.e. a sludge load of 6%, resulted in the introduction of approx. 39 t/ha Ca (equivalent to 97 t/ha  $\text{CaCO}_3$ ). The pH of the lime-deficient soils rose to around 8 and their  $\text{CaCO}_3$  content to around 3%. The humus content rose by an average of 0.6%, equivalent to the amount applied. The organic matter from the sludge did not decompose during the three years of the experiment. The "total" salt content increased by an average of 0.6 g/kg.
2. Practically the whole of the Ca introduced with the sludge could be detected both in the "total" (cc. $\text{HNO}_3$  + cc. $\text{H}_2\text{O}_2$ -soluble) and  $\text{NH}_4$ -acetate + EDTA-soluble form. Both the grain and straw yield of spring barley gave a good reflection of the excessive Ca supplies.
3. The whole quantity of Na introduced into the soil with the sludge could also be detected both in the "total" (cc. $\text{HNO}_3$  + cc. $\text{H}_2\text{O}_2$ -soluble) and  $\text{NH}_4$ -acetate + EDTA-soluble form, if plant uptake was also considered. The Na content of the seed was doubled on average by the maximum rate, while that of the by-products increased 3.5-fold. On heavy acidic soil the Na uptake remained low, being only 1/3 of that recorded on acidic sand.
4. The sludge dry matter contained 0.52% Cr, which is 5.2 times the permissible limit. The quantity applied over three years was 31 times the authorised  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$  Cr load. At the end of the 3rd year the 75 mg/kg limit for the soil Cr content was exceeded 5-6-fold. Over the 3-year period the Cr pollution reached a value of 312 mg/kg, i.e. 936 kg/ha. The whole quantity of Cr introduced into the soil with the sludge could be detected in the "total" (cc. $\text{HNO}_3$  + cc. $\text{H}_2\text{O}_2$ -soluble) form, while only 8-10% of the  $\text{NH}_4$ -acetate + EDTA-soluble form could be detected on sandy soil and 7% on heavy soil, indicating that the majority had become bound.
5. The quantity of Cr in the seed yield of spring barley remained below the 0.1 mg/kg detection limit irrespective of the Cr rate, while in the straw the concentration fluctuated from 1-3 mg/kg. Despite the extreme level of pollution the seed remained suitable for human consumption and the straw for feeding purposes. The grain yield was 3.5 times that of the control in the maximum sludge treatment in the 3rd year, while the straw yield rose 3-fold. No yield depression or phytotoxicity was observed.

**Key words:** pot experiment, tannery sludge, element turnover

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

Egyes vélemények szerint a bórgyári iszapot termőföldön szerves trágyaként felhasználhatjuk, mert az a talaj tulajdonságait kedvezőtlenül nem befolyásolja. A kiugróan nagy Cr-tartalom nem jelent veszélyt. *Wickliff és Volk* (1982) kísérletében a talaj Cr-készletét nagyságrenddel növelték 450 mg/kg értékre, de az oldható Cr-tartalom nem változott. *Keefer et al.* (1979) megállapították, hogy a bórgyári iszappal létrehozott 357 mg/kg Cr-terhelés érdemben nem módosította a kukorica Cr-tartalmát, a Cr nincs

felvehető formában az iszapban. *Kick* és *Braun* (1977) arra a következtetésre jutott, hogy savanyú homoktalajon 500 mg/kg Cr-tartalom felett, míg karbonátos kötöttebb talajokon 1000 mg/kg Cr-terhelést meghaladóan csökkenhet a búza és a rozs termése börgyári iszapokkal történő trágyázáskor. A szemtermés Cr-tartalma azonban ekkor sem módosul.

*Juste* és *Mench* (1992) áttekintést ad az ismertebb szennyvíziszap-tartamkísérletekről. Az adagok esetenként elérik a 200–700 t/ha sz.a.-mennyiséget, míg a fémterhelés maximumai az alábbi értékeket ha-ra vetítve: 641 kg Cd, 864 kg Cu, 936 kg Pb, 1180 kg Cr, 1337 kg Ni, 4937 kg Zn, 5679 kg Mn. A szennyvíziszapok ártalommentes elhelyezésének feltételeit az 1970-es évek eleje óta hazánkban is kiterjedten vizsgálják. Magyarországon mintegy 400 különböző méretű szennyvíztisztító telep működik, a keletkezett iszap 70–80%-át  $\text{FeCl}_3$ -os és  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -os kondicionálás, rothasztás, vízteleltetés után a mezőgazdaságban hasznosítják. Az iszappal trágyázott táblákon ipari és kapás növényeket termesztnek, melyek közvetlen emberi fogyasztásra nem kerülnek (*Vermes* 1989, 1998, 2003, *Vermes* és *Szlávik* 1982).

*Debreczeni* és *Izsáki* (1985) karbonátos humuszos homok- és csernozjom réti talajjal állított be tenyészedényes kísérletet 1982-ben és 1983-ban, ahol a maximális iszapterhelés a talaj 12%-át tette ki szárazanyagra vetítve, mely 1640 t/ha 33% sz.a.-tartalmú friss iszap kihelyezésének minősülne szántóföldön. Iszapban a Cr 1,35%-ot ért el a sz.a.-ban. A szerzők szerint az 1,5% sz.a.-iszaptartalom a talaj termékenységét növelte. A mustár viszonylag érzékeny, míg a kukorica és a napraforgó nem érzékeny a talajterhelésre. A tavaszi árpa átmeneti helyet képvisel. A börgyári iszapkezeléssel nőtt a Na-, a Fe-, a Mn-, a Ca-, a Mg-, a Cu- és mérsékelten a Cr-tartalom is a növényekben.

A szerzők karbonátos humuszos homokon 1981–85 között szabadföldi terhelési kísérletet is beállítottak víztelenített szennyvíziszappal, 60 és 120 t/ha adaggal, mely 876 és 1572 kg/ha Cr-terhelésnek felelt meg. A négy évre tervezett 120 t/ha kezelés az első évben terméscsökkenést okozott a 60 t/ha adaghoz képest a tavaszi árpában. A későbbiekben a kedvező utóhatás elérte a  $135 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$  N-műtrágyázással nyert természinteket, a növények Cr-felvétele érdemben nem változott. *Izsáki* és *Debreczeni* (1987, 1989) arra a következtetésre jutott, hogy: „... a börgyári szennyvíziszap szerves-trágyaanyagként hasznosítható és tápanyag-gazdálkodási szempontból a kalászos gabonák egyszeri adagja homoktalajokon 15–20 t/ha iszap-szárazanyag lehet“.

Újrahasznosíthatók azok a káros anyagokkal nem terhelt kommunális és ipari eredetű szennyvizek és iszapok, mezőgazdasági és élelmiszeripari melléktermékek, melyek a talajba kerülve lebomlásuk és átalakulásuk során értékes tápanyagforrásokká vagy talajjavító anyagokká válnak. Hasznosíthatóságuk akadálya az esetleges nemkívánatos összetétel, nehézfém- és toxikuselem-tartalom. Éppen ezért minden országban szigorúan engedélyhez kötik és szabályozzák a szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználását. Az irányelvek megszabják a hulladékban (szennyvízben, -iszapban) megengedett maximális elemtartalmat, az évente kiadható mennyiséget és az összes terhelést. Vagyis azt, hogy az iszapok ismételt felhasználásával, az évek során maximálisan mekkora koncentráció alakulhat ki a talajban (*Sauerbeck* 1985).

A Magyarországon érvényes szabályozást az újabb, 8/2001. (I. 26.) FVM rendelet, a 49/2001. (IV. 3.) és az 50/2001. (IV. 3.) kormányrendelet, a korábbi MÉM (1990) Ágazati Irányelv és a kommunális szennyvíziszapból készült komposztok vizsgálatáról szóló

MSZ-10-509. szabvány foglalja össze. A szennyvizek és -iszapok mezőgazdasági felhasználásának határértékei, melyek az ásványi szennyezők maximális koncentrációira és a talajterhelésre vonatkoznak, az 1. táblázatban tekinthetők át. Egyébként a szennyvíziszapok elhelyezése termőföldön hazánkban előzetes engedélyezési eljáráshoz, ill. szakvéleményhez kötött.

1. táblázat. Engedélyezett szennyezettségi, ill. terhelhetőségi határértékek szennyvíziszap-kihelyezésnél termőföldön az 50/2001. (IV. 3.) kormányrendelet alapján

Elem jele (1)	Iszapokban [mg/kg szá.] (2)	Kijuttatható [kg · ha <sup>-1</sup> · év <sup>-1</sup> ] (3)	Talajban maximum [mg/kg szá.] (4)	Szennyezetlen* talaj [mg/kg szá.] (5)
Zn	2500	30	200	100
Cu	1000	10	75	30
Σ Cr	1000	10	75	30
Pb	750	10	100	25
Ni	200	2	40	25
Se	100	1	1	0.1
As	75	0.5	15	10
Co	50	0.5	30	15
Mo	20	0.2	7	3
Cd	10	0.15	1	0.5
Hg	10	0.1	0.5	0.15
Cr (VI)	1	–	1	–

\* A 10/2000. KÖM-KHVM-FVM-EüM rendeletben megadott „A” értékek alapján. (6)

Table 1. Officially authorised limit values for the application of sewage sludge to farmland. (1) Element symbol, (2) In the sludge, mg · kg<sup>-1</sup> dry matter, (3) Quantity permitted for application, kg · ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, (4) Maximum content in the soil, mg · kg<sup>-1</sup> dry matter, (5) Quantity present in unpolluted soil, mg · kg<sup>-1</sup> dry matter, (6) "A" values given in the official decree.

Mivel a talajok mészállapota és kötöttsége/kolloidkészlete egyaránt meghatározó lehet a trágyahatások, ill. az iszappal talajba jutó ásványi elemek mobilitása szempontjából, savanyú és karbonátos homok-, valamint savanyú és karbonátos kötött talajokkal állítottunk be tenyészedényes kísérleteket. Mind a négy talajt egy bórgyári iszappal trágyáztuk 1999-ben, 2000-ben és 2001-ben.

Jelen munkánkban választ keresünk arra, hogy a hazai szabályozásban iránymutató talajterhelési határértékek túllépése a vizsgált talajokon és kísérleti körülmények között milyen változásokat okozhat. Mennyiben mutatható ki az ásványi elemek, nehézfémek akkumulációja kémiai módszerekkel a talajban? Hogyan alakul a cc. HNO<sub>3</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> feltárással becsült „összes”, valamint az NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA-oldható mobilisabb frakció mennyisége az ipari-kommunális szennyvíziszappal előálló terhelés nyomán? Fel-lephet-e fitotoxicitás a talajszennyezettségi határkoncentrációk drasztikus túllépésekor? Hogyan alakul a tavaszi árpa tesztnövény termése és elemösszetétele? Kiszabadulhatnak-e az egyes mikroelem-szennyezők az iszappal kezelt talajból fogyasztásra alkalmatlan növényi terméket előidézve? Ezúton a Ca-, Na- és Cr-elemek talaj–növény rendszerben való forgalmát mutatjuk be.



### Anyag és módszer

A debreceni börgyár deponált szennyvíziszap-komposztjából 60 kg-os átlagmintát vettünk ásóval 20-25 helyről, melyet az intézet tenyészedenyházába szállítottuk. A komposztot árnyékos helyen kiterítve szárítottuk, majd 15 mm lyukbőségű rostán háromszor áteresztve, áttörve homogenizáltuk. A kezelések 0, 2,5; 5; 10 és 20 g iszap/kg talajterhelést jelentettek légszáraz tömegre számítva. Az alkalmazott négyféle talajváltozat a kísérleti telepek trágyázatlan területeinek 0–30 cm rétegéből származott:

A 4 talaj  $\times$  5 iszapterhelés = 20 kezelést adott, négy ismétléssel nyolcvan edényt állítottunk be. Az edények alul lyuggatott és tálcára helyezett, tízliteres műanyag vödöröket jelentettek, ismétlésenként 1-1 csillére helyezve véletlen blokk elrendezésben. A vödörbe töltés előtt az egyes kezelések 4-4 ismétlésének 40-40 kg tömegű talaját betonkeverőbe mértük, hozzáadva az előírt iszapot és folyamatos nedvesítés mellett homogenizáltuk. Az iszappal kevert talajokat az első növény vetéséig egy hónapon át a letakart vödörökben érleltük. A kísérleti adatokat kéttényezős varianciaanalízissel értékeltük.

A Jubilant fajtájú tavaszi árpa vetése 1999, 2000 és 2001 májusában történt 3–5 cm mélyre, edényenként harminc darab maggal, mely megfelelt az ajánlott 500 csira/m<sup>2</sup> vetésnormának. A kelés minden kezelésben egyenletes volt, az öntözést a növények igénye szerint ioncserélt vízzel végeztük. Szükség szerint a lisztharmat elleni permetezésre is sor került. Az állományt bokrosodás, virágzás kezdete és aratás idején bonitáltuk fejlettségre. Betakarításra minden évben július hóban került sor a teljes föld feletti növényzet levágásával. Edényenként mértük a szem és a szalma tömegét, majd finomra őrlést követően az ásványi-tartalmakat határoztuk meg. A kísérlet lebontásakor a talajt edényenként átrostáltuk, a nagyobb gyökereket eltávolítottuk és edényenként húsz helyről egy-egy csapott kávéskanálnyi talajt vettünk. Az így nyert átlagminta anyagát analízis céljából finomra daráltuk. Az iszapterhelést évente megismételtük a kezeléseknél megfelelő iszapmennyiségek bekeverésével újranedvesítés mellett, majd az edényeket újratöltöttük és lefedve a következő növény vetéséig, tavaszig külső hőmérsékleten tároltuk, inkubáltuk.

Az iszapok, növények és talajok „összes” elemtartalmát cc. HNO<sub>3</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> roncsolást követően határoztuk meg ICP technikát alkalmazva. A N mérése cc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> feltárás után történt az MSZ 20135 (1999) szerint a módosított *Kjeldahl*- (1891) módszerrel. A talajok oldható elemkészletét az NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA talajkivonó szerrel mértük *Lakanen* és *Erviö* (1971) nyomán. A pH-érték, az y<sub>1</sub>, a CaCO<sub>3</sub>, a humusz, a kötöttség, az összes só, a NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N vizsgálata *Baranyai et al.* (1987) által ismerttetett eljárásokkal történt.

### Az eredmények értékelése

A 2. táblázatban a kísérletben felhasznált talajok főbb jellemző tulajdonságait tekinthetjük át a kísérlet 1999. évi beállításakor. A homoktalajok kolloidokban szegények, melyre olyan összefüggő talajparaméterek utalnak, mint a kis T-érték, agyagtartalom, leiszapolható rész, kötöttség és humuszkészlet. A nyírlugosi talaj erősen savanyú, míg az őrbottyáni karbonátos 10–13% CaCO<sub>3</sub>-tartalmú. A mészlepedékes csernozjom vályog-

talaja már 30 feletti T-értékkel, 20% feletti agyagtartalommal, 36% feletti leiszapolható résszel és 38–40 kötöttséggel, valamint 8–10%  $\text{CaCO}_3$ -tartalommal jellemezhető. Kolloidokban leggazdagabb a gyöngyösi barna erdőtalaj, mely enyhén savanyú, agyagos vályog. A kationcserélő kapacitása, agyag- és iszaptartalma nagyságrenddel haladja meg a homoktalajokét.

2. táblázat. A tenyészedényes kísérletben felhasznált talajok főbb jellemzői a kísérlet 1999. évi beállításakor

Vizsgált jellemzők (1)	Nyírlugos	Órbottyán	Nagyhőrcsök	Gyöngyös
Kation adszorpció (T érték meé/100 g) (2)	3–5	6–8	30–32	40–44
Agyagtartalom (< 0.002 mm, %) (3)	3–4	4–5	20–24	40–45
Leiszapolható rész (< 0.02 mm, %) (4)	4–5	5–6	36–40	57–60
Kötöttség ( $K_A$ ) (5)	23–25	23–25	38–40	44–46
Humusz % (6)	0.5–0.8	0.6–0.8	2.6–3.0	3.0–3.5
$\text{CaCO}_3$ %	–	10–13	8–10	–
$\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$	5.4–5.8	7.8–8.3	7.8–8.1	6.6–6.8
$\text{pH}_{(\text{KCl})}$	3.9–4.8	7.3–7.6	7.5–7.6	5.8–6.3

Nyírlugos: kovárányos barna erdőtalaj, savanyú homok (Nyírség) (7)

Órbottyán: karbonátos homoktalaj (Duna–Tisza köze) (8)

Nagyhőrcsök: mészlepedékes csernozjom vályogtalaj (Mezőföld) (9)

Gyöngyös: barna erdőtalaj, savanyú agyagos vályog (Mátraalja) (10)

Table 2. Major properties of the soils used in the pot experiment at the beginning of the experiment in 1999.

(1) Properties, (2) Cation adsorption (T value), (3) Clay content, (4) Silt content, (5) Upper limit of plasticity according to Arany ( $K_A$ ), (6) Humus %, (7) Brown forest soil with alternate layers of illuvial clay (acidic sand), (8) Calcareous sandy soil, (9) Chernozem with lime deposits (loam soil), (10) Brown forest soil (acidic clay loam).

A 3. táblázatban a pH-érték, a  $\text{CaCO}_3$ , a humusz és az „összes“ só változásait mutatjuk be a harmadik év végén. Az iszapterhelés kumulatív a három év alatt 0; 7,5; 15; 30 és 60 g/kg légszáraz anyagnak felelt meg. A maximális terhelés tehát a talaj tömeg %-ában 6%-nak adódik 2001-ben. A bőrgyári szennyvíziszap 7,4 pH-értékkel, 67% hamu-, 11% szervesanyag- és 21,5% Ca-összetétellel rendelkezett. Amint a bemutatott adatokból látható, a savanyú talajok pH-értékei emelkedtek. A pH-érték növekedése különösen a savanyú homokon volt látványos. A vizes pH-érték 2,5 egységgel, míg a kloridos pH-érték 2,9 egységgel lett nagyobb.

A maximális 60 g/kg, azaz 6% iszapterhelés a szántott réteg 3000 t/ha tömegét alapul véve 180 t/ha sz. a.-mennyiségnek adódik. E mennyiség 21,5% Ca, azaz 38,7 t/ha Ca-bevitel, vagyis 96,7 t/ha  $\text{CaCO}_3$  egyenértéknek megfelelő terheléssel számolhatunk szántóföldön. A szántott réteg  $\text{CaCO}_3$ -készlete tehát közelítően 3%-kal nőne. Nos, a savanyú talajokon ez a 3% körüli növekmény lényegében ki is mutatható, figyelembe véve a kísérlet hibáját. Összességében megállapítható, hogy a harmadik év végére a savanyú kísérleti talajok is közepesen karbonátos talajokká alakultak (3. táblázat).

A talajok szervesanyag-készlete átlagosan 0,6%-kal nőtt a maximális 60 g/kg terhelés nyomán. A 180 t/ha kumulatív terhelés 11%-a, azaz 19,8 t/ha szervesanyag-bevitel tükröződik a talajvizsgálat eredményein. A bevitt szerves anyag 91%-át kimutathattuk a talajban. Mindez arra utal, hogy a szerves anyag lényegében nem bomlott el a

3. táblázat. Bőrgyári szennyvíziszap hatása néhány talajvizsgálati jellemzőre a kísérlet harmadik évében, 2001-ben, tenyészedényes kísérletben

Talajok megnevezése (1)	Iszapterhelés sz.a. g/kg talajra (2)					SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	7.5	15	30	60		
pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub> -érték							
Nyírlugos	5.6	7.8	7.9	8.1	8.1	0.2	7.5
Órbottyán	8.2	8.2	8.3	8.2	8.0		8.2
Nagyhőrcsök	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9		8.0
Gyöngyös	7.2	7.5	7.6	7.6	7.7		7.5
Átlag (4)	7.2	7.9	8.0	8.0	7.9	0.1	7.8
pH <sub>KCl</sub> -érték							
Nyírlugos	5.1	7.8	7.9	7.9	8.0	0.3	7.3
Órbottyán	8.0	7.9	8.1	8.0	7.9		8.0
Nagyhőrcsök	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5		7.5
Gyöngyös	6.5	7.0	7.0	7.1	7.2		7.0
Átlag (4)	6.8	7.6	7.6	7.6	7.6	0.2	7.5
CaCO <sub>3</sub> [%]							
Nyírlugos	0.0	0.4	0.7	1.4	2.7	1.2	1.0
Órbottyán	12.0	12.2	12.3	12.4	12.9		12.4
Nagyhőrcsök	7.4	7.4	7.9	8.2	9.7		8.1
Gyöngyös	0.2	0.6	1.0	2.1	3.5		1.5
Átlag (4)	4.9	5.1	5.5	6.0	7.2	0.6	5.7
Humusz [%] (5)							
Nyírlugos	0.7	0.8	0.8	0.9	1.2	0.2	0.9
Órbottyán	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2		0.9
Nagyhőrcsök	2.8	2.8	3.0	3.2	3.4		3.0
Gyöngyös	3.2	3.3	3.4	3.3	3.8		3.4
Átlag (4)	1.8	1.9	2.0	2.1	2.4	0.1	2.0
„Összes“ só [g/kg] (6)							
Nyírlugos	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.3	0.4
Órbottyán	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7		0.4
Nagyhőrcsök	0.6	0.7	0.7	0.9	1.2		0.8
Gyöngyös	0.6	0.7	0.8	0.9	1.3		0.9
Átlag (4)	0.4	0.5	0.6	0.7	1.0	0.2	0.6

Iszap jellemzői: pH 7.4; hamu 67 %, szervesanyag 11 %, Ca 21.5 % a szárazanyagban. (7)

Table 3. Effect of tannery sludge on soil analysis parameters in the 3rd year of the pot experiment (2001).

(1) Soil location (for soil descriptions, see Table 2), (2) Sludge application rate, g dry matter/kg soil, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Humus %, (6) "Total" salt, g/kg, (7) Sludge parameters: pH 7.4; ash 67%, organic matter 11%, Ca 21.5% in terms of dry matter.

tenyészedényes érlelési viszonyok között a három év alatt. A talajok „összes“ sótartalma átlagosan 0,6%-kal szintén nőtt az iszapterheléssel. Ez a talajok termékenységét nem befolyásolta hátrányosan, hiszen egy nagyságrenddel nagyobb sóakkumuláció jelenthetne igazi problémát (3. táblázat).

A Ca-terhelés a három év alatt maximálisan 12,9 g/kg, azaz kerekén 1,3%-ot tett ki. A talaj cc.HNO<sub>3</sub> + cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-oldható „összes” Ca-készletének növekedése jól tükrözi a bevitt mennyiséget. Az NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA-oldható Ca-tartalom a savanyú talajokban emelkedett kifejezettebben. A talajok átlagát tekintve megállapítható, hogy az iszappal bevitt Ca 85–90%-a NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA-oldható formában maradt a talajban a harmadik év végén. A tavaszi árpa magtermésében nőtt a beépült Ca mennyisége az iszapterheléssel. A savanyú talajokon megkétszereződött a Ca-tartalom a kontrollhoz viszonyítva. A szalma 14–15-ször gazdagabb volt Ca-ban, mint a szem. A szalma Ca-készlete a maximális iszapterhelés nyomán 1,1% fölé emelkedik (4. táblázat).

Az iszap 0,61% Na-készlettel rendelkezett, mely a 60 g/kg maximális terhelésnél 368 mg/kg bevittet jelenthetett. A talajok átlagában a kimutatott cc.HNO<sub>3</sub> + cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> „összes” Na-többlet a kontrollhoz viszonyítva itt 258 mg/kg, mely 70%-os visszamérhetőségnek felel meg. A savanyú homokon a visszamérhetőség 56%-ot tett ki, míg a többi talajon 70–80% között volt. Ez arra vezethető vissza, hogy a nyírlugosi talajon nőtt árpa kb. 400 mg/edény, azaz 40 mg/kg luxusfelvételt mutatott a többi talajhoz képest a három év alatt. Az NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA-oldható Na-tartalomban szintén nyomon követhető ez a jelenség. A savanyú homoktalajban 56%, a kötött talajokon 70% körüli a visszamérhetőség ezzel a módszerrel (5. táblázat).

A tavaszi árpa magtermésének Na-tartalma átlagosan megkétszereződött az iszapterheléssel. A kötött savanyú gyöngyösi talajon fejlődött árpa magtermésében ugyanekkor nem tudtunk érdemi dúsulást kimutatni. Az árpa melléktermésében a Na a kontroll talajok átlagát tekintve tizenhatszorosa a magtermésben mértnek. A maximális iszapterhelésnél viszont már huszonnyolcszorosa. A vegetatív szalma luxusfelvételre képes, hiszen a tartalék-tápelemek tárolója. Mezőföldi meszes csernozjom talajon szabadföldi műtrágyázási kísérletünkben a tavasziárpa-mag Na-tartalma a kezelésektől függően 77–92 mg/kg, a szalma Na-tartalma 340–600 mg/kg között változott (Kádár 2004). Tenyészedényes kísérlet viszonyai között tehát a mag mintegy ötszörös, a szalma maximálisan 10–15-szörös Na-akkumulációt mutatott a szabadföldi viszonyokhoz képest az extrém Na-kínálattal.

Az iszap szárazanyaga 0,52% Cr-ot tartalmazott, mely az 50/2001. (IV. 3.) sz. kormányrendelet szerint termőföldi kihelyezésre engedélyezett 1000 mg/kg határértéket 5,2-szeresen lépte túl. Az előírt 10 kg · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup> Cr-terhelés harmincegyszeresét alkalmaztuk három éven át a legnagyobb 60 g/kg iszapadagnál. Ugyanitt a talajbani 75 mg/kg maximálisan engedélyezett szennyezettségi küszöböt 5–6-szorosan haladtuk meg a 6. táblázatban bemutatott adatok szerint. A harmadik év végén 312 mg/kg, azaz a szántott rétegre vetítve 936 kg/ha Cr-terhelés történt. Az iszappal talajba vitt Cr teljes mennyisége kimutatható volt a cc.HNO<sub>3</sub> + cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-oldható „összes” formában minden talajban.

Az NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA-oldható forma a savanyú homokon közel 10%-os, meszes homokon 8, míg a kötött talajokon 7%-os visszamérhetőséget mutatott. A Cr tehát döntően a talaj ásványi összetevőin megkötődött. Ugyanekkor megállapítható, hogy a vizsgált talajok oldható Cr-készlete két nagyságrenddel nőtt, mintegy megszázsorozódott. Magtermésben a Cr 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt maradt a kezeléstől függetlenül, míg a melléktermésben átlagosan megháromszorozódott a kontrollhoz viszonyítva savanyú

4. táblázat. Bórgyári szennyvíziszap hatása a talaj és a tavaszi árpa Ca-tartalmára a kísérlet harmadik évében, 2001-ben, tenyészedényes kísérletben

Talajok megnevezése (1)	Iszapterhelés [g/kg] talajra (2)					SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	7.5	15	30	60		
Ca-terhelés [g/kg talaj] (5)							
	0	1.6	3.2	6.4	12.9		
A talaj cc.HNO <sub>3</sub> + cc.H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -oldható „összes” Ca [%] (6)							
Nyírlugos	0.1	0.3	0.4	0.9	1.5	0.3	0.6
Órbottyán	5.4	5.6	5.7	5.8	6.2		5.7
Nagyhörcsök	3.4	3.8	4.0	4.3	5.1		4.1
Gyöngyös	0.6	1.0	1.2	1.6	2.3		1.3
Átlag (4)	2.4	2.6	2.8	3.1	3.8	0.2	3.0
NH <sub>4</sub> -acetát + EDTA-oldható Ca [%] (7)							
Nyírlugos	<0.1	0.3	0.5	0.8	1.5	0.4	0.6
Órbottyán	3.1	3.2	3.4	3.4	3.8		3.4
Nagyhörcsök	2.3	2.5	2.7	2.8	3.3		2.7
Gyöngyös	0.5	0.8	0.9	1.3	2.0		1.1
Átlag (4)	1.5	1.7	1.9	2.1	2.6	0.2	2.0
A tavaszi árpa magtermése, Ca [g/kg] (8)							
Nyírlugos	0.39	0.59	0.78	0.87	0.93	0.20	0.71
Órbottyán	0.58	0.56	0.78	0.68	0.70		0.66
Nagyhörcsök	0.54	0.57	0.60	0.62	0.72		0.61
Gyöngyös	0.48	0.60	0.68	0.70	1.01		0.70
Átlag (4)	0.50	0.58	0.71	0.72	0.84	0.10	0.67
A tavaszi árpa szalmatermése, Ca [g/kg] (9)							
Nyírlugos	7.1	8.9	10.2	10.3	11.6	2.2	9.6
Órbottyán	8.8	7.9	8.6	9.8	11.4		9.3
Nagyhörcsök	9.2	9.0	8.8	9.4	11.6		9.6
Gyöngyös	8.9	9.6	9.6	10.3	10.3		9.7
Átlag (4)	8.5	8.8	9.3	9.9	11.2	1.1	9.6

Az iszap 21.5 % Ca-készlettel rendelkezett. (10)

Table 4. Effect of tannery sludge on the Ca content of the soil and of spring barley in the 3rd year of the pot experiment (2001). (1) Soil location (for soil descriptions, see Table 2), (2) Sludge application rate, g dry matter/kg soil, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Ca-load, g/kg soil, (6) "Total" soil Ca, soluble in cc.HNO<sub>3</sub> + cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, %, (7) Ca soluble in NH<sub>4</sub>-acetate + EDTA, %, (8) Ca in the seed yield of spring barley, g/kg, (9) Ca in the straw of spring barley, g/kg, (10) The sludge contained 21.5% Ca.

homokon 3,1 mg/kg tartalmat elérve. A mag genetikailag védett a Cr-szennyezéssel szemben. A hazai szabványok egyébként az élelmiszerek, takarmányok Cr szennyezettségének megengedhető mértékéről nem rendelkeznek (Kádár 1998).

Chaney (1982) szerint takarmányokban, abrakban az egészségügyi maximum 3000 mg/kg értékre tehető Cr (III) formát feltételezve. A Cr (III) forma tehát nem jelent veszélyt a talaj–növény–állat–ember tápláléklánra. Kérdés, hogy ez a forma hosszabb

5. táblázat. Bőrgyári szennyvíziszap hatása a talaj és a tavaszi árpa Na-tartalmára a kísérlet harmadik évében, 2001-ben, tenyészedényes kísérletben

Talajok megnevezése (1)	Iszapterhelés [g/kg] talajra (2)					SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	7.5	15	30	60		
Na-terhelés [mg/kg] talajra (5)							
	0	46	92	184	368		
cc.HNO <sub>3</sub> + cc.H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -oldható „összes” Na [mg/kg] (6)							
Nyírlugos	126	154	190	241	334	48	209
Órbottyán	188	228	270	294	438		283
Nagyhörcsök	376	425	445	536	674		491
Gyöngyös	457	500	516	559	730		552
Átlag (4)	286	326	355	407	544		24
NH <sub>4</sub> -acetát + EDTA-oldható Na [mg/kg] (7)							
Nyírlugos	31	62	88	132	236	20	110
Órbottyán	56	78	115	150	276		135
Nagyhörcsök	86	112	157	217	340		182
Gyöngyös	107	140	185	253	374		212
Átlag (4)	70	98	136	188	306		10
A tavaszi árpa magtermése, Na [mg/kg] (8)							
Nyírlugos	283	298	422	364	517	72	377
Órbottyán	333	586	574	588	735		563
Nagyhörcsök	225	271	466	632	580		435
Gyöngyös	131	88	79	115	138		110
Átlag (4)	243	310	385	424	492		36
A tavaszi árpa szalma + pelyva termése, Na [%] (9)							
Nyírlugos	0.60	0.90	1.50	1.64	1.93	0.13	1.32
Órbottyán	0.50	0.81	1.15	1.48	1.68		1.13
Nagyhörcsök	0.29	0.39	0.62	0.88	1.35		0.71
Gyöngyös	0.16	0.20	0.24	0.40	0.62		0.32
Átlag (4)	0.39	0.58	0.88	1.10	1.40		0.07

Az iszap 0.60 % Na-készlettel rendelkező szárazanyagában. (10)

Table 5. Effect of tanning sludge on the Na content of the soil and of spring barley in the 3rd year of the pot experiment (2001). (1) Soil location (for soil descriptions, see Table 2), (2) Sludge application rate, g dry matter/kg soil, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Na load, g/kg soil, (6) "Total" soil Na, soluble in cc.HNO<sub>3</sub> + cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, %, (7) Na soluble in NH<sub>4</sub>-acetate + EDTA, %, (8) Na in the seed yield of spring barley, g/kg, (9) Na in the straw and in the husks of spring barley, g/kg, (10) The sludge contained 0.60% Na in terms of dry matter.

távon és oxidatív körülmények között mennyiben alakulhat át mobilis és toxikus Cr (VI) formává. A választ csak a szabadföldi tartamkísérletekben végezték, egy vagy több évtizedes vizsgálatok adhatják meg. Mindenesetre megállapítható, hogy az extrém Cr-terhelés ellenére a termelt tavaszi árpa magtermése humán, szalmatermése pedig takarmányként állati fogyasztásra alkalmas maradt.

6. táblázat. *Börgyári szennyvíziszap hatása a talaj és a tavaszi árpa Cr-tartalmára a kísérlet harmadik évében, 2001-ben, tenyészedényes kísérletben*

Talajok megnevezése (1)	Iszapterhelés [g/kg] talajra (2)					SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	7.5	15	30	60		
Cr-terhelés [mg/kg] talaj (5)							
	0	39	78	156	312		
cc.HNO <sub>3</sub> + cc.H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -oldható „összes” Cr [mg/kg] talajban (6)							
Nyírlugos	12	52	108	216	355	88	148
Órbottyán	21	65	153	186	350		155
Nagyhörcsök	41	95	138	238	404		183
Gyöngyös	59	115	180	248	442		209
Átlag (4)	33	81	145	222	388	44	174
NH <sub>4</sub> -acetát + EDTA-oldható Cr [mg/kg] talajban (7)							
Nyírlugos	0.2	4	10	17	30	2	12
Órbottyán	0.3	4	8	12	24		10
Nagyhörcsök	0.1	3	6	12	22		9
Gyöngyös	0.3	3	6	12	22		9
Átlag (4)	0.2	3	8	13	25	1	10
A tavaszi árpa mag + pelyva termésben, Cr [mg/kg] (8)							
Nyírlugos	1.0	1.2	2.2	1.7	3.1	0.6	1.8
Órbottyán	0.4	1.0	1.7	1.6	2.0		1.4
Nagyhörcsök	0.6	0.8	0.8	1.1	1.1		0.9
Gyöngyös	0.7	0.8	0.7	0.8	2.5		1.1
Átlag (4)	0.7	1.0	1.4	1.3	2.2	0.3	1.3

*Megjegyzés:* a magtermésben a Cr 0.1 mg/kg kimutatási határ alatt a kezeléstől függetlenül. Az iszap 0.52 % Cr-készlettel rendelkezett szárazanyagában. (9)

*Table 6.* Effect of tanning sludge on the Cr content of the soil and of spring barley in the 3rd year of the pot experiment (2001). (1) Soil location (for soil descriptions, see Table 2), (2) Sludge application rate, g dry matter/kg soil, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Cr load, g/kg soil, (6) "Total" soil Cr, soluble in cc.HNO<sub>3</sub> + cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, %, (7) Cr soluble in NH<sub>4</sub>-acetate + EDTA, mg/kg, (8) Cr in the straw and in the chaff yield of spring barley, mg/kg, (9) Note: The Cr content of the seed yield was below the 0.1 mg/kg detection limit irrespective of the treatment. The sludge contained 0.52% Cr in terms of dry matter.

A tavaszi árpa szem- és szalmatermése alapján 1999-ben a trágyázatlan talajon az enyhén savanyú kötött gyöngyösi talaj bizonyult leginkább termékenynek. A termés-többleteket tekintve a savanyú homoktalaj adta a maximumokat, a nyírlugosi talajon a föld feletti biomassza 2–3-szorosára emelkedett az iszaptrágyázással. A legkisebb terméseket és termés-többleteket viszont a meszes vályog csernozjomon kaptuk. A 2000. évben erőteljesen fellépett a lisztharmat, a párás és meleg időjárás nyomán a kalászfertőzés is kifejezetté vált. A trágyahatások elmaradtak, sőt a sűrűbb állományú gyöngyösi talajon a nagyobb iszapterheléssel a szemtermés is lecsökkent. A szalmatermésben viszont a termés-többletek általában igazolhatóak voltak (7. táblázat).

7. táblázat. Bőrgyári szennyvíziszap hatása  
a tavaszi árpa légszáras termésére [g/edény]

Talajok megnevezése (1)	Izszapterhelés [g sz.a. · kg <sup>-1</sup> · év <sup>-1</sup> ] talajra (2)					SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	2.5	5	10	20		
Szem 1999-ben (5)							
Nyírlugos	17	22	24	31	37	4	26
Órbottyán	14	16	18	19	24		18
Nagyhőrcsök	12	14	16	17	18		15
Gyöngyös	29	34	33	37	41		35
Átlag (4)	18	22	23	26	30	2	24
Szem 2000-ben (6)							
Nyírlugos	6	4	4	5	5	4	5
Órbottyán	3	5	3	4	4		4
Nagyhőrcsök	5	7	5	6	4		5
Gyöngyös	9	10	7	6	4		7
Átlag (4)	5	6	5	5	4	2	5
Szem 2001-ben (7)							
Nyírlugos	10	19	21	28	32	9	22
Órbottyán	6	9	12	19	25		14
Nagyhőrcsök	7	10	11	14	21		13
Gyöngyös	11	17	20	25	36		21
Átlag (4)	8	13	16	21	28	4	17
Szalma 1999-ben (8)							
Nyírlugos	11	15	16	23	30	3	19
Órbottyán	10	12	15	15	20		14
Nagyhőrcsök	9	12	12	11	12		11
Gyöngyös	23	24	22	27	30		25
Átlag (4)	14	16	16	19	23	2	18
Szalma 2000-ben (9)							
Nyírlugos	6	12	12	13	15	5	12
Órbottyán	8	9	7	12	11		9
Nagyhőrcsök	7	8	8	9	12		9
Gyöngyös	15	17	17	20	21		18
Átlag (4)	9	11	11	13	15	3	12
Szalma 2001-ben (10)							
Nyírlugos	8	16	16	21	23	3	17
Órbottyán	6	8	12	15	20		12
Nagyhőrcsök	7	10	9	12	15		11
Gyöngyös	10	14	17	19	27		17
Átlag (4)	8	12	14	17	21	2	14

Table 7. Effect of tanning sludge on the air-dry yield of spring barley, g/pot. (1) Soil location (for soil descriptions, see Table 2), (2) Sludge application rate, g dry matter/kg soil, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Grain in 1999, (6) Grain in 2000, (7) Grain in 2001, (8) Straw in 1999, (9) Straw in 2000, (10) Straw in 2001.



A harmadik kísérleti évben, 2001-ben a szem- és szalmatermések mérsékeltek maradtak a trágyázatlan talajokon 1999-hez képest. Úgy tűnik, a talajok elszegényedtek tápelemekben a három év alatt, a trágyahatások pedig látványosan nőttek. A szemtermés átlagosan 3,5-szeresére, míg a szalmatermés közel háromszorosára emelkedett a kontrollhoz képest a maximális iszaptrágyázás eredményeképpen. Depresszió nem jelentkezett. Legnagyobb szem- és szalmaterméseket az első évben megfigyeltékhez hasonlóan 2001-ben is a két savanyú talajon kaptuk mind a kontroll, mind a trágyázott kezelésekben. Megemlítjük, hogy a szem/szalma aránya az egészséges 1999. és 2001. években 1,2–1,4 között ingadozott átlagosan, míg a lizsthatmos 2000. évben 0,4 körülnek adódott (7. táblázat).

## IRODALOM

- 10/2000. (VI. 2.) KÖM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelete a felszín alatti víz és földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről. Magyar Közlöny. 53: 3156–3167.
- 49/2001. (IV. 3.) kormányrendelete a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről. Magyar Közlöny. 39: 2518–2531.
- 50/2001. (IV. 3.) kormányrendelete a szennyvíziszapok és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól. Magyar Közlöny. 39: 2532–2543.
- 8/2001. (I. 26.) FVM rendelet a termélnövelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról. Jogszab/8-2001.
- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.: 1987. A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Chaney, R. L.: 1982. Fate of toxic substances in sludge applied to cropland. In: Proc. Int. Symp. Land Application of Sewage Sludge. 259–324. Tokyo. Japan.
- Debrezzeni I.–Izsáki Z.: 1985. Bórgyári szennyvíziszap hatása a növények elemi összetételére. Növénytermelés. 31: 551–559.
- Izsáki Z.–Debrezzeni I.: 1987. Bórgyári szennyvíziszappal végzett trágyázás hatásának vizsgálata homoktalajon. Növénytermelés. 36: 481–489.
- Izsáki Z.–Debrezzeni I.: 1989. A bórgyári szennyvíziszap-trágyázás hatása és utóhatása kalászos gabonákra homoktalajokon. Növénytermelés. 38: 231–239.
- Juste, C.–Mench, M.: 1992. Long-term application of sewage sludge and its effect on metal uptake by crops. In: Biochemistry of Trace Metals. Ed.: Adriano, D.C. 159–193. Lewis Publishers. Boca Raton. Ann Arbor, London, Tokyo.
- Kádár I.: 1998. A szennyezett talajok vizsgálatáról. Kármentesítési Kézikönyv. 2. Környezet-védelmi Minisztérium. Budapest.
- Kádár I.: 2004. A műtrágyázás hatása a tavaszi árpa elemfelvételére karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 53: 61–74.
- Keefer, R. F.–Singh, R. N.–Horvath, D. J.–Khawaja, A. R.: 1979. Heavy metal availability to plants from sludge application. Compost Science. 3: 31–34.
- Kick, H.–Braun, B.: 1977. Wirkung von chromhaltigen Gerbereischlämmen auf Wachstum und Chromaufnahme bei verschiedenen Nutzpflanzen. Landw. Forsch. 30: 160–173.
- Kjeldahl, J.: 1891. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Zeitschr. f. analyt. Chemie. 22: 366–382.
- Lakanen, E.–Erviö, R.: 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123: 223–232.
- MÉM: 1990. Szennyvizek és szennyvíziszapok termőföldön történő elhelyezése. Ágazati Műszaki Irányelv. MI-08-1735/1990. Budapest.
- MSZ-10-509: 1991. Magyar Szabvány. Kommunális szennyvíziszapból készült komposztok vizsgálata és minősítése. Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium. 8 p. Hatálybalépés időpontja: 1992. július 1.

- Sauerbeck, D.*: 1985. Funktionen, Güte und Belastbarkeit des Bodens aus agriculturchemischer Sicht. Materialien zur Umweltforschung. Kohlhammer Verlag. Stuttgart.
- Vermes L.*: 1989. A szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításának kelet-európai tapasztalatai. Melioráció, öntözés és talajvédelem. 2: 48–66.
- Vermes L.*: 1998. Hulladékgyűjtés, hulladékhasznosítás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Vermes L.*: 2003. Szakirodalmi áttekintés a szennyvíziszapok elhelyezésével és hasznosításával foglalkozó publikációkról. BKÁE Kertészettud. Kar. Budapest. 44. p.
- Vermes L.–Szlávik I.*: 1982. Települési szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezését és hasznosítását célzó kísérletek értékelése. Összefoglaló jelentés 1975–1980. VITUKI. Budapest.
- Wickliff, C.–Volk, V. V.*: 1982. Reactions of chrome tannery sludge with organic and mineral soils. Water, Air and Soil Pollution. 17: 61–74.

Érkezett: 2007. 11. 11.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

Dr. Kádár Imre–Dr. Morvai Balázs  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete  
Budapest  
Herman O. u. 15.  
H-1022

## A műtrágyázás hatása az őszi búzára karbonátos homoktalajon

KÁDÁR IMRE  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet,  
Budapest

### Összefoglalás

Duna–Tisza közi karbonátos homoktalajon, az Őrbottyáni kísérleti telepünkön beállított NPK-műtrágyázási tartamkísérlet 21. évében, 1991-ben vizsgáltuk a műtrágyázás hatását az őszi búza fejlődésére, termésére és elemfelvételére, valamint a talaj AL-oldható PK-tartalmának változására. A termőhely talaja a főbb tápelemekben (N, P, K) gyengén ellátott, a szántott réteg 1% körüli  $\text{CaCO}_3$ -ot és 1% humuszt tartalmaz. Az altalaj erősen karbonátos, az agyagos rész 5–10%. A talajvíz 8–10 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A műtrágyákat pétisó, szuperfoszfát és kálisó formájában alkalmaztuk. A N-t megosztva, fele mennyiségét ősszel, a másik felét tavasszal fejtrágyaként, a PK-műtrágyába ősszel szántás előtt szórtuk ki. A levonható főbb tanulságok:

1. A kontrollon mért 1,3 t/ha szemtermést az NP-trágyázás 2,0–2,5-szeresére, a szalma hozamát 2,5–3,5-szeresére növelte. A K-trágyázás további 0,6 t/ha szem, ill. 1,0–1,2 t/ha szalmatöbbletet eredményezett. Az őszi búza is igényelte az AL-oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$  150–200 mg/kg, valamint az AL- $\text{K}_2\text{O}$  100–150 mg/kg ellátottságot a szántott rétegben.
2. A szárba induláskori hajtás összetétele jól tükrözte a kezelések hatását, ill. a búza tápláltsági állapotát. Az NP-kezelések hatására nőtt a N, aP, valamint a Sr és mérséklődött az Al koncentrációja. A K-trágyázással javult a K-felvétel és a fellépő kation-antagonizmus nyomán gátolt volt a Ca, a Mg és a Sr beépülése. Mindez ellensúlyozta a karbonátos talaj Ca-túlsúlyát és javította a növények minőségét, termését.
3. A búza elemfelhalmozását vizsgálva azt találtuk, hogy a szárba indulás elején vett hajtás az aratáskori (szem + szalma) N-készlet 68%-át, a K 155%-át, a Ca 58%-át, a P 42%-át tartalmazta átlagosan. A Mg és a mikroelemek döntő hányada viszont a szárba indulást követően akkumulálódott a föld feletti növényi részekben. A K jelentős része ezzel szemben az előregedő vegetatív részekből kimosódhatott, ill. a lehulló levelekkel visszakerülhetett a talajba.
4. Az 1 t/szem a hozzátartozó melléktermés fajlagos elemtartalma kísérletünkben az alábbiak adódott: 19 kg N, 8 kg K, 3–4 kg Ca, Mg és P, valamint 396 g Fe, 187 g Na, 76 g Mn, 50 g Al, 30 g Sr, 26 g Zn és 4 g Cu. Adataink felhasználhatók a tervezett termés NPK-elemigényének becslése során.

**Kulcsszavak:** műtrágyázás, őszi búza, karbonátos homoktalaj

### Effect of mineral fertilisation on winter wheat grown on calcareous sandy soil

I. KÁDÁR  
Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences,  
Budapest

#### Summary

The effect of mineral fertilisation on the development, yield and element uptake of winter wheat and on the AL-soluble PK content of the soil was investigated in 1991, in the 21st year of a long-term NPK fertilisation experiment set up on calcareous sandy soil in Őrbottyán in the region between the River Danube and the River

Tisza. The experimental soil was poorly supplied with major nutrients (NPK) and the ploughed layer contained around 1% CaCO<sub>3</sub> and 1% humus. The subsoil was strongly calcareous, the clay fraction amounted 5–10%. The groundwater was at a depth of 8–10 m and the area was prone to drought. The fertiliser was applied in the form of calcium ammonium nitrate, superphosphate and potassium chloride. The nitrogen was split, half being applied in autumn and the other half as top-dressing in spring, while the PK fertiliser was applied in autumn prior to ploughing. The main conclusions were as follows:

1. The 1.3 t/ha grain yield recorded in the control was increased 2.0–2.5-fold by NP fertilisation, and the straw yield 2.5–3.5-fold. K fertilisation resulted in a further 0.6 t/ha increase in the grain yield and 1.0–1.2 t/ha in the straw yield. Winter wheat required an AL-soluble P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content of 150–200 mg/kg and an AL-K<sub>2</sub>O content of 100–150 mg/kg in the ploughed layer.
2. The composition of the shoot at the shooting stage gave a good reflection of the effect of the treatments and of the nutritional status of wheat. As the result of NP treatments there was an increase in N, P and Sr and a decline in the Al concentration. The uptake of K improved as the result of K fertilisation and the incorporation of Ca, Mg and Sr was inhibited by the cation antagonism. This counteracted the excessive Ca supplies from the calcareous soil and improved the quality and yield of the plants.
3. An analysis of the element accumulation of wheat showed that shoot samples taken at the beginning of shooting contained on average 68% of the N content recorded at harvest (grain + straw), 155% of the K, 58% of the Ca and 42% of the P. The vast majority of the Mg and the microelements, however, accumulated in the aboveground plant organs after the shooting stage. By contrast, a significant proportion of the K was lost from aging vegetative organs, or returned to the soil with falling leaves.
4. The specific element content of 1 t grain and the associated by-products was as follows: 19 kg N, 8 kg K, 3–4 kg each of Ca, Mg and P, 396 g Fe, 187 g Na, 76 g Mn, 50 g Al, 30 g Sr, 26 g Zn and 4 g Cu. These data could be used to estimate the NPK requirements of the planned yield.

**Key words:** fertilization, winter wheat, calcareous sandy soil

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A már klasszikusnak tekinthető irodalom szerint a kalászosok közül a búza leginkább igényes a vízzel és a tápelemekkel szemben. Homokon a rozs, északi övezetben főként a zab és ritkábban a rozs, száraz vidékeken a köles díszlik. A búzatermesztésre legmegfelelőbb talaj a csernozjom, melynek szervesanyag-készlete, ill. kiváló víz- és tápanyag-gazdálkodása stabil és nagy terméseket tesz lehetővé (Cserhádi és Kosutány 1887, Cserhádi 1901, Prjanisnyikov 1931, Grábner 1948, Láng 1976). Sarkadi (1975) tápanyag-ellátottsági határértékeket állít össze a műtrágyázási szaktanácsadás számára, miközben megkülönbözteti a kalászosok P-, ill. a kapások K-igényességét *id. Várallyay* (1950, 1954) javaslatához hasonlóan.

*Elek és Kádár* (1980), *Kádár és Lásztity* (1981, 1979), *Lásztity et al.* (1981), *Kádár* (1992) a búza tápláltsági állapotának megítélésére szolgáló növényanalitikai határkoncentrációkat ellenőrzi hazai tartamkísérletekben és javaslatot tesz bevezetésükre. *Németh* (1996) kísérletében igazolja, hogy még a hazai homoktalajok egy részén is jelentős N-utóhatással számolhatunk, amelyet figyelembe vehetünk a talaj NO<sub>3</sub>-N-mérésével. *Csathó* (1991, 1997, 2003, 2005), az 1960–1990 között publikált több száz szabadföldi műtrágyázási tartamkísérlet főbb eredményeit tekinti át és a talajtulajdonságokra támaszkodva új tápanyag-ellátottsági határértékeket alakít ki a szaktanácsadás részére. A búza trágyaigényét befolyásoló tényezőket (*Kádár et al.* 1985, *Kádár* 1992), valamint a növény tápláltsága és betegségellenállósága közötti összefüggéseket korábbi munkáinkban vizsgáltuk (*Sz. Nagy és Kádár* 1991, *Kádár* 2006). Tartamkísérletben tesz-

teljük a búza viselkedését a nehézfémterheléssel szemben talajszennyezettség körülményei között (Kádár és Daood 2001).

Az újabb kori trágyázással foglalkozó külföldi és hazai kézikönyvek szerzőinek véleménye szerint a jó P-szolgáltatás biztosítéka a talaj P-ral való feltöltöttsége, kielégítő ellátottsága. A N-ellátás folyamatosságát a megosztott adagolás biztosítja. A korai N a vegetatív fejlődést segíti, még a késői fejtrágyák a szem minőségét javítják. A kielégítő PK-ellátás azért fontos, mert a PK hiánya esetén a növényben kismolekulájú, „félkész” oldható szénhidrátok és nem fehérje N-vegyületek halmozódnak fel, melyek a gombák és élősködő rovarkártevők számára vonzerőt jelentve táplálékul szolgálhatnak nagyobb arányú felszaporodásukat elősegítve. A növény tápláltsági állapotát levélanalízissel kontrollálhatjuk, ami különösen a mikroelem-trágyázás iránti igényt tárhatja fel (Mengel 1976, Tisdale és Nelson 1966, Finck 1982, Bergmann 1992, Loch és Nosticzius 1983, Kádár 1992, Geisler 1988 stb.).

Munkánk célja az volt, hogy olyan műtrágyázási tartamkísérletben teszteljünk az őszi búza trágyareakcióját, ahol már jól elkülönült tápelem-ellátottsági szintek alakultak ki a talajban. Mivel az Országos Egységes Műtrágyázási Kísérlet hálózatában (OMTK) homoki termőhely nem szerepel, a búza viszont a rozst kiszorította részben a homoktalajokról is, adatokat kell gyűjtenünk a homoktalajokon termesztett búza trágyaigényéről, elsősorban K-igényéről. A talaj- és növényvizsgálati K-ellátottsági határkoncentrációk megállapítása ugyanis K-hiányos termőhelyet feltételez. Az elmondottak miatt az MTA TAKI Órbottyáni Kísérleti Telepén, Duna–Tisza közti karbonátos homokon állítottunk be őszi búzával kísérletet.

### Anyag és módszer

Az MTA TAKI Órbottyáni Kísérleti Telepe a Duna–Tisza közti homokhátság északi részén, a Gödöllői-dombvidék pereméhez közel helyezkedik el. A talajvíz tükre 5–10 m mélyen található, a talajképződési folyamatokat, ill. a trágyahatásokat nem befolyásolja. A termőhely a homoktalajokra jellemzően rossz vízgazdálkodású, aszályérzékeny, heterogén tulajdonságú és NPK-tápelemekben szegény. A műtrágyázási kísérletet eredetileg Kozák Mátyás állította be 1970 őszén tíz kezeléssel és négy ismétléssel, azaz összesen negyven darab, egyenként 50 m<sup>2</sup>-es parcellával, kéttényezős véletlen blokk elrendezésben (Kozák 1977, Kozák és Szemes 1984).

A vizsgált kísérlet talaja csernozjom jellegű humuszos homok 60–70 cm humuszos szinttel. A szántott réteg CaCO<sub>3</sub>- és humusztartalma 1%, az altalaj erősen karbonátos. A pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>-érték 7,3; a pH<sub>KCl</sub>-érték 7,0 átlagosan. A P- (0, 60, 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup>) és K-műtrágyákat (0, 100, 200, 300, 400 kg K<sub>2</sub>O · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup>), valamint a N (0, 80, 160 kg N · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup>) felét őszi, szántás előtt, a másik felét tavasszal szórtuk ki 25%-os pétisó, 18%-os szuperfoszfát és 50%-os kálisó formájában. A kísérletek különösen a K-hatásgörbék tanulmányozására alkalmasak kétféle NP-szinten. Megemlítjük, hogy a kísérlet első két évtizedében a K-szintek 0, 40, 80, 120, 160 kg · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O-adagot jelentettek. Mivel a K-mérleg csak a nagyobb, 160 kg · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup> kezelésben vált igazán pozitívvá, a kísérlet huszadik évétől az adagokat 2,5-szeresére emeltük (Kádár 2007).

A huszadik év után talajmintavételre került sor a szántott rétegből, az átlagminták 20-20 lefűrés anyagát tartalmazták parcellánként. E mintákban meghatároztuk a könnyen oldható PK-tartalmakat az *Egnér et al.* (1960) által ajánlott AL-módszerrel. Termésbecslés és növényanalízis céljaira növénymintákat vettünk 30–40 cm magasságban 1991. április 30-án bokrosodásban 8-8 fm, azaz 1-1 m<sup>2</sup> föld feletti növény begyűjtésével parcellánként. Aratás idején hasonló módon mintakévév vettünk, melyet elcsepeltünk és meghatároztuk a szem/szalma, ill. a szem/pelyva arányát kezelésként. A növénymintákat finomra őröltük és cc.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-feltárást követően tizenkét elemre analizáltuk. A N-t a módosított *Kjeldahl* (1891) módszerével vizsgáltuk.

A növényállományt fejlettségre száriba szökés idején május 22-én, virágzásban június 18-án és aratáskor augusztus 8-án bonitáltuk 1–5 skálán. Július 9-én a növényborítottságot is megbecsültük, ill. a gyomfajok számát is megállapítottuk. Az aratás parcellakombájnnal történt 10 × 2,1 = 21 m<sup>2</sup> nettó terület betakarításával. Ami a csapadékellátottságot illeti, megemlíjtük, hogy az október + november + december hónapok alatt mindösszesen 68 mm, a január + február + március hónapok alatt a sokévi átlagnak megfelelően összesen 179 mm, április + május + június negyedévben 233 mm, tehát a búza kilenchnapos aktív tenyészideje alatt összesen 412 mm csapadék hullott, mely a sokévi átlagot 80 mm-rel haladta meg. A bőséges nyár elejei esők miatt a búza érése szokatlan módon augusztus elejéig elhúzódott.

### Kísérleti eredmények

Az 1. táblázatban a kezelések hatását az őszi búza fejlődésére tanulmányozhatjuk. Bokrosodás végén, április 30-án a föld feletti hajtás tömegét az NP-trágyázás megkésztette és a javuló K-kínálattal a termés tovább emelkedett. A légszáraz anyag %-át az NP- és az NPK-trágyázás csökkentette szignifikánsan. A műtrágyázás tehát fiatalabb, nedvdúsabb állományt eredményezett. A tenyészidő során végzett bonitálásaink szerint a trágyahatások iránya és mértéke nem módosult a növény fejlődésével. Július elején a növényborítottságot is megbecsültük. A gyomborítás elhanyagolható volt, mindössze néhány %-ot tett ki, a 000 kezelésben átlagosan hat, míg az NPK kezeléseknél három gyomfaj fordult elő. A búza borítottsága mindössze 50%-ot ért el a trágyázatlan talajon, míg a bőséges NPK-trágyázotton 96–97%-ot.

A kezelések hatását a talaj szántott rétegének ammóniumlaktát- (AL-) oldható PK-készletére, valamint a búza légszáraz termésére a 2. táblázat foglalja össze. Az adatokból látható, hogy a húsz éve trágyázásban nem részesült kontroll talajon mind az AL-K<sub>2</sub>O-, mind az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-készlet a szántott rétegben rendkívül kicsi. Korábbi vizsgálataink eredményeképpen megállapítottuk, hogy hasonló karbonátos vályog- és homoktalaj kielégítően ellátottnak minősülhet, ha az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-készlete a 150–200, míg az AL-K<sub>2</sub>O-készlete a 100–150 mg/kg tartományba emelkedik (*Kádár* 1992, *Kádár és Márton* 2005, *Kádár et al.* 1984, 1999).

A kísérlet első tizenkilenc éve alatt, 1971–1989 között a K<sub>2</sub>O-adagok 0, 40, 80, 120, 160 kg · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup> mennyiséget jelentettek. Ezt követően az adagokat 2,5-szeresére növeltük, hogy a talajgazdagító K-szintek hatása szabatosan megnyilvánulhasson és a K-igényes kultúrák optimumait, ill. a K-túlsúly esetleges negatív hatásait is megismerjük.

1. táblázat. *A kezelések hatása a Bezostaja-1 őszi búza fejlődésére (Duna–Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán, 1991.)*

Kezelés NPK (1)	Légszáras anyag* (2)		Bonitálás fejlettségre** (3)			Növényborítottság %-a*** (4)	
	g/m <sup>2</sup>	%	05. 22-én	06. 18-án	08. 08-án	Búza (5)	Gyom (6)
000	78	28	1.0	1.0	1.0	50	4
110	147	25	3.3	3.3	3.3	79	6
111	163	23	3.8	3.8	3.5	84	5
112	158	23	3.8	3.8	3.5	85	4
113	180	23	4.0	4.3	3.8	90	3
220	186	22	4.8	4.0	4.3	94	3
221	219	20	5.0	4.0	5.0	94	1
222	222	21	5.0	4.3	4.8	94	2
223	220	21	5.0	4.5	4.8	96	1
224	225	20	5.0	4.8	5.0	97	2
SzD <sub>5%</sub> (7)	38	2	0.5	0.6	0.6	8	3
Átlag (8)	180	22	4.1	3.8	3.9	86	3

\* Hajtás 04. 30-án szárbá szökéskor. \*\* Bonitálás: 1 – igen gyengén, 2 – gyengén, 3 – közepesen, 4 – jól, 5 – igen jól fejlett állomány. \*\*\* Növényborítottság %-a 07. 09-én felvételezve. (9)

*Table 1.* Effect of the treatments on the development of the winter wheat variety Bezostaya 1 (Calcareous sandy soil, Órbottyán, 1991). (1) Treatment, (2) Air-dry matter, (3) Scoring for development on May 22, June 18, Aug. 8, (4) Plant cover %, (5) Wheat, (6) Weeds, (7) LSD<sub>5%</sub>, (8) Mean, (9) \*Shoot at the shooting stage on Apr. 30. \*\*Scoring: 1 – very poorly, 2 – poorly, 3 – moderately well, 4 – well, 5 – very well developed stand. \*\*\*Plant cover % scored on July 9.

Az 1. táblázat eredményei szerint a feltalaj K-ellátottsága a huszadik év végére a kielégítő tartományba kerülhetett a pozitív K-mérleggel rendelkező K<sub>4</sub>-kezelésekben. A szántott réteg alatti talaj is gazdagodhatott itt K-ban, hiszen hasonló talajon a K bemosódása, vertikális elmozdulása nem kizárt. A feltalaj AL-P-készlete látványosan emelkedett már a 60 kg · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-adaggal, a 120 kg · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup> trágyázás nyomán pedig a kívánatos „kielégítő“ szintet is elérte vagy meghaladta.

A kontrollon mért 1,3 t/ha szemtermést aratáskor az NP-trágyázás 2–2,5-szeresére növeli. A K-trágyázás mindkét NP-szinten további 0,6 t/ha igazolható terméstöbbletet eredményez. A szalma hozamát az NP-kezelés 2,5–3,5-szeresére képes emelni, míg a K-trágyázás további 1–1,2 t/ha terméstöbblettel jár. Az összes föld feletti biomassza tömegét az együttes NPK-trágyázás megnégyszerezte ebben a kedvező évben és a maximális NPK-adagnál meghaladta a 11 t/ha-t. A szalma/szem, ill. az összes melléktermék/szem aránya tágult az NPK-kezelésekben, a műtrágya tehát jobban hatott a vegetatív tömegre, mint a generatív szemre. A búza is meghálálta az oldható PK-ellátottságnak kielégítő szintre emelését, a 150–200 mg/kg körüli AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ill. 100–150 mg/kg körüli AL-K<sub>2</sub>O jelenlétét a szántott rétegben, valamint a 150 kg/ha N-adag biztosítását hasonló körülmények között (2. táblázat).

2. táblázat. A műtrágyázás hatása a talaj szántott rétegének AL-oldható PK-készletére és az őszi búza termésére a kísérlet huszonegyedik évében (Duna–Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

A kezelés jele NPK (1)	Műtrágyázás (2)			AL-oldható* (3)		Légszáraz termés 1991. 08. 08-án (4)			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Szem (5)	Szalma (6)	Pelyva (7)	Összesen (8)
	[kg · ha <sup>-1</sup> · év <sup>-1</sup> ]			[mg/kg]		[t/ha]			
000	0	0	0	54	76	1.3	1.2	0.3	2.8
110	80	60	0	46	117	2.6	3.1	0.8	6.5
111	80	60	100	61	118	2.7	3.2	0.6	6.5
112	80	60	200	81	124	2.8	3.6	0.8	7.1
113	80	60	300	99	109	3.2	4.0	0.8	8.0
220	160	120	0	45	177	3.6	4.5	1.0	9.1
221	160	120	100	58	205	4.2	5.3	1.0	10.6
222	160	120	200	86	208	4.0	5.2	1.0	10.2
223	160	120	300	111	179	4.3	5.7	1.1	11.1
224	160	120	400	133	183	4.2	5.8	1.2	11.2
SzD <sub>5%</sub> (9)				14	52	0.4	1.0	0.2	1.3
Átlag (10)				77	150	3.3	4.2	0.9	8.3

A melléktermés/főtermés aránya 1.2 volt a 000, ill. 1.7 a kétszázhuszonegy kezelésben. Az első tizenkilenc évben a K-szintek 0, 40, 80, 120, 160 kg · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O-adagot jelentettek, a K-mérleg 120 és 160 kg · ha<sup>-1</sup> · év<sup>-1</sup> adagnál vált enyhén pozitívá.

\* Talajmintavétel 1990-ben. (11)

Table 2. Effect of mineral fertilisation on the AL-soluble PK content of the ploughed layer and on the yield of winter wheat in the 21st year of the experiment (Calcareous sandy soil, Órbottyán). (1) Treatment code, (2) Mineral fertilisation, kg/ha/year, (3) AL-soluble, (4) Air-dry yield on 8 Aug. 1991, (5) Grain, (6) Straw, (7) Husks, (8) Total, (9) LSD<sub>5%</sub>, (10) Mean, (11) The by-product/main product ratio was 1.2 in the 000 treatment and 1.7 in the 224 treatment. In the first 19 years the K levels were 0, 40, 80, 120, 160 kg/ha/year. The K balance became slightly positive at rates of 120 and 160 kg/ha/year. \*Soil sampling in 1990.

A trágyázás nyomán a búza elemtartalma változott, a hajtás bokrosodás végén összetételével jól jellemzi a tápláltsági állapotot. Az NP-kezelésekben megnőtt a N, a P és a Sr koncentrációja, valamint mérséklődött az Al beépülése. A K-trágyázás a K-felvétel serkentésén túl gátolta egyéb kationok, mint a Ca, a Mg, a Sr növénybe jutását. Míg a K-tartalom átlagosan egyharmadával nőtt a hajtásban, az egyéb kationok tartalma egyharmadával mérséklődött. Ennek eredményeképpen a K/Ca, K/Mg, K/Sr arányok közelítően kétszeresükre tágultak a növényi szövetekben. Mindez előnyös volt a búza számára (3. táblázat).

A K-trágyázás képes ellensúlyozni a talajok túlzottan karbonátos, sülevényes jellegét, a kielégítő K-ellátás hozzájárul az élettanilag kedvezőbb ionarányok létrejöttéhez. Így módosul a növény anyagcseréje, vízháztartása, egész biológiája. Ismert, hogy a K növeli, az antagonista Ca csökkenti a sejtek áteresztő képességét. A fiatal szövetek K-ban gazdagok, míg az elöregedő szövetekben a Ca halmozódik fel. A K növeli a vízfelvételt és aszály idején zárja a levél légzőnyílásait, csökkentve a párolgást. Hiánya her-



3. táblázat. A kezelések hatása az őszi búza elemtartalmára (Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán, 1991)

Kezelés NPK (1)	N	K	Ca	P	Mg	Al	Sr	Zn
	[%]					[mg/kg]		
	Légszáraz hajtás szárba induláskor április 30-án (2)							
000	1.55	1.96	0.50	0.23	0.12	55	17	11
110	2.30	1.73	0.42	0.29	0.12	31	22	11
111	2.20	2.49	0.39	0.29	0.10	20	17	12
112	2.33	2.42	0.31	0.28	0.10	18	15	10
113	2.16	2.54	0.28	0.29	0.09	13	14	11
220	2.84	1.73	0.45	0.34	0.14	14	30	14
221	2.66	2.58	0.40	0.31	0.11	14	23	15
222	2.64	2.30	0.42	0.33	0.12	19	23	14
223	2.58	2.62	0.34	0.33	0.09	13	18	13
224	2.62	2.78	0.36	0.33	0.10	13	18	15
SzD <sub>5%</sub> (3)	0.31	0.37	0.12	0.04	0.03	12	6	4
Átlag (4)	2.39	2.32	0.39	0.30	0.11	21	20	13
Kezelés NPK (1)	K	Na	Al	Mn	N	P	Na	Mn
	[%]	[mg/kg]			[%]	[mg/kg]		
	Szalmában augusztus 8-án (5)				Szemben augusztus 8-án (6)			
000	0.22	18	50	21	1.32	0.26	69	17
110	0.22	21	30	19	1.20	0.24	82	22
111	0.33	27	26	26	1.21	0.24	69	20
112	0.39	32	33	43	1.35	0.24	43	18
113	0.35	29	18	34	1.28	0.24	30	21
220	0.16	36	39	20	1.59	0.27	60	37
221	0.27	64	29	27	1.55	0.27	78	31
222	0.38	78	38	29	1.57	0.28	48	34
223	0.41	233	27	44	1.64	0.28	155	34
224	0.40	176	18	53	1.57	0.28	138	35
SzD <sub>5%</sub> (3)	0.10	17	22	12	0.18	0.04	90	6
Átlag (4)	0.31	71	31	32	1.43	0.26	77	27

Bokrosodáskor a K/Ca aránya 4-ről átlagosan 8-ra, a K/Mg aránya 14-ről 28-ra, a K/Sr aránya 800-ról 1800-ra nőtt a K-túlsúly nyomán. (7)

Table 3. Effect of the treatments on the element content of winter wheat (Calcareous sandy soil, Órbottyán, 1991). (1) Treatment, (2) Air-dry shoots at the shooting stage on 30 Apr., (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) In the straw on 8 Aug., (6) In the grain on 8 Aug., (7) At tillering the K/Ca ratio rose from 4 to 8, the K/Mg ratio from 14 to 28 and the K/Sr ratio from 800 to 1800 as the result of excessive K supplies.

vadást, elszáradást eredményez, csökken a növények tőrése a betegségekkel, szárazsággal, hideggel, kórokozókkal szemben. Romlik a minőség is, kevesebb cukor, olaj, keményítő vagy fehérje képződik, hisz gátolt a fotoszintézis, erősödik a növények légzése, a fehérjék lebomlása.

Az aratáskori szalmában is kimutatható a K-tartalom emelkedése és az Al csökkenése a K-trágyázás nyomán. A Ca-, Mg-, Sr-elemek felvételének gátlása ugyanakkor már nem volt kifejezett. Nőtt a Na és a Mn koncentrációja a javuló K-ellátással. A szemtermés emelkedett N-, P-, Mn-készleteket jelzett a nagyobb NP-szinteken, míg a Na tartalma a szalmához hasonlóan a bőségesebb K-trágyázással ugrásszerűen nőtt. A növényelemzés adatai azonban arra utalnak, hogy a termőhelyen az NK-trágyázás ellenére is N-ben és K-ban szegény állomány fejlődött. Szárba indulás elején a 3–4% közötti N- és K-tartalmakat tekintjük a „kielégítő” ellátottság jellemzőinek a hajtásban. Szalmában a kötöttebb, K-mal jól ellátott talajon a K 1% fölé emelkedik, a szemtermésben pedig a N 2% fölé humuszosabb, N-nel kielégítően ellátott termőhelyen (Kádár és Elek 1999, Kádár et al. 1984, 1999, Bergmann és Neubert 1976).

A 4. táblázatban bemutatjuk a búza szerveinek átlagos makro- és mikroelem-tartalmát, valamint a termésbe épült elemek mennyiségeit. A táblázat adataiból kiolvasható, hogy a szalma (mely részben a tartaléktápelemek tárolója és a luxusfelvétel szerve) elszegényedik N-, K-, P-, Mg-, Zn-elemekben. Utóbbiak a szemképződésben használnak fel. Dúsult viszont elsősorban Fe-, valamint Mn- és Al-fémekben. Amennyiben az aratás idején a szalma + szem termésébe épült elemek mennyiségeit vizsgáljuk, azt találjuk, hogy a szárba indulás elején vett hajtás már az aratáskori N-készlet 68%-át, a K 155%-át, a Ca 58%-át és a P 42%-át tartalmazta. A Mg, ill. a mikroelemek döntő

4. táblázat. Az őszi búza átlagos elemtartalma a légszár az anyagban és a felvett elemek mennyiségei (Duna–Tisza közti karbonátos homoktalaj, Orbottyán, 1991.)

Elem jele (1)	Mértékegység (2)	Hajtás (3)	Szalma (4)	Szem (5)	Mértékegység (2)	Hajtás (3)	Szalma (4)	Szem (5)
		Átlagos elemtartalom (6)				Átlagos felvétel (7)		
N	%	2.39	0.29	1.43	kg/ha	43	15	47
K	%	2.32	0.31	0.34	kg/ha	42	16	11
Ca	%	0.39	0.21	0.04	kg/ha	7	11	1
P	%	0.30	0.06	0.26	kg/ha	5	3	9
Mg	%	0.11	0.07	0.16	kg/ha	2	4	5
Fe	mg/kg	84	238	28	g/ha	151	1214	92
Na	mg/kg	42	71	77	g/ha	76	362	254
Mn	mg/kg	27	32	27	g/ha	49	163	89
Al	mg/kg	21	31	2	g/ha	38	158	7
Sr	mg/kg	20	18	2	g/ha	36	92	7
Zn	mg/kg	13	7	15	g/ha	23	36	50
Cu	mg/kg	5	11	2	g/ha	9	6	7
Sz.a. (8)	t/ha	1.8	5.1	3.3	t/ha	1.8	5.1	3.3

Az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés fajlagos elemfelvétele aratáskor: 19 kg N, 8 kg K, 3–4 kg Ca, Mg és P, valamint 396 g Fe, 187 g Na, 76 g Mn, 50 g Al, 30 g Sr, 26 g Zn, 4 g Cu. (9)

Table 4. Mean element contents of winter wheat in terms of dry matter, and the mean uptake of plant organs (Calcareous sandy soil, Orbottyán, 1991). (1) Element symbol, (2) Units, (3) Shoot, (4) Straw, (5) Grain, (6) Mean element content, (7) Mean uptake, (8) Dry matter, (9) Specific element uptake of 1 t grain + associated by-products at harvest: 19 kg N, 8 kg K, 3–4 kg each of Ca, Mg and P, 396 g Fe, 187 g Na, 76 g Mn, 50 g Al, 30 g Sr, 26 g Zn, 4 g Cu.

hányada viszont a szárba indulást követően akkumulálódott a szalmában és a szemben. Az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés fajlagos elemtartalma kísérletünkben az alábbiak adódott: 19 kg N, 8 kg K, 3–4 kg Ca, Mg és P, valamint 396 g Fe, 187 g Na, 76 g Mn, 50 g Al, 30 g Sr, 26 g Zn, 4 g Cu. Az adatok felhasználhatók a tervezett termés elemigényeinek becslése során.

## IRODALOM

- Bergmann, W.–Neubert, P.: 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Bergmann, W.: 1992. Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag, Jena–Stuttgart–New York.
- Csathó, P.: 1991. Evaluation of the model for AL-P correction on the data base of winter wheat field P-trials in Hungary between 1960-1990. XXIII. Georgikon Days. 2: 47–52. Keszthely.
- Csathó, P.: 1997. Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és a lucerna K-hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960–1990. Agrokémia és Talajtan. 46: 327–346.
- Csathó P.: 2003. Őszi búza P-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. Növénytermelés. 52: 679–701.
- Csathó P.: 2005. Őszi búza K-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisain. Növénytermelés. 54: 197–213.
- Cserhádi S.: 1901. Általános és különleges növénytermelés. II. köt. Magyar-Óvár. Czéh Sándor-féle Könyvnyomda.
- Cserhádi S.–Kosutány T.: 1887. A trágyázás alapelvei. Országos Gazdasági Egyesület Könyvkiadó. Budapest.
- Egnér, H.–Riehm, H.–Domingo, W. R.: 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K-Lantbr. Högsk. Ann. 26: 199–215.
- Elek, É.–Kádár, I.: 1980. Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK. Budapest.
- Finck, A.: 1982. Fertilizers and Fertilization. Verlag Chemie. Deerfield Beach, Florida, Basel.
- Geisler, G.: 1988. Pflanzenbau. Verlag Paul Parey. Berlin und Hamburg. 358.
- Grábner E.: 1948. Szántóföldi növénytermesztés. Harmadik átdolgozott és bővített kiadás. „Pátria“ Irodalmi Vállalat és Nyomdaipari Rt. Budapest.
- Kádár I.–Lásztity B.: 1979. Őszi búza tápanyagfelvételének tanulmányozása szabadföldi kísérletben. Agro-kémia és Talajtan. 28: 451–472.
- Kádár I.–Lásztity B.: 1981. Az őszi búza tápelemarányainak változása a tenyészidő folyamán. Agro-kémia és Talajtan. 30: 291–306.
- Kádár I.–Csathó P.–Sarkadi J.: 1984. A szuperfoszfát tartamhatásának vizsgálata őszi búza monokultúrában. I. Talajvizsgálati és szemtermés eredmények. Agro-kémia és Talajtan. 33: 375–390.
- Kádár, I.–Sarkadi, J.–Thamm, B.: 1985. Some factors influencing the fertilizer requirement of winter wheat. Agro-kémia és Talajtan. 34: 95–103.
- Kádár I.: 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agro-kémiai Kutatóintézete. Budapest. 356.
- Kádár I.–Kazó, B.–Bártfai T.–né–Zilahy P.: 1999. A búza (*Triticum aestivum* L.) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. II. Növénytermelés. 48: 523–524.
- Kádár I.–Elek É.: 1999. A búza (*Triticum aestivum* L.) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. I. Növénytermelés. 48: 311–322.
- Kádár I.–Daood, H.: 2001. Mikroelem-terhelés hatása a búzára mézlepédékes vályog csernozjom talajon. Agro-kémia és Talajtan. 50: 353–370.
- Kádár I.–Márton L.: 2005. Búza műtrágyázása a mezőföldi OMTK kísérletben 1968–2004 között. Növénytermelés. 54: 111–122.
- Kádár I.: 2006. Az NPK-műtrágyázás és a fungiciddel történő kezelések közötti kölcsönhatások őszi búzában. Növénytermelés. 55: 323–333.
- Kádár I.: 2007. Műtrágyázás hatása a sáfrányos szeklice (*Carthamus tinctorius* L.) elemfelvételére. Agro-kémia és Talajtan. 56: 61–72.

- Kjeldahl, J.*: 1891. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Zeitschr. f. analyt. Chemie. 22: 366–382.
- Kozák M.–Szemes I.*: 1984. Összefüggések a lucerna tápanyagellátottsága, szénahozama és a karbonátos homoktalajok tulajdonságai között. Agrokémia és Talajtan. 33: 245–252.
- Kozák M.*: 1977. A kálium-műtrágyázás hatása a búza, kukorica és takarmányborsó termésére és tápanyagtartalmára. Agrokémia és Talajtan. 26: 363–378.
- Láng G.*: 1976. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Lászlóty, B.–Kádár, I.–Elek, É.*: 1981. Műtrágyázás hatása az őszi búza tápelemfelvételére barna erdőtalajon. Agrokémia és Talajtan. 30: 25–36.
- Loch J.–Nosticzius Á.*: 1983. Alkalmazott kémia. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Mengel K.*: 1976. A növények táplálkozása és anyagcseréje. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Németh T.*: 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest.
- Prjanisnyikov, D. N.*: 1931. Csasztnoe zemledelije. In: Izbrannüe szocsinenija. Tom. vtoroj. Izdatel'sztvo „Kolosz”. Moszkva. 1965.
- Sarkadi J.*: 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Sz. Nagy, Gy.–Kádár, I.*: 1991. Összefüggés a búza tápanyagellátottsága, növekedése és helmintospóriumos fertőzöttsége között. Növényvédelem. 27: 521–527.
- Tisdale, S. L.–Nelson, W. L.*: 1966. A talaj termékenysége és a trágyázás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Várallyay Gy.*: 1950. A műtrágyázást irányító kísérletek és vizsgálatok. Agrokémia. 2: 287–302.
- Várallyay Gy.*: 1954. Az egyszerű talajvizsgálatoktól az üzemi talajtérképezésig. Agrokémia és Talajtan. 3: 289–298.

Érkezett: 2007. 11. 11.

A szerző levélcíme – Address of the author:

Dr. Kádár Imre  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete  
Budapest  
Herman O. u. 15.  
H-1022

## **Összefüggések a reciprok keresztezésű kukorica hibridek (*Zea mays* L.) vetőmag-életereje és termésparamétereinek között**

BERZY TAMÁS–HEGYI ZSUZSA–PINTÉR JÁNOS  
MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet,  
Martonvásár

### **Összefoglalás**

A genetikailag sebezhetőbb, érzékenyebb anyavonalat tartalmazó keresztezések a tárolási idő függvényében drasztikusabb vigorleromlást jelentettek, még ha a csírázóképeség nem is változott ilyen arányban. A H 26 törzs gyengébb életereje, kisebb csíratömege és csírahossza nagyobb fokú környezetstressz-érzékenységet jelent, mely érzékenység környezettől függően juthat kifejezésre a tőszám és a szemtermés-eredményekben. Négyéves vetőmagtárolás és magbiológiai értékcsökkenés folytán emelhetjük ki a toleránsabb anyavonalon (H 05, H 22) előállított hibridek fölényét a *Hunor*, a *Galga*, az *Mv 290*, a *Maraton* hibridek esetében. Egyúttal felhívjuk a figyelmet a H 26, az AM 07, az L 147 törzsek stresszérzékenységére.

Megállapítjuk, hogy a magbiológiai kevésbé életerős anyai keresztezések a vetőmagtárolás folyamán jelentkező minőségcsökkenést – a gyengébb kelés és tőszám következtében – a szemtermés-eredményekben is prolongálják. A csíranövény jellemzői közül elsősorban a vigorosság a meghatározó. A vigorosság és a szemtermés közötti kapcsolatot ( $r^2 = 0,498$ ) a környezeti hatás még módosíthatja.

**Kulcsszavak:** vetőmagvigor, környezeti stressz, reciprok keresztezés

## **Correlations between the seed vigour and yield components of the reciprocal crosses of maize (*Zea mays* L.) hybrids**

T. BERZY–ZS. HEGYI–J. PINTÉR  
Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences,  
Martonvásár

### **Summary**

Crosses developed using genetically more vulnerable female lines exhibited a drastic reduction in vigour as a function of the storage period, even though the germination ability did not decrease to such a great extent. The poorer vigour and lower seedling mass and length of line H 26 indicated greater sensitivity to environmental stress, which was expressed in the plant density and grain yield to varying extents, depending on the given environment. After four years of storage there was a considerable loss of seed biological value, but hybrids developed on more tolerant female lines (H 05, H 22), such as *Hunor*, *Galga*, *Mv 290* and *Maraton*, gave relatively good results compared with those developed on stress-sensitive lines, such as H 26, AM 07 and L 147.

It was concluded that the quality reduction observed during seed storage in crosses involving less vigorous female lines was reflected in the grain yield, due to the poorer emergence and plant density. Seed vigour proved to be the most decisive of the seedling characteristics, but the correlation between seed vigour and grain yield ( $r^2 = 0.498$ ) may be modified by environmental effects.

**Key words:** seed vigour, environmental stress, reciprocal crosses

## Bevezetés

A fajtára jellemző genetikailag determinált tulajdonságok érvényre jutása csak nagy életerejű vetőmagokból kifejlődött növényállománnyal érhető el. Nagyon fontos feladat a vetőmag-előállítás, -feldolgozás során a növényeket ért stresszhatás, valamint a végtermék vetőmag-vigorossága közötti kapcsolat (Berzy 1994) tanulmányozása. Az életerőt jellemző paraméterek közül (nagy vigorú csíranövények, early vigor, csíratömeg, csírahossz) vajon melyek vannak szorosabb összefüggésben a csírázással, a szántóföldi keléssel. A vetőmag életerejét, csírázási erélyét többben is összefüggésbe hozzák a csíranövény hosszával (Burris 1977, Catizone és Lovato 1987, Teixeira et al. 2004). Nagy a jelentősége annak, hogy a megtermelés évében (gondos betakarítást és feldolgozást követően) kapott vetőmag minőségi paraméterei hogyan változnak a tárolási idő függvényében. A mag öregedése a tárolási idő és körülmények mellett a genetikai összetétel szerint is változhat. A két- és háromvonalas kukoricahibridek milyen anyai és apai vonalat tartalmazó kombinációk keresztezési sorrendjében (Espinosa-Calderon et al. 2004) érhetik el elsősorban a szántóföldi kelés és a kiegyenlített vegetatív állomány következtében a fajtára vonatkozó maximális terméspotenciált? Természetesen a generatív szakaszban (a virágzáskor és azt követő etapokban) a külső stresszek – mechanikai, hő- és szárazságstressz (Berzy 1994) – még csökkenthetik a képződött termés (vetőmag) mennyiségi és minőségi paramétereit, de a növényállomány sűrűségét (tőszám) döntően már nem befolyásolják.

Egyes szülőtörzsek kiváló fizikai magvigort eredményeznek az utódnemzedékekben (Berzy et al. 2005), kétvonalas hibridekben anyai genotípusként használva. E jelenség arra utal, hogy a mag minősége szempontjából a genetikai determináció és az agro-ökológiai tényező mellett a keresztezési partner anyai hatása is jelentős szerephez juthat.

A reciprok keresztezésű növények fenotípusos jellemzői (növény- és csőmagasság, levélszám, levélhossz, levélszélesség, címerelágazások) mellett számunkra a szemtömeg, a soronkénti szemszám és a többnyire genetikailag determinált szemsorszám (Hegyvi 2003) lehet az, amelynek döntő fontosság van egy teljesítőképességi kísérletben.

Szundy (1981) fitotroni körülmények között végzett kísérletei szerint a hidegtűrés szorosan összefügg a hibridek heterozigótasági szintjével. A hidegérzékeny csemegekukorica-törzsek vigorosságát és normál körülmények közötti csírázóképeségét vizsgálta George et al. (2004) és összefüggést mutatott ki ( $r^2 = 0,62$ ) a tesztek között. Az alternatív vigortesztek előnyét emeli ki Ilbi et al. (2004) a szántóföldi kelés pontosabb előrejelzése végett.

A vetőmag (csíranövény) hidegtűrése és a termésparaméterek közötti összefüggéseket eddig nem sokan (Berzy et al. 2005) vizsgálták. Arra az ismert tényre, hogy a világ kukoricanevelésének felfutásában mérföldkövet játszó vonalak (A 632, B73, 165, Mo 17) stresszérzékenysége eltérő, már többben is felhívták a figyelmet (Burris 1977, Barla-Szabó et al. 1990). A kukoricanevelésben elengedhetetlen fontos annak az ismerete, hogy egy hibridet milyen keresztezési kombinációban állítsunk elő – a vetőmag mennyisége mellett – elsősorban a minőségi szempontokat döntően kiemelve. Kísérletünket a fenti célból vezérelve állítottuk be több helyszínen.

### Anyag és módszer

A kísérletek vizsgálati anyagát 2005-ben tizenkét hibrid (*Lima, Káma, Mv 343 Somacorn, Hunor, Mv 342, Galga, Mv 290, Maraton, Szamos, Mv exp 42 és Dáma*) képezte. Az egyenes és reciprok keresztezésekből származó hibridek három évig tárolt vetőmagtételleivel állítottuk be a termőképesség meghatározására irányuló és a vetőmag biológiai értékének vizsgálatán alapuló kísérleteinket. A hibridek egy kivételével (*Mv exp 42*) államilag minősítettek voltak. A keresztezések összetételeinél kódolt törzsneveket használtunk.

#### Laboratóriumi kísérlet

Az elő- és alaptisztított vetőmagokból a legjobb frakciókat kiválogatva elvégeztük a szabvány (MSZ 6354–98) szerinti csíráztatást. A csírázó közeg szolnoki kreppelt szűrőpapír volt, a papír egy grammja 1,6–1,7 g vizet tartalmazott, a papír nedvességét háztartási centrifugával állítottuk be. Nedves szűrőpapírra ötven darab magot helyeztünk lerakó sablonnal, egy másik papírlappal befedve, felgöngyölve „roll” állapotban. Két-szer négy tekercset helyeztünk el függőleges helyzetben nejlonzacskóba. A csíráztatást hét napig 25 °C-on 75% (RH) páratartalmú 200  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  nappali fényerősségű Fito-Klima 0400 típusú klímakamrában végeztük.

A komplex stresszeléses vigortesztet (CSVT) mint a vetőmag ISTA által is engedélyezett „életerő”-vizsgálatát, vagyis a környezeti stresszviszonyok imitálásával a vetőmag biológiai értékét egyik legjobban megközelítő vetőmagvizsgálatot alkalmaztuk kísérletünkben (*Barla-Szabó és Berzy 1989*). A vizsgálat első kilencvenhat órájában olyan stressztényezőket imitáltunk, amelyek egy hűvös, csapadékos tavaszi vetést feltételezve a természetben is előfordulhatnak, ezáltal többoldalú igénybevételt jelentenek a csíranövény számára. A stresszeléses szakaszt kilencvenhat óra, 25 °C-on végzett pozícionált csíráztatás követte. A kifejlődött ép csíranövényeket a hajtás hosszúsága szerint nagy- és kisvigorú csoportokba, valamint a szabvány szerinti abnormális és nem csíráképes csoportokba osztottuk. A vizsgálatot követően a nagyvigorú csíranövényeket huszonnégy óráig tovább csíráztattuk, majd a scutellum felett a csíranövényt szikével lemetszve elvégeztük az ötnapos csírahosszúság-, valamint a frisscsíratömeg-méréseket (OHAUS, automata mérőműszer).

#### Szántóföldi vizsgálatok

A kísérletet két termőhelyen: a mezőkövesdi Klementina Kft. réti talaján, valamint az előző évekhez hasonlóan a martonvásári lászlópusztai kísérleti tenyészkerthben (*Berzy et al. 2005*) állítottuk be 2005–2006-ban. A mezőkövesdi talaj jellemzői a következők:

Fizikai féleség: agyagos vályog, erősen savanyú pH-értékkel (4,49) és jó szervesanyag-tartalommal (3,43%). A mésztartalom nélküli talaj  $\text{P}_2\text{O}_5 = 38$  ppm; valamint  $\text{K}_2\text{O} = 209$  tartalommal rendelkezett, amely tények gyenge foszfor- és jó káliumellátottságról tesznek tanúságot. Az őszi 400 kg NPK kijuttatását követően a tavaszi magágykészítéskor 120 kg/ha nitrogén-műtrágyát juttattunk ki, majd a csávázott (fludioxonil fungicid és bifentrin inszekticid) vetőmagokat szemenkénti, Wintersteiger típusú parcellavetőgéppel vetettük el (Mezőkövesden IV. 15-én, Martonvásáron IV. 25-én). A

kísérlet véletlenszerű blokkelrendezésű volt négy ismétléssel,  $5,6 \times 0,75$  m parcellamérettel, parcellánként hetven növényel. A gyomtalanítás kultivátorral és kézi kapálással történt. A mezőkövesdi tenyészkert öntözetlen, míg a martonvásári öntözött volt ( $2 \times 30$  mm vízmennyiség virágzás idején). Június első hetében felvételeztük a kikelt növényeket.

Az őszi betakarítást kézzel végeztük Martonvásáron IX. 8-án. A betakarítás előtt a szemnedvesség-tartalom meghatározását elektromos kézi laborműszerrel (Grainer, Japan) végeztük, a szemterméseket májusi morzsoltra egységesen átszámoltuk. Az őszi esőzések és a gépi betakarítás miatt Mezőkövesden csak X. 5-én tudtuk betakarítani a parcellák termését párhuzamos szemnedvességtartalom-méréssel. A kísérletek értékelését hibridenként egytényezős varianciaanalízissel végeztük (Sváb 1981).

2006-ban a kísérlet hibridkombinációinak összetétele változott. Az Mv Exp 42, valamint a Dáma hibrideket vetőmaghiány miatt kihagytuk és helyettük a bejelentés előtt álló Mv 4113 és az Mv exp 84 hibridet szerepeltettük. Az előző évben szerepeltetett hibridek tárolási ideje egy évvel lett hosszabb.

A vetéseket április utolsó hetében (Mezőkövesd IV. 24, Martonvásár IV. 29) végeztük el az előző évvel megegyező talaj-előkészítést követően és parcellaméretekkel. A keléseket június első felében vételeztük fel, majd az őszi betakarítás előtt vizsgáltuk a növények egészségügyi állapotát. Ez utóbbi vizsgálatot a golyvás és rostos üszögfertőzés, a molykárosítás, a gyökérdőlés és a szárdőlés parcellánkénti felvételezése jelentette. A betakarításokat Martonvásáron ismételten kézzel (IX. 14–15.), míg Mezőkövesden géppel (X. 5–6.) végeztük. Az eredmények kiértékelése megegyezett az előző évvel.

### Eredmények és értékelés

Az első kísérleti évben (2005. év) a kísérleti helyszínek közül csak a mezőkövesdi tenyészkertben tapasztaltunk szignifikáns szemtermés-különbségeket a *Lima*, az *Mv 290* és az *Mv Exp 242* hibridek reciprok keresztezéseinek esetében (2. táblázat). Ezen eredmények akkor tűnnek értékesebbnek, ha figyelembe vesszük, hogy a kezdeti fejlődés (kelések) optimális körülményei után a vegetációs időben mesterséges öntözés nem történt, ellentétben a martonvásári helyszínnel. Részletes eredmények hibridenként a következők:

A *Lima* hibridet alkotó GL 62  $\times$  H 541 keresztezési kombináció magbiológiai jellemzői felemásak. A kissé gyengébb csírázóképeség és vetőmagvigor (1. táblázat) rövidebb csírahosszú, de a mag szárazanyag-tartalmát alapul véve nagyobb csíratömeget eredményezett az első évben. A mezőkövesdi optimális kelési viszonyok (vetést követő jelentős csapadék és meleg) következtében a csíranövények genetikai hidegtűrésének nem volt jelentősége és ez nem is korlátozta a megfelelő növényállomány kifejlődését. A GL 62 nagyobb egyedi szemtermés-produkciója (2. táblázat) ezért a hidegérzékenység ellenére is kifejezésre jutott. Az *Mv 290* hibrid anyai H 05 törzse az előző évekhez hasonló eredményeket (Berzy et al. 2005) produkált. A sokkal ellenállóbb és vigorosabb vetőmag (1. táblázat) valamennyi csíranövény vizsgálati paraméterében (csírahossz, tömeg, nagyvigorú növények aránya) meghaladta a H 26 anyai keresztezési kombinációk laboreredményeit. A csíranövényekből kifejlődött növényállomány jelentős tőszám-fölénye a szemtermésben is megmutatkozott. Az *Mv exp 42* hibrid esetében az *Mv 290*-



1. táblázat. *Eltérő szülőtorzseken előállított kukoricahibridek vetőmag-biológiai értéke*  
(Martonvásár, 2005–2006.)

Hibrid (1)	Keresztezés (2)	Csírázási % (3)		Nagyvigorú csíranövény % (4)		Ötnapos csíra- növény tömege [mg] (5)		Ötnapos csíra- növény hossza [mm] (6)	
		2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Lima	H 541 × GL 62	99	98	<b>79*</b>	<b>75*</b>	190	180	44	47
	GL 62 × H 541 SzD <sub>1%</sub> (8)	94	93	53 27.6	29 31.4	240	130	32	37
Káma	H 05 × GL 62	98	97	<b>81**</b>	<b>77**</b>	<b>180</b>	<b>150*</b>	<b>41*</b>	<b>42</b>
	GL 62 × H 05 SzD <sub>1%</sub> (8)	95	90	45 31.4	18 35.2	130	85 62	12	32 27.7
Mv 343	H 29 × H 43	98	94	84	77	280	290	61	62
	H 43 × H 29	96	97	78	85	270	270	63	51
Somacorn	H 47 × H 29	95	93	71	72	195	200	43	50
	H 29 × H 47	93	91	60	58	203	201	51	60
Hunor	H 22 × H 29	<b>95</b>	<b>97*</b>	<b>78***</b>	<b>71***</b>	<b>195***</b>	<b>190***</b>	<b>42**</b>	<b>56***</b>
	H 29 × H 22	89	81	12	0	45	30	16	10
	SzD <sub>1%</sub> (8) SzD <sub>0.1%</sub> (9)		10.4	29.7	31.1	95	154	27.7	32.6
Mv 342	H 41 × H 22	99	94	85	84	215	210	39	64
	H 22 × H 41	99	95	84	83	220	180	53	51
Galga	H 05 × L 147	97	88	<b>65</b>	<b>60*</b>	<b>155</b>	<b>140**</b>	43	34
	L 147 × H 05	92	90	54	40	130	40	25	11
	SzD <sub>5%</sub> (7) SzD <sub>1%</sub> (8)				13.6		79		
Maraton	H 05 × AM 07	<b>97</b>	<b>97*</b>	<b>79</b>	<b>81**</b>	<b>195</b>	<b>220***</b>	<b>48**</b>	<b>72***</b>
	AM 07 × H 05	92	88	61	44	103	60	13	15
	SzD <sub>5%</sub> (7) SzD <sub>1%</sub> (8) SzD <sub>0.1%</sub> (9)		6.8		29.2		154		35.7
Szamos	H 40 × H 29	97	97	62	29	210	260	28	58
	H 29 × H 40	99	95	70	62	240	180	36	62
Mv 290	H 05 × H 26	95	92	<b>85***</b>	<b>81***</b>	195	190	<b>50*</b>	<b>55</b>
	H 26 × H 05	90	90	13	10	85	120	12	27
	SzD <sub>1%</sub> (8) SzD <sub>0.1%</sub> (9)			29.6	34.4	82	78		32.3
Mv Exp 42	H 25 × H 26	91	–	<b>65*</b>	–	165	–	32	–
	H 26 × H 25 SzD <sub>1%</sub> (8)	96	–	19 25.7	–	110	–	21	–
Dáma	H 25 × H 19	98	–	90	–	183	–	53	–
	H 19 × H 25	92	–	80	–	147	–	32	–
Mv Exp 84	H 22 × H 47		97		87		260		75
	H 47 × H 29		94		74		260		37
Mv 4113	H 47 × H 25		94		74		<b>230*</b>		46
	H 25 × H 47		95		75		160		35
	SzD <sub>1%</sub> (8)						67.2		

Table 1. Biological value of the seed produced by maize hybrids developed on different female lines (Martonvásár, 2005–2006). (1) Hybrid, (2) Cross, (3) Germination %, (4) Seedlings with high vigour, %, (5) 5-day-old seedling mass, mg, (6) 5-day-old seedling length, mm, (7) LSD<sub>5%</sub>, (8) LSD<sub>1%</sub>, (9) LSD<sub>0.1%</sub>, \*, \*\*, \*\*\*: Significant at the P=0.05, P=0.01 and P=0.001 levels of probability.

2. táblázat. *Eltérő szülő törzseken előállított kukorica hibridek szemtermése és terméssparaméterei (Matonvásár–Mezőkövesd, 2005.)*

Hibrid (1)	Keresztezés (2)	Matonvásár				Mezőkövesd			
		Májusi morzsolt szem- termés [kg/par- cella] (3)	Betakári táskori szemned- vesség- tart. [%] (4)	Tőszám [db] (5)	Egyedi produk- ció [g] (6)	Májusi morzsolt szem- termés [kg/par- cella] (3)	Betakári táskori szemned- vesség- tart. [%] (4)	Tőszám [db] (5)	Egyedi produk- ció [g] (6)
Lima	H 541 × GL 62	17.39	25.98	228	76	9.86	22.25	250	39
	GL 62 × H 541 SzD <sub>5%</sub> (7)	17.07	25.96	222	76	<b>11.38*</b> 1.51	22.45	244	<b>46</b>
Káma	H 05 × GL 62	19.73	28.41	230	85	13.21	25.87	267	49
	GL 62 × H 05 SzD <sub>5%</sub> (7)	19.75	<b>30.8*</b> 1.78	219	90	12.48	26.85	251	50
Mv 343	H 29 × H 43	15.78	24.78	217	72	11.79	20.87	263	44
	H 43 × H 29 SzD <sub>5%</sub> (7)	13.67 ns	24.5	208	65 ns	11.07	20.52	250	44
Somacom	H 47 × H 29	14.98	24.83	221	67	10.32	21.75	251	41
	H 29 × H 47	14.39	25.97	210	68	10.97	21.62	239	46
Hunor	H 22 × H 29	<b>14.05</b>	25.13	<b>219</b>	64	<b>11.75</b>	21.77	<b>249*</b>	47
	H 29 × H 22 SzD <sub>5%</sub> (7)	12.82 ns	25.15	205	62	10.81 ns	21.85	229 18.7	47
Mv 342	H 41 × H 22	16.36	25.15	228	71	11.32	20.47	265	42
	H 22 × H 41	15.86	25.72	222	71	10.66	20.85	248	43
Galga	H 05 × L 147	16.76	27.48	<b>217</b>	77	10.78	22.85	235	45
	L 147 × H 05	16.59	27.22	209	79	12.25	21.02	249	49
Mv 290	H 05 × H 26	14.78	25.48	215	68	<b>11.92*</b>	20.55	<b>253*</b>	47
	H 26 × H 05 SzD <sub>5%</sub> (7)	14.92	25.58	213	70	9.58 1.97	21.77	221 19.5	43
Maraton	H 05 × AM 07	17.58	26.78	<b>216</b>	81	11.98	22.05	240	50
	AM 07 × H 05	16.24	27.18	207	78	12.16	22.15	229	53
Szamos	H 40 × H 29	14.58	25.36	219	66	11.25	19.92	261	43
	H 29 × H 40	14.17	25.06	219	64	11.08	20.34	259	43
Mv Exp 42	H 25 × H 26	13.58	24.95	<b>225</b>	60	<b>11.05*</b>	19.85	241	46
	H 26 × H 25 SzD <sub>5%</sub> (7)	12.84	24.9	214	60	8.95 1.84	21.02	235	40
Dáma	H 25 × H 19	13.37	24.43	206	65	9.25	19.55	227	41
	H 19 × H 25	13.63	25.46	204	67	8.99	19.82	235	38

Table 2. Grain yield and yield components of maize hybrids developed on different female lines (Matonvásár, Mezőkövesd, 2005). (1) Hybrid, (2) Cross, (3) Grain yield, kg/plot, (4) Grain moisture content, %, (5) Emergence, plants/plot, (6) Yield/plant, g, (7) LSD<sub>5%</sub>, \*: Significant at the P=0.05 levels of probability.

hez hasonlóan a H 26 törzs gyengébb vigorértékei, kisebb csíratömege és csírahossza nagyobb fokú környezetstressz-érzékenységet jelent. Ez az érzékenység a kiváló magbiológiai értéket sejtető csírázóképeség ellenére is kifejezésre jutott a kisebb tőszám (2. táblázat), a szemtermés és az egyedi szemtermés-produkció adatait szemlélve.

A martonvásári helyszínen – ha tapasztaltunk is különbséget a reciprok kombinációk szemtermésében (*Hunor*; *Mv 343*, *Maraton*) – a kísérleti hiba miatt az nem volt szignifikáns. A mezőkövesdihez képest későbbi vetés a kiszáradó talajban nem tette lehetővé a genetikailag hidegtoleránsabb genotípusok fölényének kibontakozását. A tőszámok valamennyi hibrid esetében gyengébb kelési %-ról tettek tanúságot. A tenyészkert hibridjeinek szeptember 15-i betakarításánál egyedül a H 05 törzs (anyai kombináció) jobb vízleadó képességét emelhetjük ki a későbbi tenyészidejű GL 62 beltenyészített vonalon előállított keresztezéshez képest.

A 2006. évi eredményeket alapul véve a következő változásokról számolhatunk be. A tárolás folyamán jelentkező csíraleromlás magbiológiai értékcsökkenéseket is indukált az előző évihez képest. A genetikailag sebezhetőbb, érzékenyebb anyai kombinációk drasztikusabb vigorleromlást jelentettek (*1. táblázat*), ha a csírázóképeség nem is változott ilyen arányban. A szemtermésekben is megmutatkozott ez a magbiológiai értékcsökkenés mindkét kísérleti helyszínen. A martonvásári helyszínen a kedvezőbb ökológiai feltételeknek köszönhetően jóval nagyobb parcellánkénti terméseket értünk el, mint a kukorica szempontjából nem túl optimális időjárású Mezőkövesden. A keresztezések terméskülönbségei (*3. táblázat*) ezért jóval markánsabbak voltak Martonvásáron.

A toleránsabb beltenyészített anyavonalon előállított hibridek fölényét emelhetjük ki mindkét kísérleti helyszínen a reciprok keresztezési kombinációk szemterméseredményeit szemlélve, elsősorban a *Hunor*; a *Galga*, az *Mv 290* és a *Maraton* hibridek (*3. táblázat*) esetében. A szignifikáns terméskülönbségek a nagyobb magvigorú és jobban tárolható H 05 és H 22 beltenyészített törzseknek (*1. táblázat*) tulajdoníthatóak. Ezek a kukoricavonalak jobb maghøjellenálló képességük következtében a magasabb mesterséges szárítási hőmérsékletet is jobban elviselik (*Berzy et al.* 2003) és tolerálják a tárolási időt, – ellentétben a fokozott érzékenyséű és magvigort gyorsan veszítő AM 07, L 147, H 26 törzsekkel. Az AM 07 és H 26 anyai vonalakon előállított keresztezési kombinációk növénymagassága szemmel láthatóan is 15–20 cm-rel alacsonyabb növényeket produkált a reciprok forma növényeivel szemben.

A 2005-ben még jól szereplő és nagyobb csíratömegű GL 62 beltenyészített törzs a tárolás függvényében nemcsak vigorosságából, de csíratömegéből (*1. táblázat*) is jelentősen veszített a következő évben – a *KÁMA* leafy silóhibrid anyai összetevőjeként. A leromlott magminőségi mutatók eredményeként jelentősen nőtt a tőszámkülönbség a reciprok kombinációk között, amely tény Martonvásáron szignifikáns terméskülönbséget jelentett. A jóval kisebb termésátlagú mezőkövesdi helyszínen a gyengébb kelést még kompenzálta egy megnövekedett egyedi szemtermésprodukción, de ezek a természintek még a felét sem érték el az előző évinek. A GL 62 anyai vonalat szintén tartalmazó *LIMA* hibridnél hasonló, de a mérsékelt magminőségi értékcsökkenés következtében enyhébb a szemterméskülönbség, míg a jóval korábbi tenyészidő (H 26) a gyorsabb vízleadásban is megmutatkozik (*3. táblázat*).

A H 29 törzs az előző évekhez hasonlóan (*Berzy et al.* 2005) felemás eredményeket mutat. Egyes kombinációkban (*Hunor*; *Mv 343*) meghatározó a vetőmag stresszérzékenysége, míg a *Somacorn* és a *Szamos* hibridek anyai keresztezései a termésekben nem mutatnak ilyen egyértelmű érzékenységet. Megállapítjuk, hogy a magbiológiai érzé-

3. táblázat. Eltérő szülőtörzseken előállított kukoricahibridek szemtermése és termésparaméterei (Martonvásár–Mezőkövesd, 2006.)

Hibrid (1)	Keresztezés (2)	Martonvásár				Martonvásár			
		Májusi morzsolt szem- termés [kg/par- cella] (3)	Betakári táskori szemned- vesség- tart. [%] (4)	Tőszám [db] (5)	Egyedi produk- ció [g] (6)	Májusi morzsolt szem- termés [kg/par- cella] (3)	Betakári táskori szemned- vesség- tart. [%] (4)	Tőszám [db] (5)	Egyedi produk- ció [g] (6)
Lima	H 541 × GL 62	<b>14.8**</b>	30.37	<b>226*</b>	65	5.18	17.55	223*	23
	GL 62 × H 541	12.95	31.12	194	66	5.22	18.65	199	26
	SzD <sub>1%</sub> (8) SzD <sub>5%</sub> (7)	1.56		19.2				18.4	
Káma	H 05 × GL 62	<b>16.1**</b>	32.5	<b>219**</b>	73	4.02	23.37	223**	18
	GL 62 × H 541	12.63	32	174	72	4.48	23.4	171	26
	SzD <sub>1%</sub> (8)	2.38		34.3				36.7	
Mv 343	H 29 × H 43	12.41	29.87	203		5.21	17.47	214	24
	H 43 × H 29	<b>14.29 ns</b>	29.15	<b>226*</b>	61	5.88	17.6	228	25
	SzD <sub>5%</sub> (7)	ns		22.4	63				
Somacorn	H 47 × H 29	13.19	31.6	211	62	6.98	16.32	229	30
	H 29 × H 47	14.4	30.75	201	71	7.71	16.55	224	34
Mv Exp84	H 22 × H 47	14.71	32.62	220	66	6.48	18.62	231	28
	H 47 × H 22	14.39	31.75	206	69	6.84	18.67	226	30
Hunor	H 22 × H 29	<b>13.84***</b>	30.62	<b>216***</b>	64	<b>7.48*</b>	15.75	<b>227***</b>	32
	H 29 × H 22	8.33	31.07	94	88	5.97	16.03	140	42
	SzD <sub>5%</sub> (7)					1.47			
	SzD <sub>0.1%</sub> (9)	4.44		57				52.2	
Mv 342	H 41 × H 22	13.42	31.62	208	64	6.09	14.27	229	26
	H 22 × H 41	12.83	32.53	217	59	5.71	14.72	222	26
Mv 4113	H 47 × H 25	14.39	30	226		5.83	18.17	228	25
	H 25 × H 47	14.55	29.62	218		6.67	17.83	231	28
Gamma	H 05 × L 147	<b>12.96*</b>	32.51	<b>203*</b>	63	5.48	16.93	207	26
	L 147 × H 05	11.15	33.62	173	64	4.54	17.3	191	24
	SzD <sub>5%</sub> (7)	1.73		23.2					
Mv 290	H 05 × H 26	<b>13.44***</b>	29.25	<b>215***</b>	62	<b>6.42*</b>	17.42	<b>217***</b>	29
	H 26 × H 05	8.58	31.1	101	84	5.22	18.45	158	33
	SzD <sub>5%</sub> (7)					1.2			
	SzD <sub>0.1%</sub> (9)	2.92		52.5				47.4	
Maraton	H 05 × AM 07	<b>12.62**</b>	31.5	<b>182**</b>	69	<b>6.32*</b>	18.65	<b>203**</b>	31
	AM 07 × H 05	8.46	34.12	107	79	3.63	19.02	115	32
	SzD <sub>5%</sub> (7)					2.21			
	SzD <sub>1%</sub> (8) SzD <sub>0.1%</sub> (9)	3.26		57.5				51.4	
Szamos	H 40 × H 29	13.39	30	205	65	<b>7.04 ns</b>	15.67	217	32
	H 29 × H 40	13.32	30	215	61	5.43	15.87	225	24

Table 3. Grain yield and yield parameters of maize hybrids developed on different female lines (Martonvásár, Mezőkövesd, 2006). (1) Hybrid, (2) Cross, (3) Grain yield, kg/plot, (4) Grain moisture content, %, (5) Emergence, plants/plot, (6) Yield/plant, g, (7) LSD<sub>5%</sub>, (8) LSD<sub>1%</sub>, (9) LSD<sub>0.1%</sub>, \*, \*\*, \*\*\*: Significant at the P=0.05, P=0.01 and P=0.001 levels of probability.

keny (kevésbé életerős) anyai keresztezések a vetőmagtárolás folyamán jelentkező minőségcsökkenést a szemtermés-eredményekben is prolongálják. A csíranövény jellemzői (hossz, tömeg, vigorosság) közül elsősorban a vigorosság a meghatározó. A vigorosság és a szemtermések közötti legszorosabb korreláció egyedül a 2006. évi martonvásári helyszínen volt tapasztalható ( $r^2 = 0,498$ ),  $Y'' = -58,155 + 3,12 X$  regressziós egyenlettel kifejezve, ahol Y a szemtermés [kg/parcella], X a vetőmag vigorossága [%]) volt. Tehát a környezetnek a kukorica hibridek szemtermésére gyakorolt hatása legalább olyan fontos, mint az elvetett vetőmagtétel életereje.

A kísérleti helyszínek éghajlati különbségei a parcellánkénti szemtermésekben is egyértelműek. A martonvásári szemtermések és egyedi produkciók jóval meghaladják a mezőkövesdi átlagot mindkét évben. Ezért, habár jobb kelések és nagyobb tőszámok voltak Mezőkövesden, a szárazságstressz, ill. az öntözés nélküli körülmények drasztikusnak bizonyultak.

A növényegészségügyi paramétereket (üszög- és molyfertőzés, gyökérdőlés, szárdőlés) csak az utolsó évben felvételeztük, ezért nincs összehasonlítási alapunk. A rendelkezésre álló adatok alapján a H 29 és a GL 62 törzsek stresszérzékenysége emelhető ki. Munkánkat ez irányban is folytatni kívánjuk.

#### IRODALOM

- Barla-Szabó, G.–Berzy, T.: 1989. Application of Seed Vigour Tests for Corn Production. *Georgicon for Agriculture*, 2: 159–165.
- Barla-Szabó, G.–Bocsi, J.–Dolinka, B.–Odiemah, M.: 1990. Diallel analysis of seed vigour in maize. *Seed Science & Technol.* 18: 721–729.
- Berzy T.: 1994. A környezeti tényezők és stresszviszonyok szerepe a hibridkukorica vetőmag előállításban. Doktori értekezés, Gödöllő, 114.
- Berzy T.–Záborszky S.–Hegyí Zs.–Pintér J.: 2003. A szárítási hőmérséklet hatása a kukorica (*Zea mays* L.) vetőmag biológiai értékére. In: „50 éves a magyar hibridkukorica“. Jubileumi emlékülés, Martonvásár. 61–66.
- Berzy T.–Hegyí Zs.–Pintér J.: 2005. Összefüggések az eltérő szülőtörzseken előállított kukorica hibridek vetőmagminősége és termésparaméterei között. *Növénytermelés*, 54, 3: 59–167.
- Burris, J. S.: 1977. Effect of location of production and maternal parentage on seedling vigour in hybrid maize (*Zea mays* L.). *Seed Science & Technol.* 5: 703–708.
- Catizone P.–Lovato, A.: 1987. Germination and seedling growth of ten cereals species in response of herbicide antidote oxabetrinil. *Seed Science & Technol.* 1: 729–740.
- Espinosa-Calderon, A.–Tadeo-Robledo, M.–Sierra, M.–Sandoval, A.–Gomez, M.–Betanzos, M.–Coutinho, E.–Caballero, H.–Lopez-Pereira, M.–Pina D. V.: 2004. Alternative crosses and criss cross for maize hybrids and seed production in normal and quality protein maize. In: 27th ISTA Seed Symposium. Abstracts. Budapest. 49.
- George, D. L.–Gupta M. L.–Parwata, I. G.: 2004. Relationship between standard and cold germination tests in supersweet sweetcorn. In: 27th ISTA Seed Symposium, Abstracts. Budapest. 14.
- Hegyí Zs.: 2003. Kukorica hibridek környezeti stabilitásának értékelése, többváltozós statisztikai módszerekkel. In: „50 éves a magyar hibridkukorica“. Jubileumi emlékülés, Martonvásár. 165–170.
- Ilbi, H.–Kavak, S.–Duman, I.–Eser, B.–Ilker, E.–Gokcol, A.: 2004. An alternative vigour test for cold test in maize. In: 27th ISTA Seed Symposium, Abstracts. Budapest. 78.
- Sváb J.: 1981. Biometria i módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 507.
- Szundy T.: 1981. Eltérő heterozigóta szintű szülőkön előállított kukorica hibridek néhány tulajdonsága. Kandidátusi értekezés, Martonvásár, 154.

*Teixeira, E. F.–Cicero, S. M.–Dourado, N. T.*: 2004. Digital images analysis in corn seedlings evaluation. In: 27th ISTA Seed Symposium, Abstracts, Budapest. 41.

Érkezett: 2007. 11. 25.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

Dr. Berzy Tamás–Dr. Hegyi Zsuzsa–Dr. Pintér János  
MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete  
Martonvásár  
Brunszvik u. 2.  
H-2462

## A kukoricaállományon belüli léghőmérséklet és légnedvesség alakulása kis vízádaggal történő öntözésnél

ANDA ANGÉLA  
Pannon Egyetem Georgikon Kar  
Meteorológiai és Vízgazdálkodási Tanszék,  
Keszthely

### Összefoglalás

A globális felmelegedés egyik várható következménye Magyarországon a mérsékelt hőmérséklet emelkedésével együtt járó csapadécsökkenés. A várható következményekre való felkészülés egyik lehetősége a termesztéstechnológia s benne az öntözés nemcsak növényre vonatkozó ismeretanyagának ismételt áttekintése. Aktualitást ennek a korszerű műszerek megjelenése ad. A kukoricaállományon belüli mikroklíma vizsgálatát Keszthelyen, az Agrometeorológiai Kutatóállomáson 2003–2006 között végeztük. Néhány általunk vizsgált növényi jellemzőből az öntözés főképpen a zöldfelület nagyságát (LAI) módosította. A zöldfelület viszont szignifikánsan emelkedett, mely a mikroklíma két elemének értékét is módosította. Az öntözött kezelés hűvösebb állapota a vízkijuttatás utáni egy-két napon a legkifejezettebb, majd az eltérés állandósul. A légnedvesség is ekkor változik a legnagyobb mértékben. Különösen hosszabb távon a napi átlagok legalább nappali és éjszakai órákra való bontása elkerülhetetlenül fontos, mivel a két eltérő vízkezelés meteorológiai elemeinek eltérése sajátosan alakulhat a két napszakban. Éjszaka a zártabb öntözött növények kisugárzási energiájának visszatartása erőteljesebb, ami melegebb és ezzel szárazabb állományt eredményez. Ez főképpen az öntözéstől távolabbi időpontokban módosíthatja korábbi elképzeléseinket az öntözés hatásáról, amikor még csak a nappali órák alapján vontunk le következtetést az állomány mikroklímájáról.

A kis vízádaggal történő vízutánpótlás nagy eltéréseket a csőszinti léghőmérsékletben és légnedvesség-alakulásban nem okozott, de hatástalannak mégsem mondható. Előfordulhat, hogy ennek a kicsi változásnak pozitív hatása van pl. a növényvédelem területén.

**Kulcsszavak:** mikroklíma-elemek, léghőmérséklet, relatív légnedvesség, kukorica

### Changes in the air temperature and humidity within maize stands given small rates of irrigation water

A. ANDA  
Georgikon Faculty of Agricultural Sciences, University of Pannonia,  
Keszthely

#### Summary

One of the expected consequences of global warming in Hungary is a reduction in rainfall associated with a moderate rise in temperature. In order to prepare for these changes, a review should be made of production technologies, particularly irrigation, using the up-to-date instruments now available. Studies on the microclimate within maize stands were carried out at the Agrometeorological Station in Keszthely between 2003 and 2006. Among the plant parameters investigated, irrigation had the greatest influence on the leaf area index (LAI), increases in which led to changes in the two components of the microclimate. The cooler, moister

microclimate in the irrigated treatment was most pronounced during the first one or two days after irrigation, after which the differences became smaller. When measurements were also made at night, however, it was found that the closer stand in the irrigated treatment resulted in the more intense retention of radiation energy, leading to a warmer and thus drier stand. Especially in the long term, this may cause us to rethink opinions on the effect of irrigation, previously based on measurements during daylight hours alone.

Irrigation with small amounts of water did not cause substantial differences in the air temperature and humidity at the ear attachment height, but the effects were not negligible. For instance, even a small change could have a positive effect on crop protection.

Key words: microclimate components, air temperature, relative humidity, maize

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A globális felmelegedés az elmúlt néhány évben feltételezésből bizonyossággá válni látszik. Az IPCC legutóbbi, negyedik helyzetértékelése szerint a globális szintű melegezés 2100-ra 1,1–6,4 °C közé tehető (IPCC 2007). A Kárpát-medence térsége Európában a fokozottan veszélyeztetett területek közé sorolható, amely becslések szerint 1 °C-os globális felmelegedésre közel másfélszeres érzékenységgel reagál (Mika 2007). Ez az érték önmagában is súlyos veszélyeket rejt, ehhez a gyengébb felmelegedéshez tartozó csapadékcsökkenést társítva még tovább súlyosbodnak a várható következmények (Bartholy et al. 2007). A mérsékelt környezeti változásra vonatkozó növényi válaszreakció modellezéssel történő becslése még a kevésbé érzékenyként számon tartott C<sub>4</sub>-es kukoricánál is az élettani folyamatok negatív módosulásait eredményezte (Anda 2006, Anda és Lőke 2003, Anda et al. 2002). A klímaváltozás a mezőgazdaságot sajátos termesztési feltételei miatt többszörösen veszélyeztetett ágazattá teszi, melyre fokozottabban szükséges figyelni. A felkészülés kezdő lépése az eddig rendelkezésre álló termesztési technológiára, illetve annak egyik elemére, az öntözésre vonatkozó ismeretanyag áttekintése lehet. A kukorica esetében ez az összegzés már meg is született (Nagy 2007). Az új hibridek tulajdonságairól nyújtott ismeretanyag szinte minden igényt kielégít, mely szintjét jellemzi, hogy pl. a vízhasznosításra vonatkozó növényi sajátosságokat akár genotípusonként is nyomon követhetjük (Rajkainé és Szundy 2004). Az öntözés kiterjedtebb hazai alkalmazásának újragondolásához azonban szükség van a kiegészítő vízellátás mikroklimára kifejtett hatásainak ismételt áttekintésére, mégpedig az elmúlt évtizedek technikai fejlődése eredményeképpen született újabb műszerek mérési eredményeinek ismeretében (Anda és Lőke 2005). A növény és környezetének együttes viselkedése, a kölcsönhatásaik rendszere együtt szolgálhatja az adott feltételekhez legjobban igazodó termesztéstechnológia kiválasztását.

Az öntözés kedvező hatásait már több évtizede ismerni véljük. A korábbi műszerek pontossága azonban meglehetősen korlátozott volt. Az adatgyűjtők térhódításával olyan lehetőség adódott, mellyel nemcsak a nappali órákban, hanem a nap másik felét kitevő éjszakai órák állományt körülölelő légkörének tulajdonságait is felvételezhetjük. A két félből előállított „napi közép“ már valóban a nap történéseit foglalja magába. Vizsgálatunk célja az öntözés két alapvető mikroklima-elemére, az állományon belüli (csőszinti) léghőmérsékletre és légnedvességre kiterjedő megfigyelések ismételt áttekintése volt. Az öntözési időpont meghatározására a növényhőmérséklet alapján számított vízstressz-index (CWSI) szolgált, melynek alkalmazása víztakarékos vízutánpótlást tesz



lehetővé. Az értékeléshez érintőlegesen az öntözés hatására bekövetkező néhány növényi jellemző alakulását is feltüntettük, de a publikáció terjedelme teljes körű bemutatást ezen a területen nem tett lehetővé.

### Anyag és módszer

Az öntözésnek a kukorica mikroklímáját befolyásoló hatását Keszthelyen, az Agro-meteorológiai Kutatóállomás területén *Norma SC (FAO 370)* szárazságtűrő kukorica-hibrid alkalmazásával elemeztük 2003–2006 közötti évjáratokban. A kísérlet helyszínének talajtípusa Ramann-féle barna erdőtalaj. A kísérlet részét képezte egy több mint két évtizedes megfigyeléssorozatnak, mely az öntözés kukoricára kifejtett hatásainak tanulmányozását tűzte ki célul. A vetések április végén vagy május elején történtek. Kelés után a tőszámot  $7 \text{ tő} \cdot \text{m}^{-2}$ -re állítottuk be. A növények az Egyetem szakembereinek javaslata alapján a kísérleti helyszínre megállapított tápanyagellátásban ( $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ -,  $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}$ - és  $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}$ -hatóanyag) és a környékre jellemző agrotechnikában részesültek.

A parcellák egy részét öntöztük (terület: 0,25 ha), az öntözőcsövek elhelyezése miatt a kontroll és az öntözött parcellák elhelyezése blokkrendszerben történt. Az öntözést csepegtető eljárással végeztük, a lehető legkisebbre csökkentve ezzel a párolgási veszteséget. A „real-time” öntözés tervezésében rejlő víztakarékosság lehetőségét kihasználva alkalmanként csak kevés vizet, mintegy 20 mm-t juttattunk ki a területre, 6–8 mm/h intenzitással. Volt olyan évjárat, amikor ezt a mennyiséget meg kellett emelni 40 mm-re az erős vízhiány fellépte miatt. Az infratechnika alkalmazásával (RAYNGER II. RTL típusú infrahőmérő; RAYTEK, USA), a felszínhőmérséklet detektálása alapján a vízhiányt annak fellépte idején, s még a szemmel látható tünetek (lankadás stb.) megjelenése előtt jelezhetjük. A vízutánpótlás „real-time” eljárása a többszöri kis vízadag kijuttatása miatt kedvező tulajdonságokkal rendelkezik, a lehetséges túlóntözés veszélyének – természetes csapadékból eredő víz megjelenése – teljes kiküszöbölésével.

A mikroklíma elemeiből a léghőmérsékletet és a légnedvességet a kifejlett növény csőszintjében hőmérőházban elhelyezett adatgyűjtőhöz kapcsolt kombinált szenzorokkal regisztráltuk (DELTA OHM DO-9406, Olaszország). Az öntözött és a kontroll léghőmérséklet és légnedvesség értékeinek összehasonlítását a négy másodpercenként vett mintákból előállított tízperces átlagokkal, ill. a nappali és az éjszakai órákra meghatározott középértékekkel, s végül a napi átlagokkal végeztük. Pontosítást jelentett a megfigyelésben a teljes napra meghatározott átlag helyett a napszakonkénti középértékek s főképpen az éjszakai órák adatainak felhasználása.

A levélterület-index, a LAI (az egységnyi talajfelületre eső zöld levélzet területe) meghatározását heti gyakorisággal, kezelésként az állomány átlagát reprezentáló, előre megjelölt 10-10 mintanövény adatai alapján mértük LI-3000A típusú automata planiméterrel (LI-COR Inc., USA).

A növény párolgotatása korlátlan vízellátásnál a legerőteljesebb, az ún. potenciális párolgás (potenciális evapotranszpiráció, *PET*). Ha a talaj vízutánpótlása csökken, a párolgás is mérséklődik (tényleges evapotranszpiráció, *ET*). A kettő hányadosa egy indexet, a *CWSI*-t adja, amely alkalmas a növény vízellátottságának a megítéléséhez (*Jackson 1982*):

$$CWSI = 1 - \frac{ET}{PET} = \frac{\gamma(1 + r_c/r_a) - \gamma^*}{\delta + \gamma(1 + r_c/r_a)}$$

ahol  $r_c$  és  $r_a$ : a növény és az aerodinamikai ellenállás s/m-ben  
 $\gamma$ : pszichrometrikus konstans.

A CWSI, a vízstressz-index részletes leírása, hazai adaptálása számos korábbi publikációban megtalálható (Anda 2001, Anda 2003).

Az indexnek a növényre vonatkozó legfontosabb bemenő paramétere a növényhőmérséklet (értéke az ellenállásokban szerepel). Magas napállásnál zavartalan besugárzás mellett naponta mértük alakulását. Az infrahőmérőt (lásd. még fent) a vízszintes-sel 30°-ot bezáró szögben 0,96 emissziós tényezőt feltételezve, kézben tartva, az állomány feletti kb. 1 m-es magasságban alkalmaztuk (Anda 1993). Akkor öntöttünk, amikor az általunk meghatározott CWSI értéke meghaladta a kritikus határértéket, a 0,25-et (ábráinkon  $CWSI \times 10 > 2,5$ ). A határérték megállapításánál a helyben több mint két évtizede végzett kukoricaöntözési kísérlet tapasztalatait is felhasználtuk. A CWSI detektálására állományzáródás után van lehetőség, mert meghatározó elemét, a növényhőmérsékletet nagy biztonsággal – a talajhatás teljes kiszűrésével – csak záródott állománynál tudjuk mérni. Záródottnak tekintettük az állományt, ha a LAI meghaladta a 2,0–2,5-es értéket. Ennek fellépte évjáratfüggő, középkorai hibrideknél Keszthelyen általában július hónap folyamán következik be. Az évek többségében korábban ritkábban szükséges az öntözés, s ha mégis, azt a talajnedvesség alakulása alapján végeztük.

### Eredmények és értékelésük

#### *2003 és 2006 arid tenyészidőszakának időjárása Keszthelyen az öntözési időpontokkal és öntözővízmennyiséggel*

2003 nyara része annak a több éve tartó száraz és meleg hullámnak, mely 2000-ben kezdődött. 2003 tavaszán az induló vízkészletből a sokéves átlagos évi csapadékösszeg 70%-a hiányzott. A tenyészidőszak átlaghőmérséklete túlszárnyalta a sokéves átlagot 1,6 °C-kal. Az átlagoshoz képest 25,5% csapadék hiányzott, rendkívül kedvezőtlen megoszlással. A vízhiány csökkentésére 180 mm vízmennyiséggel öntöttünk, már június 4-én megkezdve, mert ellenkező esetben később már nem lett volna mit öntözni. Az évjárat sajátossága, hogy az utolsó öntözést július 16-án végeztük, s a későbbiekben már nem igényeltek vizet a növényeink.

2006 volt az az évjárat, amikor a tenyészidőszak időjárását sajátosságai miatt részletesebben érdemes áttekinteni. Az évjárat áprilisban +1,6 °C-kal magasabb hőmérséklettel, s több mint 30 mm csapadéktöbblettel indult. A csapadékbőség májusban tovább folytatódott (+40,2 mm), a szokásosnál fél °C-kal hűvösebb időjárással. Júliusban a rendkívüli meleg (+2,1 °C-kal magasabb havi középhőmérséklet) az átlagosnál több mint 50 mm-rel kevesebb csapadékkal társult. Augusztus a sokéves átlagnál 2 °C-kal hűvösebb volt, s a havi csapadékösszege 75 mm-el haladta meg a korábbi augusztusok átlagát. (A hűvös időjárásra jellemző, hogy a hónap napjainak maximális hőmérséklete sohasem érte el a 30 °C-ot, s mindössze nyolc napon haladta meg a 25 °C-ot. A csapadék

intenzitását jelzi, hogy három napon esett 20 mm-t meghaladó csapadékmennyiség). A hűvös, csapadékos augusztus jelentősen késleltette a kukorica teljes érését. Az ősz meleg és száraz időjárással köszöntött be Keszthelyen.

2006 során júliusban öntöztünk (júl. 19-én és júl. 27-én) 40-40 mm víz felhasználásával.

#### *Két humid évjárat öntözés nélkül: 2004 és 2005*

A 2004-es év tenyészidőszakának időjárása sajátosan tért el a megfigyelés első évének, 2003-nak az időjárásától, ami aztán az öntözéses kísérlet menetét, a növényi jellemzők alakulását is befolyásolta. Addig, amíg 2003 vegetációs ciklusának átlaghőmérséklete 1,6 °C-kal meghaladta a klímanormált, 2004-ben 0,4 °C-kal hűvösebb volt annál. Ha csak a csapadék mennyiségét tekintenénk, akkor mindkét évben a szokásosnál kevesebb eső hullott, bár a nedvességihiány mértéke 2003-ban 30 mm-rel meghaladta a 2004-ben mértéket. A csapadék megoszlása azonban lényegesen eltérő volt a két évjáratban. 2004 tavaszán a talajok feltöltődése a sokévi átlagnál 80 mm-rel több csapadékkal megtörtént. Ez a kezdeti vízellátásból adódó előny a növényi paraméterek alakulása szempontjából rendkívül pozitív volt.

2005 során sem volt szükség öntözésre Keszthelyen. A tenyészidőszak az 1971–2000-es klímanormálhoz képest átlagos hőmérsékletű, de az átlagnál csapadékosabb nyári hónapokkal volt jellemezhető. 2005 nyarán a sokévi átlagnál 43%-kal több csapadék hullott.

#### *A növények növekedése és fejlődése*

Az évenkénti vetés idejét az időjárás (felmelegedés beköszönte, talajnedvesség-tartalom alakulása) mellett az egyetem többi parcelláján folyó munka is meghatározta (1. táblázat). A legnagyobb eltérés a kezdő 2003-as év és a záró 2006-os év vetés-időpontjai között volt, mely különbség elérte a két hetet. 2006 tavaszán a felmelegedés nagyon lassan következett be, s az 5 cm-es réteg 8–10 °C-os talajhőmérséklete csak május első dekádjára alakult ki. Ez a késedelem aztán rányomta bélyegét az egész 2006-os tenyészidőszakra, s az egyes fenofázisok bekövetkezési időpontjai is időben későbbre tolódtak, bár hosszúságuk lényegében nem változott a korábbi években tapasztaltakhoz képest.

Az egyes fejlődési szakaszok hosszúságában a legnagyobb szórást érdekes módon nem a leghosszabb vetés–kelés szakaszban tapasztaltuk, hanem a kukorica közismerten legérzékenyebb fenofázisában, a címerhányás–tejes érés periódusában, amikor értéke elérte a  $\pm 5$  napot. A hűvös-csapadékos időjárás fejlődést meghosszabbító hatása a négy év során a legjobban ebben a fenofázisban jelentkezett. A humid jellegű, öntözés nélküli 2004–2005-ben huszonegy, ill. huszonöt nap kellett címerhányástól a tejes érés bekövetkeztéig. Ugyanennek a fenofázisnak a hossza a két öntözött évben (2003 és 2006) mindössze tizenegy, ill. tizenhét nap volt. A legkisebb változékonysággal a fejlődés elején és végén találkoztunk, amikor a fenofázisok szórása mindössze  $\pm 1$  nap volt.

Az általunk vizsgált *Norma* rövid tenyészidejű kukoricahibridnél száraz körülmények között a tenyészidőszak hosszának átlagos tartama 115 nap volt, melytől évjáratától függően 1-1 hetes eltérés bármikor bekövetkezhet.

1. táblázat. A kukorica fenofázisainak kezdő időpontjai a kontroll parcellákon  
(Keszthely, 2003–2006.)

Fenofázis (1)	2003	2004	2005	2006
Vetés (2)	Április 26.	Április 29.	Május 6.	Május 10.
Kelés (3)	Május 5.	Május 7.	Május 17.	Május 18.
Állományzáródás (4)	Június 9.	Június 21.	Június 27.	Június 26.
Címerhányás (5)	Július 7.	Július 12.	Július 14.	Július 21.
Tejes érés (6)	Július 18.	Augusztus 2.	Augusztus 8.	Augusztus 7.
Viaszerés (7)	Július 28.	Augusztus 16.	Augusztus 16.	Augusztus 21.
Teljes érés (8)	Augusztus 8.	Augusztus 30.	Augusztus 30.	Szeptember 4.

Megjegyzés: A táblázatban az állományzáródást mint a növényhőmérséklet-mérések kezdetét determináló tényezőt tüntettük fel (9)

Table 1. Starting dates of maize phenophases on control plots in Keszthely, 2003–2006. (1) Phenophase, (2) Sowing, (3) Emergence, (4) Canopy closure, (5) Tasselling, (6) Milky ripeness, (7) Waxy ripeness, (8) Full maturity, (9) Note: Canopy closure is included in the table as measurements on plant temperature were begun after this date. .

Az öntözés a kukorica fenofázisainak bekövetkezési időpontjában lényeges eltérést a vízkijuttatás egyik évében sem okozott. Itt jegyezzük meg, hogy bár csak tendencia jelleggel, de a teljes érés időpontja mintegy 3–5 napot késett az öntözött kezelésekben a nem öntözött kontrollhoz képest (nem szignifikáns eltérés). Az öntözés az egyes fázisok időtartam-hosszúságának szórását a nyári időszak közepén – állományzáródás–címerhányás–tejes érés táján – néhány nappal mérsékelte, vagyis a fejlődést némiképp kiegyenlítettebbé tette. Ez a változás sem volt azonban szignifikáns.

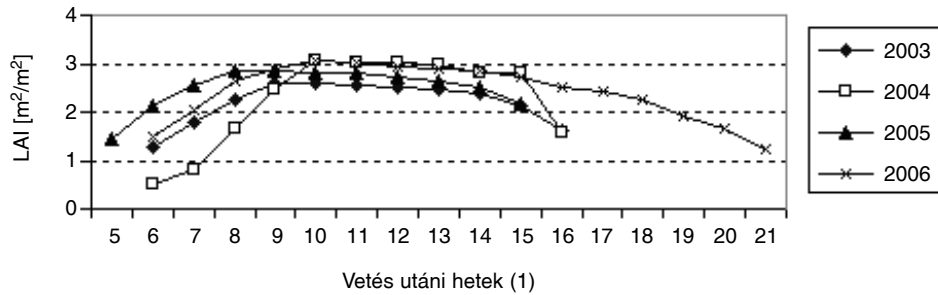
Az általunk alkalmazott öntözési eljárás, a növény vízigénye alapján csekély víz-adagokkal végrehajtott vízutánpótlás a növények fejlődésére jóval mérsékeltebb hatású volt, mint ahogyan azt a korábbi irodalomból más eljárásoknál megismerhettük.

#### Az asszimiláló zöldfelület alakulása

Az évi átlagos zöldfelület nagysága a nem öntözött kezelésben azonosnak tekinthető, mert mindössze néhány tizednyi levélfelület-indexbeli eltérést regisztráltunk a négy év során (1. ábra). A hetenkénti fejlődés üteme a kontrollban a kezdeti időpontokban és 2006 tenyészidőszakának végén tendencia jelleggel különbözött egymástól (szignifikáns eltérés azonban csak egy-egy mérési időpontban jelentkezett). 2006 őszének rendkívüliisége a zöld levelek tartóssága volt, ezért méréseinket, szemben a korábbi évjáratokban tapasztaltakkal, egészen október elejéig folytattuk. (A kontroll kezelések termései – hasonlóan a LAI alakulásukhoz – a négy elemzett évben szignifikánsan nem tértek el egymástól, bár tendencia jelleggel a szárazabb évjáratok termése néhány százalékkal kisebb volt.)

2003-ban évi átlagban a többletvíz 45,6%-os szignifikáns LAI-emelkedést eredményezett a kontroll kezelés asszimiláló felületéhez képest (2. ábra). A növekedés a korán kezdett öntözés miatt már júniusban jelentkezett, s folyamatosan meg is maradt a növekmény, bár a kezdeti értéknél egy kissé mérsékeltebben. A leszáradásban eltérés a kontroll és az öntözött állományok között nem alakult ki.

1. ábra. A LAI hetenkénti (1) alakulása\* az öntözés nélkül termesztett Norma fajtájú kukoricában (Keszthely, 2003–2006)



\*A LAI meghatározása kezelésenként 10-10 állandó mintanövény adatai alapján történt. (2)

Figure 1. Weekly changes in LAI in non-irrigated maize (variety Norma) in Keszthely, 2003–2006. (1) Weeks from sowing, (2) LAI was determined on ten constant sample plants from each treatment.

2. ábra. A LAI évi változása a két eltérő vízellátású kukoricaállományban (Keszthely, 2003.)

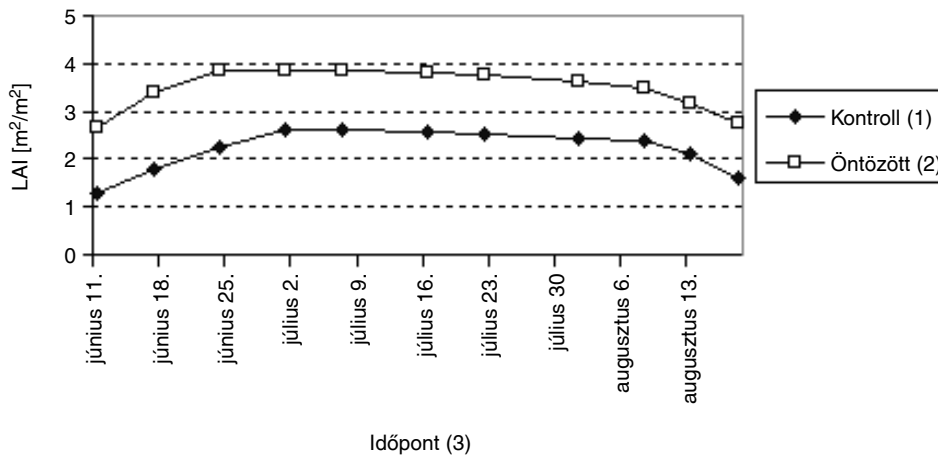


Figure 2. Changes in LAI during the growing season in maize stands with different water supplies in Keszthely, 2003. (1) Control, (2) Irrigated, (3) Date.

2006 enyhe és csapadékos ősze miatt fellépő lassú levél-leszáradás nemcsak a kontroll kezelések jellemzője volt (3. ábra). Ebben az évben az öntözés hatása messze elmaradt a 2003-ban tapasztalttól, mivel ekkor a kiegészítő vízkezelésű növények évi átlagban mindössze 9,2%-os LAI növekedést mutattak, mely csak néhány időpontban jelentett szignifikáns különbséget.

3. ábra. A LAI értékei két vízkezelésű kukoricában a tenyészidőszakban (Keszthely, 2006.)

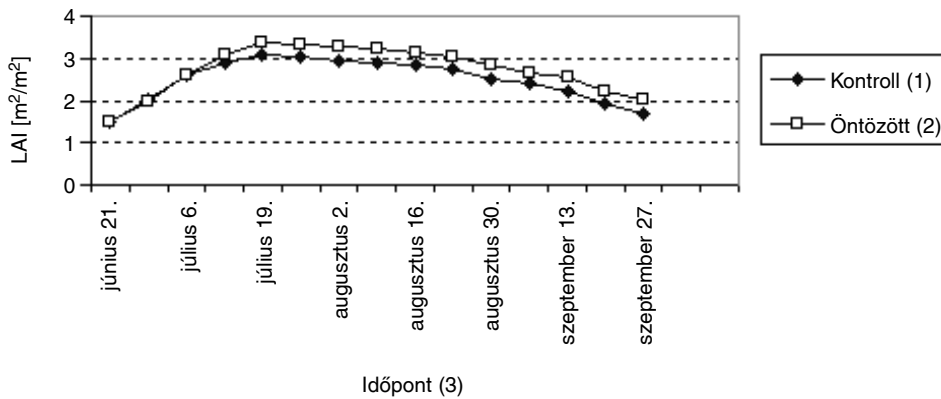


Figure 3. Values of LAI in maize stands with different water supplies in Keszthely, 2006. (1) Control, (2) Irrigated, (3) Date.

#### Az öntözés és a CWSI alakulása

A két nem öntözött évjárat (2004 és 2005) indexeinek alakulásában a korábbi humid évjáratban mértek tükröződtek vissza, ezért ezek bemutatásától eltekintünk.

Arid évjáratban a vízstresszindexek tenyészidőszakbeli dinamikája pontosan követte az időjárás változásait, különösen 2003 során. Az év meleg-száraz júniusára utal a kontroll több alkalommal 8-at ( $CWSI \times 10$ ) meghaladó CWSI értéke (4. ábra).

A július elején és legvégén lévő „szaggatott“ görbe több napra kiterjedő „hiányos“ mintaszáma mutatja a felhős napok számának megnövekedését, melyről ismeretes, hogy a növényhőmérséklet-minta gyűjtését s ezzel az index meghatározását nem teszi lehetővé. A többi mintanapokon, amikor a környezeti feltételek a mérést engedték, nagy indexeket detektáltunk. A rendkívüli meleg és aszályos év miatti gyors levélleszáradás (kényszerérés) a CWSI-megfigyelések szokásosnál jóval korábbi befejezését vonták maguk után, miszerint augusztus első dekádjában a kukorica száradása miatt megfigyeléseinket be kellett fejeznünk (talajhatás-növekedés). Az öntözés 2003-ban az index évi átlagát több mint a felére csökkentette (5%-os szinten szignifikáns az eltérés). Az évi átlag a kontroll kezelésben 5,5, az öntözöttnél pedig mindössze 1,9 volt. Ez a változás 40–50%-os terménynövekedést prognosztizált, ami a valóságban be is következett.

A 2006-os évjárat CWSI- meghatározása meglehetősen hiányos adatsort eredményezett. Augusztusban 18 (!) csapadékos nap akadályozta a növényhőmérsékleti mintavételt, így mindössze néhány nem felhős napon kaptunk értékelhető CWSI-eredményt, bár ezeken a napokon az index értéke a kritikus határérték alatt maradt (vízigényt nem jeleztek a növények). A júniusi kontroll kezelés határértéket meghaladó indexe (4 körüli) félrevezető lenne, ami nem a magas növényhőmérséklet és vízigény eredménye, hanem a meleg talajé, ugyanis ebben az évben a késői vetés miatt az állomány záródása csak

4. ábra. A vízstresszindex tenyészidőszakbeli változása 2003-ban a kontroll (PC) és az öntözött (PÖ) kezelésekben. Azokon a napokon, amikor felhős az idő, növényhőmérséklet-mérésre nincs lehetőség, így a CWSI meghatározása sem oldható meg („hiányzó adatok“)

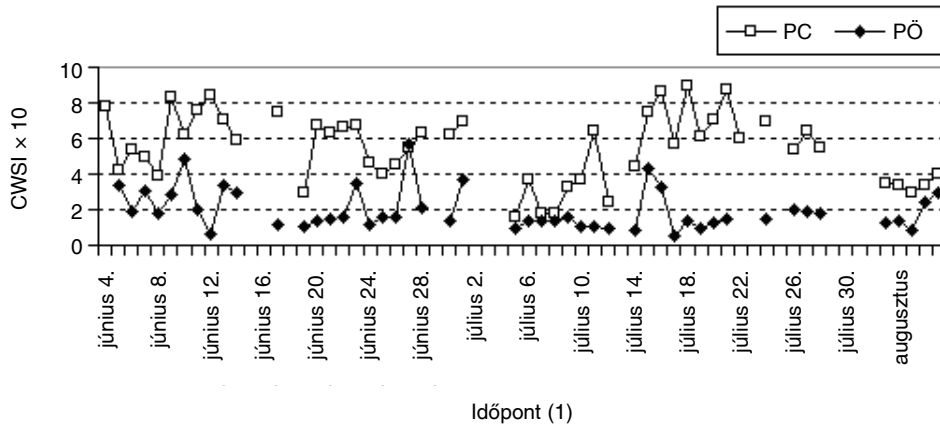


Figure 4. Changes in the crop water stress index (CWSI) during the growing season in 2003 in control (PC) and irrigated (PÖ) maize stands. On cloudy days, plant temperatures could not be measured, so CWSI values are missing for these days. (1) Date.

későn történt, s a mintavételezésnél a talaj hatását kiszűrni nem tudtuk. Egyedül július legvégén produkáltak a növények szokásos CWSI-öntözéshatást, melynek pár napos tartama miatt azok bemutatásától eltekintünk.

2006 során az adatsorhosszúság eltérése ellenére az öntözött kezelés CWSI-átlaga megegyezett a 2003-ban azonos kezelésben mérttel (1,9). 2006-ban a kontroll átlaga a 2003-as évnél kisebb (3,9). Az indexek alapján 2006-ban az öntözéstől a 2003-as évnél mérsékeltebb termésmnövelő hatást vártunk, mely végül 19%-ban állapodott meg. Korábbi megfigyelések alapján az index 1-gyel történő csökkenése a várható termést mintegy 10%-kal növeli (Anda 2001).

#### Az öntözés hatása a mikroklíma két elemére 2003-ban

2003 júniusában a kiegészítő vízellátás az állományon belüli léghőmérsékletet a teljes hónap átlagában  $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal mérsékelte (5. ábra). Az öntözés hatása a standard állományon mért külső léghőmérséklet fokozódásakor némiképp emelkedett. A hónap végén (lásd. a grafikont június 23-át követően) az öntözés hatása a léghőmérséklet napi átlagában meghaladta a  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot. Az ábrán maximális eltérés alatt a nap során az öntözött és a kontroll kezelésben azon tíz perc hőmérsékleti differenciáját értjük, mely az adott napon a legnagyobb volt.

Az eltérés időbeli változásában a teljes napi átlag és a nappali órák hőmérsékleteinek különbsége esetenként nem csekély. A nappali órákban az öntözés átlagos hűtőhatása júniusban  $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mely mintegy fél fokkal meghaladta a teljes – nappali és éjszakai órák együttesen – napi átlagra meghatározott értéket. (Kiemelkedően meleg napokon a fenti különbség elérheti az  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot is.) Az eltérés oka az éjszakai, pontosabban főképpen a

5. ábra. Az öntözés hatása az állományon belüli léghőmérsékletre kukoricában, 2003 júniusában. A maximális eltérés a nap során az öntözött és a kontroll kezelésben mért azon tíz perc hőmérsékleti differenciája, amely az adott napon a legnagyobb

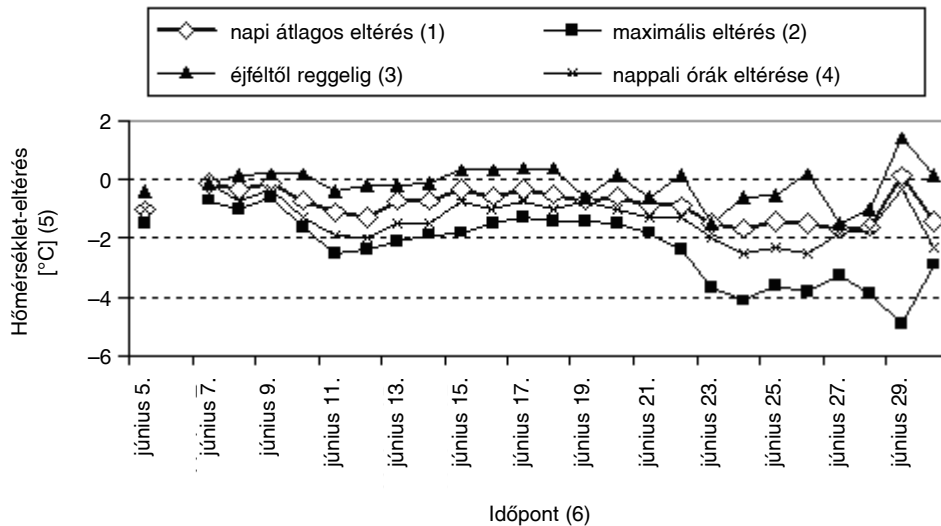


Figure 5. Effect of irrigation on the air temperature within the maize stand; differences between irrigated and control treatments in June 2003. (1) Mean daily difference, (2) Maximum difference, (3) From midnight to 7 am, (4) Daytime difference, (5) Difference between irrigated and control temperatures, (6) Date.

0.10 perctől a reggel 7.00–8.00 óráig fellépő, öntözött állományok kontroll léghőmérsékletét meghaladó állapota. A napnyugtától éjfélig tartó periódusban legtöbbször a nappali órák öntözött kezeléseinek hűvösebb állománya volt a jellemző, bár az eltérés mértéke lényegesen kisebbnek adódott, mint a 0 órától reggel 7 óráig tartó szakasz értékei. Az esetenkénti melegebb öntözött kezelés megjelenését sem a vízkijuttatás idejéhez, sem az időjáráshoz kötni nem tudtuk. Az öntözéshez közeli időpontban, forró napon a kiegészítésképpen juttatott víz hatása az állományon belüli léghőmérsékletre különösen erőteljes.

A léghőmérséklethez hasonlóan dolgoztuk fel az állományon belüli relatív légnedvesség öntözés hatására bekövetkező változásait (6. ábra). A teljes hónapra átlagolt eltérés 2003 júniusában 5%-os növekedést jelentett a kiegészítő vízellátásban részesült növényállományok javára. A csak a nappali órákra meghatározott változás több százalékkal nagyobb a hónap elején, a hónap második felében az eltérés mérséklődik. A hónap elején az éjszakai órákban az öntözött növények állományának relatív légnedvesség-tartalma kisebb volt a kontrollénál (3–5%), s ez csökkentette az öntözés hatását a napi átlagban.

A napi változások áttekintése magyarázatul szolgálhat a fenti nem várt jelenségre. Az öntözés ellenére a kontroll állományban éjszaka folyamatosan nagyobb volt a levegő relatív légnedvesség-tartalma. Ez látszólag a várttal szemben ellenkező irányú változást



6. ábra. Az öntözés hatása a 2003 júniusi légnedvesség alakulására öntözött és kontroll kezelések eltérései alapján

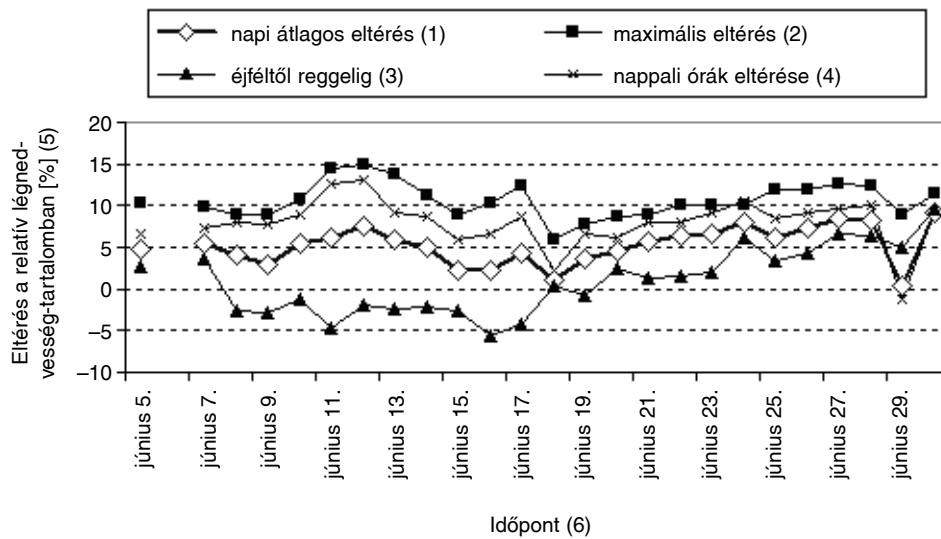


Figure 6. Effect of irrigation on the air humidity within irrigated and control stands of maize in June 2003. (1) Mean daily difference, (2) Maximum difference, (3) From midnight to 7 am, (4) Daytime difference, (5) Difference between irrigated and control humidity, (6) Date.

tükröz. Az ok az öntözött kezelés nagyobb LAI-értéke, a zártabb s az éjszakai a kisugárzás ellen jobban védő nagyobb levélfelület lehetett, mely jobban visszatartotta a kisugárzott energiát, s ezzel magasabb állományi léghőmérsékletet eredményezett. A melegebb levegő nedvességbefogadó képessége nagyobb, ezáltal a relatív légnedvesség-tartalom az öntözött növényeknél több százalékkal kisebb a kontrollénál. (Ezt támasztja alá a vízgőznyomás értékének kezeléstől nem függő éjszakai stabil volta.) A relatív légnedvesség változás mértéke a június 18. utáni szakaszban nem túlságosan nagy, egy-egy tízperces átlagban általában még az 5–8%-ot sem éri el, de a jelenség visszatérő, ezért feltétlen szükséges figyelembe venni. A hónap első felében nagyobb mértékű volt az eltérés, a 0.10–7.00 óra közötti szakaszban átlagosan mintegy 5% körüli, mely a napi átlagokra tekintettel azok meglehetősen kis értékére nem volt hatástalan.

Az öntözés legnagyobb mértékű változást a légnedvességben közvetlenül a vízkijuttatást követő napon vált ki, amikor az eltérés 10% fölé emelkedhet. A tízperces átlagokban a maximális különbség 14–16% volt. Az öntözést követő második naptól kezdve a víz hatása állandósul, s a hatás mértéke csupán az időjárási tényezők befolyásolása alatt áll.

2003 júliusában a két mikroklímaelem változásának tendenciája követte a korábbi hónapra meghatározottakat, bár mértéke néhány esetben elmaradt attól (7. és 8. ábra). Megmaradt az öntözött állomány éjjeli szárazabb levegője, de az éjszakai órák nedveségbeli változékonysága az átlagban gyakran elmosódott.

7. ábra. Az öntözött és a kontroll kezelések állományon belüli léghőmérséklet-eltérései július hónap öntözött szakaszában

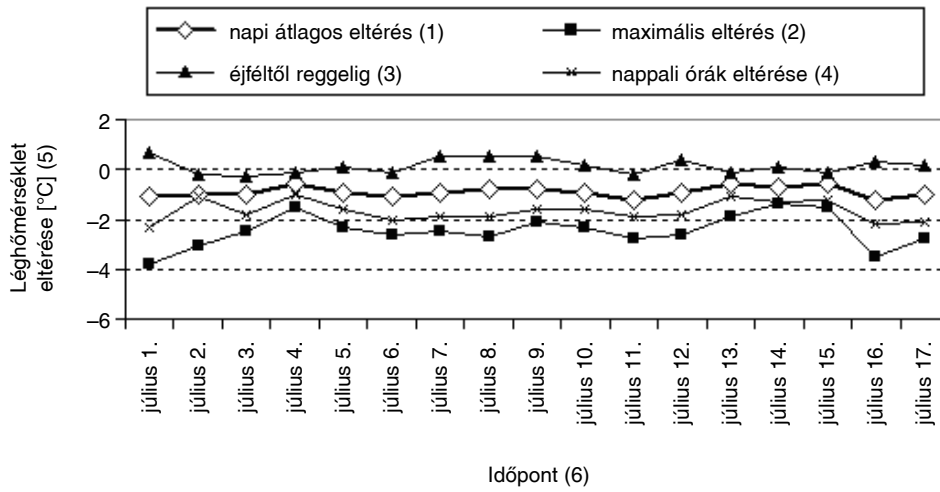


Figure 7. Differences in the air temperature within irrigated and control stands of maize during the irrigation season in July 2003. (1) Mean daily difference, (2) Maximum difference, (3) From midnight to 7 am, (4) Daytime difference, (5) Difference between irrigated and control temperatures, (6) Date.

8. ábra. Az öntözött és a kontroll kezelések állományon belüli relatív légnedvesség-tartalombeli eltérései július hónap öntözött szakaszában

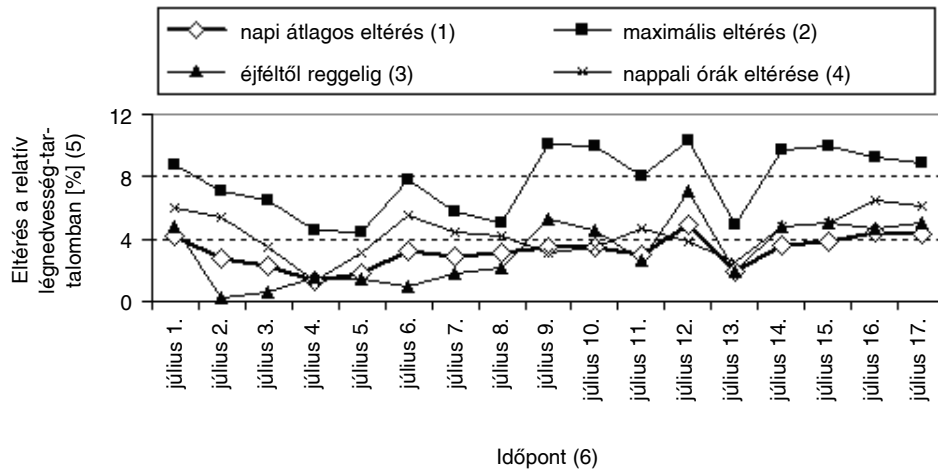


Figure 8. Differences in the air humidity within irrigated and control stands of maize during the irrigation season in July 2003. (1) Mean daily difference, (2) Maximum difference, (3) From midnight to 7 am, (4) Daytime difference, (5) Difference between irrigated and control humidity, (6) Date.

2003 augusztusa száraz-forró hónap volt, s a kontroll növények már augusztus első dekádjában elvesztették zöld leveleiket, mindkét vízellátásnál kényszerérés következett be. Ennek ellenére szenzorainkat az öntözött növények teljes leszáradásáig kihelyezve hagytuk, de a mérés legvégén már csak elszáradt növények maradtak, ezért mikroklíma-elemzésünkben a következtetések levonásától tartózkodunk.

#### *Az öntözés hatása a mikroklíma két elemére 2006-ban*

Az öntözés hatása 2006-ban a 2003-ra meghatározott tendenciát követte, de annál mérsékeltőbb volt. 2006 júliusában az adatgyűjtő meghibásodása miatt csak július végétől tudtuk értékelni méréseinket.

Az állományon belüli öntözés hatására bekövetkező léghőmérséklet-csökkenés ebben az évben a nappali órákra korlátozódott, s az is csak az öntözést közvetlenül követő időben. Az öntözést követő napon 0,7 °C-al hűvösebb a kiegészítő vízellátású állomány levegője. A legnagyobb eltérés egy-egy tízperces átlagban  $-1,3...-1,4$  °C volt. A hatás a vízkijuttatás idejétől távolodva fokozatosan mérséklődik, s mintegy egy héten belül mind az eltérés nagysága, mind iránya ellenkezőjére vált (9. ábra). Az előjel-módosulás ideje egybeesik a rendkívül hideg, csapadékos augusztus beköszöntével (havi átlagban:  $-2$  °C és +75 mm csapadék). Az éjszakai órákban a korábbi megfigyeléssel analóg az öntözött kezelés a melegebb, mely viszont időjárástól függetlenül folyamatosan jelen volt, így a hűvös augusztusban is (lásd még 2003 értékelését). A napi átlagban ez a magasabb éjszakai hőmérséklet öntözés után még nem dominált, de a hűvös augusztus során a zártabb öntözött kezelés magasabb állományi léghőmérséklete esetenként éjszaka elérte, sőt meghaladta a nappali órákban mért változás mértékét, így az

9. ábra. Az öntözés hatása az állományon belüli léghőmérsékletre 2006 nyarán

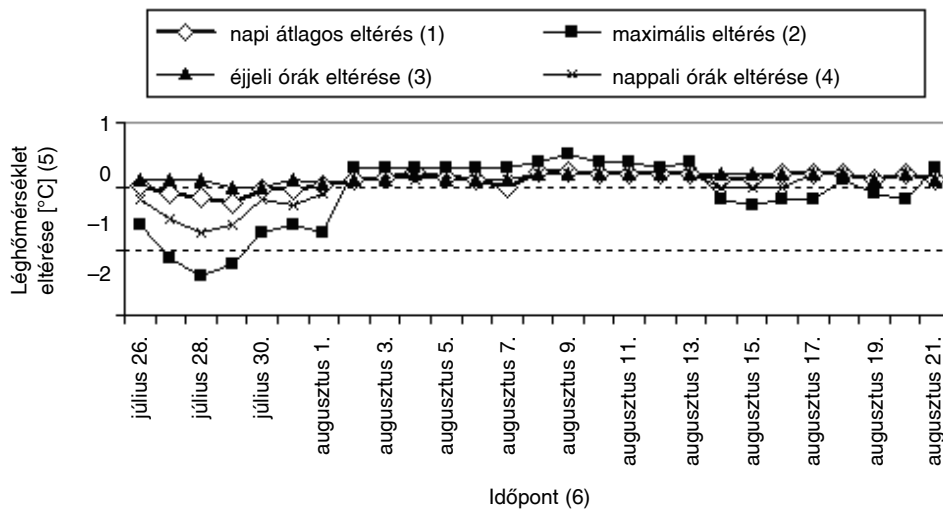


Figure 9. Effect of irrigation on the air temperature within the maize stand in summer 2006. (1) Mean daily difference, (2) Maximum difference, (3) Nighttime difference, (4) Daytime difference, (5) Difference between irrigated and control temperatures.

egész napi átlag a kiegészítő vízkezelésű növényeknél – bár csak 0,1 °C-os, de mégis – pozitív előjelű. Ez olyan csekély mértékű eltérés, melynek alapján az öntözés állományon belüli léghőmérsékletre kifejtett hatásáról a hűvös-csapadékos augusztusban nem beszélhetünk.

A relatív légnedvesség alakulásában a 2003-ra meghatározott tendencia változatlanul megmaradt, csak esetenként csekélyebb mértékű változást jelentett.

Az öntözés relatív légnedvességre kifejtett hatásáról készült összefoglaló ábra (10. ábra) alapján megállapítható, hogy hasonlóan az állományon belüli léghőmérsékletéhez, a csószinti légnedvességben is a vízkijuttatás után mérhető a legnagyobb eltérés, amely a nappali órák átlagában max. 5%. Hűvös-csapadékos időben az érték még tovább csökken.

10. ábra. Az öntözés hatása az állományon belüli légnedvességre 2006 nyarán

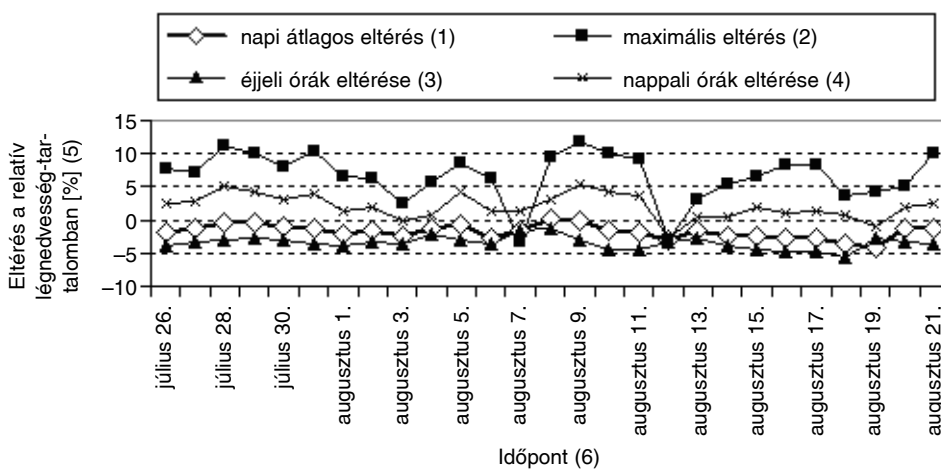


Figure 10. Effect of irrigation on the air humidity within the maize stand in summer 2006. (1) Mean daily difference, (2) Maximum difference, (3) Nighttime difference, (4) Daytime difference, (5) Difference between irrigated and control humidity.

Az éjszakai órákban folyamatosan az öntözött kezelés a szárazabb, melynél a változás mértéke az idő előrehaladásával növekedett. Ennek megfelelően kezdetben csak az éjszakára kiterjedő, majd augusztusban a csapadékos periódus miatt az egész napra jellemző szárazabb öntözött állomány miatt a napi átlagok is elmaradnak a kontrolltól. A kisugárzást jobban visszatartó nagyobb zöldfelület miatt melegebb öntözött növényeknél a nagyobb nedvességbefogadó képesség miatt a relatív légnedvesség-tartalom kisebb (változatlan vízgőznyomás mellett). A jelenség 2003-ban is megfigyelhető volt.

### Következtetések

A 2003–2006 közti időszak négy évéből kettőben kellett öntözni, míg a másik két nyár humid jellegű volt. Ez az arány Keszthely esetében hosszabb távon is jellemző.

Összegezve megállapítható, hogy 2003-ban a 180 mm-es vízkiegészítés zöldfelületben előidézett pozitív hatása (45,6%) többszörösen meghaladta a 2006-os évjárat 80 mm-es öntözővízzel elért LAI növekedésének (9,2%) mértékét 2003-ban. 1 mm öntözővíz az évi átlagos LAI értékében 0,25%-nyi növekedést, 2006-ban pedig ennek a felét, mintegy 0,12%-nyi felületnövekedést eredményezett.

A korábbi évtizedekben helyben végzett megfigyelésekkel egyezően a növényi felszínhőmérséklet alapján végzett öntözés takarékos vízfelhasználást és évjáratról függő terméstöbbletet eredményez.

Az öntözés a növények fejlődését, a tenyészidőszak hosszúságát valószínűleg a kis vízadagok miatt szignifikánsan nem befolyásolta, a LAI értéke azonban igazolhatóan megnőtt, ami a mikroklíma elemeinek alakulására sem maradt hatástalan.

A kis adagú öntözés hatása a mikroklíma elemeinek napi átlagára csekély, s az éjszaka is kiterjedő eltérések ismerete nélkül akár félrevezető is lehet. A kiegészítő vízellátásban részesült növényeknél a nappali órákban – főképpen a beavatkozást követő néhány napban – az állományon belüli levegő mintegy 1 °C-al hűvösebb, relatív légnedvesség-tartalma pedig 5%-al nagyobb. Éjszaka nem várt jelenséggé a nagyobb felületű és „zártabb“ vízkezelte állomány melegebb s ennek megfelelően szárazabb is lehet. Volt olyan időszak, amikor az öntözött növények éjszakai mikroklímájának változása a nappali órákéval ellentétes tendenciájú, s azt közelítő mértékű volt. Különösen jelentős a mikroklíma-elemek éjszakai értékeinek megismerése és értékelése, melyek a korábbi elemzésekből gyakran hiányoznak, s új következtetések levonását teszik lehetővé.

A CWSI alapján történő kiegészítő öntözéssel juttattunk többletvíz a felhasznált növényhez, s mindig csekély mennyiségűt, a túlöntözés lehetőségének szinte teljes kizárásával. Ez a vízutánpótlási eljárás a nagyobb vízadaggal megvalósítottakkal szemben kisebb mértékű változást okoz az állomány mikroklímájában, de mégsem figyelmen kívül hagyhatót. A kis vízadaggal történő öntözés mikroklímában előidézett csekély módosító hatásának lehetnek kedvező következményei is (pl. növényvédelmi: gombakártevők megjelenésének kisebb valószínűsége). A fenti eljárással megvalósított öntözés termésnövelő hatása 2003-ban 46%, 2006 19% volt (5%-os szinten szignifikáns az eltérés). Ez jól közelíti korábbi, több évtizedes megfigyeléseinket, melyek során Keszthelyen a CWSI alapján történő kiegészítő vízellátással elérhető terméstöbblet évjáratról függően kb. 10–50% között várható (Anda 2001).

### Köszönetnyilvánítás

*A kísérlet az OTKA 043147 számú tematikus pályázatának anyagi támogatásával valósulhatott meg.*

### IRODALOM

- Anda A.: 2006. Modeling maize response to climate modification in Hungary. Commun. Biometry Crop Sci. 1, 2: 90–98.
- Anda A.: 2001. Az állományklímát befolyásoló néhány eljárás mikrometeorológiai elemzése. Akadémiai Doktori Értekezés.

- Anda A.*: 1993. Az infravörös termometria alkalmazása növényi vízforgalom meghatározására. Kandidátusi értekezés.
- Anda A.–Lőke, Zs.*: 2005. Microclimate simulation in maize with two watering levels. *Időjárás* 109, 1: 21–39.
- Anda A.–Lőke, Zs.*: 2003. A kukorica párolgását meghatározó tényezők, a sztómaellenállás, a növényhőmérséklet, valamint a fotoszintézis-intenzitás számítása szimulációs modellel. *Növénytermelés* 52, 3-4: 351–363.
- Anda A.–Lőke Zs.–Sz. Kirkovits M.*: 2002. Kukorica néhány vízháztartási jellemzőjének szimulációja. *J. Centr. Eur. Agric.* 3, 2: 95–103.
- Bartholy, J.–Pongrácz, R.–Golybó, Gy.*: 2007. Regional climate change expected in Hungary for 2071–200. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 5, 1: 1–17. [www.AEER.hu](http://www.AEER.hu)
- IPCC 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Geneva 2, Switzerland. <http://www.ipcc.ch>
- Jackson, R. D.*: 1982. Canopy temperature and Crop Water Stress. *Adv. Irrig. I*: 43–85.
- Mika J.*: 2007. Regionális éghajlati forgatókönyvek előkészítése statisztikus módszerekkel. Akadémiai Doktori Értekezés, Budapest
- Nagy J.*: 2007. Kukoricatermesztés (Élelmiszer–bioenergia–takarmány). Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Rajkainé Végh K.–Szundy T.*: 2004. Kukorica genotípusok vízellátottsága és vízhasznosítása. *Agrokémia és Talajtan.* 53, 1-2: 35–54.

Érkezett: 2007. 12. 12.

A szerző levélcíme – Address of the author:

Dr. Anda Angéla  
Pannon Egyetem Georgikon Kar  
Keszthely  
Deák F. u. 16.  
H-8360  
e-mail: [anda-a@georgikon.hu](mailto:anda-a@georgikon.hu)

## A vízellátás szerepe az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) fajtaspecifikus trágyareakciójában

PEPÓ PÉTER–BALOGH ÁGNES  
Debreceni Egyetem AMTC MTK, Növénytudományi Intézet,  
Debrecen

### Összefoglalás

Csernozjom talajon végzett tartamkísérleteink eredményei az évjárat, elsősorban a vegetációs periódus vízellátottságának az őszi búza terméseredményére, agronómiai (megdőlés) és kórtani tulajdonságokra gyakorolt jelentős hatását bizonyították. Az aszályos évjárat (2007. év) drasztikus termés csökkentő hatását mérsékelte egyrészt a kiváló vízgazdálkodású csernozjom talaj, másrészt a relatíve kedvező elővetemény (csemegekukorica). Az évjárat és a vízellátás hatással volt az őszi búzafajták tápanyagreakciójára. Az évjárat módosította a fajták természetes tápanyag-hasznosítását (a kontroll kezelésben a kedvező vízellátottságú 2005. évben 3600–4900 kg · ha<sup>-1</sup>, a fajták átlaga 4400 kg · ha<sup>-1</sup>; a száraz 2007. évben 2600–3800 kg · ha<sup>-1</sup>, a fajták átlaga 3200 kg · ha<sup>-1</sup> volt). Az évjárat ugyancsak befolyásolta a búzafajták realizált termésmaximumát (az optimális vízellátottságú 2005. évben 7700–8600 kg · ha<sup>-1</sup>, az aszályos 2007. évben 6300–7500 kg · ha<sup>-1</sup>). A vegetációs periódus kedvező vízellátottsága (2005. év) mérsékelte a búzafajták optimális műtrágyaadagját [N<sub>50</sub>(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sub>38</sub>(K<sub>2</sub>O)<sub>44</sub> a vizsgált fajták átlagában], az aszályos évjáratához (2007. év) viszonyítva [N<sub>125</sub>(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sub>94</sub>(K<sub>2</sub>O)<sub>110</sub> a fajták átlagában]. A fajtaspecifikus optimális trágyaigény mindkét évjáratban megmutakozott, csak eltérő szinten (2005. évben N<sub>30–60</sub> + PK optimum, 2007. évben N<sub>90–120–150</sub> + PK optimum fajtától függően). A kedvező vízellátottságú évjáratban (2005. év) a fajták kisebb műtrágya-optimumához (N<sub>30–60</sub> + PK) hozzájárult az N<sub>120–150</sub> + PK kezelésekben tapasztalt igen jelentős megdőlés (95–100%). A trágyázás mindkét évjáratban növelte a levél- és kalászbetegségek mértékét, mely hatást az évjárat típusa és a fajta betegség-toleranciája módosított.

**Kulcsszavak:** őszi búza, trágyázás, évjárat, fajta

## Role of water supplies in the variety-specific fertiliser responses of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

PÉ. PEPÓ–Á. BALOGH  
Institute of Plant Sciences, University of Debrecen,  
Debrecen

### Summary

The results of long-term experiments carried out on chernozem soil proved the substantial effect of the year, especially the water supplies during the vegetation period, on the yield, agronomic (lodging) and pathological traits of winter wheat. The drastic yield-reducing effect of drought (in 2007) was mitigated partly by the excellent water management of the chernozem soil and partly by the relatively favourable forecrop (sweet-corn). The year and the water supplies also influenced the nutrient responses of the winter wheat varieties. The natural nutrient utilisation of the varieties in the control treatment led to an average yield of 4400 kg · ha<sup>-1</sup> (3600–4900 kg · ha<sup>-1</sup>) in 2005, when water supplies were favourable, and 3200 kg · ha<sup>-1</sup> (2600–3800 kg · ha<sup>-1</sup>)

in the dry year of 2007. The maximum yield was also dependent on the year, amounting to 7700–8600 kg · ha<sup>-1</sup> with optimum water supplies in 2005 and 6300–7500 kg · ha<sup>-1</sup> in 2007. The favourable water supplies during the vegetation period in 2005 led to a reduction in the optimum fertiliser rate [N<sub>50</sub>(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sub>38</sub>(K<sub>2</sub>O)<sub>44</sub> averaged over the varieties] compared with the dry year of 2007 [N<sub>125</sub>(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)<sub>94</sub>(K<sub>2</sub>O)<sub>110</sub> averaged over the varieties]. The optimum nutrient requirement was variety-specific in both years, but had different values (N<sub>30–60</sub> + PK in 2005; N<sub>90–120–150</sub> + PK in 2007, depending on the variety). In 2005, not only was the fertiliser optimum lower, but a high rate (95–100%) of lodging was observed in the N<sub>120–150</sub> + PK treatments. In both years fertilisation increased the occurrence of leaf and spike diseases, the effect of which depended on the year and on the disease tolerance of the varieties.

**Key words:** winter wheat, fertilization, crop year, variety

### Bevezetés, irodalmi áttekintés

Az elmúlt évtizedekben a klíma változásának, átalakulásának a jelei egyre markánsabb módon jelennek meg. Szász (2002) a szárazsági index alapján megállapította, hogy az 1860–1890 közötti években a száraz és nedves évjáratok gyakorisága megegyezett (22,5–22,5%), az átlagos évjárat a vizsgált időszak több mint felére (55%) volt jellemző. Ezzel szemben az 1980–2000. közötti évek periódusaiban lényegesen megnőtt a száraz évek előfordulási gyakorisága (52,6%) az átlagos évjáratok rovására (26,3%), miközben a csapadékos évek gyakorisága (21,1%) nem változott. Olesen és Bindi (2002), Birkás *et al.* (2006), valamint Várallyay (2007) kutatásaik alapján arra mutattak rá, hogy a klímaváltozás hatására csökkent a szántóföldi növények termése és nőtt a termésingadozás nagysága.

A kedvezőtlen időjárási hatásokat megfelelő tápanyag-visszapótlással mérsékelni lehet (Budennyi és Polesko 1994, Pepó 2002a, Fowler 2003). A búza termésmennyisége szempontjából bizonyos, korlátozott esetben a túlzottan sok csapadék okoz veszteséget indirekt módon, a megdőlés és a betegségek nagyobb mértékű fellépése következtében (Fitt *et al.* 1988, Pepó 2002b, Pietravallo *et al.* 2003). Az esetek túlnyomó többségében a vízhiány, a szárazság okoz terméseszkökenést a búzánál (Baginskas *et al.* 1985, Zhao 1987, Kosminski *et al.* 1994). A kedvezőtlen időjárási hatások, elsősorban a vízhiány csökkentésében fontos szerepet tölt be a talajban tárolt vízkészlet (Shen *et al.* 1999, Domitruk *et al.* 2000).

A tápanyagellátás meghatározó agrotechnikai elem az őszi búza termesztéstechnológiájában (Ruzsányi 1975, Bocz 1976, Eccles és Bevan 1980, Jolánkai 1982, Pepó 1995, Pepó 2004, Balogh *et al.* 2007, Blazenka *et al.* 2007). A hazai és külföldi kísérletek eredményei azt bizonyították, hogy a búzafajták trágyareakciója eltér egymástól, fajtaspecifikus (Harmati 1975, Jolánkai 1982, Pepó 1984, Baric *et al.* 2007, Pepó 2007).

### Anyag és módszer

A tartamkísérlet 1983-ban került beállításra a Debreceni Egyetem AMTC MTK Növénytudományi Intézet Látóképi Kísérleti Telepén, csernozjom talajon. A csernozjom talajt 2,76% humusztartalom, A<sub>K</sub> = 42, pH<sub>KCl</sub>-érték = 6,24 értékek jellemezték. A kísérlet beállításakor a talaj AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma 133 mg · kg<sup>-1</sup>, AL-K<sub>2</sub>O-tartalma 240 mg · kg<sup>-1</sup> volt. A tartamkísérletben a kontroll kezelés mellett az N = 30 kg · ha<sup>-1</sup>, a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> =



= 22,5 kg · ha<sup>-1</sup>, a K<sub>2</sub>O = 26,5 kg · ha<sup>-1</sup> alapdózis két-, három-, négy- és ötszörös kezeléseiben vizsgáljuk az eltérő genotípusú búzafajták trágyareakcióját. A tartamkísérlet split-plot elrendezésben, négy ismétlésben került beállításra, melyben a főparcellát a trágyakezelések, az alparcellát a fajták jelentették. Évente 15–20 búzafajta tesztelését végezzük. A nitrogénműtrágya-adagok 50%-át őszi, 50%-át kora tavasszal, a foszfor- és káliumműtrágyát 100%-ban őszi juttattuk ki. A kísérletben alkalmazott agrotechnika a korszerű termesztéstechnológia követelményeinek tett eleget, minden elemében egységes volt. Előveteményként csemegekukorica szerepelt. A növényvédelem mindkét vizsgálati évben azonos volt (gyomirtás: Secar 0,3 kg · ha<sup>-1</sup>, betegségek elleni védekezés: Falcon 460 EC 0,6 l · ha<sup>-1</sup> [2-3 nóduszos állapotban], Falcon 460 EC 0,8 l · ha<sup>-1</sup> [virágzás kezdetén]). A parcellák területe 18 m<sup>2</sup> volt.

A kísérletben négy ismétlésben meghatároztuk a lisztharmat- (*Erisiphe graminis*), a DTR- (*Drechslera tritici repentis*), a levélrozsdá- (*Puccinia tritici*) fertőzöttség mértékét, melyet a levélterület százalékában fejeztünk ki. A kalászfuzárium-fertőzöttség meghatározásánál a 15%-os vizuális fertőzöttséget mutató kalászok százalékos arányát határoztuk meg. Megdőltek a 45°-nál nagyobb mértékű megdőlést mutató állományt tekintettük, mely értéket a talajfelület százalékában határoztuk meg. A betakarítást (2005. július 22–25., 2007. június 25.) Sampo parcellakombájjal végeztük el. A betakarításkori nedvességtartalom felhasználásával számítottuk ki a standardizált szemtermést (14% szemnedvesség-tartalom).

A tartamkísérlet eredményei közül két eltérő időjárású évet választottunk, melynek fontosabb meteorológiai paramétereit az 1. táblázatban közöljük. A 2005. évet kedvező őszi vízellátás, komoly téli fagyok, valamint a búza fejlődése szempontjából közel optimális tavaszi-kora nyári időszak jellemezte. A 2007. évben a száraz őszt enyhe, száraz téli időjárás követte, mely rendkívül száraz, meleg aszályos periódusban folytatódott a tavaszi-kora nyári hónapokban. A vizsgált fajták a következők voltak: GK Öthalom, GK Kapos, Mv Maurka, Lupus, Sixtus és Saturnus.

1. táblázat. A kísérleti évek meteorológiai adatai  
(Debrecen)

Meteorológiai paraméter (1)	X. (7)	XI. (8)	XII. (9)	I. (10)	II. (11)	III. (12)	IV. (13)	V. (14)	VI. (15)	Összesen (16) Átlag (17)
Csapadék [mm] (2)										
Harmincéves átlag (3)	30.8	45.2	43.5	37.0	30.2	33.5	42.4	58.8	79.5	400.9
2005. év (4)	38.9	63.5	33.7	18.2	40.6	10.5	74.9	75.8	54.3	410.4
2007. év (5)	22.9	9.2	5.0	23.9	53.2	14.0	3.6	54.0	22.8	208.6
Hőmérséklet [°C] (6)										
Harmincéves átlag (3)	10.3	4.5	-0.2	-2.6	0.2	5.0	10.7	15.8	18.7	6.93
2005. év (4)	11.1	4.9	0.9	-0.9	-3.7	2.2	10.8	16.2	18.4	6.66
2007. év (5)	11.3	6.2	2.2	3.7	4.1	9.1	12.6	18.2	22.2	9.96

Table 1. Meteorological data of the experimental years (Debrecen). (1) Meteorological parameter, (2) Rainfall, mm, (3) 30-year average, (4) In 2005, (5) In 2007, (6) Temperature, °C, (7) October, (8) November, (9) December, (10) January, (11) February, (12) March, (13) April, (14) May, (15) June, (16) Total rainfall, mm, (17) Average temperature, °C.

### Eredmények és értékelésük

Csernozjom talajon, tartamkísérletben huszonöt éve folyamatosan vizsgáljuk, teszteljük az eltérő genotípusú őszi búzafajták tápanyagreakcióját. A legújabb kísérleti eredmények közül két eltérő időjárású évjárat (2005. és 2007.) eredményeit közöljük és értékeljük. A két évjárat időjárása alapvetően különbözött egymástól. A 2005. év vegetációs periódust kedvező, az optimálisához közeli időjárás jellemezte az őszi búza fejlődése és termésképződése szempontjából. Az 1. táblázat adatai szerint mind a csapadék mennyisége (a tenyészidőszakban 10 mm-rel több csapadék hullott a harmincéves átlaghoz viszonyítva), mind annak eloszlása kedvező volt. A vegetációs periódus hőmérsékleti viszonyai is kedveztek a búza vegetatív és generatív fejlődésének (a tenyészidő átlaghőmérséklete 6,66 °C volt, a sokévi átlag 6,93 °C). Ezzel szemben a 2007. év kifejezetten száraz, aszályos volt gyakorlatilag a tenyészidőszak valamennyi részében. A harmincéves átlaghoz (400,9 mm) viszonyítva a tenyészidőszakban mintegy 50%-kal kevesebb csapadék hullott (208,6 mm). A csapadékhiány kedvezőtlen hatásához hozzájárult a vegetációs periódus magas hőmérséklete (9,96 °C, a sokévi átlag 6,93 °C). Az aszályos időjárás kedvezőtlen hatását mérsékelte a relatív kedvező elővetemény (csemegekukorica) és a csernozjom talaj kiváló vízgazdálkodási tulajdonsága. Az évjáratok időjárásának specifikumai mind a búzafajták terméserejében, mind azok tápanyagreakciójában megnyilvánultak. A kedvező időjárású és vízellátottságú 2005. évben (2. táblázat) a vizsgált búzafajták termésmaximuma 7700–8600 kg · ha<sup>-1</sup>, a száraz, aszályos 2007. évben 6300–7500 kg · ha<sup>-1</sup> (3. táblázat) között változott, azaz az évjáratok hatás 1100–1400 kg · ha<sup>-1</sup> terméscsökkenést jelentett. A két évben a fajták termésmaximumaiban megjelenő különbség az adott fajta adaptációs képességét mutatja az eltérő ökológiai stresszhatások esetében. A kedvező 2005. évben a legnagyobb termést a GK Kapos (8596 kg · ha<sup>-1</sup>) fajta adta. Ugyanez a fajta bizonyult a legjobbnak a száraz 2007. évben is (7476 kg · ha<sup>-1</sup>), amely a fajta kedvező abiotikus stressztűrését bizonyítja. A legnagyobb terméskülönbséget a két vizsgált évjáratban a régi nemesítésű

2. táblázat. A trágyázás hatása az őszi búzafajták termésére (Debrecen, 2005.)

Fajta (1)	Termés [kg · ha <sup>-1</sup> ] (2)					
	Ø	N <sub>30</sub> P <sub>22,5</sub> K <sub>26,5</sub> *	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>53</sub> *	N <sub>90</sub> P <sub>67,5</sub> K <sub>79,5</sub> *	N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>106</sub> *	N <sub>150</sub> P <sub>112,5</sub> K <sub>132,5</sub> *
GK Öthalom	4219	6979	8126	8082	7259	7043
GK Kapos	4731	8309	8596	8443	7459	7287
Mv Mazurka	3640	6867	7805	7725	7217	6832
Lupus	4918	7725	7159	6970	6582	6672
Sixtus	4639	7670	7305	7422	7126	7069
Saturnus	4349	7282	7850	7432	7009	7063
<b>Átlag (3)</b>	<b>4416</b>	<b>6258</b>	<b>7807</b>	<b>7679</b>	<b>7109</b>	<b>6994</b>
<b>SzD<sub>5%</sub> (4)</b>	<b>385</b>					

\* P = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K = K<sub>2</sub>O (5)

Table 2. Effect of fertilization on the yields of winter wheat varieties (Debrecen, 2005). (1) Variety, (2) Yield, kg · ha<sup>-1</sup>, (3) Average, (4) LSD<sub>5%</sub>, (5)\*P = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K = K<sub>2</sub>O.

3. táblázat. *A trágyázás hatása az őszi búzafajták termésére*  
(Debrecen, 2007.)

Fajta (1)	Termés [kg · ha <sup>-1</sup> ] (2)					
	Ø	N <sub>30</sub> P <sub>22,5</sub> K <sub>26,5</sub> *	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>53</sub> *	N <sub>90</sub> P <sub>67,5</sub> K <sub>79,5</sub> *	N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>106</sub> *	N <sub>150</sub> P <sub>112,5</sub> K <sub>132,5</sub> *
GK Öthalom	3128	4611	5076	6089	5970	6422
GK Kapos	3265	5083	6798	7263	7476	7228
Mv Mazurka	2605	4714	5770	6330	6564	6728
Lupus	3459	4383	5226	6148	6517	6298
Sixtus	3771	5222	6583	6883	6576	6602
Saturnus	3230	4556	5656	5960	6330	6005
<b>Átlag (3)</b>	<b>3243</b>	<b>4762</b>	<b>5852</b>	<b>6446</b>	<b>6572</b>	<b>6547</b>
<b>SzD<sub>5%</sub> (4)</b>	<b>322</b>					

\* P = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K = K<sub>2</sub>O (5)Table 3. Effect of fertilization on the yields of winter wheat varieties (Debrecen, 2007). (1) Variety, (2) Yield, kg · ha<sup>-1</sup>, (3) Average, (4) LSD<sub>5%</sub>, (5)\*P = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K = K<sub>2</sub>O.

GK Öthalom mutatta (2005. évben 8126 kg · ha<sup>-1</sup>, 2007. évben 6422 kg · ha<sup>-1</sup>). Az eltérő genetikai csoportot képező Lupus, Sixtus és Saturnus fajta 2005. évi mérsékeltbb terméseredményéhez nagymértékben hozzájárult a fajták jelentős mértékű megdőlése.

Az eltérő genotípusú búzafajták tápanyagreakciójának megítéléséhez a természetes tápanyaghasznosító képességüket (a kontroll kezelés termése), a maximális terméseredményüket, az optimális N + PK műtrágyaadagot, valamint a műtrágyázás hatására kapott terméstöbbletet használhatjuk fel. A kedvező vízellátottságú 2005. évben a vizsgált fajták hatékonyabban tudták a csernozjom talaj természetes tápanyagkészletét hasznosítani (a kontroll kezelésben 3600–4900 kg · ha<sup>-1</sup>; a fajták átlaga 4400 kg · ha<sup>-1</sup>), mint a száraz időjárású 2007. évben (2600–3800 kg · ha<sup>-1</sup>; a fajták átlaga 3200 kg · ha<sup>-1</sup>). A jobb vízellátás lényegesen nagyobb termésmaximumokat eredményezett a 2005. évben (7700–8600 kg · ha<sup>-1</sup>; a fajták átlaga 8000 kg · ha<sup>-1</sup>), mint a száraz 2007. évben (6300–7500 kg · ha<sup>-1</sup>; a fajták átlaga 6700 kg · ha<sup>-1</sup>). A műtrágyázás hatására kapott terméstöbblet (4. táblázat) a két vizsgálati évben közel azonos volt (a 2005. évben 3546 kg · ha<sup>-1</sup>, a 2007. évben 3483 kg · ha<sup>-1</sup>). Lényeges eltéréseket lehetett viszont megállapítani valamennyi vizsgált fajtánál az optimális N + PK adag esetében. Az optimális vízellátás hatására (2005. év) sokkal kedvezőbb feltételek jöttek létre a csernozjom talajban a talaj természetes tápanyagainak és a kiadott műtrágyák hatóanyagainak a feltáródásához és felvételéhez, amelynek következtében az N<sub>opt.</sub> + PK dózisok rendkívül mérsékelt intervallumban (N<sub>30–60</sub> + PK) mozogtak genotípustól függően (a fajták átlagában N<sub>50</sub> + PK). A száraz 2007. tenyészévben a talaj természetes tápanyagainak és a műtrágyák hatóanyagainak korlátozott felvehetősége miatt lényegesen nagyobb műtrágyaadagok bizonyultak optimálisnak. Fajtától függően N<sub>90–150</sub> + PK kezelésben kaptuk a maximális termést (a fajták átlagában N<sub>125</sub> + PK).

A terméseredmények mellett mindkét évben meghatároztuk a vizsgált őszi búzafajták lisztharmat-, DTR-, levélrozsda- és kalászfuzárium-fertőzöttségének a mértékét valamennyi tápanyagszinten. A terjedelmi korlátok miatt az 5. és a 6. táblázatban a kontroll,

4. táblázat. Az évjárat és trágyázás hatása az őszi búzafajták terméstöbbletére és  $N_{opt}+PK$  adagjára (Debrecen, csernozjom talaj)

Fajta (1)	2005. év (2)		2007. év (3)	
	Mútrágyázás okozta terméstöbblet [kg · ha <sup>-1</sup> ] (4)	$NPK_{opt}$ (5)	Mútrágyázás okozta terméstöbblet [kg · ha <sup>-1</sup> ] (4)	$NPK_{opt}$ (5)
GK Öthalom	3907	$N_{60}P_{45}K_{53}$	3294	$N_{150}P_{112,5}K_{132,5}$
GK Kapos	3865	$N_{60}P_{45}K_{53}$	4211	$N_{120}P_{90}K_{106}$
Mv Mazurka	4165	$N_{60}P_{45}K_{53}$	4123	$N_{150}P_{112,5}K_{132,5}$
Lupus	2807	$N_{30}P_{22,5}K_{26,5}$	3058	$N_{120}P_{90}K_{106}$
Sixtus	3031	$N_{30}P_{22,5}K_{26,5}$	3112	$N_{90}P_{67,5}K_{79,5}$
Saturnus	3501	$N_{60}P_{45}K_{53}$	3100	$N_{120}P_{90}K_{106}$
<b>Átlag (6)</b>	<b>3546</b>	$N_{50}P_{37,5}K_{44,2}$	<b>3483</b>	$N_{125}P_{93,8}K_{110,4}$

\*P = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K = K<sub>2</sub>O (7)Table 4. Effect of year and fertilization on the yield surplus and  $N_{opt} + PK$  of winter wheat (Debrecen, chernozem soil). (1) Variety, (2) In 2005, (3) In 2007, (4) Yield surplus due to fertilizer, kg · ha<sup>-1</sup>, (5)  $N_{opt} + PK$ , (6) Average, (7) \*P = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K = K<sub>2</sub>O.

5. táblázat. Az évjárat és a trágyázás hatása az őszi búzafajták lisztharmat- és DTR-fertőzöttségére (Debrecen, csernozjom talaj)

Fajta, év (1)	Lisztharmat-fertőzöttség [%] (2)			DTR-fertőzöttség [%] (3)		
	Ø	$N_{opt.} + PK$	$N_{150} + PK$	Ø	$N_{opt.} + PK$	$N_{150} + PK$
GK Öthalom						
2005. év (4)	2	7	12	2	6	26
2007. év (5)	1	9	9	4	18	18
GK Kapos						
2005. év (4)	1	3	8	2	6	14
2007. év (5)	2	9	10	8	30	31
Mv Mazurka						
2005. év (4)	3	9	24	2	6	12
2007. év (5)	2	10	10	8	23	23
Lupus						
2005. év (4)	3	4	16	4	8	19
2007. év (5)	1	8	7	0	19	19
Sixtus						
2005. év (4)	1	2	8	3	3	16
2007. év (5)	1	7	8	4	11	18
Saturnus						
2005. év (4)	2	6	16	2	6	11
2007. év (5)	1	6	6	7	24	25
SzD <sub>5%</sub> (6)						
2005. év (4)		4			5	
2007. év (5)		3			7	

Table 5. Effect of year and fertilization on the powdery mildew and DTR infection in winter wheat varieties (Debrecen, chernozem soil). (1) Variety, year, (2) Powdery mildew infection, %, (3) DTR infection, %, (4) In 2005, (5) In 2007, (6) LSD<sub>5%</sub>.

6. táblázat. Az évjárat és a trágyázás hatása az őszi búzafajták levélrozsda- és kalászfuzárium-fertőzöttségére (Debrecen, csernozjom talaj)

Fajta, év (1)	Levélrozsda-fertőzöttség [%] (2)			Kalászfuzárium-fertőzöttség [%] (3)		
	Ø	N <sub>opt.</sub> + PK	N <sub>150</sub> + PK	Ø	N <sub>opt.</sub> + PK	N <sub>150</sub> + PK
GK Óthalom						
2005. év (4)	1	2	4	1	2	5
2007. év (5)	1	3	3	0	0	0
GK Kapos						
2005. év (4)	0	0	2	0	0	4
2007. év (5)	0	2	1	0	0	0
Mv Mazurka						
2005. év (4)	0	0	2	0	1	3
2007. év (5)	0	3	3	0	0	0
Lupus						
2005. év (4)	0	1	4	0	0	3
2007. év (5)	0	2	2	0	0	0
Sixtus						
2005. év (4)	0	0	2	0	0	2
2007. év (5)	0	1	2	0	0	0
Saturnus						
2005. év (4)	0	0	2	0	1	4
2007. év (5)	0	2	2	0	0	0
SzD <sub>5%</sub> (6)						
2005. év (4)		1			2	
2007. év (5)		1			0	

Table 6. Effect of year and fertilization on the of leaf rust and spike fusarium infection in winter wheat varieties (Debrecen, chernozem soil). (1) Variety, year, (2) Leaf rust infection, %, (3) Spike fusarium infection, %, (4) In 2005, (5) In 2007, (6) LSD<sub>5%</sub>.

az N<sub>opt.</sub> + PK és a legnagyobb dóziszú N<sub>150</sub> + PK kezelés fertőzöttségi értékeit közöljük. A levél- és kalászbetegségek mértékét alapvetően a tápanyagellátás határozta meg, mely értéket az évjárat és a genotípus módosított. A kontroll kezelésben a betegségek minimális mértékben fordultak elő a vizsgált búzafajták állományaiiban (a lisztharmat 2005-ben 1–3%, 2007-ben 1–2%; DTR 2–4%, 0–8%; levélrozsda 0–1%, 0–1%; kalászfuzárium 0–1%, 0%). A műtrágyás kezelésekre hatására nőtt a fertőzöttség mindkét évben betegségektől függően differenciált mértékben. A két eltérő típusú évjáratban az alkalmazott két fungicid kezelés megfelelő hatékonysága miatt a betegségek megjelenésének mértékében minimális, ill. közepes különbséget lehetett megállapítani. A legnagyobb műtrágyaadagú kezelésben (N<sub>150</sub> + PK) közepes mértékű eltérést lehetett megállapítani a lisztharmat-fertőzés (2005-ben 8–24%, 2007-ben 6–10%), a kalászfuzárium-fertőzés (2005-ben 2–5 %, 2007-ben 0%), míg minimális eltérést a DTR-fertőzés (2005-ben 12–26%, 2007-ben 18–31%) és a levélrozsda-fertőzés (2005-ben 2–4%, 2007-ben 1–3%) esetében. A vizsgált fajták közül mindkét évben kedvező betegségtoleranciát mutatott a Sixtus fajta.

7. táblázat. Az évjárat és trágyázás hatása az őszi búzafajták megdőlésére (Debrecen, csernozjom talaj)

Fajta, év (1)	Megdőlés [%] (2)					
	Ø	N <sub>30</sub> + PK	N <sub>60</sub> + PK	N <sub>90</sub> + PK	N <sub>120</sub> + PK	N <sub>150</sub> + PK
GK Óthalom						
2005. év (3)	0	0	15	47	95	100
2007. év (4)	0	0	0	0	0	0
GK Kapos						
2005. év (3)	0	0	26	92	100	100
2007. év (4)	0	0	0	0	0	0
Mv Mazurka						
2005. év (3)	0	0	26	81	100	100
2007. év (4)	0	0	0	0	0	0
Lupus						
2005. év (3)	0	0	76	100	100	100
2007. év (4)	0	0	0	0	11	32
Sixtus						
2005. év (3)	0	0	78	100	100	100
2007. év (4)	0	0	0	0	0	0
Saturnus						
2005. év (3)	0	0	69	100	100	100
2007. év (4)	0	0	0	0	0	6
SzD <sub>5%</sub> (5)						
2005. év (3)				9		
2007. év (4)				4		

Table 7. Effect of year and fertilization on the lodging of winter wheat varieties (Debrecen, chernozem soil). (1) Variety, year, (2) Lodging, %, (3) In 2005, (4) In 2007, (5) LSD<sub>5%</sub>.

A két eltérő vízellátottságú évjáratban lényeges különbséget mutattak a fajták a szár-szilárdság vonatkozásában (7. táblázat). Az optimálisához közeli vízellátottságú 2005. évben a vizsgált őszi búzafajták már az N<sub>60</sub> + PK kezelésben (15–78% megdőlés), valamint az azt meghaladó műtrágyaadagoknál igen jelentős megdőlést mutattak (N<sub>90</sub> + PK kezelésben 47–100%, N<sub>120</sub> + PK kezelésben 95–100%, N<sub>150</sub> + PK kezelésben 100%-osan megdőltek valamennyi vizsgált fajta). A száraz, meleg 2007. évben a fajták megdőlése gyakorlatilag elhanyagolható mértékű volt. A fajták megdőlése 0% volt, minimális megdőlés volt tapasztalható a Saturnus (N<sub>150</sub> + PK kezelésben 6%) és a Lupus (N<sub>120</sub> + PK kezelésben 11%, N<sub>150</sub> + PK kezelésben 32%) fajta esetében.

### Következtetések

Tartamkísérleteink vizsgálati eredményei azt bizonyították, hogy a kiváló víz- és tápanyaggazdálkodású csernozjom talajon is a megfelelő tápanyagellátás az őszi búza termésmenésének meghatározó, döntő eleme. Az őszi búza-genotípusok tápanyagreakciója fajtaspecifikus. Különbséget lehetett megállapítani az őszi búzafajták természetes

tápanyag-hasznosító képessége, termésmaximuma, műtrágyázási terméstartalom és optimális N + PK adagja között. A talaj természetes tápanyagainak és a műtrágyák hatóanyagainak érvényesülését az évjárat időjárása, elsősorban vízellátása alapvetően befolyásolta. A kedvező vízellátottságú 2005. évben a termésmaximum a vizsgált fajták átlagában  $8000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a trágyaoptimum  $\text{N}_{50} + \text{PK}$  volt, míg a száraz 2007. évben  $6700 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , ill.  $\text{N}_{125} + \text{PK}$  értéket kaptunk. A búzafajták levél- és kalászbetegségeinek, valamint a megdőlésnek a mértékét a tápanyagellátás, az évjárat és a genotípus egyaránt befolyásolta.

Kutatási eredményeink megerősítették *Shen et al.* (1999), *Domitruk et al.* (2000) azon eredményeit, hogy a talaj vízkészlete – a csapadék mennyisége és eloszlása mellett – fontos szerepet játszik a búza termésszintjének meghatározásában. Kísérleteink ezt a terméscsökkenést pontosan számszerűsítették: csernozjom talajon a vizsgált fajták terméscsökkenése a realizált termésszint maximum esetében 11–21% között változott. A jelenlegi búza-genotípusok természetes tápanyag-hasznosító képessége és trágyareakciója jelentősen eltért egymástól mind kedvező, mind száraz évjáratban, amint erről *Harmati* (1975), *Jolánkai* (1982), *Pepó* (1984), *Baric et al.* (2007) közölt adatokat. Kedvező vízellátottságú évjáratban (2007. év) mind a talaj természetes tápanyagainak, mind a műtrágyák hatóanyagait a búzafajták nagyobb hatékonysággal voltak képesek felvenni, így az optimális műtrágyadózis kisebbnek  $[\text{N}_{50}(\text{P}_2\text{O}_5)_{38} (\text{K}_2\text{O})_{44}]$  bizonyult, mint száraz (2007. év) évjáratban  $[\text{N}_{125}(\text{P}_2\text{O}_5)_{94} (\text{K}_2\text{O})_{110}]$  a fajták átlagában.

### Köszönetnyilvánítás

*A kutatások részben az OMF 00896/2005. projekt támogatásával kerültek megvalósításra.*

### IRODALOM

- Baginskas, B. P.–Zhyamaitis, A. B.–Kuchinskas I. M.*: 1985. Effect of fertilizers on yield of winter wheat under different meteorological conditions. *Byulleten Vsesoyuznogo Nauchno issledovatel'skogo Instituta Udobrenii I Agropochvovedeniya*. 72: 29–32.
- Balogh Á.–Hornok M.–Pepó P.*: 2007. Study of physiological parameters in sustainable winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production. *Cereal Research Communications*. 35, 2: 205–208.
- Baric, M.–Sarcevic, H.–Keres, S.–Habus Jercic, I.–Rukavina, I.*: 2007. Genotypic differences for nitrogen use efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Research Communications*. 35, 2: 213–216.
- Birkás, M.–Dexter, A. R.–Kalmár, T.–Bottlik, L.*: 2006. Soil quality – soil condition – production stability. *Cereal Research Communications*. 34, 1: 135–138.
- Blazenka, B.–Loncaric, Z.–Vukadinovic, V.–Vukobratovic, Z.–Vukadinovic, V.*: 2007. Winter wheat yield responses to mineral fertilization. *Cereal Research Communications*. 35, 2: 245–248.
- Bocz E.*: 1976. Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Budenyi, Y. V.–Polesko, Y. A.*: 1994. Efficiency of fertilizers applied to winter wheat in a crop rotation in relation to meteorological conditions. *Khimiya v Selskom Khozyaiste*. 8: 9–15.
- Domitruk, D. R.–Duggan, B. L.–Fowler, D. B.*: 2000. Soil water use, biomass accumulation and grain yield of no-till winter wheat on the Canadian prairies. *Canadian Journal of Plant Science*. 80, 4: 729–738.
- Eccles, R. W.–Bevan, C. J.*: 1980. *Cereal story '80* Dorset College of Agriculture.
- Fitt, B. D. L.–Goulds, A.–Polley, R. W.*: 1988. Eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) epidemiology in relation to prediction of disease severity and yield loss in winter wheat a review. *Plant Pathology*. 37, 3: 311–328.

- Fowler, D. B.: 2003. Crop nitrogen demand and grain protein concentration of spring and winter wheat. *Agronomy Journal*. 95, 2: 260–265.
- Harmati I.: 1975. Öntözéses agrotechnikai kísérletek újabb búzafajtákkal. *Növénytermelés*. 24, 1: 66–71.
- Jolánkai M.: 1982. Őszi búzafajták tápanyag- és vízhasznosítása (Kandidátusi értekezés).
- Kosmínski, C.–Borin, M.–Attin, M.: 1994. Climatic risk to crops in Poland. Proceedings of the third congress of the European Society for Agronomy, Padova University, Abano-Padova, Italy, 18–22 September 1994. 818–819.
- Olesen, J. E.–Bindi, M.: 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*. 16, 4: 239–262.
- Pepó P.: 1984. Őszi búzafajták trágyázása és öntözése. Egyetemi doktori értekezés, Debrecen.
- Pepó P.: 1995. Újabb adatok az őszi búza fajtaspecifikus tápanyagellátásához. *DATE Tudományos Közleményei*. XXXII: 125–142.
- Pepó P.: 2002a. Az őszi búza fajtaspecifikus tápanyagellátása csernozjom talajon. Ed: *Pepó–Jolánkai: Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben*. MTA, Budapest. 105–110.
- Pepó P.: 2002b. Őszi búzafajták szárszilárdsága és termőképessége. *Növénytermelés*. 51, 5: 487–496.
- Pepó P.: 2004. Az évszázad hatása az őszi búza termésmennyiségére tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 53, 4: 339–350.
- Pepó P.: 2007. The role of fertilization and genotype in sustainable winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production. *Cereal Research Communications*. 35, 2: 917–920.
- Pietravalle, S.–Shaw, M. W.–Parker, S. R.–van den Bosch, F.: 2003. Modeling of relationships between weather and *Septoria tritici* epidemics on winter wheat: A critical approach. *Phytopathology*. 93, 10: 1329–1339.
- Ruzsányi L.: 1975. A növényállomány evapotranszpirációjának vizsgálata különböző tápanyagellátottsági szinten. (Kandidátusi értekezés).
- Shen, S. H.–Gao, W. Y.–Li, B. B.: 1999. Water consumption and its impact on yield of winter wheat in Xifeng. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*. 22, 1: 88–94.
- Szász G.: 2002. Meteorológia mezőgazdáknak, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Várallyay Gy.: 2007. *Láng I., Csete L. és Jolánkai M.* (szerk): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok (A VAHAVA Jelentés). *Agrokémia és Talajtan*. 56, 1: 199–202.
- Zhao, J. B.: 1987. Evaluation on the water condition of winter wheat and reasonable use of water resources in Cangzhou region, Hebei Province. *Meteorological Monthly*. 13, 5: 23–27.

Érkezett: 2008. 01. 21.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

Dr. Pepó Péter–Balogh Ágnes  
Debreceni Egyetem AMTC MTK, Növénytudományi Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032



## MEGEMLEKEZÉS

### Nyiri László professor emeritus születésnapjára köszöntés

Prof. Dr. Nyiri László, a mezőgazdaság tudomány doktora 2007. november 23-án volt 75 éves. Ebből az alkalomból a Növénytermelés szerkesztősége, munkatársai, tanítványai nevében is köszöntjük a Karcagi Kutatóintézet volt igazgatóját, a Debreceni Egyetem professor emeritusát, a Földművelés-tan oktatóját. Életpályája, szemlélete a ma nevelkedő tudós generáció számára is követendő példaként szolgálhat.

Középiskolai tanulmányait a Váci Mezőgazdasági Technikumban végezte. Érettségi után a Gödöllői Agrártudományi Egyetemre vették fel. Egyetemi hallgatóként Gödöllőn, a Páter Károly által vezetett Talajtani Tanszéken talajeróziós témával kapcsolódott be a tudományos diákköri munkába. Egyetemi tanulmányai befejezésével Mosonmagyaróváron az Észak-Dunántúli Mezőgazdasági Kísérleti Intézetben kezdte kutatói pályáját. A kutatóintézet Mezőgazdasági Akadémiával történt egyesítése után a Növénytermesztési Tanszéken folytatta oktatói és kutatói munkáját. Kutatói érdeklődése az alpok-alji (Ják) és cser-kemenesháti (Kenyeri) sekély termőrétegű, savanyú barna erdőtalajok javítása irányába fordult. Módszereiben a talaj–növény rendszer kémiai, fizikai és biológiai tulajdonságainak együttes vizsgálatára törekedett, egyenlő súllyal figyelembe véve a gyökérnövekedést, a kémiai (savanyúság, humuszminőség) és a fizikai (talajporozitás, vízáteresztő képesség) és a biológiai (CO<sub>2</sub>-termelés) tulajdonságok változását, illetve ezek különböző eljárásokkal való változtathatóságát.

A Karcagi Kutatóintézetrel való első kapcsolata a Nagykanizsai Felsőfokú Technikumban folytatott tanári és kutatói működésének idejére esik. Ekkor kapcsolódott be a Karcagi Kutatóintézetben Sipos Sándor és Kurucz Gyula által koordinált „Korszerű talajművelési rendszerek, módszerek, valamint talajjavítási eljárások komplex kutatása” című célprogram munkájába. Ez a kapcsolat egyre szorosabbá vált, 1974-től tudományos főmunkatársként főállásban is Karcagon folytatta tevékenységét. Ugyanebben az évben megbízást kapott a talajművelési kutatásokat irányító célprogram vezetésére is.

Nyiri Lászlóval nemcsak a nyugat-dunántúli talajok kerültek be a Karcagon vizsgált talajok közé, hanem az ott kialakult szemléletmód is.

A nyugat-dunántúli pszeudoglejes, pangó-vizes talajok és a tiszántúli réti talajok sok vonatkozásban különböznek, de van egy nagyon fontos közös tulajdonságuk: a kémiai tulajdonságok javítása mellett – sokszor annál még nagyobb hangsúllyal – szükség van a fizikai-vízgazdálkodási tulajdonságok javítására is.

Nyiri László a fizikai talajtulajdonságoknak, a porozításvizonyoknak, a vízáteresztő képességnek, a humuszminőség változásának mindig kiemelt figyelmet szentelt. Karcagon is első teendői közé tartozott a talajfizikai laboratórium bővítése, alkalmassá tétele nagy térfogatú, eredeti szerkezetű talajoszlopok fizikai tulajdonságainak vizsgálatára.

Kutatómunkáját mindig az eredmények gyakorlati hasznosításának igényével végezte. A talajjavítási kísérletek eredményei közvetlenül beépültek a MÉM-NAK Trágyázási Útmutatójába és a Nyiri László által készített talajjavítási tanácsadó füzetekbe.

A talaj vízgazdálkodása kiemelt jelentőségének felismerése vezetett el később a karcagpusztai komplex meliorációs modelltelep megalkotásához, amelynek kezeléseiben ötvözte a korábbi szikestaj-javítási módszereket és eredményeket (digózás, meszes és gipszes javítás, mélylazítás), új vonásként kombinálva azokat a talajnedvesség-szabályozási eljárásokkal (felszín és felszín alatti drénezés). A karcagpusztai modellteleppel hazánkban elsőként valósult meg egy síkvidéki komplex meliorációs modelltelep, amely mintaként szolgált a '80-as években kibontakozó komplex meliorációs kutatómunkához.

Ugyancsak a vízgazdálkodás fontosságának felismerése inspirálta a karcagi lizimétertelepek építését, amelyeknek kezdeményezője szintén Nyiri László volt. A Karuczka Antallal közösen megvalósított kompenzációs és súlyliziméter-bázisok ma is számszerű adatot szolgáltatnak a talajvízszint magassági és a talajfelszín-tulajdonságainak víz- és sóforgalomra gyakorolt hatásáról.

Az intenzív, 1 m mélységű mélylazítást lehetővé tevő, német KAELBLE TLG-12 OMFB támogatással történő beszerzése Nyiri László meggyőző érvelésének és sikeres pályázatának volt az eredménye.

Sikeres pályázati tevékenységet folytatott a talajkímélő, talajvédő művelő eszközök beszerzéséért is. Az, hogy ma ezek az eszközök a Karcagi Kutatóintézet tulajdonában vannak és a kutatómunka így saját eszközökkel végezhető, nagyrészt Nyiri László jó értelemben vett „kijáró munkájának” és természetesen az érvekre fogékony pályázatóknak (OMFB, FVM) köszönhető.

A kutatás tárgyiasult eszközei és eredményei fejlesztésében elért eredményekkel egyenrangú a kutatók, oktatók közötti együttműködési kapcsolatrendszer megújulása és bővülése, ami Nyiri László tudományos szervező munkájának köszönhető. Nyiri László kapcsolatteremtő és szervező képességének eredményeként bővültek a karcagi kutatások a Hargitai László humuszminőség-vizsgáló, Várallyay György talajfizikai vizsgáló módszereivel és eszközeivel, Máté Ferenc savanyútalaj-javítási és a réti talajok genetikájára vonatkozó eredményeivel, a magnézium-felhalmozódás okaira és következményeire vonatkozó vizsgálatokkal, Tóth Béla erdészeti, szikfásítási kutatásának eredményeivel. A VITUKI-ból kiinduló síkvidéki komplex meliorációs eredmények Kovács György, Fehér Ferenc, Csaplár Klára közvetítésével jutottak Karcagra. Hegedűs Lajos először a Talajjavító Vállalat kivitelezési munkáival, majd a MÉM-NAK meliorációért felelős vezetőjeként segítette a komplex meliorációs modelltelepek kivitelezését.

Tudományos szervezői tevékenységének eredményeként az 1990-es évek elején Karcagra került az „Alföld Program” Mezőgazdaság-fejlesztési Projektjének irányítása. A koordinációs munka eredményesen integrálta a mezőgazdaság valamennyi területét és a munka szintéziseként az FVM támogatásával jelentek meg a mezőgazdaság ökológiai és ökonómiai körülményekhez való alkalmazkodását elősegítő szántóföldi növénytermesztési és kertészeti témájú könyvek. Szoros együttműködés alakult ki az MTA Regionális Kutatóközpontjával. Jelentős szerepe van abban, hogy az Alföld Program ügyét sikerült elfogadtatni a döntéshozó politikusok nagy részével is.

Témavezetői tevékenységének eredményeként erősödött a Debreceni Agrártudományi Egyetem tanszékei és intézetei közötti együttműködés a savanyú talajok javítására, a Ca- és Mg-trágyázás, illetve melioratív utánpótlás lehetőségeinek kutatására a Loch Jakab vezette Mezőgazdasági Kémiai Tanszékkel, a Helmecci Balázs vezette Talajtani és Mikrobiológiai Tanszékkel, valamint a Vetőmag Vállalat Nyíregyházi Kutatóintézetét irányító Klenczner Imrével és munkatársaival. Meliorációs modelltelepek fejlesztésére Sziki Gusztávval, Hornyik Bélával, Thyll Szilárdal alakult ki szoros együttműködés, aminek eredményeként az egész Tiszántúlra kiterjedő kísérleti meliorációs modelltelep-hálózat jött létre. A Debreceni Agrártudományi Egyetemmel kialakult szoros együttműködésnek legfőbb oktatói eredménye volt, hogy Nyiri László közvetlenül bekapcsolódott a Ruzsányi László vezette Növénytermesztési Intézet munkájába. Ezzel lehetővé vált, hogy a legújabb kutatási eredmények bekerüljenek az oktatott anyagba, megvalósítva a kutató-oktatás ma is kívánatosnak tartott modelljét.

1993-ban Nyiri László szerkesztésében jelent meg a „Földműveléstan“ című tankönyv, amelyben gazdag kutatási és oktatói pályafutásának eredményeit szintetizálta. Ez a könyv ma is a Földműveléstan oktatásának és kutatásának egyik alpműve. A klímaváltozáshoz alkalmazkodó talajművelési, növénytermelési, kertészeti, erdészeti stratégiák kidolgozásához nyújt nélkülözhetetlen segítséget a Nyiri László szerkesztésében megjelent „Aszálykárak mérséklése“ című könyvsorozat.

Oktatói tevékenysége részeként nagy súlyt fektet a jövőbeli kutatógeneráció nevelésére. Az elmúlt huszonöt évben a kutatóintézetben készült valamennyi talajművelési, talajvédelmi témájú egyetemi doktori, kandidátusi és PhD munka elkészítését segítette hasznos tanácsaival.

A Kerpely Kálmán Doktori Iskola alapító tisztségviselőjeként ma is aktív szerepet vállal az új tudósgenerációk nevelésében.

A munkát, az oktatást és a jól megérdemelt pihenést harmonikusan szintetizáló nyugdíjas éveihöz jó erőt, egészséget, családi boldogságot kívánunk.

*Dr. Blaskó Lajos*

### Prof. Dr. Balla László köszöntése

Balla László az MTA Növénytermesztési Kutatóintézetének nyugalmazott igazgatója, a DE AMTC Karcagi Kutatóintézet tudományos tanácsadója 2008-ban töltötte be életének 75. évét. A *Növénytermelés* szerkesztősége, munkatársai, tanítványai ez alkalomból köszöntik a sikeres búzanemesítőt.

Balla László 1933. február 19-én született Telkibányán. 1952-ben érettségizett az abaújszántói Mezőgazdasági Gimnáziumban. Egyetemi tanulmányait a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen végezte. Az egyetem elvégzése után az MTA Martonvásári Mezőgazdasági Kutatóintézetében kezdett dolgozni, ahol közel negyven év alatt végigjárta a tudományos ranglétra minden fokát, a segédmunkatárstól a tudományos tanácsadóig, a beosztott kutatótól, az osztályvezetőn, főosztályvezetőn, igazgatóhelyettesen keresztül az igazgatóig.

Tudományos tevékenységének kezdetén az ország kenyérgondokkal küszködött, így szinte természetes, hogy a fiatal kutató érdeklődése legfontosabb kenyérgabonánk, a búza nemesítése felé fordult. Tevékeny részt vállalt annak a kutatócsoportnak a munkájában, amelynek eredményei az 1970-es években elvezettek az első magyar intenzív búzafajták előállításához és az országos átlagtermések megháromszorozódásához. Ezzel a magyarországi búzatermesztés elérte az európai színvonalat, ez által pedig megszűntek a kenyérgondok.

A kezdetektől eltelt évtizedekben ötvenöt búzafajta nemesítésében működött közre. Volt olyan időszak, amikor az ország búza-vetésterületének 60–65%-án olyan búza termett, amelynek nemesítésében Balla László részt vett.

Az 1970-es években a Balla László vezetésével működő kutatócsoport hét, az 1980-as években tizenkettő, az 1990-es években tizenhárom állami elismerésben részesült búzafajtát állított elő. Búzanemesítői tevékenysége mellett jó érzékkel találta meg és honosított négy külföldi tritikale-és öt tavaszárpa-fajtát.

Munkatársaival huszonhét szabadalmi eljárást dolgozott ki, amelyeknek többsége a búza termesztéstechnológiájának, állékonyságának és minőségjavításának új lehetőségeit tárja fel. A közreműködésével előállított búzafajták közül több sikeresen vizsgázott és állami elismerésben részesült külföldön is.

Tudományos tevékenységét a búzanemesítés elméleti és módszertani alapjának fejlesztése érdekében végezte. Kutatási eredményeit száz tudományos közleményben és további száz ismeretterjesztő műben foglalta össze.

Kutatómunkája elismeréseképpen 1974-ben a Munka Érdemrend ezüst fokozatával, 1985-ben Állami Díjjal, 1993-ben Fleischmann-díjjal jutalmazták. Eredményeire az Amerikai Egyesült Államokban is felfigyeltek. 2003-ban az ABI-USA növénytermesztésben elért eredményeit ismertette el, 2005-ben pedig Nemzetközi Békedíjban részesült az emberiség javára végzett tevékenységéért. Az Amerikai Életrajzi Intézet a növénytermesztés területén végzett munkájáért 2007-ben aranyéremmel jutalmazta.

Tudományos munkája mellett aktívan részt vett a tudományos közéletben. Több cikluson keresztül tagja volt az MTA Növénytermesztési Bizottságának, vezető funkciókat töltött be a Magyar Agrártudományi Egyesület Gabonatermesztési Szekciójában, amelynek 1995 óta tiszteletbeli elnöke. A Magyar Növénytermesztők Egyesületének elnöke volt 1989–2007 között. Az EUCARPIA-nak 1981 óta tagja. Jelenleg a Magyar Növénytermesztők Egyesületének tiszteletbeli elnöke. 1993-ban megválasztották az Ukrán Mezőgazdasági Akadémia külföldi tagjának. Rendszeresen részt vesz az MTA Növénytermesztési Bizottsága doktori és a SZIE PhD-minősítő munkájában. A *Növénytermelés* szerkesztőbizottságában 1987 óta vesz részt.

1985-ben a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen címzetes egyetemi tanári kinevezést kapott. 1992–1995-ig Martonvásáron a Gabonatermesztési és Nemesítési Kihelyezett Tanszék vezetője volt.

1995-ben a Szent István Egyetemen habilitált, ahol a Genetika és Növénynevelés Tanszékre egyetemi magántanárrá nevezték ki. A SZIE genetikusszakmérnök-hallgatóinak rendszeresen, a DE AMTC szakirányú hallgatóinak több alkalommal tartott előadásokat.

Balla László egész eddigi tevékenységével a gabonanemesítést, a gabonatermesztést, a növénynevelés oktatását szolgálta. 1957–1996-ig az MTA Martonvásári Mezőgazdasági Kutatóintézetében, 1996–2002 között a Kompolti Fleischmann Rudolf Kutatóintézetben, 2002-től tudományos tanácsadóként a DE AMTC Karcagi Kutatóintézetének búzanemesítési munkáját segíti. Fáradhatatlanul dolgozik az újabb, jó minőségű búzafajták előállításában, a termékeny tritikale-fajták honosításában.

Tevékenyen részt vállal hazai és külföldi bemutatók szervezésében, a karcagi nemesítésű gabonafajták megismertetésében. E munka eredményeként a karcagi búzafajták megtalálhatók és összehasonlíthatók más búzafajtákkal öt magyarországi és egy ukrain fajtakísérletben. A karcagi bemutatóterületen „élő búza múzeumot” hozott létre, ahol egymás mellett bemutatathatók, értékelhetők a múlt (Tiszavidéki, Bánkúti, Fleischmann), az intenzív búzatermesztésre való áttérés külföldi fajtái és a jelenleg köztermesztésben lévő reprezentatív szegedi, martonvásári és karcagi fajták. Az általa honosított tritikale-fajták a termékenységi rangsor elején állnak. Búzavonalai új „Bánkúti minőségű”, intenzív búzafajták előállításának ígéretét hordozzák.

Remélem, hogy munkakedvét, lendületét még sokáig megőrizve segíti a búzanemesítés ügyét, a fiatal nemesítők betanítását. Mindehhez jó egészséget, boldog családi hátteret kívánok.

*Dr. Blaskó Lajos*

## NEKROLÓG

**Kovács Gábor**

**(1925–2007.)**

Ez az év szomorú éve a magyar növénynevelési és növénytermesztési tudománynak. Bócsa Iván és Rajki Sándor professzor után újabb nagy veszteség érte az agrár-felsőoktatást és -kutatást. December 8-án meghalt Kovács Gábor növénytermesztő és növénynevelő, az Öntözési Kutatóintézet volt igazgatója, a Szarvasi Főiskola alapító igazgatója, a térség korábbi országgyűlési képviselője, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa, majd doktora, az MTA Növénytermesztési, valamint az MTA Vízgazdálkodási Bizottságának korábbi elnöke, a Debreceni Egyetem címzetes egyetemi tanára.

Kovács Gábor élete pontosan tükrözi azokat a változásokat, melyek a XX. század második felében hazánkat jellemezték. 1925. december elsején született Szerencsen. Középiskolai tanulmányait Sátoraljaújhelyen végezte. 1946-ban iratkozott be a Debreceni Mezőgazdasági Akadémiára, diplomáját azonban a Magyar Agrártudományi Egyetemen, Budapesten szerezte 1950-ben. Mesterei Debrecenben id. Manninger Gusztáv Adolf, Gödöllőn, Penyigei Dénes és Kolbai Károly professzor volt. Ezt követően a Szovjetunióban volt aspiráns és kandidátusi disszertációját is ott védte meg 1954-ben öntözési növénytermesztés témában.

1956 tavaszán került Szarvasra, az akkori Öntözési és Rizstermesztési Kutatóintézetbe, ahol először mint megbízott osztályvezető, majd 1957-től mint igazgató dolgozott több mint két évtizeden keresztül. Szarvasra kerülését követően jutott tudomására, hogy az úgynevezett „Tessediktanya” területét, ahol Tessedik Sámuel annak idején a talajjavítási kísérleteit végezte, az 1945-ös földosztás során kiosztották házhelyeknek. Az akkori Városi Tanáccsal egyeztetve annak egy részét még sikerült megmentenie. Az épületet rendbe hozatta, majd abban élt és dolgozott élete végéig, Gruber Ferenc az ismert fűnevelő. Igazgatósága első évtizedében, 1957–1965 között sok, akkor már neves idős kutató ment nyugdíjba, többek között dr. Hank Olivér, dr. Frank Melanie, dr. Bako János, dr. Horváth László és mások. Az intézetben ezért fiatalításra volt szükség. Sok fiatal kutatót alkalmazott, természetesen szarvasiakat is. Igyekezett megteremteni számukra a letelepedés lehetőségét, ezért családi házakat építtetett, így alakult ki a Libalapon az úgynevezett ÖKI-lakótelep.

A kutatóintézet mellett 1960-ban kinevezték a szarvasi Mezőgazdasági Középiskola igazgatójának is, s ezzel egy időben megindult a kétéves technikus képzés Szarvason. Az 1961-ben megalakuló Felsőfokú Mezőgazdasági Technikumnak is ő lett a vezetője. Javaslata kezdődött el az új Felsőfokú Mezőgazdasági Technikum építése 1965-ben. Az akkoriban modern és impozáns oktatási épületet Módos Ferenc tervezte, átadása 1968-ban volt. Ezzel egy időben, 1962-ben Szarvas térségében az állami gazdaságok jelentős átszervezésre került sor. A környék öt állami gazdaságát Szarvasi Állami Gazdaság néven egyesítették és ezzel egy időben összevonták az Öntözési és Rizstermesztési Kutatóintézettel, valamint a Mezőgazdasági Felsőfokú Techni-

kummal. Kovács Gábor egy személyben volt mind a három intézmény vezetője, ahol 1500 ember dolgozott. Az összevont intézményben a magas szintű elméleti oktatás háttérét az intézet kutatói adták, a színvonalas gyakorlati képzésre a 12 000 hektáros tangazdaság kiváló szakemberei jelentettek garanciát. Az akkor végzett hallgatók ma is szívesen emlékeznek a Szarvason töltött időkre.

Eddig felsorolt funkciói mellett Kovács Gábor 1975-től 1978 áprilisáig Szarvas város és környékének országgyűlési képviselője is volt. Természetesen egyben tagja is volt a Parlament Terv és Költségvetési Bizottságnak is. Ezért jelentős mértékben neki is köszönhetőek a hetvenes évek közepén megvalósult beruházások, mint például a Békésszentandrás-i Iskola építése, a Tessedik Sámuel Múzeum rekonstrukciója vagy az Anna-ligeti kastély felújítása.

Kovács Gábor azonban szakterületén is jelentőset alkotott. Tudományos munkássága a '60-as és '70-es években az öntözéses talajerő-gazdálkodás és öntözéses takarmánytermesztés területéhez kapcsolódott. E témakörben készítette el doktori értekezését is, mellyel 1965-ben megszerezte a Mezőgazdasági Tudományok Doktora (ma MTA doktora) tudományos fokozatot. Ezért nem meglepő, hogy Kovács Gábor által vezetett intézet jelentős szerepet vállalt Magyarországon az öntözéses növénytermesztési technológia fejlesztésében és elterjesztésében. Munkatársaival kidolgozták a FAO Tisza II. Fejlesztési Program részeként a Tisza-völgy és a Körös–Maros vidék komplex fejlesztési programját. Az intézet ebben az időben az egész országra kiterjedő koordinációs feladatot látott el, és szoros együttműködésben dolgozott számos külföldi kutatóintézetrel és nemzetközi szervezettel, ilyen például a FAO, az ICID, az IRRI, IFOAM vagy az EUCARPIA. Kovács Gábor mint növénynemesítő Tessedik Sámuel nyomdokain elindulva felismerte a helyi ökotípusok és tájfajták értékét a lucernanemesítésben, és ezért több mint 600 úgynevezett *paraszti* tájfajtát gyűjtött, főleg Dél-Magyarország térségéből. Olyan gazdáktól gyűjtött lucernamagmintákat, akik mindig a saját maguk által termelt magvakat használták vetőmagnak. Ilyen gazdákat talált Szarvason, Siratón, Békésszentandrás, Örménykúton, Nagyszénáson. Találkozott olyan gazdákkal is, akik igazolni tudták, hogy több mint száz éve vetik ugyanazt a lucernát, sőt az Örménykút környékén találkozott olyan idős parasztemberrel, aki elmondta, hogy azt a lucernát termeli, melyet még az ükapja kapott a Tessedik Sámuel-féle lucernamagakcióból. Ezeket a tájfajtákat tehát a természet szelektálta évszázadokon keresztül, és kiválóan adaptálódtak a hazai szélsőséges klimatikus viszonyokhoz. Ezeket az őshonos tájfajtákat használta fel nemesítési munkájában, s ma elmondhatjuk, hogy az általa és munkatársaival közösen előállított tizenegy államilag elismert szarvasi lucernafajta a legismertebbek és legkeresettebbek Magyarországon és külföldön egyaránt. Nemesítői tevékenységét az 1960-as évek végétől kiterjesztette a héj nélküli olajtökre és a szójára is. Ennek eredménye két olajtökfajta, melyeket jelentős területen termesztnek mind hazai fogyasztásra, mind exportra. Ezenkívül még öt szójafajtát is előállított. Jelentős volt tudományos és szakmai irodalmi munkássága és szakmai közéleti tevékenysége is. Összesen százhatvan tudományos és szakmai cikk, továbbá nyolc könyv szerzője, illetve társszerzője.

Életművében kiemelkedő szerep jutott tudományos és főleg tudománypolitikai közéleti tevékenységének. Egy vagy több cikluson keresztül volt tagja a Vetőmag Terméktanácsnak, a FAO Konzultatív Vegyes Bizottságának, a Magyar Hidrológiai Társaságnak, az Állami Díj és a Kossuth-díj Bizottságnak, az MTA Tudományos Minősítő Bizottsága Agrártudományi Szakbizottságának, a Mezőgazdasági Könyvkiadó Szerkesztőségi Tanácsának, a Növénytermelés és a Nemzetközi Mezőgazdasági Szemle Szerkesztő Bizottságainak, az Országos Vízügyi és Műszaki Tudományos Tanácsnak, az Országos Fajta-minősítő Tanácsnak, az Országos Tudományos és Felsőoktatási Tanácsnak. Emellett elnöke volt az MTA Növénytermesztési Bizottságának, illetve az MTA Vízgazdálkodási Bizottságának.

Nemesítői munkáját nyugdíjba vonulását követően is folytatta. Először a Vetőmagtermeltető Vállalat Szentesi Kutatóközpontjában dolgozott, majd a rendszerváltást követően az Agroselect Növénynemesítő és Forgalmazó Kft.-nek volt a tudományos tanácsadója. Kovács Gábor profesz-

szor élete során számos kitüntetésben részesült. Szakmai kitüntetései közül a nemzetközi munkájáért kapott FAO és KGST emlékérmeket, a hazai díjai közül az Újhelyi- és Fleischmann-díjat mindenképpen ki kell emelni.

Egész életét – beleértve magánéletét is – szakmájának szentelte. Felesége kiváló kukorica- és ciroknemesítő. Fia, az ifjú Kovács Gábor mint az Agroselect Kft. ügyvezető igazgatója folytatta szülei munkáját. Unokája, Kovács Gabriella jelenleg a Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Karának végzős hallgatója, aki néhány héttel ezelőtt II. helyezést ért el az egyetem Tudományos Diákköri versenyén a „Silókukorica-hibridek és szülővonalaik molekuláris elkülönítése és cukortartalmuk meghatározása“ c. dolgozatával.

Gábor sikeres családi vállalkozást alapított a növénynemesítés és a vetőmagtermelés területén, az AGROSELECT Kft.-t, melyben jelenleg a család harmadik generációja kezdi meg munkáját és részben veszi át a stafétabotot az elődöktől. Minden bizonnyal ezt tartotta élete igazi és maradandó eredményének. Gyerekeinek és unokáinak a feladata tovább vinni a lángot, ezzel is megadva a végső tiszteletet Kovács Gábornak professzornak, az apának, a nagyapának és a dédnagyapának.

Kedves Gábor! A Magyar Növénynemesítők és Növénytermesztők, az MTA Növénynemesítő Bizottsága és az MTA Növénytermesztési Bizottsága nevében szomorú szívvel búcsúzom Tőled, nyugodj békében.

***Heszky László***  
***az MTA rendes tagja***