

Crop  
Production

 **NAKVI** Nemzeti Agrárszaktanácsadási,  
Képzési és Vidékefejlesztési Intézet

# NÖVÉNYTERMELÉS

62. kötet | 1. szám | 2013. március

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Biomassza-vizsgálatok egy kedvezőtlen termőhelyi körülmények között létesített energiafűz-ültetvényben

A kálium, a bór és a stroncium kezelés hatása a szemes cirokra

Cink permetező trágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és tápelem-összetételére

[www.agrarlapok.hu](http://www.agrarlapok.hu)

# Növénytermelés

## CROP PRODUCTION

A Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet kiadásában, a Vidékfejlesztési Minisztérium támogatásával megjelenő folyóirat a növénytermesztés, növénynevelés, növénygenetika, növényélettan, agrobotanika területén magyar és külföldi szerzők által írt, angol és orosz nyelvű összefoglalókkal ellátott tudományos közleményeket, vitacikkeket, szemlét, könyvismertetést közöl.

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

### **Szerkesztőség:**

DEBRECENI EGYETEM  
Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.  
4015 Debrecen, Pf. 36.  
Telefon: (06 52) 508-310  
Fax: (06 52) 508-460  
E-mail: [novenytermeles@agr.unideb.hu](mailto:novenytermeles@agr.unideb.hu)  
[szelesne@agr.unideb.hu](mailto:szelesne@agr.unideb.hu)

### **Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:**

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

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

ISSN 0546-8191  
Növényterm 62 (2013) 1  
Printed in Hungary

# Növénytermelés

CROP PRODUCTION

62. kötet, 1. szám, 2013. március

*Főszerkesztő/Editor-in-Chief:*

JÁNOS NAGY

*Szerkesztőbizottság/Editorial Board:*

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

VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM

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

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

Felelős szerkesztő: Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Sulyok Dénes

Megjelent: 8 (A/5) iv terjedelemben

ISSN 0546-8191

## TARTALOM

<i>Junek Nikolett–Mikó Péter–Kovács Gergő–Nagy László–Balla István–Gyuricza Csaba</i> : Biomassza-vizsgálatok egy kedvezőtlen termőhelyi körülmények között létesített energiafűz-ültetvényben .....	5
<i>Kádár Imre</i> : A kálium, a bór és a stroncium kezelés hatása a szemes cirokra .....	19
<i>Kremper Rita–Zsigrai György–Loch Jakab</i> : Cink permetező trágyázás hatása a kukorica ( <i>Zea mays</i> L.) termésére és tápelem-összetételére .....	37
<i>Nagy Bettina–Majer Petra–Mihály Róbert–Pauk János–Dudits Dénes–Horváth V. Gábor</i> : Fluoreszcencia detekciós módszeren alapuló szárazság stressz tolerancia vizsgálatok a lucerna aldóz reductáz fehérjét (MsALR) termelő árpa növényeken .....	53
<i>Penksza Károly–Házi Judit–Tóth Andrea–Wichmann Barnabás–Pajor Ferenc–Gyuricza Csaba–Póti Péter–Szentés Szilárd</i> : Eltérő hasznosítású szürke-marha legelő szezonális táplálóanyag tartalom alakulása, fajdiverzitás változása és ennek hatása a biomassza mennyiségére és összetételére pan-non nedves gyeplen .....	73
KÖNYVISMERTETÉS .....	95
KÖSZÖNTÉS .....	99
KÖSZÖNTÉS .....	103

## CONTENTS

<i>N. Junek– P. Mikó– G. Kovács–L. Nagy–I. Balla–Cs. Gyuricza</i> : Examination of the biomass of short rotation coppice of unfavorable field conditions .....	5
<i>I. Kádár</i> : The effect of potassium, boron and strontium treatment on grain sorghum .....	19
<i>R. Kremper–Gy. Zsigrai–J. Loch</i> : The effects of foliar zinc application on the yield and nutrient content of maize ( <i>Zea mays</i> L.) .....	37
<i>B. Nagy–P. Majer–R. Mihály–J. Pauk–D. Dudits–V. G. Horváth</i> : Drought stress tolerance examinations on barley crops producing alfalfa aldose reductase protein (MsALR) using a fluorescence detection method .....	53

<i>K. Penksza–J. Házi–A. Tóth–B. Wichmann–F. Pajor–Cs. Gyuricza–P. Póti–Sz. Szentes</i> : Seasonal formation of biomass composition and nutrition content in different gray cattle pastures .....	73
BOOK REVIEWS .....	95
ANNIVERSARY .....	99
ANNIVERSARY .....	103

### СОДЕРЖАНИЕ

<i>Н. Юнек–П. Мико–Г. Ковач–Л. Надь–И. Балла–Ч. Дьюрица</i> : Исследования биомассы в ивовом энергетическом насаждении при неблагоприятных обстоятельствах места выращивания .....	5
<i>И. Кадар</i> : Влияние обработок калием, бором и стронцием на зерновое сорго .....	19
<i>Р. Кремпер–Д. Жиграи–Я. Лох</i> : Влияние разбрызгиваемого цинкового удобрения на урожай и состав питательных элементов кукурузы ( <i>Zea mays</i> L.) .....	37
<i>Б. Надь–П. Майер–Р. Михай–Ё. Паук–Д. Дудич–В. Г.Норват</i> : Исследования толеранции стресса засухи, основанные на методе детекционной флуорисценции, на производящем белок алдоз редуктазы люцерны (MsALR) на растениях ячменя .....	53
<i>К. Пенкса–Я. Хази–А. Тот–Б. Вихманн–Ф. Пайор–Ч. Дьюрица–П. Потти–С. Сентеш</i> : Формирование содержания сезонного питательного вещества пастбищ серых коров разного использования, изменение диверсификации сортов и влияние этого на количество биомассы и её состав на Паннонском влажном дёрне .....	73
РЕЦЕНЗИЯ КНИГИ .....	95
ГОДОВЩИНА .....	99
ГОДОВЩИНА .....	103

## **Biomassza-vizsgálatok egy kedvezőtlen termőhelyi körülmények között létesített energiafűz-ültetvényben**

JUNEK NIKOLETT-MIKÓ PÉTER-KOVÁCS GERGŐ-NAGY LÁSZLÓ-  
BALLA ISTVÁN-GYURICZA CSABA  
Szent István Egyetem, Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

### **Összefoglalás**

A fás szárú energianövények termelése valós alternatívát jelenthet az elkövetkező években a kedvezőtlen adottságú termőhelyek hasznosításában. A Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában Gödöllőn kedvezőtlen termőhelyi körülmények között rozsdabarna erdőtalajon 2007-ben állítottunk be kísérletet fás szárú energianövényekkel. A kísérletben öt fűzfajta (Tora, Tordis, Inger, Sven, Csala), valamint három növénytáplálási szint (kontroll, műtrágya, komposzt) hatását vizsgáltuk. Arra kerestünk választ, hogy kétéves vágásforduló során a tápanyagkezelések és fajtahatások hogyan érvényesülnek, és milyen hatással vannak a biomassza produktumra.

2009-ben a műtrágyázott parcellák biomassza produktumának átlaga (50,8 t/ha) 31,6%-kal haladta meg a kontroll értékét (38,6 t/ha), de a komposzttal kezelt parcella biomassza terméshozama (40,6 t/ha) is 5,2%-kal felülmúlta azt. 2011-ben a műtrágyázás (51,0 t/ha) 36,0%-kal, a komposzt (49,2 t/ha) 31,2%-kal mutatkozott jobbnak a kontrollnál (37,5 t/ha).

A magyar Csala fajta 2009-ben a svéd fajták átlagához hasonló biomasszát, kétéves vágásfordulóban 43,2 t/ha átlagtermést adott, 2011-ben pedig a legjobbnak bizonyult 53,6 t/ha kétéves hozamával.

2009-ben a fajták átlagai között 22,9%-os, 2011-ben 49,7%-os biomassza hozamkülönbség mutatkozott. A Tordis és Sven fajták sem 2009-ben, sem 2011-ben nem érték el a 40,0 t/ha kétéves biomasszát, míg a Csala Inger, Tora fajták meghaladták azt. Az évről-évre figyelendő változások figyelembevétel további vizsgálatok szükségesek az adott termőhelynek leginkább megfelelő fajta kiválasztásához.

**Kulcsszavak:** energetikai faültetvény, biomassza, energiafűz, műtrágya, komposzt

## Examination of the biomass of short rotation coppice of unfavorable field conditions

N. JUNEK- P. MIKÓ- G. KOVÁCS-L. NAGY-I. BALLA-CS. GYURICZA  
Institute of Crop Production, Szent István University, Gödöllő

### Summary

The production of woody energy crops may offer a real alternative for the utilisation of unfavourable cropping sites during the coming years. In the Crop Production and Biomass Utilisation Demonstration Centre of the Szent István University in the town of Gödöllő we set up an experiment with woody energy crops on rust-brown forest soil back in 2007. The experiment was aimed at studying five willow varieties (Tora, Tordis, Inger, Sven, Csala) at three different nutrient levels (control, fertilisers, compost). We were seeking for the nutrient treatment and the variety that would produce the best results in a two-year harvesting schedule.

In 2009 the average ( $50.8 \text{ t ha}^{-1}$ ) of the plots where fertilisers were applied exceeded the control yield ( $38.6 \text{ t ha}^{-1}$ ) by 31.6% which was even exceeded by the plots where compost was applied ( $40.6 \text{ t ha}^{-1}$ ) by 5.2%. In 2011 the yields after the application of fertilisers ( $51.0 \text{ t ha}^{-1}$ ) and compost ( $49.2 \text{ t ha}^{-1}$ ) exceeded the control yield ( $37.5 \text{ t ha}^{-1}$ ) by 36.0% and 31.2%, respectively.

In 2009 the Hungarian Csala variety produced a biomass yield similar to the average of the Swedish varieties,  $43.2 \text{ t ha}^{-1}$  in two-year harvest schedule while 2011 was even better with a  $53.6 \text{ t ha}^{-1}$  two-year yield.

In 2009 a 22.9% while in 2011 a 49.7% difference was found between the average yields of the two different groups of varieties, respectively. The Tordis and Sven varieties fell short of the  $40 \text{ t ha}^{-1}$  two-year biomass yield in both 2009 and 2010 while Csala, Inger and Tora exceeded it. In view of the impacts of the different growing seasons further studies will need to be carried out in order to be able to choose the variety that is best suited to the given site.

**Key words:** short rotation coppice, biomass, willow, fertiliser, compost



## Исследования биомассы в ивовом энергетическом насаждении при неблагоприятных обстоятельствах места выращивания

Н. ЮНЕК–П. МИКО–Г. КОВАЧ–Л. НАДЬ–И. БАЛЛА–Ч. ДЬЮРИЦА  
Университет им. Св. Иштвана, Институт Растениеводства, Гёдёллё

### Резюме

Производство энергетических растений с деревянным стволом может означать реальную альтернативу в следующие годы в использовании мест выращивания с неблагоприятными данными. В Демонстрационном Центре Растениеводства и Применения биомассы университета им. Св. Иштвана в Гёдёллё (Gödöllő) в неблагоприятных условиях места произрастания на красно-бурой лесной почве установили в 2007 году опыт с энергетическими растениями с деревянным стволом. В опыте исследовали пять сортов ивы (Tora, Tordis, Inger, Sven, Csala), а также изучали влияние трёх уровней питания растений (контроль, искусственное удобрение, компост). Искали ответ на вопрос, что в ходе двухлетнего цикла вырубки как проявляются обработки питательными веществами и влияния сорта, и какое имеют влияние на продукцию биомассы.

В 2009 году средняя продукция биомассы удобрённых парцелл (50,8 t/ha) на 31,6% превысила показатель контроля (38,6 t/ha), а урожайность биомассы обработанной компостом парцеллы (40,6 t/ha) также на 5,2% превзошла это. В 2011г искусственное удобрение (51,0 t/ha) на 36,0%, компост (49,2 t/ha) на 31,2% оказалось лучше контроля (37,5 t/ha).

Венгерский сорт Чала (Csala) в 2009 дал биомассу, схожую со средней биомассой шведских сортов, в двухлетнем цикле рубки дал средний урожай 43,2 t/ha, а в 2011 оказался самым лучшим с 53,6 t/ha двухлетним урожаем.

В 2009 году в средних урожаях сортов обнаружилось 22,9%-ая разница в урожаях биомассы, в 2011г 49,7%-ая разница биомассы урожая. Сорта Tordis и Sven ни в 2009-ом, ни в 2011-ом году не достигли 40,0 t/ha двухлетней биомассы, а сорта Csala, Inger, Tora превысили это. Принимая во внимание климатические условия года выращивания, необходимы дальнейшие исследования для выбора наиболее подходящего сорта для данного места выращивания.

**Ключевые слова:** энергетическое насаждение деревьев, биомасса, энергетическая ива, искусственное удобрение, компост

## Bevezetés és irodalmi áttekintés

A megújuló energiaforrások közül a világon a biomassza felhasználása a legnagyobb arányú, amely energetikai célú hasznosítása egyidős az emberiséggel. Kezdeti domináns szerepe azonban a nagyobb energiasűrűségű energiaforrások használatba vételével jelentősen csökkent (*Pappné* 2005). Napjainkban a biomassza energia felhasználása ismét felértékelődik, így a világ energiafelhasználásából közel tíz százalékkal rendelkező részesedését várhatóan a jövőben is megőrzi. A bioenergia hasznosítás legegyszerűbb, és az energiamérleg szempontjából is legkedvezőbb változata a biomassza eredeti, vagy az eredetihez közeli állapotában történő energetikai felhasználása. Ezt szem előtt tartva a különböző biomasszák közül a közvetlen tüzelésre alkalmas erdő- és mezőgazdasági termények és melléktermények, valamint fás- és lágyszárú energianövények felhasználása a legkedvezőbb hő-, illetve villamosenergia termelés céljával (*Bohoczky* 2005).

A biomassza jelentősége, hogy fosszilis energiahordozók válhatnak ki velük, így megvalósítható a fenntartható energiafelhasználás (fenntartható fejlődés). Rövid életciklusban akár 1 éven belül újból megtermelődnek (pl. rövid vágásfordulójú fás szárú energiaültetvények), használatuk esetén bányászott energiahordozók takaríthatók meg (kőszén, földgáz, kőolaj). Az így megtakarított fosszilis energiahordozók nem fokozzák a levegő szennyezettségét és a CO<sub>2</sub> tartalmának növekedését (üvegház-hatás, globális felmelegedés). A társadalom, az ipar és a közlekedés óriási energiaéhsége miatt azonban ilyen módon a gyakorlatban nem csökkenthető számottevő mértékben a CO<sub>2</sub> kibocsátás (*Bai et al.* 2008).

A megújuló energiaforrások feltárása, hasznosítása Magyarország számára azért is kiemelten fontos, mert hazánk szegény ásványi eredetű energiahordozókban. A megújuló energiaforrások tekintetében a nap, a szél, a geotermikus energia és a biomassza terén Magyarország jelentős potenciállal rendelkezik, és a legjelentősebb megújuló energiaforrásként a biomassza jöhet számításba. A fenntartható energiaellátás érdekében a megújuló energia aránya a primer energia felhasználásban várhatóan a mai 7%-ról 20% közelébe emelkedik 2030-ig (*Nemzeti Cselekvési Terv* 2010).

A víz- és szélenergia energiatermelésen belüli arányának jelentős növekedésére Magyarországon nem lehet számítani (*Varga és Homonnai* 2009).

A biomassza jelentős mértékű hasznosítása növelné Magyarország energiamérlegében a biomassza arányt, valamint csökkenti az importfüggőséget (*Kolhelb et al.* 2010).

Hazánkban a talajok fizikai és kémiai állapota összességében kedvező, azonban a mezőgazdasággal érintett termőtalajokat funkcióképességük ellátásában akadályozó, és termékenységüket csökkentő olyan degradációs folyamatok veszélyeztetik, mint az erózió, a defláció, a szervesanyag-készlet csökkenése, a savanyodás, szikesedés, tömörödés, valamint a termőtalajok mennyiségének csökkenése. A talajdegradációs folyamatok számos esetben a helytelen földhasználat, a talajvédelmi szempontokat figyelmen kívül hagyó gazdálkodás miatt alakulnak ki, és a talajpusztulás mellett termés kiesést, továbbá a termelés jövedelmezőségének csökkenését eredményezik (Birkás *et al.* 2009).

A talajdegradációs folyamatok közül az egyik legjelentősebb a vízerózió, ami a mezőgazdasági területek közel harmadát károsítja, a szélerózióval veszélyeztetett területek kiterjedése mintegy 1,4 millió ha (Tamás 1997). Több száz ezer hektárra tehető azon szántóterületek nagysága, amelyeken nehezen garantálható a jövedelmezőség hagyományos növényekkel (Gyuricza *et al.* 2011). A vízjárta, belvizes területek, valamint a szélsőséges víz- és tápanyag-gazdálkodású talajok általában az elmaradottabb térségekben találhatóak, ezért a jövőben a mezőgazdaságnak nagyobb figyelmet kell fordítania e területek termelésből való kivonására (Dobó *et al.* 2006).

Ezek a területek alkalmasak fás szárú energianövény termesztésére. Vannak olyan fajok (pl. *Populus sp.*, *Salix sp.*), melyek e kedvezőtlen termőhelyi adottságokat is elviselik, ezért ott is telepíthetők, ahol más mezőgazdasági növények termesztése gazdaságtalanná vált (Ivelics 2006, Barkóczy *et al.* 2007).

Az erózióknak kitett területeken a rövid vágásfordulójú ültetvények telepítése kiváló talajvédő funkciót lát el, mert egész éves talajfedettség érhető el, ezért a fás szárú energiaültetvények létesítése a vidék népességének megőrzésén túl, a lakosság számára jövedelmező mezőgazdasági tevékenység lehet a jövőben (Gyuricza 2007).

A rövid vágásfordulójú energetikai célú faültetvények létesítésével, üzemeltetésével kapcsolatban számos példát találhatunk a világban. Európán belül Svédországban, Németországban, Nagy-Britanniában, Horvátországban, Szerbiában, Finnországban, Szlovákiában, Lengyelországban és Magyarországon találhatunk intenzív kísérleteket, illetve nagyobb ültetvényeket. Ezekben az országokban elsősorban fűz, nyár, akác, nyír és éger klónokkal végeznek vizsgálatokat. Magyarországon, ezeken kívül a pusztaszilt és a bálványfát is vizsgálják (Ivelics 2006). E fajok energiaszolgáltató-képessége jelentős, a fűzfajok száraz faanyagából 19–20 MJ/kg energia nyerhető (Mészáros *et al.* 2007, Demo *et al.* 2011).

Tanulmányunkban gödöllői barna erdőtalajon fűz kísérletekben kétéves vágásfordulóban vizsgáltuk különböző fűzfajták biomassza-produkcióját eltérő tápanyagkezelések mellett.

### Anyag és módszer

A kísérletet 2007-ben állítottuk be a Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában Gödöllőn. A fásszárú energiaültetvény kísérleti tábla talaja a magyarországi genetikus talajosztályozás szerint főként homokon kialakult rozsdabarna erdőtalaj (Luvic Calcic Phaeozem). A harmadkori homok és márga alapkőzetten kialakult rozsdabarna erdőtalaj altípus a Ramann-féle barna erdőtalaj típusba tartozik. A degradációs folyamatok következtében közepes termőrétegű, gyengén humuszos változat alakult ki.

A terület erózió veszélyeztetett, a talaj fizikai félesége homokos vályog, amely tömörödéssre érzékeny. A talaj felső 20 cm-es rétegében 53% homok, 26% vályog és 20% agyagfrakció található. A feltalaj (0–35 cm) agyagtartalma 26%, vízvezető-képessége jó, az altalajé gyenge. A feltalaj humusztartalma és nitrogénellátottsága gyenge. Kálium és foszfor ellátottsága megfelelő. A kísérleti tér talajának adatait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A kísérleti terület fontosabb talajtani adatai  
(Gödöllő)

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

Table 1. Soil properties of the experimental field (Gödöllő). (1) Soil horizons, (2) Depth of soil, (3) pH values, (4) Plasticity limit, (5) Calcium carbonate content, (6) Humus (%), (7) Total N content mg kg<sup>-1</sup>, (8) AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content mg kg<sup>-1</sup>, (9) AL-K<sub>2</sub>O content mg kg<sup>-1</sup>.

Az éghajlat kontinentális típusú, jellemzőek az időjárás szélsőségei. Az évi középhőmérséklet sokéves átlaga 9,7 °C. Az átlagos csapadékmennyiség 550 mm,

amelynek kétharmada a vegetációs időszakban hullik. A vizsgálati évek (2007–2011) időjárási adatait a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat. A vizsgálati évek meteorológiai adatai  
(Gödöllő 2007–2011)

Csapadék (mm)								
(1)								
Évek	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Ápr.-szept.	Éves csapadék
(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
2007	5,8	44,0	63,2	21,8	69,0	46,0	249,8	518,2
2008	34,4	59,6	66,8	200,8	28,6	82,0	472,2	688,2
2009	2,0	28,0	54,0	18,0	27,0	4,0	133,0	392,2
2010	40,4	161,4	172,0	43,0	38,0	106,6	561,4	757,4
2011	4,6	25,2	45,8	59,0	4,6	1,0	140,2	272,8

Hőmérséklet (°C)								
(11)								
Évek	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Átlag (ápr.-szept.)	Éves átlag
(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(12)	(13)
2007	13,7	18,6	22,6	24,1	22,9	14,1	19,3	12,1
2008	11,9	17,5	21,6	21,6	21,9	15,5	18,3	11,7
2009	15,4	17,6	18,2	22,6	21,8	18,3	19,0	11,2
2010	11,1	15,2	20,2	22,3	20,3	13,4	17,1	9,7
2011	11,6	16,4	19,9	19,9	21,2	19,0	18,0	10,8

Table 2. Meteorological data of years of experiment (Gödöllő 2007–2011). (1) Rainfall (mm), (2) Years, (3) April, (4) May, (5) June, (6) July, (7) August, (8) September, (9) Total (April–September), (10) Annual rainfall, (11) Temperature (°C), (12) Average (April–September), (13) Annual average.

A kísérlet kéttényezős, véletlenblokk elrendezésű, három ismétlésben. A kísérletben öt különböző fűfajtát, illetve klónt (Sven, Inger, Tordis, Tora, Csala) alkalmaztunk. Valamennyi fajta esetében három különböző tápanyag-ellátottsági szintet állítottunk be: 1: felszintakarás komposzttal (50 t/ha), 2: nitrogén műtrágya tavasszal (50 kg/ha), 3: tápanyag nélküli kontroll kezelés.

A komposzt és a műtrágya kijuttatása a telepítés évében, majd kétévente május elején a sorokba történt. Az alkalmazott technológia ikersoros, a sortávolság 70 cm, az ikersorok között 2,5 m távolságot hagytunk. A tőtáv négy fajtánál (Tora, Inger, Sven, Tordis) 40 cm, míg a kisebb növekedési erélyű Csalánál 30 cm volt. Dugványozás céljára 25 cm hosszúságú, egyéves, gyökér nélküli hajtásrészeket használtunk fel. A telepítés kézzel történt április közepén. A telepítés évében kémiai gyomszabályozást végeztünk az ikersorokban pendimetalin hatóanyaggal. A sorközökben két alkalommal talajmaróval történt mechanikai gyomszabályozás. A 2008-tól a sorközök évi kétszeri talajmarózására került sor. A kártevők és kórokozók elleni kémiai védekezésre nem volt szükség.

A telepítés évét követően 2008. február 26-án vágtuk le az ültetvényt a dúsbabb fakadás érdekében. 2010. február 18-án és 2012. január 12-én pedig a teljes kétéves növedék betakarítására került sor. Ezekben az időpontokban mértük meg a biomassza mennyiségét (frisstömeg). A száraztömeget, illetve a nedvességtartalmat 105 °C tömegállandóságig történő szárítás után határoztuk meg.

A statisztikai értékelést az EXCEL program segítségével végeztük. Statisztikai értékelésre egytényezős varianciaanalízist használtunk (*Baráthné et al.* 1996).

### Eredmények és értékelés

A 2009. évi kétéves növekménynél a tápanyagkezelések biomassza produktumra gyakorolt hatásait összehasonlítva (SZD<sub>5%</sub> 4,4) a műtrágyázás bizonyult a legjobbnak, 50,8 t/ha frisstömeeggel (*3. táblázat*). A kontroll 38,6 t/ha és a komposzt 40,6 t/ha frisstömege között nem volt statisztikailag igazolható különbség. A kedvezőtlen termőhelyi körülmények között kétéves vágásfordulóban betakarított energetikai faültetvény hozama 2009-ben a tápanyag nélküli kontroll parcellákon is elérte (*Cannel et al.* 1987, *Kowalik és Randerson* 1994, *Labercque et al.* 1997, *Aylott et al.* 2008) illetve meghaladta a nemzetközi kísérletekben mért adatokat (*Bullard et al.* 2002a,b). A műtrágyázott parcellák átlaga 31,6%-kal haladta meg a kontrollét, de a komposzt is 5,2%-kal felülmúlta azt.

A száraztömegnél a műtrágyázott kezelés 25,8 t/ha hozama szignifikánsan különbözött (SZD<sub>5%</sub> 2,3) a kontroll (19,1 t/ha) és a komposzt (19,9 t/ha) eredményeitől, amelyek között nem volt statisztikai különbség kimutatható. Ennek

oka, hogy a komposztban jelenlévő tápanyagok, csak később, annak lebomlását követően váltak felvehetővé.

A nedvességtartalomnál nem találtunk szignifikáns eltérést a kezelések között. A komposzt volt a legnedvesebb (50,9%). A kontroll 50,2%, a műtrágyázott kezelés 49,5% vizet tartalmazott.

3. táblázat. A 2009. évi 2 éves növekmény tápanyagkezelések szerint (t/ha)

Kezelés (1)	Frisztömeg (t/ha) (2)	SzD <sub>5%</sub> (3)	Száraztömeg (t/ha) (4)	SzD <sub>5%</sub> (3)	Nedvesség- tartalom (%) (5)	SzD <sub>5%</sub> (3)
Kontroll (6)	38,6a±1,6		19,1a±0,6		50,2±0,6	n. sz.
Műtrágya (7)	50,8b±6,4	4,4	25,8b±3,3	2,3	49,5±0,1	(9)
Komposzt (8)	40,6a±0,5		19,9a±0,6		50,9±1,2	

Table 3. 2-year harvest by nutrient treatments in 2009. (1) Treatment, (2) Yield (t ha<sup>-1</sup>), (3), LSD<sub>5%</sub>, (4) Dry matter (t ha<sup>-1</sup>), (5) Water content (%), (6) Control, (7) Fertiliser, (8) Compost, (9) Not significant.

A 2009. évi kétéves növekménynél a fajtákat összehasonlítva az Inger fajta adta a legnagyobb frisstömeget 48,2 t/ha-t. 40 t/ha feletti biomasszát szolgáltatott a Tora (46,4 t/ha) és a Csala (43,2 t/ha) fajta, míg a Tordis (39,6 t/ha) és Sven (39,2 t/ha) fajták biomassza-hozama nem érte el ezt az értéket (4. táblázat).

4. táblázat. A 2009. évi 2 éves növekmény fajták szerint (t/ha)

Fajták (1)	Frisztömeg (t/ha) (2)	SzD <sub>5%</sub> (3)	Száraztömeg (t/ha) (4)	SzD <sub>5%</sub> (3)	Nedvesség- tartalom (%) (5)	SzD <sub>5%</sub> (3)
Csala	43,2a±3,8		20,0a±1,4		53,7a±1,0	
Tora	46,4ab±2,2		22,9b±0,9		50,9b±0,8	
Tordis	39,6c±4,4	3,9	20,6a±2,1	1,8	48,3c±1,2	1,0
Inger	48,2b±1,4		24,8c±1,1		48,5c±1,1	
Sven	39,2c±5,3		19,7a±2,5		49,6d±0,7	

Table 4. 2-year harvest by varieties in 2009. (1) Varieties, (2) Yield (t ha<sup>-1</sup>), (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Dry matter (t ha<sup>-1</sup>), (5) Water content (%).

A száraztömegnél szintén igazolható volt a statisztikai különbség ( $SZD_{5\%}$  1,8). Az Inger rendelkezett a legnagyobb, 24,8 t/ha száraztömeggel. A Tora 22,9 t/ha, a Tordis 20,6 t/ha, a Csala 20,0 t/ha, a Sven 19,7 t/ha száraztömeget adott. Bár *Labecque és Teodorescu* (2005) Kanadában fűzklónokkal éves vágásfordulóval nagyobb 2 éves szárazanyagtömeget takarított be, esetünkben figyelembe kell azt is venni, hogy a 2009. év aszályos (392,2 mm) volt.

A vizsgált fajták nedvességtartalmában szignifikáns különbség mutatkozott ( $SZD_{5\%}$  1,0). A Csala volt a legnedvesebb 53,7% víztartalommal, míg a Tordis a legszárazabb 48,3% nedvességtartalommal. Bár a két fajta biomasszatömege (43,2 t/ha, 39,6 t/ha) és nedvességtartalma között szignifikáns különbség volt, száraztömegük között (20,0 t/ha, 20,6 t/ha) már nem volt statisztikailag igazolható különbség kimutatható, mert a tömeg és nedvességkülönbség kiegyenlítette egymást, közel azonos száraztömeg-értéket adva.

A 2011. évi 2 éves növekmény friss tömegénél a műtrágyázott kezeléstől (51,0 t/ha), alig marad el a komposztos kezelés (49,2 t/ha). A két kezelés szignifikánsan ( $SZD_{5\%}$  3,5) különbözik a kontrolltól, ahol csak 37,5 t/ha frisstömeg volt betakarítható (5. táblázat). A komposztos kezelés 2009-hez képest 21,2%-os növekedése azzal magyarázható, hogy eddigre a benne lévő tápanyagok lejutottak a gyökérzónába. A műtrágyázásnál 0,4%-os termésv növekedést mértünk 2009-hez képest. A kontrollnál, mivel nem történt tápanyag kijuttatás a kísérlet teljes időtartama alatt 2011-ben 2,8%-kal csökkent a biomassza mennyisége 2009-hez képest. 2011-ben a műtrágyázás 36,0%-kal, a komposzt 31,2%-kal mutatkozott jobbnak a kontrollnál.

5. táblázat. A 2011. évi 2 éves növekmény tápanyagkezelések szerint (t/ha)

Kezelés (1)	Frisstömeg (t/ha) (2)	SzD <sub>5%</sub> (3)	Száraztömeg (t/ha) (4)	SzD <sub>5%</sub> (3)	Nedvesség- tartalom (%) (5)	SzD <sub>5%</sub> (3)
Kontroll (6)	37,5a±2,3		17,0a±1,6		44,9±2,8	
Műtrágya (7)	51,0b±4,1	3,5	23,6b±3,1	2,5	46,1±2,6	n. sz. (9)
Komposzt (8)	49,2b±2,5		22,2b±1,2		44,6±0,7	

Table 5. 2-year harvest by nutrient treatments in 2011. (1) Treatment, (2) Yield (t ha<sup>-1</sup>), (3), LSD<sub>5%</sub>, (4) Dry matter (t ha<sup>-1</sup>), (5) Water content (%), (6) Control, (7) Fertiliser, (8) Compost, (9) Not significant.



A száraztömegnél a tendencia hasonló volt, mint a frisstömegnél. A műtrágyás kezelés 23,6 t/ha és a komposzt 22,2 t/ha tömege statisztikailag igazolhatóan magasabb volt (SZD<sub>5%</sub> 2,5), mint a kontroll 17,0 t/ha tömege.

A kezelések nedvességtartalmában nem volt szignifikáns különbség, a műtrágyázott kezelés fűzfajtái 46,1%, a kontrollé 44,9%, míg a komposzté 44,6% nedvességet tartalmaztak. A 2009-hez képest alacsonyabb nedvességtartalom oka a 2011. második felében fellépő aszály.

A 2011. évi 2 éves növekmény fajtáit összehasonlítva a Csala fajtánál volt a legnagyobb frisstömeg (53,6 t/ha). Az Inger 51,5 t/ha, a Tora 49,2 t/ha, a Sven 39,3 t/ha, a Tordis 35,8 t/ha biomassza-tömeget adott (6. táblázat).

6. táblázat. A 2011. évi 2 éves növekmény fajták szerint (t/ha)

Fajták (1)	Frisstömeg (t/ha) (2)	SzD <sub>5%</sub> (3)	Száraztömeg (t/ha) (4)	SzD <sub>5%</sub> (3)	Nedvesség- tartalom (%) (5)	SzD <sub>5%</sub> (3)
Csala	53,6a±2,3		24,7a±1,6		46,0±1,2	
Tora	49,2b±3,7		24,0a±2,0		48,8±0,3	
Tordis	35,8c±5,6	4,3	15,5b±3,1	2,6	43,1±2,1	n. sz. (6)
Inger	51,5ab±3,0		23,3a±1,5		45,2±2,7	
Sven	39,3c±4,9		17,1b±3,4		42,9±4,3	

Table 6. 2-year harvest by varieties in 2011. (1) Varieties, (2) Yield (t ha<sup>-1</sup>), (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Dry matter (t ha<sup>-1</sup>), (5) Water content (%), (6) Not significant.

A legnagyobb száraztömeg, 24,7 t/ha a Csala fajtából volt betakarítható. A Tora száraztömege 24,0 t/ha, az Ingeré 23,3 t/ha, a Svené 17,1 t/ha, a Tordisé 15,5 t/ha volt.

A fajták nedvességtartalma között nem volt statisztikailag igazolható különbség kimutatható. A Sven volt a legszárazabb 42,9% nedvességtartalommal, a Tora a legnedvesebb 48,8% víztartalommal. A fajták alacsony nedvességtartalmát az aszályos 2011. év okozta. Két fajta 45% alatti nedvességtartalommal rendelkezett – a Sven 42,9%, a Tordis 43,1% – ezeknél a vízhiány következtében helyenként a hajtásvég elszáradása volt megfigyelhető.

A 2008 és 2010 évek csapadékosak (688,2 mm, 757,4 mm), a 2009 és 2011 évek szárazak (392,2 mm, 272,8 mm) voltak, így a 2–2 éves betakarított növekmény a csapadék alapján jól összehasonlíthatóvá vált. 2009-ben a 3 éves ültetvény 2 éves növedékének biomassza átlaga 43,3 t/ha volt, 2011-ben az 5 éves ültetvény 2 éves növedéke átlag 45,9 t/ha biomasszát biztosított. A 2010–2011 évek biomassza-tömege 6,0%-kal haladta meg a 2008–2009 évek frisstömegét.

2009-ben a fajták átlagai között 22,9%-os, 2011-ben 49,7%-os hozamkülönbség mutatkozott. A Tordis és Sven fajták sem 2009-ben, sem 2011-ben nem érték el a 40,0 t/ha kétéves biomasszát, míg a Csala Inger, Tora fajták meghaladták azt. Hasonló fajták közötti tendencia érvényesült *Jureková et al.* (2011) kísérleteiben is.

### Következtetések és javaslatok

A kedvezőtlen, növénytermesztés számára más módon gazdaságosan nem hasznosítható termőhelyek többsége alkalmas energetikai faültetvények telepítésére, és gazdaságos hasznosítására is. A beruházás költséges, ezért lényeges, hogy minden termőhelyre az adott viszonyok között legnagyobb produkttal rendelkező faj, illetve fajta kerüljön. Bár a téma nemzetközi szakirodalma részletes, kevés a hazai viszonyokra adaptált kísérleti eredmény.

Vizsgálataink szerint a Gödöllői dombság kedvezőtlen termőhelyi körülményei közé telepített fűz energetikai faültetvény az aszályos évek ellenére is képes a nemzetközi kísérletekben leírt biomassza-produktumra. A vizsgált svéd fajták (Tora, Tordis, Inger és Sven) a Kárpát-medencében is a géncentrumukban mért terméseredményeket adták.

A magyar Csala fajta 2009-ben a svéd fajták átlagához hasonló biomasszát, kétéves vágásfordulóban 43,2 t/ha átlagtermést adott, 2011-ben pedig a legjobbnak bizonyult 53,6 t/ha kétéves hozamával. 50 kg/ha nitrogén műtrágya mindkét évben szignifikáns módon növelte a biomassza-tömeget. Kijuttatását betakarítást követően tavasszal javasoljuk a területre.

A komposzt termésmnövelő hatása statisztikailag igazolható módon csak 2011-ben jelentkezett. Ennek oka, hogy tápanyagtartalma csak lassan jut le a gyökérszónába, de talajvédő funkciója miatt minden esetben javasolt a felhasználása már a telepítéstől kezdve.

A vizsgált 2–2 éves betakarítási periódusban (2008–2009, 2010–2011) mindkétyszer nedves és száraz évek váltották egymást, ezért az évjáráthatások

figyelembevétel további vizsgálatok szükségesek az adott termőhelynek leginkább megfelelő fűzfajta kiválasztásához.

## IRODALOM

- Aylott, M. J.–Casella, E.–Tubby, I.–Street, N. R.–Smith, P.–Taylor, G.*: 2008. Yield and spatial supply of bioenergy poplar and willow short-rotation coppice in the UK. *New Phytologist*. 178: 358–370.
- Bai A.–Lackner Z.– B.–Nábrádi A.*: 2008. A biomassza felhasználása. Szak-tudás Kiadó. Budapest.
- Baráth Cs. né.–Ittész A.–Ugrósdy Gy.*: 1996. *Biometria*. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Barkóczy Zs.–Csernyi R.–Ivelics R.*: 2007. Energetikai faültetvények tervezése és kivitelezése. Kézirat. Sopron.
- Birkás M.–Stingli A.–Farkas Cs.–Bottlik L.*: 2009. Összefüggés a művelés eredetű tömörödés és a klímakárok között. *Növénytermelés*. 58. 3: 5–26.
- Bohoczky F.*: 2005. Megújuló energiaforrások magyarországi felhasználása. Előadás. BME Kiegészítő Képzés. Budapest.
- Bullard, M. J.–Mustill, S. J.–McMillan, S. D.–Nixon, P. M. I.–Carver, P.–Britt, C. P.*: 2002a. Yield improvements through modification of planting density and harvest frequency in short rotation coppice *Salix* spp. – 1. Yield response in two morphologically diverse varieties. *Biomass and Bioenergy*. 22: 15–25.
- Bullard, M. J.–Mustill, S. J.–Carver, P.–Nixon, P. M. I.*: 2002b. Yield improvements through modification of planting density and harvest frequency in short rotation coppice *Salix* spp. – 2. Resource capture and use in two morphologically diverse varieties. *Biomass and Bioenergy*. 22: 27–39.
- Cannell, M. G. R.–Milne, R.–Sheppard, L. J.–Unsworth, M. H.*: 1987. Radiation interception and productivity of willow. *Journal of Applied Ecology*. 24: 261–278.
- Demo, M.–Fazekas, A.–Hauptvogel, M.–Skladan, B.–Tóthová, M.*: 2011. Produkčný a energetický potenciál švédskych odrôd rýchlorastúcej energetickej dreviny rodu *Salix* pestovanej v suchších pôdno-klimatických podmienkach juhozápadného Slovenska. *SPU Nitra*. 110.
- Dobó, E.–Fekete-Farkas, M.–Kumar Singh, M.–Szűcs, I.*: 2006. Ecological-economic analysis of climate change of food system and agricultural vulnerability: a brief overview. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 777–781.
- Gyuricza Cs.–Hegyesi J.–Kolhelb N.*: 2011. Rövid vágásfordulójú fűz (*Salix* sp.) energiaültetvény termesztésének tapasztalatai és életciklus-elemzésének eredményei. *Növénytermelés*. 60. 2: 45–65.
- Gyuricza, Cs.*: 2007. Cultivating woody energy crops for energetic purposes. *Biowaste*. 2. 4: 25–32.
- Ivelics R.*: 2006. Minirotációs energetikai faültetvények termesztés-technológiájának hasznosításának fejlesztése. Sopron. Doktori (PhD) értekezés.

- Jureková, Z.–Dražić, G.–Kotrla, M.–Marisová, E.–Milovanović, J.–Tóthová, M.–Končeková, L.:* 2011. Biological factors influencing the growth and biomass production of willows planted in Southern Slovakia. *Acta Regionalia et Environmentalica*. 2: 47–52.
- Kohlheb N.–Pataki Gy.–Porteleki A.–Szabó B.:* 2010. A megújuló energiaforrások társadalmi hasznosságának értékelése. Tanulmány. ESSRG Kft. 48.
- Kowalik, P. J.–Randerson, P. F.:* 1994. Nitrogen and phosphorus removal by willow stands irrigated with municipal waste water – a review of the polish experience. *Biomass Bioenergy*. 6: 133–139.
- Labrecque, M.–Teodorescu, T. I.:* 2005. Field performance and biomass production of 12 willow and poplar clones in short-rotation coppice in southern Quebec (Canada). *Biomass and Bioenergy*. 29: 1–9.
- Labrecque, M.–Teodorescu, T. I.–Daigle, S.:* 1997. Biomass productivity and wood energy of *Salix* species after 2 years growth in sric fertilised with wastewater sludge. *Biomass and Bioenergy*. 12. 6: 409–417.
- Mészáros, E.–Jakab, E.–Várhegyi, G.–Tóvári, P.:* 2007. Thermogravimetry/Mass Spectrometry analysis of energy crops. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 88. 2: 477–482.
- Nemzeti Cselekvési Terv (NCsT):* 2010 Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve a 2020-ig terjedő megújuló energiahordozó felhasználás alakulásáról.
- Pappné Vancsó J.:* 2005: A biomassza hasznosítási lehetőségei a Nyugat-Dunántúli régió kistérségeiben. Trefort Kiadó. Budapest. 107–120.
- Tamás R.:* 1997. A felszabaduló mezőgazdasági területek racionális hasznosítási lehetőségei. Kézirat.
- Varga K.–Homonnai G.:* 2009. Munkahelyteremtés zöldenergiával – A megújuló energiaforrások munkahelyteremtő hatásának nemzetközi tapasztalatai. Tanulmány. Energia Klub. 17.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

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

## A kálium, a bór és a stroncium kezelés hatása a szemes cirokra

KÁDÁR IMRE

MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

### Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, a tartamkísérlet 8. évében, 1995-ben vizsgáltuk a K, B, Sr elemek közötti kölcsönhatásokat. A K-szinteket megismételt 0, 1000, 2000 kg/ha  $K_2O$ , a B-szinteket megismételt 0, 20, 40, 60 kg/ha B, a Sr-szinteket 67 kg/ha Sr adaggal állítottuk be. Műtrágyaként 60%-os kálisót, 11%-os bóraxot, és 33%-os  $SrCl_2 \times 6H_2O$  sót alkalmaztunk. Főparcellánként 3K-kezelés, alparcellánként 4B-kezelés, al-alparcellánként 2Sr-kezelés szolgált 24 kezeléssel  $\times 3$  ismétlésben = 72 parcellával osztott parcellás elrendezésben. Az alaptrágyázás 100-100 kg/ha/év N és  $P_2O_5$  adagokat jelentett pétisó és szuperfoszfát formájában.

A kísérlet beállításakor 1987 őszen a szántott réteg 5%  $CaCO_3$ -ot, 3% humuszt, 20% agyagot tartalmazott. A pH( $H_2O$ ) 7,8; pH(KCl) 7,3; AL- $K_2O$  180-200, AL- $P_2O_5$  100-120, KCl-oldható Mg 110-150, KCl+EDTA oldható Mn 60-80, Cu és Zn 1-2 mg/kg értékkel volt jellemezhető. A termőhely kielégítő K, Ca, Mg; közepes N és P; valamint gyenge Zn és Cu ellátottságú. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. Az átlagos középhőmérséklet 11 °C, az éves csapadékösszeg 400-600 mm közötti egyenetlen eloszlással. Főbb megállapítások, levonható tanulságok:

- A szemes cirok 1995. október 11-én betakarításkor 19,6 t/ha zöld tömeget adott 40%-os nedvességtartalommal. A csapadékos őszen a szemes cirok magot nem érlelt. A légszáraz földfeletti biomassa tömege 14 t/ha mennyiséget tett ki. Hasonló viszonyok között tehát a szemes cirok nem lehet versenyképes a kukorica termesztésével, mely ez évben ezen a termőhelyen 13 t/ha szem+7 t/ha szártermést produkált.
- A káliummal és bórral egyaránt kielégítően ellátott meszes vályogon trágyahatások a termésben nem jelentkeztek. Az extrém nagy, megismételt 2000 kg/ha  $K_2O$ , illet-

ve 60 kg/ha B adagok sem okoztak termésnövekedést. A Sr-trágyázás szintén hatástalan volt a termés tömegére.

- A K adagokkal nőtt a szemes cirok hajtásának és virágzáskori levelének K és Ba, valamint mérséklődött a Ca, Mg, Na, Mn, Sr elemeinek koncentrációja. A levélanalitikai optimumok alapján az állomány, illetve a termőhely Zn-ellátottsága bizonyult nem kielégítőnek.
- A 14 t/ha légszáraz biomasszába számításaik szerint 18 kg N, 168 kg K (202 kg K<sub>2</sub>O), 20 kg P (46 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 36 kg Ca (50 kg (CaO)), 19 kg Mg (32 kg MgO), és 17 kg S épült be. A mikroelemek közül a Fe kereken 2,3 kg, Mn 1 kg, Na 0,6 kg, Al 0,5 kg körüli felvételt mutatott. A Zn 168, Sr 140, Cu 98, B 84, Ba 56, Ni 8, Pb 6, Se 3, Cr 2, Cd és Mo 1 g/ha mennyiséget ért el. A betakarított termés tehát főként N-nel és K-mal szegényítheti el a talajt. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szemes cirok elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.
- A talaj AL-K<sub>2</sub>O tartalma a kontrollon mért 191 mg/kg-ról 515 mg/kg-ra, a forróvíz-oldható B-tartalma 0,7 mg/kg-ról 5,1 mg/kg-ra nőtt a maximális adagokkal.

**Kulcsszavak:** kálium, bór, stroncium kezelés, műtrágyázási kísérlet, szemes cirok

## **The effect of potassium, boron and strontium treatment on grain sorghum**

I. KÁDÁR

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

### **Summary**

In 1995, the 8<sup>th</sup> year of the long-term experiment, the correlations between K, B and Sr were examined on calcareous chernozem loamy soil. The K levels were adjusted with repeated 0, 1000 and 2000 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O doses, B levels with repeated 0, 20, 40 and 60 kg ha<sup>-1</sup> B doses and Sr levels with 67 kg ha<sup>-1</sup> Sr dose. 60% potassium salt, 11% borax and 33% SrCl<sub>2</sub>×6H<sub>2</sub>O salt were used. 3 K treatments were used per main plot, 4 B treatments per subplot and 2 Sr treatments per sub-subplot, which calculates to 24 treatments×3 replications=72 plots in a split plot design. The basic fertilisation was 100–100 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> doses in the form of CAN and superphosphate.

In the autumn of 1987, at the time of establishing the experiment, the ploughed layer contained 5% CaCO<sub>3</sub>, 3% humus and 20% loam. Further soil characteristics were as follows: pH(H<sub>2</sub>O) 7.8; pH(KCl) 7.3; AL-K<sub>2</sub>O 180–200, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100–120, KCl-soluble Mg 110–150, KCl+EDTA soluble Mn 60–80, Cu and Zn 1–2 mg kg<sup>-1</sup>. The production site had adequate K, Ca and Mg content; moderate N and P content and weak Zn and Cu content. The groundwater level is 13–15 m and the area is drought-sensitive. The mean temperature is 11 °C and the yearly precipitation sum is 400–600 mm with uneven distribution. Main conclusions to be drawn:

- Grain sorghum had 19.6 t ha<sup>-1</sup> green mass with 40% moisture content on 11<sup>th</sup> October 1995. During the wet autumn, no seed was grown in grain sorghum. The air-dry above-ground biomass weighed 14 t ha<sup>-1</sup>. Under similar circumstances, grain sorghum cannot be competitive with maize production, which resulted in 13 t ha<sup>-1</sup> grain+7 t ha<sup>-1</sup> stem yield the same year and on the same production site.
- There are no fertiliser effects on the calcareous loamy soil adequately supplied with potassium and boron. Even the extremely high, repeated 2000 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O and 60 kg ha<sup>-1</sup> B doses did not cause any yield decrease. The Sr fertilisation did not have any effect on yield either.
- The K doses increased the K and Ba content of the sorghum shoot and its leaf at flowering, while the Ca, Mg, Na, Mn and Sr concentrations decreased. Based on the leaf analytical optimums, the level of Zn supply of the crop stand and the production site did not prove to be satisfactory.
- According to our calculations, the amount of elements incorporated into the 14 t ha<sup>-1</sup> air-dry biomass is as follows: 18 kg N, 168 kg K (202 kg K<sub>2</sub>O), 20 kg P (46 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 36 kg Ca (50 kg (CaO), 19 kg Mg (32 kg MgO), 17 kg S. Of microelements, the following values were obtained: Fe 2.3 kg, Mn 1 kg, Na 0.6 kg, Al 0.5 kg. Furthermore, the following element contents were obtained: Zn 168, Sr 140, Cu 98, B 84, Ba 56, Ni 8, Pb 6, Se 3, Cr 2, Cd and Mo 1 g ha<sup>-1</sup>. Therefore, the harvested yield makes the soil weakly supplied mostly with N and K. Our data serve as indication during the calculation of the element need of grain sorghum during consultancy.
- The AL-K<sub>2</sub>O content of the soil increased from 191 mg kg<sup>-1</sup> (measured on the control plot) to 515 mg kg<sup>-1</sup>, and the hotwater-soluble B content increased from 0.7 mg kg<sup>-1</sup> to 5.1 mg kg<sup>-1</sup> with the maximum doses.

**Key words:** potassium, boron, strontium treatment, fertilisation experiment, grain sorghum

## Влияние обработок калием, бором и стронцием на зерновое сорго

И. КАДАР

Венгерская Академия Наук, Институт Почвоведения и Агрохимии, Будапешт

### Резюме

На чернозёмной суглинистой с известковым налётом почве, на 8-ом году продолжительного опыта, в 1995 году исследовали взаимовлияние между элементами К, В, Sr. Уровни К установили повторно дозами 0, 1000, 2000 kg/ha  $K_2O$ , уровни В-повторно дозами 0, 20, 40, 60 kg/ha В, а уровень Sr установили 67 kg/ha. В качестве искусственного удобрения применяли 60%-ую калийную соль, 11%-ый борат натрия, и 33%-ую  $SrCl_2 \cdot 6H_2O$  соль. В качестве главной парцеллы 3К обработки, далее под-парцеллы 4В обработки, далее под-под-парцеллы 2Sr обработки служили 24 обработками  $\times 3$  повторения = 72 парцелльная система с разделёнными парцеллами. А основным удобрением служили дозы по 100 kg/ha/год N и  $P_2O_5$  в форме известково-аммиачной селитры и суперфосфата.

Во время начала опыта осенью 1987 года пахотный слой содержал 5%  $CaCO_3$ , 3% гумуса, 20% глины.  $pH(H_2O)$  7,8;  $pH(KCl)$  7,3; AL- $K_2O$  180–200, AL- $P_2O_5$  100–120, KCl растворимыми Mg 110–150, KCl+EDTA растворимыми Mn 60–80, Cu и Zn 1–2 mg/kg величинами можно было охарактеризовать. Место выращивания обеспечено удовлетворительно K, Ca, Mg; средне N и P; и слабо Zn и Cu. Уровень почвенной воды расположен на глубине 13–15 m, территория чувствительна к засухе. Средняя температура 11оС, годовое количество осадков 400–600 mm распределены неравномерно. Главные заключения, сделанные выводы:

- Зерновое сорго во время уборки 11 октября 1995 года дало 19,6 t/ha зелёной массы с 40%-ым содержанием влаги. Дождливой осенью у зернового сорго не вызрели зёрна. Масса воздушно-сухой надземной биомассы составила 14 t/ha. Значит, в похожих условиях зерновое сорго не может конкурировать с выращиванием кукурузы, которая в этот год в этом месте выращивания дала 13 t/ha зерна+7 t/ha стеблей.
- Одинаково удовлетворительно обеспеченные калием и бором на известковом суглинке действия удобрения не проявились в урожае. Экстремально большая, повторная доза 2000 kg/ha  $K_2O$ , а также 60 kg/ha дозы В не вызвали сокращение урожая. Удобрение Sr также было неэффективно на массу урожая.



- С дозами К росла концентрация элементов К и Ва побегов сорго и его листьев во время цветения, а также уменьшилась концентрация элементов Са, Mg, Na, Mn, Sr. На основании оптимумов аналитики листа обеспеченность Zn-ом насаждения, а также места выращивания оказалось неудовлетворительным.
- В 14 t/ha воздушно-сухой биомассы согласно нашим вычислениям выстроилось 18 kg N, 168 kg K (202 kg K<sub>2</sub>O), 20 kg P (46 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 36 kg Ca (50 kg CaO), 19 kg Mg (32 kg MgO), и 17 kg S. Среди микроэлементов Fe показало приём равный 2,3 kg, Mn около 1 kg, Na около 0,6 kg, Al около 0,5 kg. Элементы достигли количества в г/га: Zn 168, Sr 140, Cu 98, B 84, Ba 56, Ni 8, Pb 6, Se 3, Cr 2, Cd и Mo 1 г/га. Значит собранный урожай, главным образом, N-ем и K-ем обеднил почву. Наши данные могут служить показателями при вычислении потребности в элементах зернового сорго в выработке профессиональных советов.
- Содержание почвы AL-K<sub>2</sub>O, измеренное на контроле, выросло с 191 mg/kg до 515 mg/kg, содержание растворимого в кипятке B выросло с 0,7 mg/kg до 5,1 mg/kg с максимальными дозами.

**Ключевые слова:** калий, бор, обработка стронцием, опыт искусственного удобрения, зерновое сорго

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

Kálium az esszenciális tápelemek közé tartozik, növények a nitrogén után a legnagyobb mennyiségben igénylik. A szerves vegyületeknek nem alkotó-eleme azonban, így a sejtnedvekből vízzel kioldható, különösen az elhalt fiatal növényi szövetekből. A zöld vegetatív részekben akkumulálódik döntően, kivételt képeznek a fehérjedús magvak. A növények normális növekedéséhez a szövetek nagy K-koncentrációja szükséges. A K több mint 60 enzimreakciót katalizál. Ismert sokoldalú szerepe, kedvező hatása a termésre és a termés minőségét meghatározó beltartalmi anyagokra, mint a cukor, keményítő, cellulóz, vitaminok stb. A K-bősséggel nő a betegség-ellenállóság, szárazságtűrés stb. (Kádár 1993).

A bór növényen belüli transzportja, illetve felvétele erősen fajspecifikus. Ugyanazon a talajon fejlődött kalászosok 2–3, kukorica 5, burgonya 14, dohány és lucerna 25, szója 34, mustár 53, répafélék 76, mák 95 mg/kg B-tartalommal rendelkeztek. B-igényesnek minősülnek általában az olajnövények,

mint a repce, napraforgó, mák; a pillangósok (lucerna, csillagfürt), kapások (burgonya, dohány, répafélék). A kétszikűek B-készlete nagyobb, mint az egyszikűeké és kiugró a tejnedvképző máké. A B-igényes növényeknek nagyobb a B-tűrése a B-mérgezéssel szemben. A hiányzóna és a túlsúly között gyakran szűk az intervallum. A B-tűrés jobb a meszes talajokon, illetve ott, ahol a növények kielégítően ellátottak egyéb tápelemekkel (*Bergmann 1979, 1992*).

A bór a foszforhoz hasonlóan cukrokkal szerves komplexeket, észtereket képezhet elősegítve a szénhidrátok növényen belüli szállítását. A K-hoz hasonlóan szabályozza a vízháztartást: vízbőség esetén a transpirációt emeli, vízhiány esetén a transpirációt csökkenti. A B-hiány a K-hiányhoz hasonlóan anyagcserére (fehérje és szénhidrát szintézis) és a vízháztartás, illetve az ionfelvétel zavaraihoz vezethet. Hiányában romlik a minőség (szőlő, gyümölcs, répa, burgonya) lecsökken a cukor és keményítő tartalma a növényi szövetekben, illetve felhalmozódik az oldható szénhidrát-frakció. Ezzel együtt csökken a betegségrezisztencia. Pl. a napraforgó lisztharmat vagy rozsda fertőzése B-hiánytünet jele lehet. A kálium és a bór élettani funkciói közötti párhuzamok miatt kiemelt jelentőséggel bírhat a K×B kölcsönhatások vizsgálata, az esetleges szinergizmusok és antagonizmusok megismerése (*Szabó et al. 1987, Gupta 1979*).

Stroncium a Ca-mal együtt fordul elő a kőzetekben és talajokban, a Ca/Sr aránya viszonylag állandó. A Ca dinamikáját követve felhalmozódhat a csernozjomban és elszegényedhet a kilúgzott podzol talaj szántott rétegében. Növénybeni felvételét részben a tömegáramlás, részben az ioncserés diffúzió határozza meg. Döntő lehet a tápközeg Ca/Sr aránya. Beépül a szerves vegyületekbe, a szövetekbe és túlsúlya esetén a Ca-ot kiszoríthatja, helyettesítheti. Az állat és az emberi szervezet esetén ez csontláguláshoz is vezethet. Környezeti veszélyt a radioaktív  $^{90}\text{Sr}$  izotópja okozhat. Bár a Sr viszonylag könnyen felvehető a növény számára, könnyen meg is akadályozható a túlzott akkumuláció az antagonista ionokkal, mint a K, Ca, Mg, Na (*Pais 1980, Kádár 1991*).

*Bowen (1979)* szerint a földkéregben 3,63% átlagos Ca, illetve 180 mg/kg átlagos Sr tartalommal számolhatunk. A Ca/Sr becsült aránya 200 körülire tehető. Az egyes talajokat tekintve a Sr igen széles határok között, 4–2000 mg/kg tartományban ingadozhat. Hazai talajokban és felszíni üledékekben a MÁFI (n=196) munkatársai 12–566 mg/kg közötti Sr-tartalmat találtak (*Ódor et al. 1995*). Saját vizsgálatainkban a hazai dohánytermő területeken 5–67 mg/kg Sr tartalmakat mértünk (n=80). Az átlagos Ca/Sr aránya 100 körülinek adódott a szántott rétegben. A  $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$  feltárással meghatározott „összes” Ca

és Sr koncentráció értékének mintegy 75%-a  $\text{NH}_4$ -acetát+EDTA oldható formában is kimutatható volt (Kádár és Gondola 2007).

Az Sr-ot nem tekintik az élővilágra veszélyes elemnek, ezért nincsenek is maximális határkoncentrációk vizekre, növényekre, talajokra, szennyvíziszapokra megállapítva. Környezeti veszélyt a  $^{90}\text{Sr}$  radioaktív izotóp okoz, melyre a figyelem az atomrobbantásokat követően irányult. Kísérletekben igazolt a  $\text{P} \times \text{Sr}$  szinergizmus, valamint a Ca, K, Mg, Na kationantagonizmus a Sr beépülése során. A növényfajok eltérő mértékben akkumulálják a Sr-ot. A meszes talajon a rozs és tritikále fiatal hajtása 7, a búza hajtása 14, szója hajtása 65, míg a dohány fiatal levele savanyú homokon 101 mg/kg Sr-tartalmat mutatott (Kádár 1991, Lásztity 2004).

Korábban már végeztünk szemes cirokkal műtrágyázási kísérletet, mégpedig az extrém száraz 1992. évben. Az NPK trágyázás hatását vizsgáltuk ezen a talajon. A maximális 4 t/ha szemtermést, illetve 9 t/ha földfeletti légszáraz biomasszát a 19 éve N-nel nem trágyázott, gyenge-közepes PK-ellátottságú talajon kaptuk. Megállapításaink szerint hasonló aszályos évben és extenzív viszonyok között a szemes cirok versenyképes lehet a kukoricával, megállapításunk szerint. Különösen akkor, ha a lédús szárat feltakarmányozzuk, vagy egyéb módon hasznosítjuk, illetve ha hazánk éghajlata szárazabbá válik (Kádár és Radics 2005).

Megállapítottuk a növényelemzési adatok kapcsán, hogy a 4–6 leveles hajtás vagy a kifejlett bugahányáskori levél optimális ellátottsági tartományát kérik a 2–3% N és K; 0,2–0,3% P, illetve a 7–15 közötti N/P és az 50–150 közötti P/Zn aránya jellemezheti. Az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés fajlagos elemtartalma átlagosan 31 kg N, 14 kg K (16–17 kg  $\text{K}_2\text{O}$ ), 6 kg Ca (8 kg CaO), 3 kg P (6–7 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), 3 kg Mg (5 kg MgO) volt. A hazai szaktanácsadásban ajánlott fajlagos P-tartalom 50, a fajlagos K-tartalom 80%-kal meghaladja a kísérletben mért értékeket (Kádár 2005).

Jelen munkánkban, a kísérletünk 8. évében a  $\text{K} \times \text{B} \times \text{Sr}$  trágyázás hatását vizsgáljuk a szemes cirok tömegére és elemösszetételére 1995-ben, egy csapadékos évben. Az első évben kísérletünkben napraforgót termesztettünk. A B-trágyázás tőszámcsökkenést okozott, melyet a K-trágyázással ellensúlyozni lehetett. A második évben termesztett kukorica szem-és szártermése 1,5 t/ha mennyiséggel lett kisebb a maximális B-terhelés nyomán. A termésdepresszió, illetve mérgezés akkor következett be, amikor a B koncentrációja a 4–6 leveles hajtásban elérte a 70–80, a virágzáskori levélben a 100 mg/kg határértéket. A K-feltöltés részben ellensúlyozta a B-toxicitást. A harmadik évben a K és a B

kezelések nem befolyásolták a tavaszi repce fejlődését, termését. A megismételt K és B terhelési szintek sem módosították a lucerna termését 4–7. években, 2001–2004. között, csak a széna elemösszetételét (Kádár 2011, 2012).

### Anyag és módszer

A K és B elemek közötti kölcsönhatásokat vizsgáló kísérletet 1987 őszén állítottuk be az MTA ATK Talajtani és Agrokémiail Intézet Nagyhörcsök Kísérleti Telepén. A kísérlet talaja löszön képződött mészlepedékes csernozjom vályog mely mintegy 5%  $\text{CaCO}_3$ -ot, 3% humuszt és 20% agyagot tartalmaz a szántott rétegben. Az 1987 őszén végzett talajelemzéseink szerint a feltalajban a  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  7,8;  $\text{pH}(\text{KCl})$  7,3;  $\text{AL-K}_2\text{O}$  180–200;  $\text{AL-P}_2\text{O}_5$  100–120;  $\text{KCl-oldható Mg}$  110–150;  $\text{KCl+EDTA oldható Mn}$  60–80,  $\text{Cu}$  és  $\text{Zn}$  1–2 mg/kg értékekkel volt jellemezhető. *Buzás et al.* (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj kielégítő Mn, Mg és K, közepes N és P, valamint gyenge Zn és Cu ellátottságáról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. Éghajlata az Alföldéhez hasonlóan szárazságra hajló, átlagos középhőmérséklete 11 °C, az éves csapadékösszeg általában 400–600 mm között ingadozik.

A kísérlet osztott parcellás (split-plot) elrendezésű beállításkor  $3\text{K} \times 4\text{B} = 12$  kezeléssel és 3 ismétlésben, összesen 36 parcellával. A parcellák mérete  $4,9 \times 8 = 39,2 \text{ m}^2$  volt. A parcellákat 1992 tavaszán megfeleztük és az így nyert fél parcellákon 67 kg/ha Sr-ot szórtunk ki  $\text{SrCl}_2$  formájában. A  $4\text{B} \times 3\text{K} \times 2\text{Sr} = 24$  kezelés  $\times 3$  ismétlés = 72 parcellát eredményezett, ahol a  $\text{B} \times \text{K} \times \text{Sr}$  elemek közötti kölcsönhatások is vizsgálhatókká váltak.

#### 1. tényező (főparcellák): K

$\text{K}_0$  = kontroll

$\text{K}_1$  = 1000 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$  1987 és 1990 őszén kiadva

$\text{K}_2$  = 2000 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$  1987 és 1990 őszén kiadva

#### 2. tényező (alparcellák): B

$\text{B}_0$  = kontroll

$\text{B}_1$  = 20 kg/ha B 1988 tavasz és 1990 őszén kiadva

$\text{B}_2$  = 40 kg/ha B 1988 tavaszán és 1990 őszén kiadva

$\text{B}_3$  = 60 kg/ha B 1988 tavaszán és 1990 őszén kiadva

## 3. tényező (al-alparcellák): Sr

Sr<sub>0</sub> = kontrollSr<sub>1</sub> = 67 kg/ha Sr 1992 tavaszán kiadva

A tartamkísérlet 1988–2004 között folyt, 17 éven át. A kísérlet beállításának körülményeiről és az első 7 évben kapott eredményekről korábbi munkáink számolnak be (Kádár 2011, 2012). A növényi sorrendet az 1. táblázat tekinti át feltüntetve a termesztett növényfajokat, fajtákat, illetve hibrideket is az egyes években. Megemlítjük, hogy az alaptrágyázás általában 100–100 kg/ha/év N és P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> volt 25%-os pétisó és szuperfoszfát formájában.

1. táblázat. Növényi sorrend a K×B×Sr tartamkísérlet növényi sorrendje (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörccsök, Mezőföld, 1988–2004)

Kísérlet éve	Növényfaj (forgó)	Fajta (hibrid)	Kísérlet éve	Növényfaj (forgó)	Fajta (hibrid)
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
1988	napraforgó (4)	Topflor-2	1996	búza (9)	MV-21
1989	kukorica (5)	Pi 3732	1997	bab (10)	Debreceni tarka
1990	tavaszi repce (6)	Arista	1998	mák (11)	Kompolti-M
1991	lucerna (7)	Verko	1999	őszi árpa (12)	Botond
1992	lucerna (7)	Verko	2000	tritikále (13)	Presto
1993	lucerna (7)	Verko	2001	koronafürt (14)	Kompolti tarka
1994	lucerna (7)	Verko	2002	koronafürt (14)	Kompolti tarka
1995	szemes cirok (8)	Alföldi-1	2003	koronafürt (14)	Kompolti tarka
			2004	koronafürt (14)	Kompolti tarka

Table 1. Crop order of the K×B×Sr long-term experiment (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörccsök, Mezőföld, 1988–2004). (1) Experiment year, (2) Crop species (rotation), (3) Variety (hybrid), (4) Sunflower, (5) Maize, (6) Spring rape, (7) Alfalfa, (8) Grain sorghum, (9) Wheat, (10) Bean, (11) Poppy, (12) Winter barley, (13) Triticale, (14) Crownvetch.

A betakarítást követően parcellánként 20–20 pontból átlagmintákat vettünk a szántott talajrétegből. A talajmintákat szintén 40–50 °C-on szárítottuk, majd homogenizáltuk analízisre előkészítve. A talajok alapvizsgálati jellemzőit Baranyai et al. (1987), illetve a MÉM NAK (1978) által ismertetett eljárásokkal vizsgáltuk. Az ammóniumlaktát+ecetsav oldható PK tartalmakat Egnér et al. (1960), a humuszt Tyurin (1937) módszere szerint határoztuk meg. A N mérése Kjeldahl

(1891) szerint, míg az  $\text{NH}_4$ -acetát+EDTA oldható elemeket *Lakanen és Erviö* (1971) módszerével vizsgáltuk a kísérlet egyes éveiben. A növényeket a hagyományos cc. $\text{H}_2\text{SO}_4$ +cc. $\text{H}_2\text{O}_2$  roncsolást követően elemeztük a B kivételével. A B vizsgálatát talajban és a növényekben forró vizes kivonatban az azomethine-H reagenssel végeztük *Sippola és Erviö* (1977), illetve *Sillanpää* (1982) leírása alapján.

A szemes cirok vetésére 1995. április végén került sor. A vetés 24 cm sortávra történt 3–4 cm mélyen, 20–25 db/fm vetőmaggal és Alföldi 1 hibriddel. A kelést követően gyomirtó kapálást végeztünk májusban, majd június végén parcellánként 20–20 db hajtást, virágzás elején júliusban 20–20 db buga alatti kifejlett levelet gyűjtöttünk be analízis céljából. Október elején takarítottuk be az állományt, előtte  $2 \times 2 = 4 \text{ fm} = 1 \text{ m}^2$  területről vettünk mintakéveket tömegmérésre és elemzésre parcellánként. Mintavételeket megelőzően az állományfejltséget 1–5 skálán bonitáltuk. A kísérletben végzett agrotechnikai műveletekről és módszertani megjegyzésekről a 2. táblázat nyújt áttekintést.

Az elővetemény lucerna kiszárította a talajt, azonban a lucerna betakarítása és a szemes cirok vetése közötti 8 hónap alatt 240 mm esőben részesült a terület, a jórészt fedetlen talaj. A vizsgált vályogtalaj hasznosítható vagy diszponibilis vízkészlete (DV) 160 mm körüli az 1 m rétegben, melyet az esők pótolhattak. Ez az induló vízkészlet a cirok rendelkezésére állhatott 1995-ben, amennyiben a lehullott csapadék döntően a talajba szivárgott és a párolgástól részben eltekintünk. Az 5,5 hónapos tenyészidő alatt összesen még 367 mm csapadék hullott: májusban 74, júniusban 75, júliusban 42, augusztusban 86, szeptemberben 90 mm.

### Kísérleti eredmények

Ezen a tápanyagokkal kielégítően ellátott vályogtalajon trágyahatásokat nem kaptunk. A szemes cirok 1995. október 11-én betakarításkor átlagosan 19,6 t/ha földfeletti biomasszát adott 40%-os nedvességtartalommal. A légszáraz biomassa 14 t/ha mennyiséget tett ki. A csapadékos őszön az állomány kombájnolható magot nem érlett, zöld biomassa képződött, mely a viharos idő miatt megdőlt.

A két ízben felhasznált 0, 20, 40, 60 kg/ha B-adagok nyomán a szántott réteg forróvízoldható B-tartalma 0,7 mg/kg értékről 5,1 mg/kg-ra emelkedett 1992 őszén. Ugyanitt az AL-oldható  $\text{K}_2\text{O}$  a kontrollon mért 191 mg/kg-ról 515 mg/kg-

ra nőtt az összesen 4000 kg/ha K<sub>2</sub>O feltöltő trágyázással. A növekvő B és K kínálata egyaránt a növényi B-koncentráció emelkedését eredményezte. A fiatal hajtásban a B mintegy a 4-szeresére, míg a virágzáskori levélben a 17-szeresére ugrott (3. táblázat).

2. táblázat. *Agrotechnikai műveletek és módszertani megjegyzések a K×B szemes cirok kísérletben (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld, 1995)*

Műveletek megnevezése (1)	Időpont (2)	Módszertani megjegyzések (3)
Őszi műtrágyázás (N, P) (4)	1994. 09. 14.	Parcellánként kézzel (19)
Egyirányú szántás (5)	1994. 09. 14.	MTZ-80+Lajta eke (20)
Szántás elmunkálása (6)	1995. 03. 20.	MTZ-50+tárcsa (21)
Tavaszi N-műtrágyázás (7)	1995. 04. 06.	Parcellánként kézzel (19)
Magágy-készítés (8)	1995. 04. 26.	MTZ-50+tárcsa+simító (22)
Vetés (Fajta: Alföldi1) (9)	1995. 04. 28.	MTZ-50+Lajta vetőgép (23)
Gyomirtó kapálás (10)	1995. 05. 20.	Parcellánként kézzel (19)
Bonitálás állományra (11)	1995. 06. 26.	Parcellánként 1–5 skálán (24)
Növény-mintavétel (12)	1995. 06. 26.	Parcellánként 20–20 hajtás (25)
Bonitálás virágzás elején (13)	1995. 07. 18.	Parcellánként 1–5 skálán (24)
Levélmintavétel (buga alatti) (14)	1995. 07. 18.	Parcellánként 20–20 levél (26)
Bonitálás aratás előtt (15)	1995. 10. 11.	Parcellánként 1–5 skálán (24)
Mintakéve-vétel (16)	1995. 10. 11.	Parcellánként 2×2 = 4 fm (27)
Mintakéve-feldolgozás (17)	1995. 11. 14.	Parcellánként átlagminták (28)
Minták őrlése analízisre (18)	1995. 11. 25.	Parcellánként átlagminták (28)

Megjegyzés: Vetés 24 cm sortávra, 3–4 cm mélyre, 20–25 db/fm vetőmaggal.

*Table 2.* Agrotechnical operations and methodological comments in the K×B grain sorghum experiment (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld, 1995). (1) Operation, (2) Date, (3) Methodological comments, (4) Autumn fertilisation (N, P), (5) One-way ploughing, (6) Finishing the ploughing, (7) Spring N fertilisation, (8) Seedbed preparation, (9) Sowing (variety: Alföldi1), (10) Hoeing weeds, (11) Classification of a crop stand, (12) Crop sampling, (13) Classification at the beginning of flowering, (14) Leaf sampling (beneath the cluster), (15) Classification before harvest, (16) Taking a sample sheaf, (17) Processing the sample sheaf, (18) Storage of samples for analysis, (19) Manually per plot, (20) MTZ-80+Lajta plough, (21) MTZ-50+disc, (22) MTZ-50+disc+ smoother, (23) MTZ-50+Lajta sowing machine, (24) Per plot on a scale from 1 to 5, (25) 20 shoots per plot, (26) 20 leaves per plot, (27) 2×2=4 running meters per plot, (28) Average samples per plot. Note: Sowing at 24 cm row spacing, 3–4 cm depth, using 20–25 sowing seeds per running meter.

3. táblázat. A K×B trágyázás hatása a szemes cirok B-tartalmára  
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscsök, Mezőföld, 1995)

AL-K.O (mg/kg)	Forróvíz oldható B (mg/kg)				SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)
	(1)					
	0,7	2,2	3,6	5,1		
cirok hajtás 06. 26-án (4)						
191	6	15	15	18		13
289	8	14	23	24	9	17
515	11	18	23	26		19
SzD <sub>5%</sub> (2)			5			3
Átlag (3)	8	16	20	23	5	17
cirok levél 07. 18-án (5)						
191	15	74	158	174		106
289	17	68	148	217	68	112
515	22	84	190	261		139
SzD <sub>5%</sub> (2)			56			34
Átlag (3)	18	75	165	218	40	119

Table 3. The effect of K×B fertilisation on the B content of grain sorghum (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörscsök, Mezőföld, 1995). (1) Hotwater-soluble B (mg kg<sup>-1</sup>), (2) LSD<sub>5%</sub>, (3) Mean, (4) Sorghum shoot on 26<sup>th</sup> June, (5) Sorghum leaf at 18<sup>th</sup> July.

A K-trágyázás igazolhatóan módosította néhány kation beépülését a fiatal hajtásba és a virágzáskori levélbe. A K és a Ba koncentrációját serkentette, míg a Ca, Mg, Na, Mn, Sr elemek koncentrációit mérsékelte az ionantagonizmus eredményeképpen. *Bergmann* (1992) szerint a szemes cirok virágzás elején vett felső buga alatti levele jól jellemezheti a növények tápláltsági állapotát. A szerző az alábbi optimum tartományokat adja meg: 2,8–4,0 N; 2,0–3,0 K; 0,3–0,6 Ca; 0,25–0,50 P; 0,20–0,50 Mg %-ban, valamint 25–150 Mn, 25–70 Zn, 5–15 B, 5–12 Cu és 0,15–0,30 Mo mg/kg szárazanyagban. A megadott optimumok szerint az állomány K, Ca, Mg, Mn és a korábban bemutatott B elemekkel kielégítően ellátott volt (4. táblázat).

Az 5. táblázat adatai szerint a N-ellátottság is megfelelő volt 1995-ben, míg a Zn-ellátottság egyértelműen hiányos állományt, illetve termőhelyet jelzett. A táblázatban az is megfigyelhető, hogy a szárazanyag gyarapodásával, az idő elő-



rehaladtával a növényi elemkoncentrációk általában mérséklődnek, hígulás lép fel. Ez alól kivételt csupán a B, Pb és a Mo jelentett, mely elemek maximális koncentrációit a virágzás eleji bugaalatti levél mutatja. Az elemtartalmak csökkenése a hajtáshoz viszonyítva betakarításig 30–60% körüli a legtöbb vizsgált elemnél. Az Al koncentrációja viszont 1/10-ére zuhan a szeptemberi biomasszában a júniusi hajtáshoz képest. A Se-tartalom pedig 1/6-ára a virágzás-kori levélben mért értékhez viszonyítva. Az egyes elemek hígulása tehát elem-specifikus jelenség. A szemes cirok vegetatív szerveinek analízise 24 elemre terjedt ki. Az As és a Hg koncentrációja 0,2 mg/kg mérés határ alatt maradt.

4. táblázat. *K-trágyázás hatása a szemes cirok elemtartalmára (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld, 1995)*

AL-K <sub>2</sub> O (mg/kg)	K	Ca	Mg	Na	Mn	Sr <sub>0</sub>	Sr <sub>1</sub>	Ba
	(%)					(mg/kg)		
cirok hajtása 06. 26-án (1)								
191	3,66	0,88	0,43	226	126	47	32	5,0
289	4,74	0,76	0,30	97	114	47	26	6,0
515	4,90	0,74	0,31	73	116	42	26	7,0
SzD <sub>5%</sub> (3)	0,29	0,06	0,03	33	10	5	5	0,8
Átlag (4)	4,43	0,79	0,35	132	119	45	28	6,0
*cirok levél 07. 18-án (2)								
191	1,95	0,89	0,46	97	136	41	29	4,5
289	2,57	0,69	0,27	28	101	29	20	4,8
515	2,77	0,68	0,25	15	109	29	21	5,5
SzD <sub>5%</sub> (3)	0,12	0,03	0,03	20	8	5	5	0,8
Átlag (4)	2,43	0,76	0,33	46	116	33	23	4,9

*Bergmann* (1992) szerinti optimumok 2,8–4,0 N, 2,0–3,0 K, 0,3–0,6 Ca, 0,25–0,50 P, 0,20–0,50 Mg %-ban, valamint 25–150 Mn, 25–70 Zn, 5–15 B, 5–12 Cu, és 0,15–0,30 Mo mg/kg szárazanyagban. Sr<sub>0</sub>=kontroll talajon mért a szemes cirok Sr-tartalma, Sr<sub>1</sub>=67 kg/ha Sr-kezelésben mért Sr-tartalom.

*Table 4.* The effect of K fertilisation on the element content of grain sorghum (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld, 1995). (1) Sorghum shoot on 26<sup>th</sup> June, (2) Sorghum leaf at 18<sup>th</sup> July, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean. Optimums by *Bergmann* (1992): 2.8–4.0 N, 2.0–3.0 K, 0.3–0.6 Ca, 0.25–0.50 P, 0.20–0.50 Mg in %, and 25–150 Mn, 25–70 Zn, 5–15 B, 5–12 Cu, and 0.15–0.30 Mo mg kg<sup>-1</sup> dry matter. Sr<sub>0</sub>=the Sr content of sorghum increased on the control plot, Sr<sub>1</sub>=Sr content measured in 67 kg ha<sup>-1</sup> Sr treatment.

5. táblázat. A szemes cirok átlagos elemtartalma a tenyészidő folyamán, és elemfelvétele (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld, 1995)

Elem jele	Mértékegység	Hajtás 06. 26-án	Levél 07. 18-án	Zöld biomassza 10. 11-én	Légszáraz anyag 14 t/ha	Mértékegység
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(2)
Elemtartalom a légszáraz anyagban (7)					Elemfelvétel (8)	
N	%	3,20	2,60	1,32	185	kg/ha
K	%	4,43	2,43	1,20	168	kg/ha
Ca	%	0,79	0,76	0,26	36	kg/ha
P	%	0,54	0,42	0,14	20	kg/ha
Mg	%	0,35	0,33	0,14	19	kg/ha
S	%	0,26	0,27	0,12	17	kg/ha
Fe	mg/kg	426	195	162	2268	g/ha
Al	mg/kg	318	33	32	448	g/ha
Na	mg/kg	132	46	40	560	g/ha
Mn	mg/kg	119	116	64	896	g/ha
Sr	mg/kg	28	23	10	140	g/ha
Zn	mg/kg	26	13	12	168	g/ha
Cu	mg/kg	14	12	7	98	g/ha
B	mg/kg	8	18	6	84	g/ha
Ba	mg/kg	6	5	4	56	g/ha
Ni	mg/kg	1,36	0,92	0,60	8	g/ha
Pb	mg/kg	0,56	1,59	0,42	6	g/ha
Cr	mg/kg	0,52	0,17	0,14	2	g/ha
Cd	mg/kg	0,47	0,15	0,10	1	g/ha
Se	mg/kg	0,44	1,26	0,21	3	g/ha
Co	mg/kg	0,12	<0,10	<0,10	<1	g/ha
Mo	mg/kg	0,09	0,35	0,10	1	g/ha

Megjegyzés: As és Hg 0,1 mg/kg mérőhatár alatt. A szemes cirok október 11-én 19,6 t/ha biomasszát adott 40% nedvességtartalommal. A légszárazanyag hozam 14 t/ha mennyiséget tett ki. A Sr-kezelésben a hajtás 45, levél 33, aratáskori biomassza 15 mg/kg Sr-tartalommal.

Table 5. Average element content and element uptake of grain sorghum during the growing season (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld, 1995). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) Shoot on the 26<sup>th</sup> June, (4) Leaf on the 18<sup>th</sup> July, (5) Green biomass on 11<sup>th</sup> October, (6) Air-dry matter 14 t ha<sup>-1</sup>, (7) Element content in the air-dry matter, (8) Element uptake. Note: As and Hg were under the 0.1 mg kg<sup>-1</sup> measurement limit. Sorghum had 19.6 t ha<sup>-1</sup> biomass with 40% moisture content on 11<sup>th</sup> October. The air-dry matter yield was 14 t ha<sup>-1</sup>. In the Sr treatment, the shoot had 45 mg kg<sup>-1</sup>, the leaf had 33 mg kg<sup>-1</sup> and the biomass at harvest had 15 mg kg<sup>-1</sup> Sr content.

A 14 t/ha körüli betakarított földfeletti légszáraz biomasszával méréseink szerint 185 kg N, 168 kg K (202 kg  $K_2O$ ), 20 kg P (46 kg  $P_2O_5$ ) távozott a talajból átlagosan. A Mg 19, a S 17 kg felvételt jelzett. A mikroelemek közül a Fe kereken 2,3 kg, Mn 1 kg, Na 0,6 kg, Al 0,5 kg körüli felvételt mutatott. A Zn 168, Sr 140, Cu 98, B 84, Ba 56, Ni 8, Pb 6, Se 3, Cr 2, Cd és Mo 1 g/ha mennyiséget ért el. Adatainak iránymutatóul szolgálhatnak a szemes cirok elemigényének számításakor a szaktanácsadásban. Megemlítjük, hogy ebben a viszonylag csapadékos, a kukorica számára kedvező évben, ezen a talajon az OMTK kísérlet műtrágyázott parcelláin 13 t/ha magtermést és 7 t/ha szártermést kaptunk. Ez meghaladta a cirok által produkált légszárazanyag hozamokat (*Kádár és Márton* 2007). Hasonló viszonyok között tehát a szemes cirok nem lehet versenyképes a kukoricával szemben.

A 4. táblázatban az is látható, hogy az 1992-ben 67 kg/ha Sr-adaggal kezelt talajon a cirok hajtása és levele mintegy 50%-kal gazdagabb Sr-ban a kontroll talajon fejlődöthöz viszonyítva. A Sr kezelés hatása tehát három év után még nyomon követhető. Az aratáskori biomasszában ez a különbség szintén igazolható volt: a kontroll talajon az átlagos Sr-tartalom 10 mg/kg, míg a Sr kezelésben 15 mg/kg volt.

Ugyanezen a csernozjom talajon a  $SrSO_4$  formában adott 810 kg/ha Sr-adag nyomán, a kísérlet 3. évében 1993-ban, a Desiree fajtájú burgonya fiatal virágzáskori levelében a Sr koncentrációja a kontroll talajon mért 65 mg/kg értékről 669 mg/kg-ra, míg a gumóban betakarítás idején a kontrollon mért 3 mg/kg-ról 10 mg/kg értékre emelkedett (*Kádár és Prokisch* 1993).

Általában azt tapasztaltuk, hogy a növények fejlődésének korai szakaszától az érésig a Sr koncentrációja csökken. Éréskor a gabonaféléknél főleg a vegetatív részben nagyságrenddel többet találunk, mint a generatív szemtermésben. A tritikále 4,2 t/ha szemtermése pl. a kontroll parcellán 6 g, míg a 13 évvel korábban 810 kg/ha Sr-mal kezelt talajon 16 g Sr-ot akkumulált a meszes csernozjom talajon. Az 5,6 t/ha légszáraz szalmatermése ugyanakkor a kontroll parcellán 83 g, míg a Sr-mal kezelt talajon 267 g Sr-ot épített be. Az aratáskori biomassza a kontrollon tehát 89 g, illetve a Sr-mal szennyezett talajon 283 g Sr-felvételt mutatott (*Kádár és Kastori* 2006).

Szabadföldi NPK műtrágyázási tartamkísérletben, mezőföldi csernozjom talajon, a szuperfoszfát trágyázással 2-3-szorosára nőtt a kukorica levelének Sr-tartalma, különösen N-trágyázással, míg a K-trágyázás a Sr beépülését mintegy 30%-kal igazolhatóan mérsékelte. Vizsgálataink szerint a hazai szuperfosz-

fátok alapanyagául szolgáló Kóla-foszfátok egy nagyságrenddel gazdagabbak Sr-ban, illetve szegényebbek Cd-ban, mint az É-afrikai lágy nyersfoszfátok. A kóla-foszfát Sr tartalma a 2%-ot, a szuperfoszfát Sr-tartalma az 1%-ot is meghaladhatja. A tartós szuperfoszfát trágyázás hatását a szántott réteg  $\text{NH}_4$ -acetát+ EDTA oldható Sr-tartalma is tükrözte, mely a kontrollhoz viszonyítva megkétszereződött (Kádár 1992).

### IRODALOM

- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.: 1987. A magyarországi talajtápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bergmann W.: 1979. Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bergmann, W.: 1992. Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag. Jena-Stuttgart-New York.
- Buzás I. et al. (szerk.): 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Bowen, H. J. M.: 1979. Environmental chemistry of the elements. Academic Press. New York.
- 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.
- Gupta, U. C.: 1979. Boron nutrition of crops. Advances in Agronomy. 31: 273–307.
- Kádár I.: 1991. A talajok és növények nehézfém-tartalmának vizsgálata. Környezet- és természetvédelmi kutatások. Akaprint. Budapest.
- Kádár I.: 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest.
- Kádár I.: 1993. A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. KTM – MTA TAKI. Budapest. 112.
- Kádár I.–Radics L.: 2005. A műtrágyázás hatása a szemescirok (*Sorghum vulgare* Pers.) fejlődésére és termésére. Növénytermelés. 54. 1: 77–87.
- Kádár I. – Prokisch J.: 1993. Mikroelem-terhelés hatása a burgonya termésére és elem-tartalmára karbonátos csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 49. 3–4: 447–464.
- Kádár I.: 2005. Műtrágyázás hatása a szemescirok (*Sorghum vulgare* Pers.) elemfelvételére. Agrokémia és Talajtan. 54: 375–388.
- Kádár I.–Kastori R.: 2006. Mikroelem-terhelés hatása a triticale termésére és elemfelvételére karbonátos csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 55. 2: 449–460.
- Kádár I.–Gondola I.: 2007. Dohánytermő területek talajtani-agrokémiai felmérése 1990 és 1991 években. Agrokémia és Talajtan. 56: 87–106.

- Kádár I.–Márton L.*: 2007. Búza utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1969–2005 között. Növénytermelés. 56. 3: 147–159.
- Kádár I.*: 2011. A kálium és a bór elemek közötti kölcsönhatások vizsgálata tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan. 60. 1: 161–178.
- Kádár I.*: 2012. A kálium, bór és a stroncium trágyázás hatása a lucernára. Agrokémia és Talajtan. (in print)
- 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.
- Lásztity B.*: 2004. A nem esszenciális elemek forgalma hazai gabonafélékben. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- MÉM NAK*: 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest. 48.
- Odor L.–Horváth I.–Fügedi U.*: 1995. Magyarország geokémiai térképsorozata és a regionális környezeti terhelés. MÁFI Geokémiai Osztály. Budapest.
- Pais I.*: 1980. A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Sillanpää, M.*: 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils. A global study. FAO Soils Bulletin. Rome. 48: 444.
- Sippola, J.–Erviö, R.*: 1977. Determination of boron in soils and plants by the azomethine-H method. Finn. Chem. Lett. 1977: 138–140.
- Szabó S. A.–Regiusné M. Á.–Győri D.–Szentmihályi S.*: 1987. Mikroelemek a mezőgazdaságban. I. Esszenciális mikroelemek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Tyurin, I. V.*: 1937. Organicszeszkie vescsesztva pocsv. Szelhozgiz. Moszkva.

A szerző levelezési címe – Adress of the author:

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



## Cink permetező trágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és tápelem-összetételére

<sup>1</sup>KREMPER RITA-<sup>2</sup>ZSIGRAI GYÖRGY-<sup>1</sup>LOCH JAKAB

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma

<sup>1</sup>Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen

<sup>2</sup>Kutatóintézetek és Tangazdaság, Karcagi Kutató Intézet, Karcag

### Összefoglalás

A cink permetező trágyázás hatását a Debreceni Egyetem AGTC KIT Karcagi Kutató Intézet által beállított 1843 jelű OMTK tartamkísérletben vizsgáltuk kukorica jelző-növényen. A kísérlet talaja mélyben szolonyeces réti csernozjom, oldható foszfor- és cinktartalma: AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 323 mg/kg, KCl-EDTA Zn: 1,3 mg/kg. A vizsgálatainkhoz a tartamkísérlet 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha adaggal trágyázott parcelláit választottuk ki, ugyanis esetükben fennáll a foszfor indukálta cinkhiány kialakulásának veszélye. A döntésünket megerősítette az a megfigyelésünk, ami szerint a P adaggal kezelt parcellák a kukorica állományában 4-10 leveles fenofázisban a leveleken tipikus Zn hiánytünetek jelennek meg.

A kéttényezős kísérletben a cink permetező trágyázás hatását három eltérő nitrogén adagnál (150, 200, 250 kg/ha), 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha és 100 kg K<sub>2</sub>O/ha műtrágyaadagok mellett vizsgáltuk négy ismétlésben. A parcellák növényállományán belül egy előre meghatározott helyzetű növény sor egyedeit kezeltük cink-oxid, cink-szulfát alapú szuszpenziós levéltrágyával, a kontroll gyanánt alkalmazott növény sorokat szintén előre kijelöltük. A kijutatott Zn mennyiség 700 g/ha-nak felelt meg.

A kukorica cső alatti leveleiből címerhányáskor mintát gyűjtöttünk, majd megvizsgáltuk azok foszfor-, cink-, kálium-, kalcium-, magnézium és mangán tartalmát. Ezenkívül vizsgáltuk a kukorica szemtermés mennyiségét, ezerszemtömegét, a fent említett elemek mennyiségét a szemtermésben, valamint a termékeny csövek számának alakulását.

A varianciaanalízis eredményei alapján megállapítottuk, hogy a cinktrágyázás szignifikánsan nem növelte a termés mennyiségét. Szignifikánsan növekedett viszont ha-

tására az ezerszemtőmeg. A permetező cinktrágyázás nem változtatta szignifikánsan egyik elemre nézve sem az elemtartalmat sem a címerhányáskor vett levélmintákban sem a szemtermésben. Ezek alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált termőhelyi körülmények között még 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha foszforadagok rendszeres alkalmazása sem eredményez olyan mértékű cink hiányt, ami a kukorica hozamainak jelentős csökkenését eredményezné. Megállapítottuk, hogy a fiatal növényeken kialakuló cink hiánytünetek a későbbi fenofázisokban megszűnnek, aminek oka abban rejlik, hogy az aktív gyökérezet a nagy foszfát-aktivitású talajréteg alatti zónát elérve már biztosítani képes a növények fejlődéséhez szükséges mennyiségű cink felvételt.

A nitrogén adagok növelésével mind a termés mennyisége, mind a termő csövek száma szignifikánsan növekedett. A levélminták mangántartalma szignifikánsan növekedett a nitrogén adagok növelésével, a cink, foszfor, kalcium és magnézium tartalomban nem tapasztaltunk szignifikáns változást. A szemtermésben csak a cink, foszfor, kálium és magnézium tartalom volt mérhető nagyságrendű a rendelkezésünkre álló méréstechnikákkal, ezeknél nem változott szignifikánsan az elemtartalom a nitrogén adagok hatására.

**Kulcsszavak:** cinktrágyázás, tápelem-összetétel, kukorica

## **The effects of foliar zinc application on the yield and nutrient content of maize (*Zea mays* L.)**

<sup>1</sup>R. KREMPER–<sup>2</sup>GY. ZSIGRAI–<sup>1</sup>J. LOCH

University of Debrecen Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences

<sup>1</sup>Institute for Agrochemistry and Soil Science, Debrecen

<sup>2</sup>Research Institutes and Model Farm, Karcag Research Institute, Karcag

### **Summary**

The effect of foliar zinc fertilization was studied at the 18–43 variant of the National Long Term Fertilisation Experiment of Karcag Research Institute in Hungary, the test plant was maize. The soil of the experiment site is non calcareous Luvic Phaeosem and its soluble phosphorus and zinc content are AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 323.0 mg kg<sup>-1</sup> and KCl-EDTA



Zn: 1.3 mg kg<sup>-1</sup> respectively. Plots supplied with 200 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> were chosen for our experiments, because at these plots there is a real danger of phosphorus induced zinc deficiency. This decision is confirmed by our observation that at plots treated with this P dosage maize plants have typical Zn deficiency symptoms at 4–10<sup>th</sup> leaf stage of maturity.

The effect of foliar zinc fertilization was studied by three levels of nitrogen (150, 200, 250 kg ha<sup>-1</sup>) and under 200 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 100 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O application in four replication. A row of maize was sprayed in each plot with a suspension fertilizer containing zinc as zinc-oxide, zinc sulphate and another row in each plots was chosen as control treatment. The applied Zn amount was 700 g ha<sup>-1</sup>.

Leaf samples were collected from the maize at early silk, leaves under the ears were collected, and the phosphorus, zinc, potassium, calcium, magnesium and manganese content were determined by them. Beyond it we measured the kernel yield weight, the thousand kernel weight, the number of fertile ears and the nutrient content of the yield.

In the light of the results of variance analysis we concluded that foliar zinc application did not increase the yield significantly, but it enhanced the thousand kernel weight. The element content did not change significantly neither in the leaves nor in kernels as a result of zinc application. Based on these results it can be stated that under the examined habitat circumstances even the application of 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> phosphorus dosage does not cause Zn deficiency to such an extent which leads significant yield depression of maize. We stated that deficiency symptoms appearing in young plants cease at later maturity stages and it can be explained by the fact that when the active root system reaches the soil zone under the large phosphate activity zone, the soil can already provide the appropriate Zn amount that is necessary for plant growth.

Higher nitrogen doses increased both the yield and the number of fertile ears. They increased manganese content of the leaves also. There were not any significant change in case of zinc, phosphorus, potassium and magnesium content in the leaves samples. In the kernels only zinc, phosphorus, potassium and magnesium contents could be measured by flame AAS technique, by these elements significant changes were not observed as a result of nitrogen doses.

**Key words:** zinc fertilisation, foliar, maize

## Влияние разбрызгиваемого цинкового удобрения на урожай и состав питательных элементов кукурузы (*Zea mays* L.)

<sup>1</sup>Р. КРЕМПЕР–<sup>2</sup>Д. ЖИГРАИ–<sup>1</sup>Я. ЛОХ

Центр Аграрных и Прикладных Экономических Наук Дебреценского Университета

<sup>1</sup>Институт Агрохимии и Почвоведения, Дебрецен

<sup>2</sup>Исследовательские институты и Учебное хозяйство, Исследовательский Институт, Карцаг

### Резюме

Влияние разбрызгиваемого удобрения цинка исследовали на опытном растении кукуруза в продолжительном опыте №1843 ОМТК, установленном Исследовательским Институтом (г. Карцаг) Центра Аграрных и Прикладных Экономических Наук Дебреценского Университета (AGTC KIT). Почва опыта в глубине солонцовая луговой чернозём, содержание растворимого фосфора и цинка: AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 323 mg/kg, KCl-EDTA Zn: 1,3 mg/kg. Для наших исследований выбрали парцеллы продолжительного опыта, обработанные дозой 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, так как в нашем случае возникает опасность возникновения дефицита цинка индуцированное фосфором. Наше решение укрепило наше наблюдение, согласно которому обработанные этой дозой P парцеллы в фенофазе 4–10 листьев насаждения кукурузы на листьях появились типичные признаки недостатка Zn.

В двухфакторном опыте влияние разбрызгиваемого удобрения цинка при 3-х различных дозах азота (150, 200, 250 kg/ha), с дозами искусственного удобрения 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha и 100 kg K<sub>2</sub>O/ha исследовали в четырёх повторениях. В растительном насаждении среди парцелл обрабатывали индивидуумы заранее определенного ряда растений суспензией листовного удобрения на основе оксида цинка, сульфата цинка, в качестве контроля использованные ряды растений также заранее обозначили. Внесённое количество Zn соответствовало 700 g/ha.

Из листьев кукурузы под початком при выбрасывании метёлки собирали образцы, затем исследовали их содержание фосфора, цинка, калия, кальция, магния и марганца. Кроме этого исследовали количество урожая зерна, массу тысячи зёрен, количество вышеназванных элементов, а также формирование числа плодородных початков.

На основании результатов вариантного анализа установили, что внесение цинкового удобрения не увеличило значительно количество урожая. Однако под его влиянием значительно увеличилась масса тысячи зёрен. Рассматривая каждый элемент, разбрызгиваемое удобрение цинка не изменило значительно содержание элементов ни в образцах листьев, взятых при выбрасывании метёлки, ни в урожае зерна. На основании этого установили, что в исследованных условиях места выращивания даже регулярное применение 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha доз фосфора не даёт такого недостатка цинка, который привел бы к значительному сокращению урожаев кукурузы. Установили, что появляющиеся на молодых растениях признаки недостатка цинка в дальнейших фенофазах прекратятся, причина этого в том, что активная корневая система, достигнув зону под слоем почвы большой фосфатной активности, уже способна обеспечить необходимое для развития растений принятие цинка.

С увеличением доз азота как и количество урожая, так и число плодоносных початков значительно увеличилось. Содержание марганца образцов листьев значительно увеличилось с увеличением доз азота, в содержании цинка, фосфора, калия и магния не обнаружили значительное изменение. В урожае зерна только содержание цинка, фосфора, калия и магния было в достаточном для измерений количестве имеющейся у нас измерительной техникой, у этих не изменилось значительно содержание элементов под влиянием доз азота.

**Ключевые слова:** цинковое удобрение, состав питательных элементов, кукуруза

## Bevezetés

A kukoricatermesztésben a mikroelemek közül a cink hiánya okozhat leggyakrabban termés kiesést és minőségromlást (*Mengel és Kirkby 1987*). Magyarország talajainak közel 27%-a cinkhiányos (*Elek és Patócs 1984, Kádár 2005*). A cinkhiánynak kétféle oka lehet: vagy eredetileg is kevés a talaj összes cinktartalma, vagy a cink növény általi felvehetősége gátolt. Leggyakrabban ez utóbbi eset áll fenn, melyet főképp a talaj magas pH-ja, illetve túlzott foszforellátottsága okoz (*Martens és Lindsay 1990*). Dolgozatunkban a foszfor indukálta cinkhiányt tanulmányoztuk kukorica állományokban. Általánosan bizonyított, hogy a foszfor-cink antagonizmus elsősorban nem a kicsapódó cink-foszfát csapadéknak tulajdonítható, hanem növényfiziológiai eredete van (*Stuckenholz 1964, Ragab 1980, Cakmak és Marschner*

1986). A fölöslegben lévő foszfor gátolja a cink transzportját a gyökérből a hajtásokba.

A cinkellátottságot, illetve a foszfor-cink antagonizmust az alábbi paraméterekkel szokták jellemezni: A talaj oldható cinktartalma és foszfortartalma, P/Zn aránya, illetve a bizonyos fejlődési szakaszokban begyűjtött növényi minták cink- és foszfor-tartalma, valamint P/Zn aránya. Munkánk során a fenti paraméterek tükrében értékeltük ki az eredményeinket, az irodalomban található határértékekkel összehasonlítva.

A cink-foszfor antagonizmust hazánkban szántóföldi körülmények között már sokan vizsgálták. *Csathó et al.* (1989) karbonátos csernozjom talajon tíz év termését összegezve megállapítják, hogy az évi 50 kg  $P_2O_5$ -t tartalmazó kezelésekhez viszonyítva a 100–150–200 kg/ha  $P_2O_5$ -t kapott parcellákon (AL- $P_2O_5 > 88$  mg/kg) a tíz év alatt kumulált termés kiesés 2–6–8 t/ha. *Kádár és Turán* (2002) ugyanazon kísérleti terepen kísérletükben alátámasztják, hogy a kukorica tápanyagellátása során a 100 kg  $P_2O_5$ /ha dózis évente (AL- $P_2O_5 = 119$  mg/kg), az 500 kg  $P_2O_5$ /ha dózis – melynél az AL- $P_2O_5 = 167$  mg/kg az első évben – alkalmazása pedig 4–5 évente javasolható és csak az 1000 kg  $P_2O_5$ /ha használata okozott termésdepressziót. *Izsáki* (2011) sem tapasztalt 160–360 mg/kg AL- $P_2O_5$  foszfor ellátottságnál termésdepressziót a kukorica cinkellátottságának csökkenése miatt szarvasi savanyú agyagos vályog talajon.

Munkánk célja, hogy megvizsgáljuk a Karcagi Kutató Intézet mélyben szolonyeces réti csernozjom talaján a 200 kg  $P_2O_5$ /ha műtrágya adag hosszú távú alkalmazása okoz-e cinkhiányt és termésdepressziót kukorica jelzőnövény esetében.

### Anyag és módszer

A cink permetező trágyázás hatását a Karcagi Kutató Intézet által beállított 1843 jelű OMTK kísérleten belül vizsgáltuk 2011-ben. A kísérlet EOVS-GPS koordinátái: E789842, N217753. Az NPK tartamkísérlet 1968 őszén lett beállítva split plot elrendezésben négy ismétlésben, a bruttó parcellaméret 50 m<sup>2</sup>. A növényi sorrend őszi búza-kukorica-kukorica-őszi búza. A kísérlet talaja mélyben szolonyeces réti csernozjom. A felső 0–30 cm-es réteg jellemzői:  $K_A = 45$ ,  $Hu\% = 3,09$ . A talaj DTPA- $CaCl_2$ -TEA kivonószerekkel kioldott Zn tartalma: 0,85 mg/kg, mely *Lindsay és Norvell* (1978) 0,5 mg/kg határértéke alapján nem cinkhiányos. A KCl-EDTA kivonószerekkel kioldott cinktartalom pedig 1,3 mg/kg,

mely a *Búzás et al.* (1979) által kidolgozott MÉM NAK szaktanácsadási rendszer határértékei alapján (vályog talaj esetén 2,5 mg/kg) gyenge ellátottságnak minősül. A DTPA kivonószerezrel kioldott Mn-tartalma 63,6 mg/kg, a KCl-EDTA Mn-tartalma pedig 560 mg/kg. A talaj különböző kivonószerekkel mért pH értékei a következők:  $pH_{H_2O}=6,13$  ;  $pH_{KCl}=5,34$ . A talaj 0,01 mólos  $CaCl_2$  kivonószerezrel mért elemtartalmai: 6,85 mg Mn/kg, 210 mg Mg/kg, 80 mg K/kg, 6,59 mg/kg ortofoszfát-P. A  $CaCl_2$  oldattal kivont nitrát-nitrogén tartalmak a következők voltak: a 150 kg N/ha adaggal trágyázott parcellákon 5,4 mg  $NO_3$ -N/kg, a 200 kg N/ha adagú trágyázásban részesített parcellákon 8,6 mg  $NO_3$ -N/kg, 250 kgN/ha adag esetében pedig 9,9 mg  $NO_3$ -N/kg.

A szántott réteg ammónium-laktátos kivonószerezrel mért adatai átlagosan: AL- $P_2O_5$ =323 mg/kg, AL- $K_2O$ =312 mg/kg, AL-Ca=5,32g/kg, AL-Mg=292 mg/kg. Trágyázásra ammónium-nitrát, kálisó, illetve szuperfoszfát került felhasználásra. Az alkalmazott műtrágya adagokat az *1. táblázat* mutatja be. A P- és K műtrágyák egy adagban összel szántás előtt, míg a N műtrágya fele-fele arányban megosztva összel, illetve tavasszal került kijuttatásra. A cink kezelést azokon a parcellákon alkalmaztunk, amelyek 200 kg  $P_2O_5$ /ha/év adagú P-trágyázásban részesültek, ugyanis tavasszal a kukorica 4–10 leveles állapotában ezeken a parcellákon szemmel látható cink hiánytünetek voltak rendszeresen megfigyelhetők (*1. kép*).

A kukorica vetése 2011. április 21-én történt 71 000 db/ha tőszámmal, a permetező trágyázást május 31-én hajtottuk végre a kukorica 8–10 leveles fejlettségi állapotában Zinctrac<sup>TM</sup> 700-as készítménnyel, mely cink-oxid és cink-szulfát tartalmú szuszpenziós műtrágya. A felhasználási javaslatnak megfelelően a készítmény 200×-os hígítását használtuk, mely 700 g/ha adagnak felel meg. A parcellákon belül egy sor lett kezelve (jobbról az ötödik) és egy másik sor lett kontrollként kiválasztva (balról az ötödik).

A címerhányáskor a nővirágzat alatti levelekből mintákat gyűjtöttünk mind a kezelt, mind a kontroll sorokból. Soronként húsz levelet szedtünk, melyből aprítás után átlagmintát készítettünk. Ezeket légszárazon megdaráltuk, 50 °C-os szárítás után  $H_2SO_4+H_2O_2$ -os (kénsavas), illetve  $HNO_3+H_2O_2$ -os (salétromsavas) roncsolatot készítettünk. A foszfor és káliumtartalmat a kénsavas roncsolatból ammónium-molibdenát-vanadátos UV-VIS spektrofotometriás módszerrel (*Tahmm et al.* 1968), valamint emissziós lángfotometriával mértük. A kalcium-, magnézium, cink és mangántartalmat atomabszorpciós spektrofotométerrel mértük a salétromsavas roncsolatból. A kukorica betakarítása

előtt felmértük a kezelt és kontroll sorokban lévő termékeny csövek számát. A kukorica szemtermését, illetve az ezerszemtömegét légszáras állapotban táramérlegesen mértük le.

1. táblázat. Az alkalmazott műtrágyahatóanyag-adagok

Kezelés (1)	1987-2007		
	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	150	200	100
N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	200	200	100
N <sub>4</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	250	200	100

Table 1. Applied fertilisation doses. (1) Treatment.

1. kép. Foszfor indukálta Zn hiánytünetek a fiatal kukorica növényen



Picture 1. Phosphorus induced deficiency symptoms at a young maize plant.

A kezelések közötti statisztikailag igazolható eltérések kiszámításához két-tényezős varianciaanalízist alkalmaztunk, a kiugró adatok kiszűrése után átlagértékeket és 95%-os valószínűségű szignifikáns differenciát határoztunk meg. A kísérletben kapott terméseredmények egy sor kukoricára vonatkoztak, ezt

tonna/ha-ra is átszámítottuk. Számításkor a következő adatokat vettük figyelembe: átlagosan 26 tő kukorica volt egy sorban és 71 000 db/ha volt a tőszám.

### Eredmények és értékelésük

#### *A kezelések hatása a kukorica termésére*

A cink és nitrogén kezelés hatását a soronkénti termésre, a termékeny csövek számára, a soronkénti, illetve az egy hektárra átszámított termésre és az ezerszemtömegre a 2. táblázat mutatja be.

A termés értékelésénél a 24 sor (12 parcella, kezelt és kezeletlen sorok) közt volt egy kiugró érték, melynél vetési hiba következte kb. 6–7 tő kukorica hiányzott. Ennek termésadatait a statisztikai értékelésből kihagytuk és a másik három ismétlés átlagával helyettesítettük.

A 2. táblázat adatai alapján megállapíthatjuk, hogy a cink permetező trágyázás a N-kezelések átlagában nem növelte szignifikánsan a kukorica termését, bár tendenciájában hozamnövekedést tapasztaltunk. *Blaskó és Zsigrai* (1998) eredményei ezzel összhangban vannak, ők a cink permetező trágyázás hatását ugyanezen kísérleti területen vizsgálták kukorica jelzőnövényen. A kapott eredményünk ellentétes *Csathó és Árendás* (2009) tapasztalataival, akik 200 kg  $P_2O_5$ /ha foszfor adagok mellett mintegy 3,8 t/ha terménynövekedést tapasztaltak cink permetező trágyázás hatására kukoricánál karbonátos csernozjom talajon gyenge cink ellátottság mellett Nagyhörcsökön. Valószínűleg a különbség oka az, hogy a nagyhörcsöki talaj karbonátos volt, ami tovább csökkentette a cink felvehetőségét, a karcagi talaj viszont a felső rétegében szénsavas meszet nem tartalmaz és gyengén savanyú. Ugyanakkor az eredményeink összhangban vannak *Izsáki* (2011) megállapításával is, aki savanyú agyagos vályog talajon, Szarvason 160–360 mg AL- $P_2O_5$ /kg foszfor ellátottságnál nem tapasztalt termésdepressziót a kukorica cinktápláltságának csökkenése miatt. A permetezett sorokon a kukorica ezerszemtömege szignifikánsan növekedett.

A terméshozam a nitrogén adag emelésével összhangban növekedett. A 150 és 200 kg/ha-os nitrogén adag mellett elért hozamok szignifikánsan különböznek egymástól, a N adag további növelésével a termés nőtt, de a változás nem szignifikáns. A nitrogén trágyázás hatására szignifikánsan nőtt a termékeny csövek száma is. A 150 és a 200 kg N/ha adagnál mért eredmények különböztek egymástól szignifikánsan, a N adag további növelése (250 kg N/ha) már nem eredményezett szignifikáns növekedést.

2. táblázat. *Cink és nitrogén trágyázás hatása a kukorica terméselemeire*

N kezelés (kg/ha) (1)	Zn kezelés (2)		Átlag (5)	SZD <sub>5%N</sub> (6)
	Kontroll (3)	Levéltrágyázott (4)		
Termés (kg/sor) (7)				
150	3,19	3,52	3,36	
200	3,97	3,77	3,87	0,45
250	3,87	4,30	4,08	
Átlag (5)	3,68	3,86		
SZD <sub>5%Zn</sub> (6)	n. sz. (11)			
Termés (t/ha) (8)				
150	8,7	9,6	9,2	
200	10,9	10,3	10,6	1,2
250	10,6	11,7	11,2	
Átlag (5)	10,1	10,6		
SZD <sub>5%Zn</sub> (6)	n. sz. (11)			
Ezerszemtömeg (g) (9)				
150	318	325	321	
200	305	315	310	n. sz. (11)
250	306	324	315	
Átlag (5)	309	321		
SZD <sub>5%Zn</sub> (6)	10,4			
Termékeny csövek száma (db/sor) (10)				
150	21	23	22	
200	30	25	27	3,34
250	26	29	27	
Átlag (5)	26	25		
SZD <sub>5%Zn</sub> (6)	n. sz. (11)			

*Table 2.* The effect of zinc and nitrogen fertilisation on the yield elements of maize. (1) N doses (kg ha<sup>-1</sup>), (2) Zn treatments, (3) Control, (4) Foliar fertilisation, (5) Mean, (6) LSD<sub>5%Zn</sub>, (7) Yield (kg row<sup>-1</sup>), (8) Yield (t ha<sup>-1</sup>), (9) Thousand kernel weight (g), (10) Number of fertile ears in a row (no. row<sup>-1</sup>), (11) Not significant.

A 3. táblázat a címerhányás idején szedett levélminták, illetve a szemtermés átlagos kémiai összetételét mutatja be. A táblázat adataiból látható, hogy



a cink esetében a levél elemtartalma kicsit nagyobb, mint a szemtermésé, foszfor esetében hasonló a szem és a levél elemtartalma. A többi vizsgált elem esetében viszont a szemben mérsékeltőbb elemtartalmat mértünk. A kalcium és mangán már olyan kis mennyiségben van jelen a szemtermésben, hogy láng atomabszorpciós mérés technikával már nem mérhetőek.

A címerhányáskor vett cső alatti levélminta cinktartalma a N kezelések általában Zn-kezelés nélkül 14,5 mg/kg volt. *Jones* (1967) szerint a cink kritikus értéke 15 mg/kg a virágzáskori levében. Ennek alapján a kísérlet kukorica állománya már cinkhiányosnak minősül, viszont semmilyen szemmel látható hiánytűnetet nem tapasztaltunk a mintavétel idején. *Izsáki* (2011) a 10–14 t/ha terméshez tartozó kielégítő Zn tartalmat 10–32 mg Zn/kg értékben határozta meg, mely alapján viszont a kontroll kezelés mintái nem Zn hiányosak. A várakozásunkkal ellentétben a levéltrágyázásnak nem volt szignifikáns hatása a cső alatti levelek cinktartalmára, mivel a cink készítménnyel kezelt növények levelének cink tartalma csak kis mértékben (16,1 mg/kg) haladta meg a kontroll kezelését. Ez szintén ellentmond *Csathó és Árendás* (2009) tapasztalatának, akik mintegy tízszeres cinktartalom növekedést mértek cink-szulfát permetező trágyázás hatására, igaz ők kétszeri kezelést alkalmaztak. A permetező Zn-trágyázás a szemtermés cinktartalmát sem növelte szignifikánsan.

A kísérlet szempontjából a másik jelentős elem a foszfor. Számos szerző számolt be arról a közleményeikben (*Cakmak és Marschner* 1986, *Loneragen et al.* 1982, *Kaya és Higgs* 2001), hogy foszfor indukálta cink-hiány esetén a levelek foszfortartalma jelentősen megnövekszik, ami foszfor-toxicitást is okozhat. Kísérleteikben cink alap trágyázás hatására a levél foszfor tartalma lecsökkent. A 3. táblázatban közölt adatokból megállapítható, hogy a kísérleti növényeink foszfor ellátottsága a levelek foszfortartalmára vonatkozóan *Jones* (1967) által közölt határértékek alapján nem túlzott. A szerző ugyanis 0,25% és 0,46% között megfelelőnek ítéli a foszfor ellátottságot. A cink permetező trágyázás nem változtatta a levél foszfortartalmát szignifikánsan. Ezek az adatok nem utalnak foszfor indukálta cinkhiányra a mintavétel időszakában.

A foszfor indukálta cinkhiány egyik jelző száma a levél minta P/Zn aránya. *Bergmann és Neubert* (1976), *Elek és Kádár* (1980), illetve *Csathó et al.* (1989) cinktrágyázást javasolnak, ha a P/Zn arány jelentősen meghaladja a 200 értéket, a virágzáskor szedett levélmintában. *Izsáki* (2011) javaslata alapján 330 a kritikus P/Zn arány.

3. táblázat. *Cink és nitrogén trágyázás hatása a kukorica levelének és szemtermésének elemtartalmára*

N kezelés (kg/ha) (1)	Levél (2)			SzD <sub>5%N</sub> (7)	Szemtermés (8)			SzD <sub>5%N</sub> (7)
	Zn kezelések (g/ha) (3)		Átlag (6)		Zn kezelések (g/ha) (3)		Átlag (6)	
	Kontroll (4)	Permetezett (5)			Kontroll (4)	Permetezett (5)		
<b>Zn tartalom (mg/kg) (9)</b>								
150	16,3	16,9	16,6		13,5	12,9	13,2	
200	14,3	16,4	15,3	n. sz. (16)	14,5	13,2	13,8	n. sz. (16)
250	13,1	15,0	14,0		12,2	11,5	11,9	
Átlag (6)	14,5	16,1			13,4	12,5	13,0	
SzD <sub>5%Zn</sub> (7)		n. sz. (16)				n. sz. (16)		
<b>P tartalom (%) (10)</b>								
150	0,28	0,29	0,28		0,31	0,28	0,30	
200	0,31	0,27	0,29	n. sz. (16)	0,30	0,30	0,30	n. sz. (16)
250	0,32	0,31	0,31		0,30	0,28	0,29	
Átlag (6)	0,30	0,29			0,30	0,29	0,29	
SzD <sub>5%P</sub> (7)		n. sz. (16)				n. sz. (16)		
<b>K tartalom (%) (11)</b>								
150	2,05	2,01	2,03		0,51	0,46	0,48	
200	2,35	2,23	2,29	n. sz. (16)	0,46	0,48	0,47	n. sz. (16)
250	2,01	2,01	2,01		0,51	0,46	0,48	
Átlag (6)	2,14	2,08			0,49	0,46	0,48	
SzD <sub>5%K</sub> (7)		n. sz. (16)				n. sz. (16)		
<b>Ca tartalom (%) (12)</b>								
150	1,30	1,21	1,25					
200	1,30	1,29	1,30	n. sz. (16)				
250	1,28	1,26	1,27			Nem mérhető (15)		
Átlag (6)	1,29	1,25						
SzD <sub>5%Ca</sub> (7)		n. sz. (16)						
<b>Mg tartalom (%) (13)</b>								
150	0,35	0,30	0,32		0,15	0,14	0,15	
200	0,35	0,31	0,33		0,16	0,14	0,15	n. sz. (16)
250	0,37	0,32	0,34	n. sz. (16)	0,14	0,13	0,13	
Átlag (6)	0,36	0,31			0,15	0,14	0,14	
SzD <sub>5%Mg</sub> (7)		n. sz. (16)				n. sz. (16)		
<b>Mn tartalom (mg/kg) (14)</b>								
150	102,2	101,7	101,9					
200	147,0	104,2	125,6	24,19				
250	146,8	125,3	136,0			Nem mérhető (15)		
Átlag (6)	134,7	110,4						
SzD <sub>5%Mn</sub> (7)		n. sz. (16)						

*Table 3.* The effect of zinc and nitrogen fertilisation on the element content of leaves and kernels in maize. (1) N treatment (kg ha<sup>-1</sup>), (2) Leaf, (3) Zn treatment (g ha<sup>-1</sup>), (4) Control, (5) Foliar fertilisation, (6) Mean, (7) LSD<sub>5%N</sub>, (8) Kernel, (9) Zn content (mg kg<sup>-1</sup>), (10) P content (%), (11) K content (%), (12) Ca content (%), (13) Mg content (%), (14) Mn content (mg kg<sup>-1</sup>), (15) Not measurable, (16) Not significant.

Kísérletünkben a kezeletlen illetve cinkkel kezelt parcellákon a virágzaskori levél P/Zn aránya 209,5 illetve 186,3. A virágzaskori levél cinktartalma illetve P/Zn aránya az Elek és Kádár által megadott kritikus értékek közelében voltak. A terméseredmények alapján viszont nem mondató az, hogy a túlzott foszfor adagok miatti cinkhiány következtében csökkent a termés, ezzel összhangban címerhányáskor hiánytünetek sem voltak megfigyelhetők a leveleken.

A többi elemre vonatkozóan sem volt a cink permetező trágyázásnak szignifikáns hatása sem a levél sem a szemtermés esetében.

A nitrogén adagok növelésével csak a mangán tartalomban volt szignifikáns növekedés megfigyelhető a levélmintáknál. Ez azzal magyarázható, hogy a növekvő nitrogén adagok hatására a talaj egyre savanyúbbá vált, így a mangán felvehetősége megnövekedett.

A szemtermés elemtartalmánál pedig a vizsgált elemek közt nem tapasztaltunk szignifikáns változást a nitrogén adagok növelésének hatására.

### Következtetés

Nem karbonátos réti csernozjom talajon 200 kg  $P_2O_5$ /ha műtrágya adag hosszú távú használata mellett termesztett kukorica jelzőnövény nem mutatott termésnövekedést cink permetező trágyázás hatására. A cink kezelés szignifikánsan nem változtatta a termés nagyságát, szignifikánsan növelte ugyanakkor a termés ezerszemtömegét. A cink permetezés nem változtatta meg szignifikánsan egyik elemre nézve sem az elemtartalmat sem a címerhányáskor vett levélmintákban sem a szemtermésben. Ezek alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált termőhelyi körülmények között a korai fenofázisokban megfigyelhető cink hiánytünetek kialakulása ellenére még 200 kg  $P_2O_5$ /ha foszforadagok rendszeres alkalmazása mellett sem kell tartanunk olyan mértékű cink hiánytól, ami hozamcsökkenéshez vezetne. Ezzel együtt a növényállomány kiegészítő levéltrágyázásának a hozamokra gyakorolt kedvező hatására sem számíthatunk. Az a tény azonban, hogy a nagyadagú P-trágyázásban részesített parcellák kukorica állománya 4–10 leveles korban cink hiánytünetet mutat, arra utal, hogy a P-Zn antagonizmus az adott talaj-növény rendszerben jelen van. A növény fejlődésével a foszfor indukálta hiánytünetek idővel megszűnnek és a termésképzés biokémiai folyamatai már ilyen vonatkozásban nem akadályozottak. Ennek oka megítélésünk szerint abban keresendő, hogy a gyökerek a mélyebb talajrétegekbe hatolnak, ahol már a rendszeres, nagy adagú P-

trágyázás cinkellátásra gyakorolt kedvezőtlen hatása nem érvényesül. Feltételezésünk igazolására a kísérleti terület négy pontján a következő év (2012) májusában 60 cm-es mélységig talajmintákat vettünk. Az AL oldható  $P_2O_5$  tartalom átlagai a mélységgel a következőképpen csökkentek: 0–20 cm-es mélységben 360 mg/kg, 20–40 cm-es mélységben 290 mg/kg, 40–60 cm-es mélységben 219 mg/kg. A KCl-EDTA cinktartalom alakulása pedig az egyes rétegekben: 0–20 cm-es mélységben 1,4 mg/kg, 20–40 cm-es mélységben 3,3 mg/kg, 40–60 cm-es mélységben 4,3 mg/kg.

## IRODALOM

- Bergmann, W.–Neubert, P.*: 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Blaskó L.–Zsigrai Gy.*: 1998. A műtrágyázás és a mészállapot összefüggései réti csernozjom talajon. [In: Blaskó L.–Zsigrai Gy. (szerk.) Műtrágyázás, talajsavanyodás és meszezés összefüggései az OMTK kísérlethálózat talajain.] Kompolt-Karcag. 107–135.
- Buzás I. et al.*: 1979. Ca-, Mg- és mikroelem-m trágyázási irányelvek. [In: Buzás I. et al. (szerk.) M trágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer.] MÉM NAK. Budapest. 48–60.
- Cakmak, I.–Marschner, H.*: 1986. Mechanisms of phosphorus-induced zinc deficiency in cotton. I. Zinc deficiency- enhanced uptake rate of phosphorus. *Physiol. Plant.* 68. 3: 483–490.
- Csathó P.–Kádár I.–Sarkadi J.*: 1989. A kukorica műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés.* 38. 1: 69–76.
- Csathó P.–Árendás T.*: 2009. A foszfor indukálta cinkhiány orvoslása levéltrágyázással. *Agrofórum Extra.* 27: 60–64.
- Elek É.–Kádár I.*: 1980. Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK. Budapest.
- Elek É.–Patócs I.*: 1984. A magyarországi I. talajvizsgálati ciklus eredményeinek értékelése. MÉM NAK. Budapest.
- Izsáki Z.*: 2011. A kukorica P-tápláltsága és a foszfor–cink kölcsönhatása műtrágyázási tartamkísérletben csernozjom réti talajon. *Agrokémia és Talajtan.* 60: 147–160.
- Jones, J. B.*: 1967. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. *Soil Testing and Plant Analysis – Part II. Plant Analysis.* [In: Bergmann, W.–Neubert, P.: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse.] *Soil Sci. Soc. Amer. Madison. Wisc. USA.* 49–58.
- Kádár I.–Turán T.*: 2002. P-Zn kölcsönhatás mészlepedékes csernozjom talajon kukorica monokultúrában. *Agrokémia és Talajtan.* 51: 381–394.

- Kádár I.*: 2005. Magyarország Zn és Cu ellátottságának jellemzése talaj- és növényvizsgálatok alapján. *Acta Agronóvár.* 47: 11–25.
- Kaya, C.–Higgs, D.*: 2001. Inter-relationships between zinc nutrition, growth parameters and nutrient physiology in a hydroponically grown tomato cultivar. *J. Plant Nutr.* 24: 1491–1503.
- Lindsay, W. L.–Norvell, W. A. Q.*: 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421–428.
- Loneragan, J. F.–Grunes, D. L.–Welch, R. M.–Aduayi, E. A.–Tengah, A.–Lazar, V. A.–Cary, E. E.*: 1982. Phosphorus accumulation and toxicity in leaves in relation to zinc supply. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 345–352.
- Martens, D. C.–Lindsay, W. L.*: 1990. Testing soils for copper, iron, manganese and zinc in soil testing and plant analysis. [In: Westerman, R. (ed.) SSSA Book Series. No. 3.] 3<sup>rd</sup> ed.
- Mengel, K.–Kirkby, E. A.*: 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute.
- Ragab, S. M.*: 1980. Phosphorus effects on zinc translocation in maize. *Commun. Soil Sci. and Plant Analysis.* 11: 1105–1127.
- Stukenholz, D. D.*: 1964. Zinc–phosphorus relationships in corn: The influence of temperature incubation and applied nitrogen, phosphorus, and zinc. Diss. University of Nebraska. 294.
- Tahmm F.-né–Krámer M.–Sarkadi J.*: 1968, Növények és trágya-anyagok foszfortartalmának meghatározása ammonium-molibdovanádátos módszerrel. *Agrokémia és Talajtan.* 17: 145–156.

A szerzők levelezési címe – Adress of the authors:

Dr. Kremper Rita–Dr. Loch Jakab  
Debreceni Egyetem AGTC  
Agrokémiai és Talajtani Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032

Dr. Zsigrai György  
Debreceni Egyetem AGTC  
Kutatóintézetek és Tangazdaság  
Karcagi Kutató Intézet  
Karcag  
Kisújszállási út 166.  
H-5300



## Fluoreszcencia detekciós módszeren alapuló szárazság stressz tolerancia vizsgálatok a lucerna aldóz reduktáz fehérjét (MsALR) termelő árpa növényeken

<sup>1</sup>NAGY BETTINA –<sup>1</sup>MAJER PETRA–<sup>2</sup>MIHÁLY RÓBERT–<sup>3</sup>PAUK JÁNOS–

<sup>1</sup>DUDITS DÉNES–<sup>1</sup>HORVÁTH V. GÁBOR

<sup>1</sup>MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Növénybiológiai Intézet, Szeged

<sup>2</sup>Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Kalászos Gabona Főosztály, Szeged

<sup>3</sup>Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Biotechnológia Osztály, Szeged

### Összefoglalás

Az árpa (*Hordeum vulgare* L.) nemcsak takarmányozási és malátakészítés szempontjából fontos és értékes gabonaféle, hanem a rizs mellett a gabonafélék ideális genetikai modellnövénye is. A környezeti stressz hatások elleni hatékony védekezés érdekében folyamatos igény van az ellenálló növények nemesítésére. A modern biotechnológiai módszerek hatékonyan segíthetik e nemesítő munkát. Kísérleteink célkitűzése egy sejt-szintű tesztrendszer továbbfejlesztése volt, mellyel rutinszerűen vizsgálható egyes gének szerepe, különböző labor körülmények között előidézhető stresszkezelés esetén, stabil genetikai transzformációs háttérben. A transzgénikus növények *Agrobacterium tumefaciens* által közvetített előállításához egy, az oxidatív stressz elleni védelemben szerepet játszó, a lucernából izolált aldo-keto reduktáz gént (MsALR) választottuk. A transzgénikus jelölt növények immunoblot analízise a transzformáció sikerességét bizonyította. A kiválasztott, magas expressziós szinttel rendelkező növényvonalat a transzgén kópiaszámának meghatározása után, egy, a laboratóriumi körülményeinkhez igazított tranziens expressziós tesztrendszerben vizsgáltuk. A GFP és DsRed expressziós plazmidok keverékével tranziensen transzformált növényeken a dehidratációs stresszkezelés előtt számolt zöld (GFP) és a stressz-kezelés végén számolt vörös (DsRed) fluoreszcenciát mutató epidermisz sejtek aránya, valamint a párhu-

zamosan mért klorofill és karotinoid tartalom a vizsgált transzgénikus vonalnak az alkalmazott stresszel szembeni megnövekedett ellenállóságát mutatta.

**Kulcsszavak:** árpa genetikai transzformáció, stressztűrés, GFP/DsRed fluoreszcencia analízis

## **Drought stress tolerance examinations on barley plants producing alfalfa aldose reductase protein (MsALR) using a fluorescence detection method**

<sup>1</sup>B. NAGY-<sup>1</sup>P. MAJER-<sup>2</sup>R. MIHÁLY-<sup>3</sup>J. PAUK-<sup>1</sup>D. DUDITS-<sup>1</sup>V. G. HORVÁTH

<sup>1</sup>HAS Biological Research Centre, Institute of Plant Biology, Szeged

<sup>2</sup>Cereal Research Non-Profit LTD., Department of Minor Cereals, Szeged

<sup>3</sup>Cereal Research Non-Profit LTD., Department of Biotechnology, Szeged

### **Summary**

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is an important cereal not only from the aspect of foraging and producing malt, but it is also an ideal genetic model crop of cereals, in addition to rice. In order to carry out effective protection against environmental stress impacts, there is a continuous need for the breeding of resistant crops. Modern biotechnological methods can help this breeding work effectively. The objective of our experiments was the further development of a cellular level test system which makes it possible to routinely check the role of certain genes in the case of stress treatments which can be induced under various laboratory circumstances with a stable genetic transformation background. We chose the aldo-keto reductase gene (MsALR) extracted from alfalfa which plays role in the protection against oxidative stress in order to produce transgenic crops via *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation. The immunoblot analysis of the transgenic marked crops showed the success of transformation. After the determination of the transgenic copy number, a selected crop line with high expression level was examined in a transient expression test system aligned to our laboratory conditions. The proportion of the epidermal cells showing red (DsRed) fluorescence calculated at the end of the stress treatment and green (GFP) fluorescence calculated before the dehydration stress treatment on the crop transformed in a transient



way with the mixture of GFP and DsRed expression plasmids, as well as the parallelly measured chlorophyll and carotenoid content showed the increased resistance of the transgenic line towards the applied stress.

**Key words:** genetic transformation of barley, stress resistance, GFP/DsRed fluorescence analysis

## **Исследования толеранции стресса засухи, основанные на методе детекционной флуорисценции, на производящем белок алдоз редуктазы люцерны (MsALR) на растениях ячменя**

<sup>1</sup>Б. НАДЬ–<sup>1</sup>П. МАЙЕР–<sup>2</sup>Р. МИХАЙ–<sup>3</sup>Ё. ПАУК–<sup>1</sup>Д. ДУДИЧ–<sup>1</sup>В. Г.НОРВАТ

<sup>1</sup>Сегедский Биологический Исследовательский Центр Венгерской Академии Наук, Институт Биологии Растений, Сегед

<sup>2</sup>Общепольное некоммерческое ООО «Исследование зерна», Департамент Колосовых, Сегед

<sup>3</sup>Общепольное некоммерческое ООО «Исследование зерна», Отдел Биотехнологий, Сегед

### **Резюме**

Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) не только с точки зрения фуража и изготовления солода важная и ценная зерновая культура, но вместе с рисом также идеальная генетическая модель зерновых культур. В интересах эффективной защиты от влияния стрессов окружающей среды есть постоянная потребность в селекции устойчивых растений. Современные биотехнологические методы эффективно могут помочь в этой селекционной работе. Целью наших исследований было дальнейшее развитие системы тестов на клеточном уровне, которым рутинно можно исследовать роль отдельных генов, в случае обращения со стрессом, вызванным в различных лабораторных условиях, при стабильном генетическом трансформационном фоне. Для приготовления трансгенных растений посредством *Agrobacterium tumefaciens* выбрали один, играющий роль в стрессе против окисления, изолированный из люцерны ген алдо-кето редуктазы (aldo-keto reductáz) (MsALR). Иммуноблот анализ

obozначенных трансгенных растений подтвердил успешность трансформации. Выбранную линию растения, обладающую высоким экспрессионным уровнем, после определения трансгенного числа копий исследовали в одной, соответствующей лабораторным условиям переходной экспрессионной системе тестов. Смешиванием экспрессионных плазмидов GFP и DsRed на переходных (транзиентных) трансформированных растениях до обработки дегидрационным стрессом соотношение посчитанных зелёных (GFP) и в конце стресса подсчитанных красных (DsRed), показывающих флуоресценцию эпидермис клеток, а также параллельно измеренное содержание хлорофила и каротиноида исследованных трансгенных линий при использованном стрессе показала возросшую сопротивляемость этому стрессу.

**Ключевые слова:** генетическая трансформация ячменя, выносливость к стрессу, анализ флуоресценции GFP/DsRed

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

Hazánkban az árpa mind takarmányozási, mind sör és malátakészítés szempontjából is fontos és értékes gabonaféle, vetésterülete a búza és kukorica után a harmadik legnagyobb. A rizs mellett – a kisebb és a közeljövőben teljesen ismertté váló genomszerkezete, valamint természetes szárazságtűréséből adódó ellenálló képessége miatt – a gabonafélék ideális genetikai modellnövénye.

A géntechnológiai módszerek rohamos fejlődésének köszönhetően újabb lehetőségek nyílnak nemcsak az árpa minőségi paramétereinek javítására, hanem a növények ellenálló képességének fokozására (gyom- és kártevő-ellenállás; egyéb, a környezeti stresszhatásokkal – szárazság, hideg – szembeni tolerancia), ezáltal pedig a nagyobb terméshozamok elérésére. Az alap és alkalmazott kutatás fontos, számos kérdésre választ adó eszköze a transzgenikus árpák létrehozása.

Az árpa bioliztikus (részecskebelővésen alapuló) stabil genetikai transzformációjáról szóló első irodalmi feljegyzés 1994-ből származik (Wan és Lemaux 1994). Egy másik, alternatív transzformációs utat képvisel a talajlakó *Agrobacterium tumefaciens* által közvetített genetikai transzformáció. Az egyzikű árpa esetében a közvetett géntranszfer sikeres alkalmazásáról már a '90-es évek végén beszámoltak (Tingay et al. 1997). Az *Agrobacterium* T-DNS-ét határoló szekvenciák által közrefogott DNS szakasz integrálódik a növényi genomba, alacsony a transzgen átrendeződésének lehetősége. Az idegen gén be-

épülése általában kis kópiaszámban és az átíródás szempontjából aktív régiókba történik, ezáltal nő a magas szintű génexpresszió valószínűsége (Zambryski 1988, Komari és Kubo. 1999). A hatékonyság azonban mindkét transzformációs módszer esetében nagymértékben függ nemcsak az alkalmazott genotípus, hanem a transzformáláshoz használt szövet, az alkalmazott *Agrobacterium* törzs, valamint a klónozáshoz használt vektorok típusától is. Irodalmi adatok alapján az árpa esetében jelenleg a legnagyobb transzformációs hatékonyságot a hipervirulens LBA4404 *Agrobacterium* törzset használva (Hensel et al. 2008) és a tavaszi Golden Promise árpafajta éretlen embrióiból kiindulva érik el (Trifonova et al. 2001, Hensel et al. 2008, Éva et al. 2008).

A környezeti stresszhatások elleni hatékony védekezés érdekében folyamatos igény van az ellenálló növények nemesítésére és a biotechnológiai módszerek használatára. A biotikus és abiotikus stresszhatások egyik közös jellemzője, hogy a sejtekben reaktív oxigén származékok (ROS) keletkezéséhez és toxikus reakciótermékeinek (reaktív karbonilok) felhalmozódásához vezetnek (Moran et al. 1994, Price et al. 1989). Ezen reaktív oxigén vegyületek lipidekkel történő reakciója lipid-hidroperoxidokat és lipid-peroxidokat eredményez (Kültz 2005), melyek degradációja reaktív aldehid komponenseket (pl. 4-hidroxinonenal) hoz létre. Azok a transzformációs stratégiák, melyek e vegyületek detoxifikálására irányulnak, alkalmasak lehetnek stressztűrő növények létrehozására. Az árpa transzformációs technológiájának adaptálásához ezért először az oxidatív stressz elleni védelemben szerepet játszó, korábban laboratóriumunkban lucernából (*Medicago sativa* L.) izolált és széles körűen jellemzett (Horváth et al. 1999, Oberschall et al. 2000, Hideg et al. 2003) aldo-keto reduk-táz (*MsALR*) gént választottuk. Korábbi kutatások eredményeképpen az egyik legjobban jellemzett egyszikű növényi homológ az árpa aldóz reduk-táz gén által kódolt fehérje (Bartels et al. 1991, Roncarati et al. 1995). A gén kifejeződése abiotikus stressztényezőkkel kapcsolatos összefüggést mutatott, a génről átíródó fehérje felhalmozódása az embrió szárazságtűrésének kialakulásával folyamatosan nő. Ezzel szemben a lucerna (*Medicago sativa* L.) aldo-keto reduk-táz fehérje (*MsALR*) a növény minden szövetében előfordul, de a fehérje funkciójában és aminosav sorrendje alapján is eltér az egyszikű homológoktól (Oberschall et al. 2000).

A már regenerált, stabil transzformáns árpanövények további tesztelési lehetőségeket biztosítanak a génjelöltek szerepének vizsgálatára. Árpa esetében lisztharman-rezisztenciában szerepet játszó gének funkcionális jellemzésére

korábban már kifejlesztettek egy tranziens expressziós tesztrendszer, mely a levél epidermisz sejtek részecskebelövésén alapult (Panstruga 2004, Dong et al. 2006). A módszer nemcsak bizonyos génjelöltek tranziens túltermeltetésének, hanem tranziens indukált géncsendesítésének (TIGS) és a génjelöltek szárazságtűrésében történő szerepének felderítésére is alkalmas (Marzin et al. 2008, Nagy et al. 2011).

Kísérleteink fő célja tehát egy hatékony árpatranszformációs protokoll meghonosítása, illetve egy könnyen reprodukálható analitikai rendszer továbbfejlesztése volt, mely egyszerűen adaptálható számos, laborkörülmények között előidézhető stresszkezelés esetében, s mely alkalmas stabil transzgenikus genotípusok stressz toleranciájának sejt szintű vizsgálatára is.

### Anyag és módszer

#### *Az árpa stabil genetikai transzformációjához használt növényanyag*

Az árpa (*Hordeum vulgare* L.) *Agrobacterium* által közvetített stabil genetikai transzformációjának eredményessége genotípus függő, irodalmi adatok alapján a legsikeresebben transzformálható árpafajtának a tavaszi Golden Promise bizonyult, transzformációs kísérleteinkhez is ezt a genotípust használtuk.

Az alapanyagként szolgáló árpaszemeket 2:1 arányú virágföld és homok keveréket tartalmazó cserepekbe vetettük, s a növényeket üvegházi körülmények között 18/14 °C (nappali/éjszakai) hőmérsékleten, 12 órás megvilágítással neveltük. A kalászó növényekről a megporzást követő 10–12. napon gyűjtöttünk kalászokat. A learatott, éretlen árpaszemeket lamináris fülkében (TKA746120V, TEKNOLABO) 3 percig 70%-os etanol (Merck) oldattal mostuk, majd kétszeres, desztillált vízzel történő átöblítés után 50%-ban hígított nátrium-hipoklorid oldattal (háztartási Hypo) és 2–3 csepp Tween-20-at (Polysorbate 20, Serva) tartalmazó oldatban fertőtlenítettük, 20 percig tartó rázógépes mozgással. A fertőtlenítést háromszori steril desztillált vízzel végzett öblítés követte. Az árpaszemek sterilizését követően mikroszkóp alatt éretlen embriókat izoláltunk, az embriókezdeményt eltávolítottuk, a transzformáláshoz csak a szkutellumot használtuk. Az *Agrobacterium* (LBA4404 törzs) által közvetített genetikai transzformáció során Hensel és Kumlehn (2004) által kidolgozott protokollt követtük. A transzformált embriókat 50 mg/l hygromycin szelekció mellett, 24 °C-on sötétben kalluszosítottuk, 4 hétig. Ezen átmeneti kalluszin-

dukciós fázis után a szövettenyészetet növényregenerációt biztosító táptalajon, 25 mg/l hygromycin szelekció mellett, 24 °C-on, fényen neveltük tovább. A regeneráló kalluszokat 2 hetente friss táptalajra passzáltuk át. A hajtást és gyökeret fejlesztő kis növényeket egyenként, ugyanazon regeneráló táptalajt tartalmazó növénynevelő csövekbe helyeztük.

#### *DNS izolálás*

A hygromycin rezisztens transzformáns árpa növényekből CTAB módszerrel genomi DNS-t izoláltunk (Doyle *et al.* 1987a, b), a transzgen jelenlétét először PCR-rel igazoltuk. Az izolált genomi DNS-ek felhasználásával a T2 nemzedékben a kiválasztott MsALR transzformáns árpavonal (MsALR\_14) kópiaszám-meghatározását is elvégeztük (2. ábra).

#### *Fehérjekivonat készítése és immunoblot analízis*

A felhasználásig -80 °C-on tárolt, megközelítőleg 50 mg friss tömegű levél-mintáinkat kvarchomok és folyékony nitrogén felhasználásával porrá őröltük, majd 200 µl feltáró puffert (25 mM Tris-HCl pH 7,6 , 15 mM MgCl<sub>2</sub>, 15 mM EGTA, 75 mM NaCl, 60 mM β-glicerofoszfát, 2 mM 1,4-ditiotreitol, 0,1 % nonil-fenol-polietoxil ethanol, 1 mM NaF, 1 mM fenil-metán-szulfonil-fluorid) hozzáadva (vortex) a fehérjéket kivontuk. 10 percig 4 °C-on, 13 000 rpm-en történő centrifugálást követően a felülúszó fehérje koncentrációját spektrofotometrián meghatároztuk (Bradford 1976).

Az immunoblot analízishez 10 µg fehérjét 10%-os SDS-poliakrilamid gélen elválasztottunk, majd transzferpufferben (1,45 g/l TRIS, 7,2 g/l glicin, 10% Et-OH) Immobilon-P polivinilidén-difluorid membránra (Millipore) transzferáltuk. A kimutatáshoz α-MsALR poliklonális ellenanyagot és peroxidáz konjugált anti-nyúl IgG antiszérumot használtunk (Oberschall *et al.* 2000). A hibridizációt követően a specifikus fehérje kimutatását kemilumineszcens szubsztrát felhasználásával, a gyártó (Millipore) leírása szerint végeztük.

#### *Tranziens génexpressziós tesztrendszer anyagai és módszertana*

A tranziens expressziós tesztrendszer általunk alkalmazott variánsának lényege, hogy a kontroll (*Hordeum vulgare* 'Golden Promise') és az MsALR fe-

hérjét termelő transzgenikus árpa növények levélmintáit a génbelövés módszerét alkalmazva tranziensen is transzformáljuk.

A kísérlethez az MsALR transzformáns növényekből a fehérje analízis során kiválasztott magas expressziós szintet mutató vonal (MsALR\_14) mellett a vad típusú Golden Promise árpafajta szemeit is elvetettük.

Az árpaszemeket normál cserepekbe (d=16 cm) virágföld és homok 2:1 arányú keverékébe ültettük, és klímakamrában (Tyler típusú kamra, Güntner GmbH.) neveltük tíz napig, minden kísérlethez azonos nevelési körülményeket biztosítva (12 óra megvilágítás, 18/14 °C nappali/éjszakai hőmérséklet). 10 nap elteltével az árpa növényekről levágott első leveleket (kb. 6 cm) helyeztünk 0,5%-os (w/v) víz-phytoagar (Duchefa) táptalajra, összesen 6–6 műanyag Petri-csészébe (d=6 cm) mind a kontroll Golden Promise, mind az MsALR transzformáns vonalból (5 árpalevél/Petri-csésze). Az öregedés hatásának kiküszöbölésére 10 mg/l-koncentrációban 1,3-benzodiazolt (Benzimidazol, Sigma) is adtunk a táptalajhoz.

A tranziens expressziós kísérleti rendszerben a génbelövést és a stresszkezelési kísérleteket *Marzin et al.* (2008) által kidolgozott rendszer szerint végeztük. Kísérleteinkhez a BioRad PDS-1000/He részecskebelövő berendezést használtuk, a héliumgáz nyomása 1100 psi volt. Az arany szemcséket (d=1 µm) két különböző plazmid DNS (1 µg/µl) keverékével vontuk be. Ezek a plazmidok a belső normalizáláshoz szükséges pGFP plazmid (*Schweizer et al.* 1999) és a sejtek dehidratációs stressz állapotának jellemzésére szolgáló pUbi-DsRed-nos plazmidok voltak (*Panstruga et al.* 2003).

A génbelövés után a levélszegmenseket Parafilm<sup>®</sup>-mel lezárt Petri-csészékben, klimatizált helyiségben (24 °C állandó hőmérsékleten, nem közvetlen megvilágítással) inkubáltuk. A belövést követően 24 óráig nem stresszelt körülmények között hagytuk felhalmozódni a GFP és az éretlen, nem fluoreszkáló DsRed fehérjét. 24 óra elteltével Olympus SZX12 fluoreszcens sztereo mikroszkóp alatt (Olympus Europa GmbH, Hamburg, Germany) számoltuk a GFP-felhalmozó epidermisz sejteket.

A mikroszkópos sejtszámlálást követően mind a kontroll Golden Promise, mind a transzgenikus vonal levélszegmenseinek 50%-át (3–3 Petri-csésze) tettük ki dehidratációs stressznek úgy, hogy ezeknek a leveleknek a stressz hatás indítása előtt mért kiindulási tömegét szárítással a levágáskori frisstömeg 60%-ára csökkentettük. A dehidratációs stresszkezelést sterilfülkében hajtottuk végre, 25 °C hőmérsékleten. A levelek fennmaradó 50%-át – mint nem-stresszelt

kontrollt – továbbra is víz-phytoagar táptalajon tartottuk. Mind a stresszelt, mind a nem-stresszelt, kontroll táptalajon elhelyezett leveleket 4 napon keresztül tartottuk a fent leírt körülmények között.

A stresszkezelés végeztével mind a kontroll, mind a stresszelt leveleken szintén fluoreszcens sztereo mikroszkóp segítségével vizsgáltuk a DsRed-expresszáló sejteket, melyek számát az ugyanazon leveleken a stresszkezelés előtt számolt GFP-fluoreszkáló epidermisz sejtek számával normalizáltuk.

#### *Klorofill és karotinoid tartalom meghatározása*

A méréseket a belövéses kísérleti rendszerben használt leveleken (~ 300 mg) végeztük, melyeket folyékony nitrogénben porrá dörzsöltünk. A fotoszintetikus pigmenteket 4 °C-os, 80 térfogat% koncentrációjú acetonban való dörzsöléssel extraháltuk. A mintákat centrifugálás után (4 °C, 10 perc, 1500 g) spektrofotometriásan mértük a következő hullámhosszokon: 663,6 és 646,6 nm (klorofill a és b), valamint 440,5 nm (karotinoidok). A kiértékeléshez az alábbi képleteket használtuk (Yang *et al.* 1998):

$$\text{Klorofill } a = 12,25 \times A_{663,6} - 2,55 \times A_{646,6}$$

$$\text{Klorofill } b = 20,31 \times A_{646,6} - 4,91 \times A_{663,6}$$

$$\text{Klorofill } a+b = 17,76 \times A_{646,6} + 7,34 \times A_{663,6}$$

$$\text{Karotinoidok} = 4,69 \times A_{440,5} - 0,267 \times (\text{Klorofill } a+b)$$

A kapott eredményeket µg/mg értékben a kiindulási friss tömegrre vonatkoztatva adtuk meg.

#### *A vizsgált árpavonalban az MsALR gén kópiaszámának meghatározása*

Az integrálódott transzgén kópiaszámának meghatározását kvantitatív valós idejű PCR technikával, két különböző módszer szerint is elvégeztük. A PCR-hez szükséges primer-párok tervezéséhez a Primer3 programot alkalmaztuk. A kiválasztott vonalunk (MsALR\_14) 5 transzformáns csíranövényéből (T2 generáció), továbbá a vad típusú Golden Promise csíranövényből genom DNS-t izoláltunk. A DNS minták koncentrációjának meghatározásához Nanodrop (ND-1000) spektrofotométert használtunk (kiindulási DNS koncentráció: 50 ng/µl már megfelelően erős jelet adott a reakció során). A real-time PCR futtatásokat az ABI Prism 7900 HT Sequence Detection System készüléken végeztük.

Első módszer szerint endogén kontrollnak az árpa Blz2 gént használtuk, mivel ez a gén irodalmi adatok alapján bizonyítottan egy kópiában van jelen a növény minden diploid sejtében (Omate et al. 1999).

Bzip3\_Fw: 5'- TTGGATGGCATCTTTGATAC -3'

Bzip3\_Rev: 5'- TGGCATAGGTTGCGTATG -3'

Mellette a transzgénre tervezett primer párokat alkalmaztuk, ezek a következők voltak:

MsALR\_Fw: 5'- GGTGTTGTTGCCAAAGCTGTC -3'

MsALR\_Rev: 5'- TGATCCATAACTCCTCGCGC -3'

Meghatároztuk a transzgénikus növényekben kapott amplifikációs ciklusszámot (Bzip\_Ct), s kiszámítottuk a transzgénre kapott amplifikációs ciklusszámhoz (MsALR\_Ct) mért különbségeit ( $\Delta Ct$ ). A relatív kópiaszám meghatározása a  $2^{\Delta Ct}$  módszerrel történt.

A másik módszer alapján a kópiaszám meghatározásához szükséges kalibrációs görbe felvételéhez a transzformáláshoz használt plazmid DNS, valamint a transzformáns csíranövényekből és a vad típusú csíranövényekből izolált genomi DNS-ek keverésének módszerét alkalmazva, az előbbi - a transzgénre tervezett - specifikus MsALR primerekkel végeztük a kópiaszám meghatározást (Song et al. 2002). A transzformáns vonalaknál kapott amplifikációs ciklusszámot a plazmid DNS-en kapott ciklusszámhoz viszonyítottuk.

## Eredmények

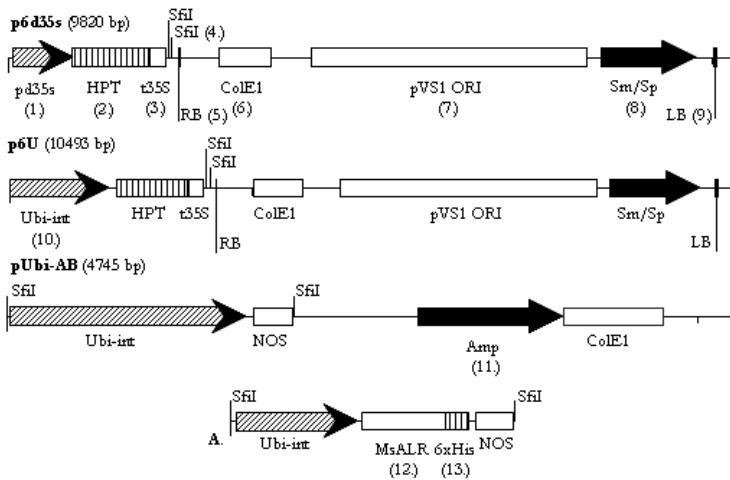
### *A transzformációs technológia hatékonysága, éretlen embriókból történő növényregenerálás*

A kétszikűek transzformációjához előállított bináris vektorok többsége a nem megfelelő promóter és szelekciós marker gén miatt alkalmatlannak bizonyult a gabonafélék transzformációjára. Esetünkben az árpa genetikai módosításához a kiválasztott *Medicago sativa* MsALR gént először egy egyszikű növényekben magas szintű átíródást biztosító, intronos ubiquitin promótert és NOS terminátor szekvenciát tartalmazó pUbi-AB (DNA Cloning Service, Hamburg, Germany) intermedier vektorba klónoztuk. A konstrukció szekvenálással tör-



tendő ellenőrzése után az *Sfi*I emésztési helyekkel rendelkező expressziós kazetta ligálása a p6d35S (Hausmann és Toepfer 1999) vagy a p6U bináris vektorba (DNA Cloning Service, Hamburg, Germany) történt. Az alkalmazott vektorok közötti legfontosabb eltérés az, hogy előbbinél a hygromycin foszfo-transzferáz szelekciós markergén erős konstitutív expresszióját a kettős enhanszerrel rendelkező CaMV35S promóter biztosítja (1. ábra). A p6U expressziós vektor alkalmazása esetén azonban a transzformáció alacsony hatékonyságúnak bizonyult, melynek valószínű magyarázata az, hogy a kész konstrukcióban két, azonos szekvenciájú ubiquitin promóter volt található, amely mind az *Agrobacterium*ban, mind a növényben rekombinációhoz, így szekvenálási delécióhoz vezethetett.

1. ábra. A transzformációhoz használt vektorkonstrukciók sematikus rajza



Megjegyzés: (1) Dupla enhanszeres CaMV35S promóter, (2) Hygromycin foszfo-transzferáz gén, (3) CaMV35S terminátor szekvencia, (4) *Sfi*I emésztési helyek, (5) Jobb oldali határszekvencia, (6) ColE1 replikációs origó, (7) pVS1 replikációs origó, (8) Streptomycin/Spektinomycin rezisztencia, (9) Bal oldali határszekvencia, (10) Ubiquitin promóter/intron, (11) Ampicillin rezisztencia gén, (12) *Medicago sativa* aldóz redukáz gén, (13) Hatszoros His-tag. (A): a termelt fehérjét a citoszólban felhalmozó expressziós kazetta felépítése.

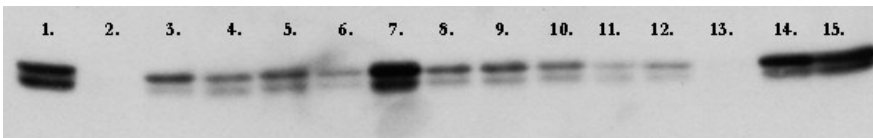
Figure 1. Schematic illustration of the vector constructions used for transformation. Note: (1) Double enhancer CaMV35S promoter, (2) Hygromycin phosphotransferase gene, (3) CaMV35S terminator sequence, (4) *Sfi*I digestion sites, (5) Right border, (6) ColE1 replication origo, (7) pVS1 replication origo, (8) Streptomycin/Spectinomycin resistance, (9) Left border, (10) Ubiquitin promoter/intron, (11) Ampicillin resistance gene, (12) *Medicago sativa* aldose reductase gene, (13) Sixfold His-tag. (A): construction of the expression cassette accumulating the produced protein in the cytosol.

Munkánk során az említett konstrukciókkal, agrobaktérium fertőzéssel 180 db éretlen embriót transzformáltunk, majd az együtt tenyésztést követően 168 db embriót sikerült indukciós táptalajon elkalluszosítanunk. A későbbiek során üvegházba kiültetett növények molekuláris jellemzése 25 független transzformáns vonalat bizonyított, ez 13,88% transzformációs hatékonyságot jelentett.

### *Transzgenikus jelölt növények fehérje expressziós vizsgálata*

Az üvegházi körülmények közé kiültetett transzgenikus jelölt növényekből és kontroll növényekről egyaránt levélmintát vettünk, majd az MsALR fehérjét a citoszólban felhalmozó transzformáns növények esetében teljes fehérje kivonatot izoláltunk. A Western-blot analízis bebizonyította, hogy a levelekben felhalmozott MsALR fehérje mennyisége több vonal esetében is eléri, sőt meghaladja a pozitív kontrollként használt dohány transzformánsokban kimutatott értéket (2. ábra). Joggal feltételeztük, hogy korábbi kísérleteinkben alkalmazott dohány transzformánsokhoz hasonlóan (Turóczy et al. 2011) az árpa transzformánsok is megnövekedett stressz ellenállósággal rendelkezhetnek.

2. ábra. *Transzgenikus jelölt növények fehérje expressziós vizsgálata*



Megjegyzés: A termelt MsALR fehérjét a citoszólban felhalmozó transzgenikus vonalak összfehérje kivonata. (1) Pozitív kontroll dohány transzformáns, (2) Negatív kontroll minta (vad típusú Golden Promise), (3–12) Transzformáns jelölt növények, (13) Nem transzformáns vonal, (14–15) Transzformáns jelölt növények.

Figure 2. Protein expression analysis of transgenic marked crops. Note: Total protein extract of the transgenic lines accumulating the produced MsALR protein in the cytosol. (1) Positive control tobacco transformant, (2) Negative control sample (wild type Golden Promise), (3–12) Transformant lines, (13) Non-transformant line, (14–15) Transformant lines.

### *A transzgén kópiaszámának meghatározása*

Mind az egykópiás (Bzip3) génre végzett, mind a plazmid keveréses módszert alkalmazva végrehajtott valós idejű PCR vizsgálatok eredménye alapján a transzgenikus vonalunk (MsALR\_14) vizsgált homozigóta egyedei a T2 generációban egyaránt  $14 \pm 2$  kópiaszámban hordozzák a vizsgált MsALR transzgént.

*Tranziens expressziós teszrendszer*

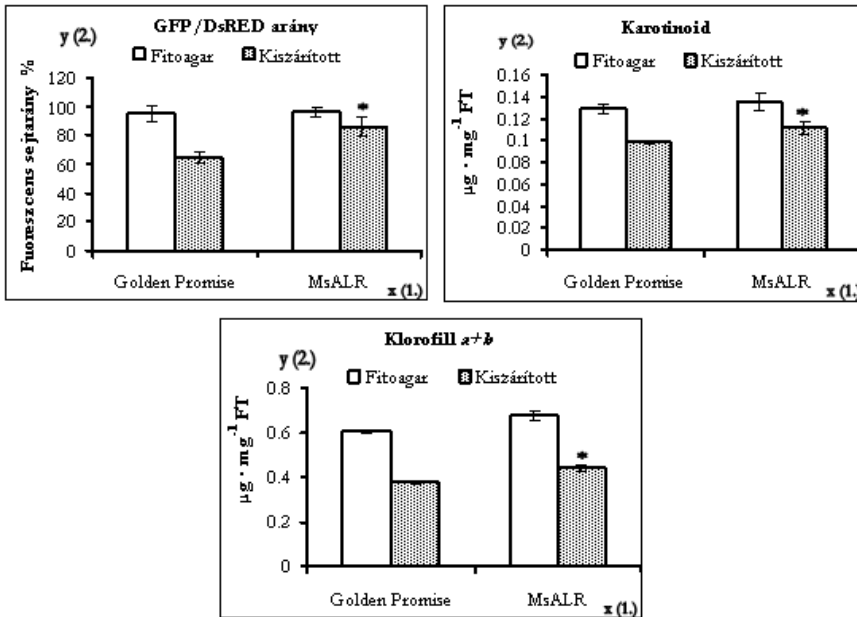
Az árpa leveleken végzett stressztűrési kísérleteinkhez – irodalmi adatok alapján – megfelelő markernek bizonyult a zöld fluoreszcens GFP (*Aequorea victoria*) (Shaner et al. 2005, Heim et al. 1995, Tsien 1998) és a vörösen fluoreszkáló DsRed fehérje (Discosoma sp. Red fluorescent protein). A DsRed fehérje biokémiai tulajdonságai alapján alkalmas arra, hogy jobban megismerjük és jellemezzük a szárazság stresszt a fluoreszcens fehérjét termelő árpa epidermisz sejtekben. A DsRed fehérje aktív tetramer komplexsé történő asszociációja ugyanis hosszú és a stressz által gátolt folyamat, ezért a kísérleti rendszerben alkalmazott 4 nap hosszúságú stressz kezelés végeztével megszámlálható vörösen fluoreszkáló sejtek aránya jó indikációja nemcsak az alkalmazott stressz erősségének, de a vizsgált növényvonalunk sejtszintű stressz toleranciájának is. A vízhiányos állapot során kialakult denaturáló körülmények, a fel erősödött proteolitikus aktivitás és sejthalál ugyanis módosítja, csökkenti az érett DsRed mennyiségét (Baird et al. 2000, Gross et al. 2000). Megnő a vörösen fluoreszkáló sejtek aránya azonban akkor, ha a transzgenikus növény ellenállóbb a stressz hatással szemben, így egy olyan eljárást teszteltünk, mely alkalmazható lesz különböző transzgenek hatásának összehasonlítására is.

Az árpalevelek részecskebelövő berendezéssel történő minél nagyobb hatékonyságú tranziens transzformálása érdekében a kezdeti kísérletek során szükség volt a berendezés bizonyos paramétereinek átállítására, ugyanis a megszámlált GFP expresszáló sejtek száma és a levélfelületen való eloszlása nem bizonyult megfelelőnek. Miután a transzformált sejtek megfelelő arányban oszlottak el a Petri-csészékbe helyezett levélszegmensek teljes felületén, kiválasztottunk egy magas expressziós szinttel jellemezhető transzgenikus vonalat (2. ábra, MsALR\_14-es vonal) és kipróbáltuk a GFP/DsRed kettős transzformációját is.

A részecskebelövés után, 24 óra elteltével számolt GFP expresszáló sejtek, majd a stresszkezelés végeztével a DsRed expresszáló sejtek számolása és normalizálása után összehasonlítottuk a vad típusú Golden Promise és az MsALR transzformáns vonalunk nem stresszelt (kontroll) és kizárítással stresszelt levélszegmensein mért eredményeket. A nem stresszelt, fitoagaron tartott levelek esetében csak mérsékelt változást találtunk a számolt GFP/DsRed arányértékekben, mind a vad típusú Golden Promise, mind pedig a transzgenikus MsALR vonalunk között. A szárazság stresszelt levelek esetében azon-

ban szignifikáns különbség mutatkozott a transzgenikus vonal javára (3. ábra). Mindez arra utalt, hogy a DsRed expresszálo sejtek normalizált száma alkalmas paraméter a levelek dehidratáció, vagy más stressz okozta, sejtszinten mérhető ellenálló képességének felmérésére.

3. ábra. A teszrendszerben vizsgált paraméterek változása a nem stresszelt (phytoagar) és a dehidratációval stresszelt levélszegmenseken



Megjegyzés: GFP/DsRed arány: x (1.) tengely: vizsgált minták, y (2.) tengely: GFP/DsRed fluoreszcáló sejtek aránya. Karotínoid tartalom: y (2.) tengely: µg/mg-ban mért, a fristömegre vonatkoztatott karotínoid tartalom. Klorofill a+b: y (2.) tengely: µg/mg-ban mért, a fristömegre vonatkoztatott klorofill tartalom. A szignifikáns változást csillaggal jelöltük (\*P<0,05).

Figure 2. Change of the parameters examined in the test system on the non-stressed (phytoagar) leaf segments and those stressed with dehydration. Note: GFP/DsRed ratio: x (1<sup>st</sup>) axis: examined samples, y (2<sup>nd</sup>) axis: ratio of GFP/DsRed fluorescent cells. Carotenoid content: y (2<sup>nd</sup>) axis: carotenoid content measured in µg mg<sup>-1</sup>, related to fresh weight. Chlorophyll a+b: y (2<sup>nd</sup>) axis: chlorophyll content measured in µg mg<sup>-1</sup>, related to fresh weight. The significant difference was marked with \* (\*P<0.05).

A vad típusú és a transzgenikus vonal stressz tűrése közötti különbséget fotoszintetikus pigmenttartalom mérésekkel is alátámasztottuk. Ennek során arra az eredményre jutottunk, hogy mind a karotínoid, mind az összklorofill

tartalomban (3. ábra) szignifikáns különbségeket találtunk a két vonal között. Az aldóz redukáz fehérjét túltermelő transzgenikus vonalunkon elvárásainknak megfelelően, magasabb klorofill és karotinoid szintet mértünk a kontroll növényekhez viszonyítva (3. ábra).

### Következtetések

Az árpa *Agrobacterium tumefaciens* által közvetített transzformációs protokolljának (Hensel és Kumlehn 2004) laboratóriumi körülményeink közé történő adaptálása sikeresen megtörtént. Transzformációs eredményeinkkel alátámasztottuk, hogy sikeresen transzformáltunk éretlen árpa embriókat, az irodalomban fellelhető adatokhoz hasonló (Hensel et al. 2008), de akár magasabb transzformációs hatékonyságot is elértünk. Az *Agrobacterium* által közvetített genetikai transzformáció a vizsgált MsALR transzformáns vonalunkon a várokozásokkal ellentétben magas kópiaszámot eredményezett. Bár az *Agrobacterium*-közvetített transzformáció esetében gyakori a transzgen egy-, illetve kétkópiás beépülése, változó frekvenciával mindig előfordulnak olyan vonalak, melyek ötnél több kópiát is tartalmaznak. Hensel et al. (2008) nem tudtak közvetlen kapcsolatot találni a több kópiát tartalmazó transzformánsok előfordulása és a transzformáció során alkalmazott kezelések illetve *Agrobacterium* törzsek között. Fontos megjegyeznünk azt, hogy esetünkben ez a magas kópiaszám nem géncsendesítéshez vezetett (Wolffe 1997), hanem a fehérje immunoblot analízise szerint magas expressziós szintet biztosított. Az ellentétes orientációban beépülő transzgen kópiák genom instabilitáshoz, rekombinációs eseményekhez illetve géncsendesítéshez vezethetnek, bár ennek ellenkezőjére is vannak példák. Hernandez-Garcia et al. (2010) új szója promóterek vizsgálatakor leírták azt, hogy egyenes arányosságot tapasztaltak a GFP transzgen kópiaszáma és a termelt GFP fehérje mennyisége között. Nem különleges tehát az sem, hogy egy több MsALR kópiát tartalmazó transzformáns vonalunk esetében magas fehérjeszintet tudtunk kimutatni.

A fluoreszcens fehérjék termeltetésén alapuló tranziens expressziós tesztrendszer a dehidratációs stressz során fellépő sejtszintű stresszválaszok értékelésében megfelelő módszernek bizonyult; a kiválasztott, aldóz redukáz túltermelő transzgenikus vonalunk mind a GFP és DsRed fehérjéket termelő, zölden és vörösen fluoreszkáló epidermisz sejtek arányában, mind pedig a klorofill és karotinoid tartalom mérések alapján a vad típusú kontroll növé-

nyekhez képest szignifikánsan magasabb értékeket mutatott, s egyben az alkalmazott dehidratációs stresszel szemben ellenállóbbnak bizonyult. Az általunk alkalmazott tranziens teszt módszer a fiatal (10 napos) leveleken végzett stressz tolerancia vizsgálatok mellett alkalmas lehet zászloslevelek, vagy akár nem fotoszintetizáló szövetek (például sejtszuszpenzió, vagy folyadék kultúrában növesztett gyökér) sejtszinten mérhető stressz válaszainak vizsgálatára is. Előnye más módszerekkel szemben, hogy nemcsak szárazság stressz esetén alkalmazható, hanem egyszerűen adaptálható más, laborkörülmények között előidézhető stressz esetén is, továbbá egyes – például gyökérnövekedést vizsgáló hidropónikus – kísérletekkel szemben lényegesen gyorsabb tesztelési eljárás. Olyan esetekben is információt nyújthat a vizsgált abiotikus stresszel szembeni tolerancia mértékére, amikor más paraméterek (például fotoszintetikus hatékonyság) még nem mutatnak detektálható különbséget. Kísérleteink során megvizsgáltuk a levelek fotoszintetikus aktivitásának változását a kiszáritás során. A kísérletben résztvevő növényeknél PSII fotokémiai rendszer maximális kvantumhatékonyságát ( $F_v/F_m$ ) és effektív kvantumhatékonyságát [ $Y(II)$ ] fluoreszcencia kinetika mérésével is meghatároztuk: először a levélszegmensek levágásakor, majd a belövést követően és a stresszkezelés befejezésekor is végeztünk méréseket. Bár az eredmények (adatok nem mutatva) néhány kísérlet esetében a GFP/DsRed arány és a klorofill tartalom során mért adatokhoz hasonló eredményt szolgáltatott (a transzgenikus növényvonalunk magasabb értékeket mutatott a dehidratációs stresszkezelés végétől), azonban ezek a különbségek egyetlen esetben sem bizonyultak szignifikánsnak a vad típusú Golden Promise leveleken mért adatokhoz képest. Fontos itt kiemelni, hogy a transzgenikus árpa az MsALR enzimet a citoplazmában halmozta fel, ahol működése közben jelentősen csökkenthette a reaktív aldehidek káros hatását. Ez azonban csak áttételesen jelentheti a fotoszintetikus apparátus védelmét, így kaphattunk szignifikáns különbséget a teszt módszer alkalmazásakor annak ellenére, hogy a fotoszintetikus paraméterekben nem tapasztaltunk számottevő eltérést. Mindezek alapján elmondható, hogy a tranziens teszt rendszer alkalmazásakor a növények különböző abiotikus stressz kezelésekre adott válasza során elsősorban olyan sejtszinten vizsgálható különbségeket mérünk, amikor a stressz tolerancia alakulása nem elsősorban a kloroplasztiszokhoz, mint fotoszintetikus sejtszervecskéhez köthető. Az eredményekből joggal következtethetünk nemcsak a vizsgált növények stresszel szembeni jobb túlélési arányaira, de közvetve ezáltal a túlélésből eredendő nagyobb termésmennyi-

ségre is. A fent említett okok miatt a sejtszintű stressz tűrés jellemzésére inkább az eredmények részben részletezett paraméterek (klorofill és karotinoid tartalom) bizonyultak alkalmasnak.

Az alkalmazott tranziens tesztrendszer sóstresszre illetve egyéb, oxidatív stresszt okozó hatás vizsgálatára történő kiterjesztése egy további felhasználása lehet a sejtszintű stressz rezisztencia fluoreszcencia detekción alapuló vizsgálatának.

### Köszönetnyilvánítás

A NAP\_BIO\_06: "Növényi génforrás" Magyar - Német Együttműködési Pályázat, valamint a DA-09-2-2009-0114 ALDEHID9 NKFP-KPI pályázati munkák anyagi forrása alapvető módon támogatta a kutatásokat. A szerzők köszönetüket fejezik ki dr. Jochen Kumlehn-nek (IPK Gatersleben, Physiology and Cell Biology Department, Plant Reproductive Biology Group) az árpa transzformációs vektorok biztosításáért, valamint a transzformációs protokoll elsajátításában nyújtott segítségért, továbbá dr. Patrick Schweizer-nek (IPK Gatersleben, Genome Analyses Department, Transcriptome Analysis Group) a tranziens génexpressziós tesztrendszer felállításához szükséges vektorok biztosításáért.

### IRODALOM

- Baird, G. S.-Zacharias, D. A.-Tsien, R. Y.*: 2000. Biochemistry, mutagenesis, and oligomerization of DsRed, a red fluorescent protein from coral. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 97: 11984-11989.
- Bartels, D.-Engelhardt, K.-Roncarati, R.-Sneider, K.-Rotter, M.-Salamini, F.*: 1991. An ABA and GA modulated gene expressed in the barley embryo encodes an aldose reductase related protein. Embo Journal. 10: 1037-1043.
- Bradford, M. M.*: 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.
- Doyle, J. J.-Doyle, J. H.*: 1987a. Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus. 12: 13-15.
- Doyle, J. J.-Doyle, J. H.*: 1987b. A Rapid DNA Isolation Procedure for Small Quantities of Fresh Leaf Tissue. Phytochemical Bulletin. 19: 11-15.

- Dong, W. B.–Nowara, D.–Schweizer, P.: 2006. Protein polyubiquitination plays a role in basal host resistance of barley. *Plant Cell*. 18: 3321–3331.
- Éva, Cs.–Csóti, I.–Tamás, L.: 2008. *Agrobacterium* mediated barley transformation. *Acta Biologica Szegediensis*. 52. 1: 49–53.
- Gross, L. A.–Baird, G. S.–Hoffman, R. C.–Baldrige, K. K.–Tsien, R. Y.: 2000. The structure of the chromophore within DsRed, a red fluorescent protein from coral. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 97: 11990–11995.
- Hausmann, L.–Toepfer, R.: 1999. Entwicklung von Plasmidvektoren. [In: Brauer, D.–Röbbelen, G.–Toepfer, R. (eds.) *Vorträge für Pflanzenzüchtung: Bioengineering für Rapssorten nach Maß*.] Göttingen. 45: 155–172.
- Heim, R.–Cubitt, A. B.–Tsien, R. Y.: 1995. Improved Green Fluorescence. *Nature*. 373: 663–664.
- Hensel, G.–Kumlehn, J.: 2004. Genetic transformation of barley (*Hordeum vulgare* L.) by co-culture of immature embryos with *Agrobacteria*. [In: Curtis, I. S. (ed.) *Transgenic crops of the world: essential protocols*.] Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, the Netherlands. 3: 35–44.
- Hensel, G.–Valkov, V.–Middlefell-Williams, J.–Kumlehn, J.: 2008. Efficient generation of transgenic barley: The way forward to modulate plant–microbe interactions. *Journal of Plant Physiology*. 165: 71–82.
- Hideg, É.–Nagy, T.–Oberschall, A.–Dudits, D.–Vass, I.: 2003. Detoxification function of aldose/aldehyde reductase during drought and ultraviolet-B (280–320 nm) stresses. *Plant Cell & Environment*. 26: 513–522.
- Hernandez-Garcia, C. M.–Bouchard, R. A.–Rushton, P. J.–Jones, M. L.–Chen, X.–Timko, M. P.–Finer, J. J.: 2010. High level transgenic expression of soybean (*Glycine max*) GmERF and Gmubi gene promoters isolated by a novel promoter analysis pipeline. *BMC Plant Biology*. 10: 237–252.
- Horváth, V. G.–Oberschall, A.–Deák, M.–Sass, L.–Vass, I.–Barna, B.–Király, Z.–Hideg, É.–Fehér, A.–Dudits, D.: 1999. Transgenic strategy to improve stress resistance of crop plants. *Journal of Plant Biotechnology*. 1: 61–68.
- Komari, T.–Kubo, T.: 1999. Methods in Genetic Transformation: *Agrobacterium tumefaciens*. [In: Vasil, I. K. (ed.) 1999. *Advances in cellular and molecular biology in plants. Molecular Improvement of Cereal Crops – V*.] Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, the Netherlands. 4: 43–83.
- Kültz, D.: 2005. Molecular and evolutionary basis of the cellular stress response. *Annual Review of Physiology*. 67: 225–257.
- Marzín, S.–Mihály, R.–Pauk, J.–Schweizer, P.: 2008. A transient assay system for the assessment of cell-autonomous gene function in dehydration-stressed barley. *Journal of Experimental Botany*. 59. 12: 3359–3369.
- Moran, J. F.–Becana, M.–Iturbe-Ormaetxe, I.–Frechilla, S.–Klucas, R. V.–Aparicio-Tejo, P.: 1994. Drought induces oxidative stress in pea plants. *Planta*. 194: 346–352.



- Nagy, B.–Majer, P.–Mihály, R.–Dudits, D.–Horváth, V. G.: 2011. Transient and transgenic approaches: functional testing of candidate genes in barley. *Acta Biologica Szegediensis*. 55. 1: 129–133.
- Oberschall, A.–Deák, M.–Török, K.–Sass, L.–Vass, I.–Kovács, I.–Fehér, A.–Dudits, D.–Horváth, V. G.: 2000. A novel aldose/aldehyde reductase protects transgenic plants against lipid peroxidation under chemical and drought stresses. *The Plant Journal*. 24. 4: 437–446.
- Onate, L.–Vicente-Carbajosa, J.–Lara, P.–Diaz, I.–Carbonero, P.: 1999. Barley BLZ2, a seed-specific bZIP protein that interacts with BLZ1 in vivo and activates transcription from the GCN4-like motif of B-hordein promoters in barley endosperm. *The Journal of Biological Chemistry*. 274. 14: 9175–9182.
- Panstruga, R.–Kim, M. C.–Cho, M. J.–Schulze-Liefert, P.: 2003. Testing the efficiency of dsRNAi constructs in vivo: A transient expression assay based on two fluorescent proteins. *Molecular Biology Reports*. 30: 135–140.
- Panstruga, R.: 2004. A golden shot: how ballistic single cell transformation boosts the molecular analysis of cereal-mildew interactions. *Molecular Plant Pathology*. 5: 141–148.
- Price, A. M.–Atherton, N. M.–Hendry, G. A. F.: 1989. Plants under drought stress generate activated oxygen. *Free Radical Res. Commun.* 8: 61–66.
- Roncarati, R.–Salamini, F.–Bartels, D.: 1995. An aldose reductase homologous gene from barley – regulation and function. *Plant Journal*. 7: 809–822.
- Schweizer, P.–Pokorný, J.–Abderhalden, O.–Dudler, R.: 1999. A transient assay system for the functional assessment of defense-related genes in wheat. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 12: 647–654.
- Shaner, N.–Steinbach, P.–Tsien, R. Y.: 2005. A guide to choosing fluorescent proteins. *Nature Methods*. 2. 12: 905–909.
- Song, P.–Cai, C. Q.–Skokut, M.–Kosegi, B. D.–Petolino, J. F.: 2002. Quantitative real-time PCR as a screening tool for estimating transgene copy number in WHISKERS™-derived transgenic maize. *Plant Cell Report*. 20: 948–954.
- Tingay, S.–McElroy, D.–Kalla, R.–Feig, S.–Wang, M.–Thornton, S.–Brettell, R.: 1997. *Agrobacterium tumefaciens*-mediated barley transformation. *Plant Journal*. 11: 1369–1376.
- Trifonova, A.–Madsen, S.–Olesen, A.: 2001. *Agrobacterium*-mediated transgene delivery and integration into barley under a range of in vitro culture conditions. *Plant Science*. 161: 871–880.
- Tsien, R. Y.: 1998. The green fluorescent protein. *Annual Review of Biochemistry*. 67: 509–544.
- Turóczy, Z.–Kis, P.–Török, K.–Cserhádi, M.–Lendvai, Á.–Dudits, D.–Horváth, V. G.: 2011. Overproduction of a rice aldo-keto reductase increases oxidative and heat stress tolerance by malondialdehyde and methylglyoxal detoxification. *Plant Molecular Biology*. 75: 399–412.

- Yang, C. M.–Chang, K. W.–Yin, M. H.–Huang, H. M.:* 1998. Methods for determination of the chlorophylls and their derivatives. *Taiwania*. 43: 116–122.
- Wan, Y.–Lemaux, P. G.:* 1994. Generation of large numbers of independently transformed fertile barley plants. *Plant Physiology*. 104: 37–48.
- Wolffe, A. P.:* 1997. Transcription control: repressed repeats express themselves. *Current Biology*. 7: 796–798.
- Zambryski, P.:* 1988. Basic processes underlying *Agrobacterium*-mediated DNA transfer to plant cells. *Annual Review of Genetics*. 22: 1–30.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors

Nagy Bettina–Majer Petra–Dr. Dudits Dénes–Dr. Horváth V. Gábor  
MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont  
Növénybiológiai Intézet  
Szeged  
Temesvári krt. 62.  
H-6726

Dr. Mihály Róbert  
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft.  
Kalászos Gabona Főosztály  
Szeged  
Alsó kikötő sor 9.  
H-6726

Dr. Pauk János  
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft.  
Biotechnológia Osztály  
Szeged  
Alsó kikötő sor 9.  
H-6726

## **Eltérő hasznosítású szürkemarha legelő szezonális táplálóanyag tartalom alakulása, fajdiverzitás változása és ennek hatása a biomassa mennyiségére és összetételére pannon nedves gyeppen**

PENKSZA KÁROLY-HÁZI JUDIT-TÓTH ANDREA-WICHMANN BARNABÁS-PAJOR FERENC-GYURICZA CSABA-PÓTI PÉTER-SZENTES SZILÁRD  
Szent István Egyetem, Gödöllő

### **Összefoglalás**

Szürkemarhával különböző gyephasznosítás mellett, (legelő: évi 6 hónap, kiegészítő legelő: évi 1 hónap és rét: júniusi kaszáló és 2 hónap őszi legelő) lett elvégezve fajösszetétel, produkció és táplálóanyag tartalom vizsgálat. A legeltetési terhelési nyomás mértéke (az eltöltött idő azonos szürkemarha állatlétszám és korösszetétel mellett) a legelő, kiegészítő legelő és rét gradiens mentén változott. A vizsgálatokat a legeltetési időny során 4 alkalommal (2008. év április, május, június, szeptember) végeztük.

Mindhárom területen a *Festuca arundinacea* taxoné volt a meghatározó szerep, mind a biomassa termelésben, mind a fajszám, mind a fajdiverzitás szempontjából.

A három vizsgált térszín közül a legelőn volt a legnagyobb a fajszám és havi bontásban is itt adódtak a legnagyobb diverzitás értékek is. A biomassa mennyisége az évi hat hónapig legeltetett legelőn elmaradt a kiegészítő legelő produkciójához képest, de a tápanyag tartalom értékek tekintetében a nyersfehérje/nyersrost arány produkciója kedvezőbbben alakult. Ahhoz azonban, hogy ezek az értékek kialakuljanak a legelőn változó legeltetést folytattak, amikor 1 hónapig pihentették a területet.

A legalacsonyabb fajszámmal a kiegészítő legelő rendelkezett. Az évi 1 hónapig tartó - a vegetációs időszak közepére eső - legeltetés pedig itt nem volt elegendő ahhoz, hogy fajösszetétel, fajdiverzitás és tápanyagtartalom értékek tekintetében is kedvező vegetáció és biomassa alakuljon ki, ezért a növényzet felhagyott területekre jellemző képet mutatott.

A rét biomassza termelése és diverzitási értékei a két másik mintaterület között alakultak. Vizsgálati eredményeink azt mutatják, hogy a rét őszi legeltetése – a gyeppel összehasonlítva szempontjából, és a fajdiverzitás szempontjából is – előnyös volt, ezért javasoljuk ennek folytatását vagy az őszi kaszálás bevezetését.

**Kulcsszavak:** szürkemarha, legeltetés, rét gyephasznosítás, Shannon-fajdiverzitás, takarmány érték, *Festuca arundinacea*

## Seasonal formation of biomass composition and nutrition content in different gray cattle pastures

K. PENKSZA-J. HÁZI-A. TÓTH-B. WICHMANN-F. PAJOR-CS. GYURICZA-P. PÓTI-SZ. SZENTES

Szent István University, Gödöllő

### Summary

Species composition, production and nutritional studies were performed by grey cattle between different grassland utilizations (overgrazed pasture: 6 months/year, additional pasture 1 month/year and meadow: used to meadow for 1 month at June and pasture for 2 month at autumn). Different utilization of grazing pressures in different plots (overgrazed pasture, additional pasture, meadow) was applied 4 times during the grazing season (April, May, July and August of 2008). The main question was that how grazing by grey cattle can affect species composition, distribution among species of the natural turf if various types of grazing intensity applied.

*Festuca arundinacea* taxon had dominant role in species richness, biomass and diversity in all three plots. Intensively grazed pasture plot were reported in the largest number of species per month and the best values of diversity as well. Pastures had the largest species number monthly. Compared to the additional pasture values of biomass were less, however the nutritional values (protein-fiber ratio) were favorable. The lowest number of species observed in case of additional pasture. The only 1 month grazing in the year was not sufficient to develop favorable species composition, species diversity, nutritive values and biomass. This was contrary to numerous literary data. Vegetation had a typical abandoned appearance. Additional pasture had the lowest

number of species. The 1 month long grazing period was not enough for favorable development of vegetation and biomass. Vegetation had a typical abandoned appearance. For development of these values, 1 month long maturation was necessary. Grass biomass and diversity values ranged between the two other plots while nutritive values of the sampling period progressed negatively. Test results showed that grazing at autumn was beneficial in case of species composition and species diversity of meadow therefore continuation was proposed.

*Festuca arundinacea* taxon had dominant role in species richness, species diversity and biomass in all three areas. Based on our results maintenance of Pannonian grasslands without designed grassland management was impossible. Proper intensity of grazing improves grass management and nature conservation value of grassland as well as contributing to the maintenance of these values while the complete absence of grazing on grassland leading to degradation.

**Key words:** grey cattle, pasture, meadow cultivation, Shannon species diversity, forage value, *Festuca arundinacea*

## **Формирование содержания сезонного питательного вещества пастбищ серых коров разного использования, изменение диверсификации сортов и влияние этого на количество биомассы и её состав на Паннонском влажном дёрне**

К. ПЕНКСА–Я. ХАЗИ–А. ТОТ–Б. ВИХМАНН–Ф. ПАЙОР–Ч. ДЬЮРИЦА–  
П. ПОТИ–С. СЕНТЕШ

Университет им.Святого Иштвана, Гёдёллэ

### **Резюме**

С серой венгерской породой коров были проведены исследования использования различных дёрнов (пастбище: 6 месяцев в год, дополнительное пастбище: 1 месяц в год и луг: июньский покос и 2 месяца осеннее пастбище), а также содержания сортов, их продукции и содержания ими питательного вещества. Размер давления пастбищной нагрузки (проведённое время при одинаковом количестве животных серой породы и их возраста) изменилось согласно градиентов пастбища, дополни-

тельного пастбища и луга. Исследования провели в ходе пастбищного периода 4 раза (апрель, май, июнь, сентябрь 2008 года).

На трех территориях главным была *Festuca arundinacea taxoné*, как в производстве биомассы, так и в числе видов, так и с точки зрения диверсификации сортов.

Среди трёх исследованных территорий на пастбище было самое большое число видов и по месяцам здесь получились самые большие показатели диверсификации. Количество биомассы на пастбище, где 6 месяцев паслись, было меньше, чем продукция дополнительного пастбища, но соотношение величины содержания питательного вещества к соотношению сырой продукции белка/сырая клетчатка образовалось более благоприятно. Однако для того, чтобы получились эти показатели на пастбище продолжали переменный выпас, когда территория отдыхала 1 месяц.

Самым низким числом видов располагало дополнительное пастбище. А продолжавшийся здесь 1 месяц в год – приходящийся на середину вегетационного периода – выпас не был достаточен для того, чтобы с точки зрения состава видов, их разнообразия и ценности содержания ими питательного вещества, также сформировалась бы благоприятная вегетация и биомасса, поэтому растительный покров показал характерную для брошенных территорий картину.

Производство биомассы луга и показатели диверсификации образовались между другими двумя образцами территорий. Результаты наших исследований показывают, что выпас на осеннем луге – с точки зрения состава видов дёрна, и также с точки зрения диверсификации видов – был выгодным, поэтому советуем продолжать это или вводить осенний покос.

**Ключевые слова:** серая порода коров, выпас, использование дёрна луга, диверсификация видов Шаннона, ценность корма, *Festuca arundinacea*

## Bevezetés

A gyepterületek fenntartásának ösztönzésével – amit a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program (NAKP), illetve a bevezetéséről rendelkező 2253/1999 (X.7.) számú kormányhatározat (Haraszthy et al. 2004) nagyban segített – újra előtérbe kerültek a legelő állatok. Ennek eredményeképpen újra nagy szerepet kapott őshonos fajtánk, a szürkemarha mint „természetvédelmi gyepfenntartó”, amely az 1960-as évekre szinte eltűnt a magyar pusztáról (Kárpáti et al.

2004). Ebből a munkából az is kiderül, hogy a hazai szürkemarha tehénállomány 2004-ben már 4500–4800 db körül volt, és számuk azóta is nő. Ha nem csupán a természetvédelmi kezelést vesszük figyelembe, hanem a húshozamot is, hasonló tendenciák érvényesek rá is, mint a többi húsmarhára. A húsmarha tenyésztésének mocsári, lápi körülmények között is vannak hagyományai, amelyek alkalmazhatók a szürkemarha tartásban is (Szabó 2001, Szabó és Tózsér 2002). Lényeges kérdés azonban, hogy e fajta milyen mértékben alakítja át a legelő fajösszetételét, hogyan befolyásolja a különböző növényfajok és fajcsoportok arányát. *Penksza et al.* (2007) és *Szentes et al.* (2007) korábbi vizsgálatai azt mutatják, hogy a fajta a gyepek fajszámában nem okoz csökkenést, sőt változatosabb, fajgazdagabb foltokat alakít ki. A rétek, legelők természetvédelmi és gyepegzeldélési értéke, biodiverzitásban betöltött szerepe (*Kesting et al.* 2009), valamint táplálóanyag tartalma nagymértékben függ a fajösszetételtől, amelyet különböző gyeppalkotó fajok egymáshoz viszonyított aránya és abszolút mennyisége határoz meg (*Čop et al.* 2009, *Barcsák* 2004, *Kota et al.* 1993, *Tasi* 2007a, *Tasi* és *Szemán* 2006). A folyamatos legeltetés során kialakult fajkészlet elősegíti a környezeti változásokhoz és gazdálkodási típusokhoz való alkalmazkodást is (*Lanta et al.* 2009).

A legelők növényzetének vizsgálata során nagy hangsúlyt kell fektetni a gazdasági szempontból jelentős pászitfű és a pillangós fajok mennyiségére, mert az itt fejlődő állatok legértékesebb takarmányát elsősorban ezen fajcsoportok adják (*Kota et al.* 1993, *Nagy* 1993, *Vinczeffy* 1993, *Szemán* 1994/95). A vizsgálatok ütemezésénél figyelembe kell venni, hogy a pászitfűvek a vegetációs időszak alatt jelentősen változnak (pl. fenológiai, morfológiai), ezért a vizsgálatok elvégzésére egy éven belül több alkalommal is szükség van. A fenológiai és morfológiai változások táplálóanyag tartalmi változásokat vonnak maguk után (*Dwayne* és *Mertens* 1995, *Gill et al.* 1989, *Garcia et al.* 2008). A legelő tápértékét *Dér* (1993) szerint a táplálóanyag tartalom értékek adják meg elsősorban, melyek közül a nyersfehérje- és nyersrost tartalom, valamint e kettő aránya a legfontosabb, amely szintén változik vagy változhat az év során. A nyersfehérje-nyersrost arány a fűvek többségénél május közepén éri el a kedvező 1:2 alatti arányt (*Dér* 1993, *Vinczeffy* 1993, *Voigtländer* és *Jacob* 1987). *Dér* (1993) közlése szerint a változások mértéke fajonként eltérő, de tendenciájuk azonos. *Tasi* és *Barcsák* (2001), *Tasi et al.* (2004) és *Tasi* (2007b) a növény elvénülése, a növénymagasság, a nyersrost-, a nyersfehérje-tartalom arány és a szerves anyagok emészthetősége között találtak lineáris összefüggést.

Jelen dolgozatban egy nedves terület produkcióját és fajösszetételét vizsgáljuk, különböző gyephasznosítás, legeltetési típusok mellett (legelő: évi 6 hónap, kiegészítő legelő: évi 1 hónap és rét: júniusi kaszáló és 2 hónap őszi legelő).

A fajösszetételre vonatkozóan – az irodalmi adatokkal megegyezően – előzetes hipotézisünk volt, hogy ha a fajszám nem is csökken a folyamatos legeltetés alatt, a vegetáció diverzitásában leromlás fog mutatkozni, jelentősen átalakítva ezzel a terület fajösszetételét és nőni fog a gyom jellegű fajok mennyisége is (*Dwayne és Mertens 1995, Orr 1980, Pettit et al. 1995, Renzhong és Ripley 1997, Tóth et al. 2003*).

### Anyag és módszer

#### *A mintaterület jellemzése*

A vizsgált nedves fekvésű terület a Tapolcai-medencében, Badacsonytördemic település határában található. A medence alsó részében fekvő terület réti és öntéstalajon alakult ki *Agostio-Deschampsietum caespitosae Újvárosi 1947, Magnocaricion elatae Koch 1926 és Molinetalia Koch 1926* vegetáció típusok mozaikja jellemző a teljes területre hasonló módon. A terület vízellátását javítja, hogy a medence-helyzet miatt a lejtőkről lefolyó vizek összegyűlnek. Itt 118 db szürkemarkarhát tartanak, amiből 2 bika, 65 tehén a többi növendék állat. A mintaterületek a következők voltak:

- Legelő: 38 ha-os gyep, ahol a szürkemarkarhákat az év során a kihajtástól (április 20) június 30-ig, majd augusztus-szeptember hónapokban legeltették.
- Kiegészítő legelő: 32 ha-os terület, ahová az állatokat júliusban hajtották át.
- Rét: 34 ha-os terület, amelyet június végén kaszálták le, majd ősszel 2 hónapot (október-november) legeltették is. A gazdálkodás évek óta szakszerűtlenül folyik a gyepeken. A legeltetési mód szakaszos legeltetés, azonban az egyes területek nem megfelelő ideig és állatlétszámmal vannak legeltetve. Egyes területrészek túl-, míg mások alulhasznosítottak.

#### *Botanikai vizsgálatok*

A cönológiai felvételezéshez minden mintaterületen 10–10 db 2×2 m-es kvadrátot rögzítettünk *Braun-Blanquet (1964)* alapján. A felvételek helyének meg-



határozása az állandó tereptárgyak segítségével történt. A fajok becsült borítási értékeit %-ban adtuk meg. A ténylegesen mért összborítást abszolút borítás néven, a 100%-ra átszámított borítást relatív borításként közöljük. A mintavételi időpontok a következők voltak:

- április 19. (a kihajtás előtti állapot),
- május 11.,
- június 22.,
- szeptember 27.

### *Biomassza vizsgálatok*

A cönológiai felvételezéssel párhuzamosan a 3. cönológiai felvétel északi sarkától kiindulva egy 2×2 m-es területen sövényvágó ollóval vágtuk le a gyeplet, a szürkemarha legelésének hatását modellezve, 7 cm-es tarlót hagyva. A középső 1×1 m-es részt vettük mintaként. A nyiradékokat szétválogattuk a következő kategóriák szerint:

1. a legeltetés szempontjából fontos pázsitfűvek,
2. a legeltetés szempontjából fontos pillangósok,
3. egyéb pázsitfűvek, savanyúfűvek és egyszikűek,
4. a legeltetés szempontjából közömbös kétszikűek,
5. avar.

A nyiradékokat 80 fokon szárítottuk, majd Dyras KSCL-300 típusú, gramm pontosságú mérleggel mértük le.

A cönológiai felvételek átlagát és a kapott nyiradék - tömegadatokat együttesen foglaltuk táblázatba. Az egyes gypalkotók borítási értékeit a növényzet teljes borítási %-ában is kiszámoltuk és ezt az egyes gypalkotók tömegének az arányával osztottuk el. Ekkor a borítási átlagértékek és nyírásminták szárazanyag tömeg hányadosát kaptuk meg. Ha ez az érték 1, vagy ehhez közeli, akkor a borítási részesedés és a tömeg aránya hasonló. Tehát a megbecsült %-os borítás közel azonos tömeget is jelent a biomasszából. Ha az érték 1-nél kisebb, akkor a megbecsült borítás mögött az egyes gypalkotó a gyp biomasszájából nagyobb arányban részesedik. Ha az érték nagyobb 1-nél, akkor a megbecsült borítás mögött az egyes gypalkotó a gyp biomasszájából kisebb arányban részesedik.

### *Táplálóanyag tartalom vizsgálatok*

A minták előkészítését és az eredeti szárazanyag-tartalom mérését az *MSZ ISO 6496:1993*; a nyersfehérje-tartalom vizsgálatát az *MSZ 6830-4:1981*; a nyersrost-tartalom elemzését pedig az *MSZ EN ISO 6865:2001 (Magyar Takarmánykódex II. 2004)* alapján végeztük.

### *Statisztikai elemzés*

Kiszámoltuk az egyes területekre jellemző átlagos összborítást, átlagos fajszám és Shannon-diverzitás értékét (*Pilou 1975*). A legeltetési intenzitás hatásának lemérésére ezeket páronként hasonlítottuk össze többszörös varianciaanalízissel (ANOVA) (*Zar 1999*). Post hoc tesztként a Tukey HSD eljárást alkalmaztuk, amely korrigált p értéket ad, így a Bonferroni korrekció elvégzése szükségtelenné válik. Az R programozási nyelvet használtunk. Ez a program szabadon hozzáférhető szoftverkörnyezet statisztikai számításokhoz és ábrázoláshoz. (Az első változatát *Ross Ihaka* és *Robert Gentleman (1996)* készítették.)

## **Eredmények**

### *Biomassza termelés*

A vizsgált négy időszakban a legnagyobb borítási értékek a kiegészítő legelőn voltak (*1. táblázat*). Az átlagos összborítás egész évben megközelítette 100%-ot. A pázsitfűvek összborítása minden vizsgálati időpontban meghaladta az 50%-ot. Köztük olyan takarmányozási szempontból értékes fajok is megtalálhatók, melyeknek a borítási értéke az év során folyamatosan nőtt (*Poa angustifolia*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*). A biomassza összetételében is a pázsitfűvek dominanciája volt jellemző. A borítási értékek és a nyírt minták tömegének a hányadosa a kiegészítő legelőn egyre kisebb értéket mutatott, ami azt jelenti, hogy a látszólagos tömeghez, borításhoz képest a mért mennyisége több (*2. táblázat*), sőt az éven belül is növekszik. A pázsitfűvek előregednek, magházat is fejlesztenek, nagyobbra nőnek. Ez a hányados a réten is minden időpontban alacsony értéket mutat, ugyanabból az okból, mint a kiegészítő legelőn. Mindössze a legelőn adódik 1-nél magasabb érték májusban

és júniusban, amikor a folyamatos legelés következtében a tömegarányuk jóval kisebb lesz, mint a látszólagos mennyiségük. Ebben az időszakban a fűvek jelentős felületet borítanak, de a folyamatos rágás miatt magasságuk kisebb volt.

1. táblázat. *A mintaterületek fajcsoportjainak borítási átlagértéke és nyírásmintáinak tömege*

Borítás (%)/Nyírás (g/m <sup>2</sup> ) (1)	Legelő (2)			
	IV.	V.	VI.	IX.
Pázsitfűvek (5)	36/72	44/71	31/143	24/41
Pillangósok (6)	8/5	9/1	17/7	21/1
Egyéb egyszikűek (7)	3/0	5/82	5/254	3/21
Egyéb kétszikűek (8)	18/23	23/23	23/21	27/25
Avar (9)	0/0	2/4	4/44	6/54
Össz. értékek (10)	65/100	83/180	80/472	81/122
Borítás (%)/Nyírás (g/m <sup>2</sup> ) (1)	Kiegészítő legelő (3)			
	IV.	V.	VI.	IX.
Pázsitfűvek (5)	58/69	56/621	64/690	68/522
Pillangósok (6)	1/1	1/2	1/4	1/2
Egyéb egyszikűek (7)	9/7	24/3	18/11	13/4
Egyéb kétszikűek (8)	17/15	18/14	14/10	16/3
Avar (9)	0/0	1/4	2/10	1/2
Össz. értékek (10)	85/92	100/644	100/725	100/533
Borítás (%)/Nyírás (g/m <sup>2</sup> ) (1)	Rét (4)			
	IV.	V.	VI.	IX.
Pázsitfűvek (5)	45/68	63/132	47/200	28/365
Pillangósok (6)	1/1	0/0	2/1	7/2
Egyéb egyszikűek (7)	11/21	34/48	35/68	51/99
Egyéb kétszikűek (8)	17/9	15/2	16/10	17/11
Avar (9)	0/0	0/0	4/17	1/6
Össz. értékek (10)	70/98	99/182	98/296	100/465

*Table 1.* Average coverage and mass of shearings of plots. (1) Coverage (%)/Shearing (g m<sup>-2</sup>), (2) Pasture, (3) Supplementary pasture, (4) Meadow, (5) Papilionaceae, (6) Legumes, (7) Other monocotyledonous crops, (8) Other dicotyledonous crops, (9) Litter, (10) Total values.

2. táblázat. A mintaterületek fajcsoportjainak borítási átlagértéke és a nyírásminták szárazanyag tömeg hányadosa

Borítás (%)/Nyírás (g/m <sup>2</sup> ) (1)	Legelő (2)			
	IV.	V.	VI.	IX.
Pázsitfűvek (5)	0,73	1,35	1,26	0,88
Pillangósok (6)	2,20	21,00	13,90	3,24
Egyéb egyszikűek (7)	-	0,13	0,11	0,21
Egyéb kétszikűek (8)	1,13	2,18	6,31	1,62
Avar (9)	-	0,09	0,52	0,16

Borítás (%)/Nyírás (g/m <sup>2</sup> ) (1)	Kiegészítő legelő (3)			
	IV.	V.	VI.	IX.
Pázsitfűvek (5)	0,90	0,95	0,67	0,69
Pillangósok (6)	1,08	3,22	1,81	2,70
Egyéb egyszikűek (7)	1,39	43,47	11,92	17,30
Egyéb kétszikűek (8)	1,15	8,29	10,21	28,57
Avar (9)	-	1,61	1,45	2,70

Borítás (%)/Nyírás (g/m <sup>2</sup> ) (1)	Rét (4)			
	IV.	V.	VI.	IX.
Pázsitfűvek (5)	0,64	0,66	0,70	0,35
Pillangósok (6)	0,19	-	3,77	16,27
Egyéb egyszikűek (7)	0,77	1,34	1,35	2,44
Egyéb kétszikűek (8)	2,64	13,89	13,89	7,20
Avar (9)	-	-	0,71	0,77

Table 2. Ratio of coverage means and dry weight ratio of shearings. (1) Coverage (%)/Shearing (g m<sup>-2</sup>), (2) Pasture, (3) Supplementary pasture, (4) Meadow, (5) Papilionaceae, (6) Legumes, (7) Other monocotyledonous crops, (8) Other dicotyledonous crops, (9) Litter.

A pillangósok jelentősebb mértékben csak a legelőn találhatók meg a nyári és őszi felvételezésekkor, mivel a *Festuca arundinacea* erős árnyékoló hatását csak a folyamatos legeltetés tudta visszaszorítani, és a legelés során a kúszó és tölevélrózsás fajok mennyisége szaporodik el (Lanta et al. 2009, Catorci et al. 2009, 2011). A mért tömegük aránya viszont jelentősen kisebb, mint amit a

borítási értékek jeleznek (1–2. táblázat). A viszonylagos nagy felszínborítás a nagy, szétterülő leveleknek is köszönhető, melyeknek a száraz tömege kicsi.

A réti mintákban az egyéb egyszikűek válnak uralkodóvá, ami a kaszálásnak is köszönhető (Lanta et al. 2009). Szeptemberre 51%-os borítással, és tömegükben is jelentősek (1–2. táblázat). Ez elsősorban a felszaporodó *Carex hirta* faj miatt alakul ki.

A legnagyobb fajszám (38–39 faj) a legelőre volt jellemző. Az elsőrendű pázsitfűvek közül a *Festuca arundinacea* uralkodik. A legelőn a kétszikűek mennyisége is jelentős. Az állatok folyamatos legelése csökkentette a *Festuca arundinacea* magasságát és borítását, ezért több fény jutott a talajközeli rétegekbe, aminek következtében az év második felében megnőtt a pillangós-virágúak borítása. A rét esetében az összesített fajszám kisebb volt (26–27 faj), mint a legelőn. A gyepalkotók aránya ezen a területrészen inkább hasonlít a kiegészítő legelőhöz, de jelentősebb benne a savanyúfűvek aránya, melyeket az állatok kevésbé kedvelnek (1. táblázat). A gyep vezérnövénye az *Agrostis stolonifera*, melynek borítása szeptemberben hirtelen lecsökkent és helyét a *Carex hirta* vette át. A kiegészítő legelőn az átlagos fajszám 20–30 között változott, ami a legkisebb volt a mintaterületek között.

A Shannon-diverzitás alapján a legelő átlagos diverzitása volt a legmagasabb (2,28) ezt követte a kiegészítő legelő (2,066) végül a rét diverzitása bizonyult a legkisebbnek (1,929) (1. ábra). A diverzitási értékek havi összevonása után külön vizsgáltuk a kiegészítő legelő, legelő és rét diverzitását egyutas ANOVA elemzéssel (2. ábra). Az így kapott eredmények szignifikáns eltérést mutattak: Df (2), F values 9,6247; Pr 0,0002504.

A diverzitási értékek páronkénti összehasonlításával a következő eredményt kaptuk: a legelő és a rét összehasonlítása adta a legnagyobb különbséget ( $p=0,0001651$ ). A kiegészítő legelő és a legelő különbsége is szignifikáns ( $p=0,0273920$ ). A kiegészítő legelő és a rét összehasonlításakor azok diverzitási értékei nem tértek el jelentősen egymástól. Ha a diverzitási értékeket havi bontásban is megvizsgáljuk, akkor a legnagyobb diverzitás értékek – május hónap kivételével – minden hónapban a legelőn adódnak. A rét értékei minden hónapban alacsonyak, mindössze a szeptemberi hónapban magasabbak a kiegészítő legelőnél. A legelőtől azonban mindkét terület messze elmarad.

Ha az egyes hónapokat nézzük, azt tapasztaljuk, hogy áprilisban és májusban mindhárom terület nagyon hasonló (nincs szignifikáns különbség a  $p$  értékeiben). Júniusban a legelő és a kiegészítő legelő már kezd különbözni, de

ez még nem szignifikáns. Ugyanakkor a legelő és rét különbsége már szignifikáns ( $p=0,01521$ ). Szeptemberben a különbség a legelő és rét között tovább nő, és jelentős eltérés figyelhető meg a legelő és a kiegészítő legelő között is ( $p=0,0001216$ ).

1. ábra. A vizsgált területek évi átlagos diverzitás értékei

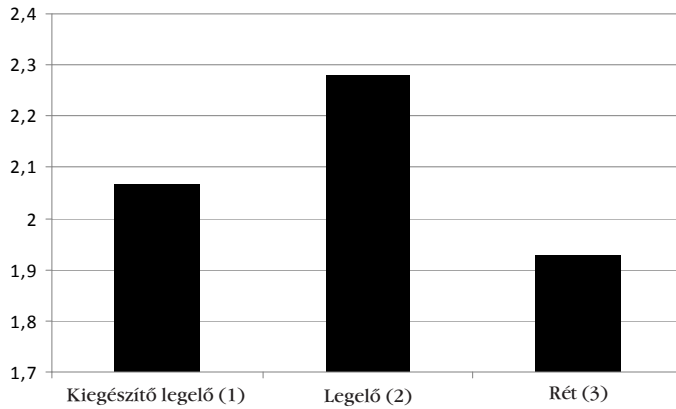


Figure 1. Average annual values of diversity of the area. (1) Supplementary pasture, (2) Pasture, (3) Meadow.

2. ábra. A vizsgált területek havi diverzitás értékei

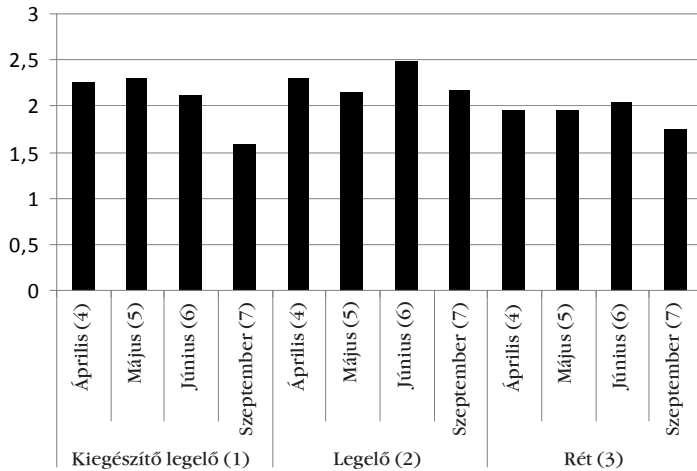


Figure 2. Monthly diversity values of examined areas. (1) Supplementary pasture, (2) Pasture, (3) Meadow, (4) April, (5) May, (6) June, (7) September.

A legabundánsabb – és egyben a biomaszra tömegét is meghatározó – faj a *Festuca arundinacea* volt, borítási értékei alapján a három vizsgált területen jelentős eltérést mutatott (3. ábra). Ha a borítást havi bontásban is megvizsgáljuk, még nagyobb különbség mutatkozik. Különösen a szeptemberi adatok kiugróak (4. ábra).

3. ábra. A diverzitás értékek változásának TukeyHSD vizsgálata és boxplots megjelenítése a különböző hasznosítású területeken

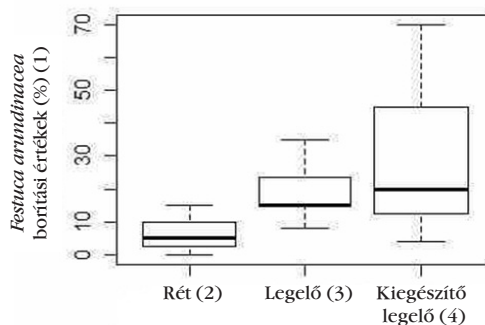


Figure 3. Average cover of *Festuca arundinacea* during the vegetation period in different land use type. (1) *Festuca arundinacea* coverage values (%), (2) Meadow, (3) Pasture, (4) Supplementary pasture.

4. ábra. *Festuca arundinacea* százalékos borítottsági értékeinek boxplots ábrázolása a területhasználat és a mintafelvételezési időpont változásában

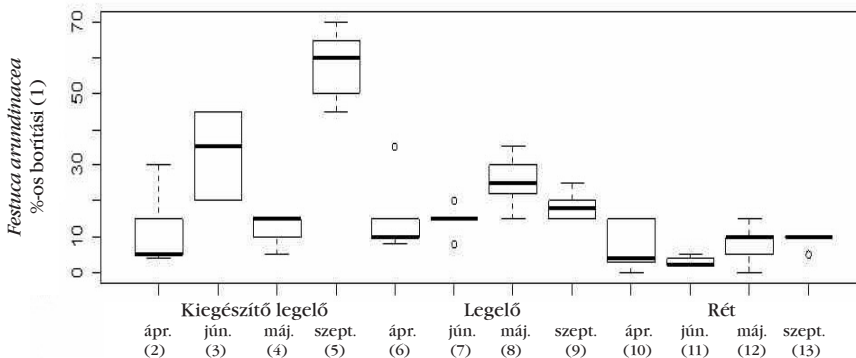


Figure 4. Representation of *Festuca arundinacea* vegetation values in case of sample recording changes and area utilization. (1) *Festuca arundinacea* coverage (%), (2) Supplementary pasture - April, (3) Supplementary pasture - June, (4) Supplementary pasture - May, (5) Supplementary pasture - September, (6) Pasture - April, (7) Pasture - June, (8) Pasture - May, (9) Pasture - September, (10) Meadow - April, (11) Meadow - June, (12) Meadow - May, (13) Meadow - September.

Havi bontásban megvizsgálva a *Festuca arundinacea* %-os borítását, azt tapasztaljuk, hogy április hónapban mindhárom területen közel azonos mennyiségben van jelen a faj. Májusra a legelő és a rét szignifikáns különbséget mutat ( $p=0,0359$ ). Júniusra ez a különbség csökken, akkor a legelő és kiegészítő legelő távolodnak el egymástól, vagyis a hasonlóságuk csökken ( $p=0,02062$ ). Ugyanígy szignifikáns különbség mutatkozik a kiegészítő legelő és a rét között ( $p=0,000095$ ). Ez a különbség megmarad szeptemberben is, úgy is fogalmazhatunk, hogy a kiegészítő legelő jelentősen különbözik a másik két területtől, és ez időben állandósul.

A *Festuca arundinacea* a legnagyobb %-os borítási értéket a kiegészítő legelőn mutatta, átlagosan 28,7% volt a négy vizsgált hónap átlaga. A legelőn 18,55%, míg a legalacsonyabb borítási értéket 6,85% a réten regisztráltuk. Egyutas ANOVA-val összehasonlítva a három típusban tapasztalt borítási értékeket, szintén szignifikáns különbséget tapasztalunk: Df (2), F value 12,936; P 2,332e-05. Ha a borítást havi bontásban is megvizsgáljuk, még nagyobb különbség mutatkozik. Különösen a szeptemberi adatok kiugróak.

#### *Táplálóanyag tartalom értékek*

Az összes szárazanyag-tartalom tekintetében a legeltetési idény során végig a legelő mutatta a legkisebb értékeket (903,9–913,6 g/kg takarmány). A legnagyobb értéket tavasszal a rét (920 g/kg takarmány), nyár végén a kiegészítő legelő (909,6 g/kg takarmány) adta (3. táblázat).

A nyersfehérje-tartalom vonatkozásában áprilisban a rét mintái rendelkeztek a legmagasabb értékekkel (22,2%), ezt követően azonban – hasonlóan a kiegészítő legelőhöz – alacsonyabb értékek adódtak. A vizsgálati időszak többi hónapjában a legnagyobb nyersfehérje értékeket a legelőn mértük (16,5–22,2%). Ennek oka lehet a folyamatos hasznosítás, mely a fehérjetartalom arányát növeli a szárazanyagban (Dér 1993, Tasi és Barcsák 2001).

A hasznosítási módok közti különbség a nyersrost-tartalom esetében a legszembetűnőbb. A réten vett minták nyersrost-tartalma áprilisban 5%-kal volt kisebb, mint a legelőről és kiegészítő legelőről származó mintáké. Ehhez az is hozzájárul, hogy a rét mélyebb fekvésű, nedvesebb és fajösszetételét tekintve is jelentősebben eltér a másik két mintaterülettől. A legeltetett részek vezető növénye a *Festuca arundinacea*, míg a réten az *Agrostis stolonifera* az uralkodó faj. Előbbi gyorsan rostosodik (Nagy 2007a), míg utóbbi tavasszal később indul sarjadásnak és rostosodása is lassabban következik be (Tasi 2007b).



3. táblázat. Nyersrost és nyersfehérje tartalom a vizsgált időszakban  
a különböző területeken

	Legelő (1)			
	IV.	V.	VI.	IX.
Eredeti sz.a. (g/kg tak.) (4)	907,2	912,2	913,6	903,9
Nyersfehérje (g/kg sz.a.) (5)	192,2	165,4	181,7	221,6
Nyersrost (g/kg sz.a.) (6)	254,9	279,1	238,0	221,9
	Kiegészítő legelő (2)			
	IV.	V.	VI.	IX.
Eredeti sz.a. (g/kg tak.) (4)	914,0	917,8	917,0	909,6
Nyersfehérje (g/kg sz.a.) (5)	189,7	103,5	80,8	173,4
Nyersrost (g/kg sz.a.) (6)	268,0	300,5	316,0	274,8
	Rét (3)			
	IV.	V.	VI.	IX.
Eredeti sz.a. (g/kg tak.) (4)	914,0	920,0	916,8	905,6
Nyersfehérje (g/kg sz.a.) (5)	222,3	109,6	130,6	160,1
Nyersrost (g/kg sz.a.) (6)	216,7	312,8	277,5	258,0

Table 3. Crude fiber and crude protein trend lines presented in time and different maintenances. (1) Pasture, (2) Supplementary pasture, (3) Meadow, (4) Original dry matter (g kg<sup>-1</sup> forage), (5) Crude protein (g kg<sup>-1</sup> dry matter), (6) Crude fiber (g kg<sup>-1</sup> dry matter).

A nyersrost-tartalomban a legmagasabb értéket a kiegészítő legelő érte el június hónapban. A kiemelkedő eredmény oka az első hasznosítás későre halasztása. Ennek következtében a füvek magházat hoztak (a *Festuca arundinacea*-ra ez fokozottan igaz), melyhez nagy mennyiségű rostot kell beépíteniük szervezetükbe. Az ilyen nagy rosttartalmú növények táplálóértéke már nem kielégítő, emellett az állatok sem legelik szívesen. A legeltetési idény során a legkedvezőbb rosttartalmat végig a legelőn mutattuk ki.

A nyersfehérje és nyersrost arány alapján a legelő értékei a fehérje rost arányt tekintve közelítenek leginkább az 1:2 arányhoz (Dér 1993). Minden esetben júniusban volt a legalacsonyabb a fehérje és a rost aránya is, mindhárom típusnál. A réten az 1:2-höz közeli arány május és június hónapban volt, a többi

időszakban különben a rost frakció mennyisége nagyon megnőtt, ami már nem kedvező a legelő állatoknak (Dér 1993, Tasi és Barcsák 2001). A kiegészítő legelő értékei takarmányozási szempontból a magas rostfrakció miatt legyengébbek, csak áprilisban mutatkozik kedvező arány (5. ábra).

5. ábra. A nyers fehérje és a nyers rost arány időszakos változása a vizsgált területeken

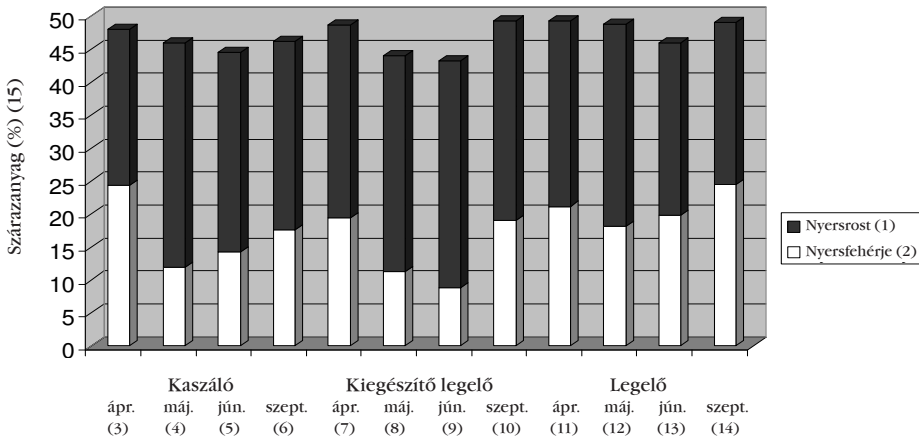


Figure 5. Crude fiber and crude protein trend lines presented in time and different maintenances. (1) Crude fiber, (2) Crude protein, (3) Grassland - April, (4) Grassland - May, (5) Grassland - June, (6) Grassland - September, (7) Supplementary pasture - April, (8) Supplementary pasture - May, (9) Supplementary pasture - June, (10) Supplementary pasture - September, (11) Pasture - April, (12) Pasture - May, (13) Pasture - June, (14) Pasture - September, (15) Dry matter (%).

## Értékelés

A három vizsgált térszín közül a legelőn felvett mintanegyzetekben volt a legnagyobb a fajsza. Az előzetes hipotézis igazolódott, mert ezen belül, az irodalmi adatokkal is megegyezően (Dwayne és Mertens 1995, Orr 1980, Pettit et al. 1995, Renzhong és Ripley 1997, Tóth et al. 2003) a gyomfajok mennyisége valóban nőtt, viszont a vegetációban leromlás, diverzitás csökkenés nem mutatkozott. A gyomok megjelenéséhez az állatok által történő erőteljesebb taposás és ennek következtében a talajban történő változások is okot adhatnak (Farkas et al. 2006, Földes és Gyuricza 2011, Józsefaciuk et al. 2001). A mintaterület négy időszaki bontásában is itt adódtak a legnagyobb diverzitási

értékek, tehát a vártnál úgy tart el a gyp nagyobb állatlétszámot ha-onként, hogy fajgazdagsága, diverzitása megmarad.

Vizsgálatunk során a legkisebb fajszám a kiegészítő legelőn adódott (20–30 faj), ami szemben áll azon szerzők eredményeivel, akik szerint az alullegetetés eredményezi a legfajgazdagabb vegetáció egységeket (Sala 1988, Sala et al. 1996). A jelen vizsgálatban, az évi 1 hónapig tartó legeltetés csekélyebb hatásúnak bizonyult ahhoz, hogy a fajdiverzitás nagy legyen. Emellett a terület takarmányhozama magas maradt. A jelen eredmények azt mutatják, hogy a kiegészítő legelő a fajcsökkenéssel és jellegtelenné válással jellemezhető, és a felhagyott területeken végbement változásokkal mutat hasonlóságot (Luoto et al. 2003, Mitchley és Xofis 2005, Peco et al. 2006, Sala 1988, Sala et al. 1996). Eredményeink alapján a kiegészítő legelő mindössze 1 hónapig – a vegetációs időszak közepén – történő legeltetése a vegetáció diverzitása szempontjából inkább a felhagyást jelzi mintsem a kímélő használatot. Ennek oka a *Festuca arundinacea* monodominanciája. Nagy mérete és sűrű állománya kellő mértékű zavarás hiányában visszaszorítja a többi fajt, köztük a takarmányozási szempontból értékes pillangósokat, illetve a sokszor természetvédelmi szempontból értékes kistermetű kétszikűeket. Az alullegetetett területen a további fajszám csökkenés megelőzése – és ezzel a változatosabb takarmány megjelenése – érdekében évi egyszeri tisztító kaszálást kellene bevezetni és az állatokat legalább 2-szer hosszabb ideig kellene a kiegészítő legelőn tartani ahhoz, hogy csökkenjen a *Festuca arundinacea* monodominanciája. Májusi kaszálás beiktatásával elő lehetne segíteni, hogy a fűvek ne szökkenjenek magaszárba, és az értékes takarmányt adó levélzet aránya a keletkezett biomasszában nagyobb legyen (Nagy 1993, 2007a, b).

A rét viszonylag fajgazdag. Irodalmi adatok alapján a legfajgazdagabb közösséget itt vártuk, köztük védett, ritka fajok jelenlétével (Ilmarinen és Mikola 2009, Stampfli és Zetter 1999, Török et al. 2008, 2009, 2010, Willems 1983). A rétet csak egy alkalommal kaszálják egy évben, ősszel pedig rövid ideig legeltetik. Ezzel nem teremtenek olyan körülményeket (a gyp zártságának és átlagmagasságának csökkentése) mint amit az évi kétszeri kaszálás ad, mint ahogyan ezt több szerző is megerősíti (Bakker és de Vries 1992, Beltman et al. 2003, Bonanomi et al. 2006). A rét biomassza mennyiségében augusztusban kiugró érték adódott, ami a *Carex hirta* robbanásszerű növekedésének köszönhető. Háttérben a késői kaszálás állhat, mivel a tarackban tárolt tápanyagot a hirtelen kapott napfény következtében gyorsan fel tudja használni.

További előnyhöz juttatta a fajt az ebben az időben történő legeltetés, mivel szőrös volta miatt az állatok nem kedvelik. A következő növedékekben újra a pázsitfűvek dominanciája volt jellemző.

### Köszönetnyilvánítás

A terepi munkánkban nyújtott segítségéért köszönet illeti a Balatoni Nemzeti Park Igazgatóság munkatársait. A kutatást a Pro Renovanda Hungariae Alapítvány „Diákok a tudományért” pályázata is támogatta.

### IRODALOM

- Bakker, J. P.-de Vries, Y.*: 1992. Germination and early establishment of lower salt-marsh species in grazed and mown salt marsh. *Journal of Vegetation Science*. 3: 247–252.
- Barcsák Z.*: 2004. Biogép-gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Beltman, B.-Van Den Broek, T.-Martin, W.-Ten Cate, M.-Güsewell, S.*: 2003. Impact of mowing regime on species richness and biomass of a limestone hay meadow in Ireland. *Bulletin of the Geobotanical Institute ETH*. 69: 17–30.
- Bonanomi, G.-Caporaso, S.-Allegrezza, M.*: 2006. Short-term effects of nitrogen enrichment, litter removal and cutting on a Mediterranean grassland. *Acta Oecologica*. 30: 419–425.
- Braun-Blanquet, J.*: 1964. Pflanzensoziologie 3. Aufl. Wien. Springer-Verlag.
- Catorci, A.-Cesaretti, S.-Gatti, R.*: 2009. Biodiversity conservation: geosynphytosociology as a tool of analysis and modelling of grassland systems. *Hacquetia*. 8. 2: 129–146.
- Catorci, A.-Ottaviani, G.-Cesaretti, S.*: 2011. Functional and coenological changes under different long-term management conditions in Apennine meadows (central Italy). *Phytocoenologia*. 41. 1: 45–58.
- Čop, J.-Vidrih, M.-Hacin, J.*: 2009. Influence of cutting regime and fertilizer application on the botanical composition, yield and nutritive value of herbage of wet grasslands in Central Europe. *Grass and Forage Science*. 64: 454–465.
- Dér F.*: 1993. A gyp táplálóértéke és izletessége. Legeltetéses Állattartás DGYN 11. Debrecen. 135–145.
- Dwayne, R. B.-Mertens, D. R.*: 1995. Quality related characteristics of forages. [In: Barnes R. F. et al. (eds.) *Forages, The Science of Grassland Agriculture*.] Iowa State University Press. Ames. Iowa. USA. 83–96.
- Farkas, Cs.-Gyuricza, Cs.-Birkás, M.*: 2006. Seasonal changes of hydraulic properties of a Chromic Luvisol under different soil management. *Biologia*. 61. 19: 344–348.

- Földesi, P.–Gyuricza, Cs.:* 2011. A survey on the soil penetration resistance and soil moisture content in field experiment. *Acta Agronomica Hungarica*. 59. 4: 349–359.
- García, S. C.–Fulkerson, W. J.–Brookes, S. U.:* 2008. Dry matter production, nutritive value and efficiency of nutrient utilization of a complementary forage rotation compared to a grass pasture system. *Grass and Forage Science*. 63: 284–300.
- Gill, M.–Beever, D. E.–Osbourne, D. F.:* 1989. The feeding value of grass and grass products. [In: Holmes, W. (ed.) *Grass, its production and utilization.*] Blackwell Scientific Publications. Oxford. London. 89–129.
- Haraszthy L.–Ángyán J.–Podmaniczky L.–Vajnáné M. A.:* 2004. Nemzeti Vidékfejlesztési Terv Érzékeny Természeti Területek Programja 2004. Tájékoztató gazdálkodóknak.
- Ilmarinen, K.–Mikola, J.:* 2009. Soil feedback does not explain mowing effects on vegetation structure in a semi-natural grassland. *Acta Oecologica*. 35: 838–848.
- Józsefciuk, G.–Murányi, A.–Szatánik-Kloc, A.–Farkas, Cs.–Gyuricza, Cs.:* 2001. Changes of surface, fine pore and variable charge properties of a brown forest soil under various tillage practices. *Soil and Tillage Research*. 1573: 1–9.
- Kárpáti B.–Sarudi Cs.–Csorbai A.–Marton I.:* 2004. A magyar szürke szarvasmarha tartásának ökonómiai és környezet-gazdálkodási elemzése. *Acta Agraria Kaposváriensis*. 8: 33–49.
- Kesting, S.–Wrage, N.–Isselstein, J.:* 2009. Herbage mass and nutritive value of herbage of extensively managed temperate grasslands along a gradient of shrub encroachment. *Grass and Forage Science*. 64: 246–254.
- Kota M.–Zsuposné Oláh A.–Vinczeffly I.:* 1993. A gyepek néhány gyógynövényének takarmányértéke és mikrobiológiai jelentősége. Legeltetéses állattartás. Tudományos Közlemények. Debrecen. 159–169.
- Lanta, V.–Doležal, J.–Lantová, P.–Kelišek, J.–Mudrák, O.:* 2009. Effects of pasture management and fertilizer regimes on botanical changes in species-rich mountain calcareous grassland in Central Europe. *Grass and Forage Science*. 64: 443–453.
- Luoto, M.–Pykälä, J.–Kuussaari, M.:* 2003. Decline of landscape-scale habitat and species diversity after the end of cattle grazing. *Journal of Natural Conservation*. 11: 171–178.
- Mitchley, J.–Xofis, P.:* 2005. Landscape structure and management regime as indicators of calcareous grassland habitat condition and species diversity. *Journal of Natural Conservation*. 13: 171–183.
- Nagy G.:* 1993. Gyepesítési módok alapjai. Legelő és gyepegzálkodás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Nagy, G.:* 2007a. Spring phenological development and nutritive value of brome grass. *Grassland Science in Europe* No 12. proc. Of 14<sup>th</sup> EGF Symposium. 3–5 September 2007. Gent. Belgium.
- Nagy G.:* 2007b. A nádképző csenkesz tavaszi fenológiai fejlődése és beltartalma. A magyar gyepegzálkodás 50 éve – tanulságai a mai gyakorlat számára. Gyepegzálkodási anket. SZIE. Gödöllő. 93–99.

- Orr, D. M.: 1980. Effects of sheep grazing *Astrelba* grassland in central western Queensland, Australia. 1. Effect of grazing pressure and livestock distribution. Australian Journal of Agricultural Research. 31. 4: 797–806.
- Peco, B.–Sanchez, A. M.–Azcarate, F. M.: 2006. Abandonment in grazing systems: Consequences for vegetation and soil. Agriculture, Ecosystems and Environment. 113: 284–294.
- Penksza K.–Tasi J.–Szentes Sz.: 2007. Eltérő hasznosítású Dunántúli középhegységi gyepek takarmányértékeinek változása. Gyepgazdálkodási Közlemények. 5: 1–8.
- Pettit, N. E.–Forend, R. H.–Ladd, P. G.: 1995. Grazing in remnant woodland vegetation: Changes in species composition and life form group. Journal of Vegetation Science. 6: 121–130.
- Pielou, E. C.: 1975. Ecological diversity. Wiley. New York.
- Renzhong, W.–Ripley, E. A.: 1997. Effect of grazing on a *Leymus chinensis* grassland on the Sonnen plain of north-eastern China. Journal of Arid Environments. 36. 2: 307–318.
- Sala, O. E.: 1988. The effect of herbivory on vegetation structure. [In: Werger, M. J. A. et al. (eds.) Plant form and vegetation structure.] SPB. The Hague. 317–330.
- Sala, O. E.–Lauenroth, W. K.–McNaughton, S. J.–Rusch, G.–Xinshi Zhang, A.: 1996. Biodiversity and ecosystem functioning in grasslands. [In: Mooney, H. A. (ed.) Functional roles of biodiversity: A global perspective.] Wiley. Chichester. 129–149.
- Stampfli, A.–Zeiter, M.: 1999. Plant species decline due to abandonment of meadows cannot easily be reversed by mowing. A case study from the southern Alps. Journal of Vegetation Science. 10: 151–164.
- Szabó F.: 2001. Lápterületi gyepek hasznosítása húsmarhatartással. Gyepgazdálkodásunk helyzete és kilátásai. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok kiadványa. Debrecen. 201–207.
- Szabó F.–Tózsér J.: 2002. Legelőre alapozott húsmarhatartás. Legelőgazdálkodásunk helyzete és lehetőségei. MTA Gyepgazdálkodási Bizottsága, MAE Állattenyésztők Társasága, MAE Gyepgazdálkodási Társasága tudományos tanácskozása. 2002. november 25. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest.
- Szemán, L.: 1994/95. Grassland yield and seedbed preparation. Bulletin of the University of Agricultural Sciences. Gödöllő. 45–51.
- Szentes Sz.–Penksza K.–Tasi J.: 2007. Gyepgazdálkodási vizsgálatok a Dunántúli középhegység néhány természetes gypében. AWETH. 3: 127–149.
- Tasi J.: 2007a. A legelőtakarmány minőségének hatása a szarvasmarhák legelési válogatására. A magyar gyepgazdálkodás 50 éve – tanulságai a mai gyakorlat számára. Gyepgazdálkodási anket. SZIE. Gödöllő. 207–214.
- Tasi, J.: 2007b. Diverse impacts of nature conservation grassland management. Cereal Res. Commun. 35: 1205–1209.
- Tasi J.–Barcsák Z.: 2001. Néhány gyeplépcső fejlődési fázisa és takarmányminőségének változása közötti összefüggések vizsgálata. Növénytermelés. 50. 1: 31–42.

- Tasi J.-Barcsák Z.-Kispál T.-Szemán L.:* 2004. Legelő állatok takarmányválogatási viselkedése. Állattenyésztés és takarmányozás. 53. 4: 373–383.
- Tasi, J.-Szemán, L.:* 2006. Landbewirtschaftung in Ungarn. Multifunktionale Landnutzung und Perspektiven für extensive Weidesysteme. Fachverlag Köhler. Giessen. Germany. 45–57.
- Török, P.-Arany, I.-Prommer, M.-Valkó, O.-Balogh, A.-Vida, E.-Tóthmérész, B.-Matus, G.:* 2009. Vegetation and seed bank of strictly protected hay-making Molinion meadows in Zemplén Mountains (Hungary) after restored management. *Thaiszia*. 19. 1: 67–78.
- Török, P.-Deák, B.-Vida, E.-Valkó, O.-Lengyel, Sz.-Tóthmérész, B.:* 2010. Restoring grassland biodiversity: sowing low-diversity seed mixtures can lead to rapid favourable changes. *Biological Conservation*. 143: 806–812.
- Török, P.-Matus, G.-Papp, M.-Tóthmérész, B.:* 2008. Secondary succession of overgrazed Pannonian sandy grasslands. *Preslia*. 80: 73–85.
- Tóth Cs.-Nagy G.-Nyakas A.:* 2003. Legeltetett gyepek értékelése a Hortobágyon. *Agrártudományi Közlemények* 10. különszám. DE ATC. Debrecen. 50–55.
- Vinczeffy I.:* 1993. Legelő és gyeptudományok. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 221.
- Voightländer, G.-Jacob, H.:* 1987. Grünlandwirtschaft und Futterbau. Ulmerverlag. Stuttgart. 389.
- Willems, J. H.:* 1983. Species composition and above ground phytomass in chalk grassland with different management. *Vegetatio*. 52: 171–180.
- Zar, J. H.:* 1999. Biostatistical Analysis. Fourth Edition. Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey. USA.

Szerzők címe – Address of the authors:

Dr. Penksza Károly – Házi Judit – Tóth Andrea – Dr. Wichmann Barnabás – Szentes Szilárd  
Szent István Egyetem  
Környezetgazdálkodási Intézet  
Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék  
Gödöllő  
Páter K. u. 1.  
H-2103

Dr. Gyuricza Csaba  
Szent István Egyetem  
Növénytermesztési Intézet  
Földműveléstani Osztály  
Gödöllő  
Páter K. u. 1.  
H-2103

Dr. Pajor Ferenc – Dr. Póti Péter  
Szent István Egyetem  
Állattenyésztés-tudományi Intézet  
Gödöllő  
Páter K. u. 1.  
H-2103



## KÖNYVISMERTETÉS

### Book reviews

Kádár Imre „A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása”  
(Akaprint, Budapest, 2012)

A nehézfémek, mikroelem szennyezők gyakran az élelmiszereinkkel jutnak az emberi szervezetbe. A nem kívánt terheléshez a talajon termett növényi eredetű táplálék alapvetően járulhat hozzá. A szerző 13 mikroelemmel állított be talajterhelési kísérletet 1991 tavaszán meszes csernozjom talajon Mezőföldön, valamint 1995 tavaszán 6 elemformával Duna-Tisza közti meszes homoktalajon. A 1,5–2 évtizeddel ezelőtt kezdeményezett tartamkísérletek olyan szennyezettségi szinteket reprezentálnak, melyek ipari létesítmények, autópályák, települések környezetében előfordulnak vagy előfordulhatnak a jövőben. Szennyező forrásul ásványi sókat alkalmazott lehetőleg oldható formában, hogy a potenciális toxicitás jól vizsgálható legyen. Döntő ugyanis az ionformák talajbani átalakulásának megismerése, mely a növénybe kerülésüket, talajvízbe jutásukat szabályozza.

Sajnos hasonló tartamjellegű kísérletek a nemzetközi irodalomban is szinte hiányoznak. E kísérletek többirányú célt követtek. Széles tudományközi együttműködést létrehozva az alábbi kérdésekre keresték a választ:

- elemek viselkedése a talajban: megkötődés, kimosódás, talajbani átalakulás;
- elemek hatása a talajra, talajéletre: talajbiológiai aktivitás és toxicitás;
- elemek természetett növényekre gyakorolt hatása: termés, minőség, betegség-ellenállóság, gyomosodás alakulása; toxicitási határok megállapítása növényfajokra;
- kísérletekben termett szennyezett növényi anyaggal állatetetés vizsgálatok végzése, talaj-növény-állat elemforgalmának nyomon követése.

A vizsgálatokba vont elemek az alábbiak voltak: alumínium, arzén, bárium, kadmium, króm, réz, higany, molibdén, nikkel, ólom, szelén, stroncium és cink.

Vizsgált növényfajok: kukorica, sárgarépa, burgonya, zöldborsó, cékla, spenót, búza, napraforgó, mustár, sóska, őszi árpa, repce, mák, tritikále, lucerna és gyep. A betakarított növényi szövetekben 20–25 ásványi elemet határoztak meg évente több száz mintában. Emellett egyes növények olyan minőségi jellemzőit is megállapították, mint a magtermés tárolhatósága és csíráképesége, olaj- és morfintartalma, a zöld termés klorofill- és karotin-tartalma, vagy pl. a borsó gyökerén képződött gümők száma az adott mikroelem terhelés függvényében.

A talajok, növényi és állati szövetek elemzése az MTA ATK Talajtani és Agrokémiailag Intézet ICP laboratóriumában történt egységes metodikával Koncz József irányításával. Külön kis fejezet mutatja be a szelén és molibdén mozgását a talaj-növény-állat rendszerben. A talaj és növényelemzéseket, az egyes kísérleti növényeket, éveket és tematikus fejezeteket tömör összegzés, a tanulságok levonása követi magyar és angol nyelven, hogy az idegen nyelvű olvasó számára is hozzáférhetővé váljanak a kísérletek és vizsgálatok főbb eredményei. A szerző javaslatait a tápláléklánc káros elemterhelésének csökkentésére az alábbiakban fogalmazza meg.

1. Talaj. A talajban felhalmozódó elemek többségének mobilitását a pH jelentős mértékben szabályozza. Ahhoz, hogy a szennyezők a talajban megkötődjenek és a nemkívánatos növényi felvételt elkerüljük, hatékony eszköz lehet a savanyú talajok meszezése vagy pl. barnaszén alkalmazása. Nem mérsékelhető azonban ilyen módon néhány aniont képező elem kikerülése a talajból, mint pl. a Mo, Se, Cr és részben az As. A talaj gazdagítása szerves anyagokkal elsősorban az organofil elemek (Mo, Se, Cu, Hg) visszatartását javíthatja. A meszezés és a megfelelő szervesanyag-gazdálkodás környezetvédelmi szempontból is indokoltá válhat egyes termőhelyeken.
2. Növény. Az elemek akkumulációja fajonként és fajtánként genetikailag eltér. Ez a jelenség lehetővé teszi, hogy a közvetlen emberi fogyasztásra kerülő zöldségek és más növények esetén alacsony szennyezettségű típusokat szelektáljunk és vonjunk termesztésbe. A gyökér/ fiatal hajtás/ levél/ szár/ szem csökkenő elemtartalma a növényben szűrő rendszert képez. (Kivétel: esszenciális mikroelemek egy része, mint a Mo, Se.) A szalmában, illetve a melléktermékben felvett szennyezők nem jutnak ki a talaj-növény rendszerből, amennyiben visszazántjuk a talajba. Ilyen módon a káros elemek forgalma egy nagyságrenddel csökkenthető, illetve a tápláléklánc terhelése mérsékelhető.

3. Állat. A fajonként eltérő elemfelvétel jelensége itt is fennáll és a távolabbi jövőben védelmi szűrőként funkcionálhat. Belső genetikai szűrőt jelent, hogy a szennyezők elsősorban a vesében, kisebb részben a májban és tüdőben halmozódnak fel. A fogyasztásra kerülő hús, tojás viszonylag védett és nagyságrenddel kevesebb szennyező elemet tartalmaz. A vesét (esetleg a májat és tüdőt) célszerű lesz hulladékként kezelni szennyezett vidékeken. A tejbe a káros elemek könnyebben bejutnak, a tej állandó ellenőrzést igényel a fogyasztó védelmében. Közlekedési utak mentén, szennyezett ipari körzetekben tejelő tehenek legeltetését kerülni kell.
4. Ember. Mivel a korrall nő egyes szennyező elemek (főként a Cd) beépülése az állati szervekbe, előnyben kell részesíteni a fiatal állatok fogyasztását. A dohányzással jelentős mennyiségű Cd, Pb és más nehézfém kerül a tüdőbe, így nőhet a káros terhelés. Közlekedési utak mellett, városi és szennyezett ipari vidékeken kerülni kell olyan házi kertek létesítését, ahol közvetlen fogyasztásra gyümölcsöt és zöldséget termelnek. A toxikus elemek talajbani mobilitását, valamint a növényi, állati és emberi szervezetbe való bejutását (felvételét, felszívódását) gátolják olyan „védő” elemek, mint a Ca, Mg, P, K. Az egész táplálékláncban biztosítani kell a kiegyensúlyozott Ca, Mg, P ellátottságot, mely kémiai mechanizmus útján megvéd az extrém dúsulásoktól. Hasonló szerephez juthat az egyes elemek közötti antagonizmus (Pl. P-Zn, Zn-Cd, Ca-Cd stb.), mely terápiás célokra is alkalmazható.

A kiadvány alapjául szolgáló saját közlemények száma 127, melyet a kutatói kollektíva publikált az elmúlt 20 évben. Publikációikban nagy ívű irodalmi forrásanyagra támaszkodtak 139 hazai és külföldi közleményre hivatkozva. A munka külön érdemének tekinthető a szakirodalmi szintézis. A könyv belső borítóján a 68 társszerző neve is szerepel. Példátlan tudományközi, hazai és nemzetközi együttműködés valósult meg, melyben a hazai kutató és oktató intézmények munkatársain túl pl. az USA, India, Horvátország, Szerbia ismert tudósai is szerepet vállaltak.

A könyv az Akaprint Nyomda gondozásában jelent meg 359 oldalon, fóliázott kötésben. Az évente mért soktízezres adattömeg rendezve, jól szerkesztett 230 táblázatban jelenik meg. A kutatások költsége 100 millió forintos nagyságrendű összegre becsülhető, melyet a 2 évtizedben részben az Intézet saját költségvetésében biztosított, részben pályázatok által nyert el a szerző. Valójában az elvégzett kutatások értéke pénzben ki nem fejezhető. A vizsgálatok megis-

mételhetetlenek. A kapott eredmények, adatok nem avulnak el. Beépülnek és beépültek a hazai környezetvédelmi tudatba és szabályozásba. A teljesítmény egyedülálló és óriási. Méltán szolgálhat példaképpül a kortársak és a fiatal generáció számára egyaránt. A könyv ajánlható a kutatás, oktatás, szaktanácsadás, környezetvédelmi szabályozásban érdekelt hivatalok és intézmények számára. A könyv az Intézet korábbi kiadványaival együtt letölthető az intézet honlapjáról: [www.mta-taki.hu](http://www.mta-taki.hu).

Németh Tamás

## KÖSZÖNTÉS

### Anniversary

#### PROF. DR. BALLA LÁSZLÓ KÖSZÖNTÉSE

Balla László az MTA Növénytermesztési Kutatóintézetének nyugalmazott igazgatója, a DE AGTC Karcagi Kutatóintézet tudományos tanácsadója 2013-ban tölti be életének 80. 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 az Agrártudományi Egyetem Agronómiai Karán Gödöllőn végezte 1952–1957 között. Növénynemesítő szakmérnöki oklevelet szintén Gödöllőn szerzett 1960-ban.

Az egyetem elvégzése után közvetlenül az MTA Martonvásári Mezőgazdasági Kutatóintézetében kezdett dolgozni, ahol közel 40 év alatt végigjárta a tudományos ranglétra minden fokát, a segédmunkatárstól a tudományos tanácsadóig, a beosztott kutatótól, az osztályvezetőn, fősztályvezetőn, igazgatóhelyetesen keresztül az igazgatóig.

Egyetemi doktori értekezését „*A kukorica szaporodásbiológiájának egyes kérdései*” címmel GATE-n írta 1962-ben.

Kandidátusi értekezése, amelyet „*A búza termőképességre való nemesítésének egyes kérdései*” címmel írt 1970-ben, már egyértelműen jelezte búzanemesítés iránti elkötelezettségét.

Balla László pályája a hazai búzatermesztés nagy ívű fejlődésével kötődik össze. 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 búza fajták előállításához és az or-

szágos átlagtermések növekedéséhez. A biológiai alapok megteremtésével és az agrotechnika fejlődésével a magyarországi búzatermesztés elérte az európai színvonalat, és ezzel megszűntek a kenyérgondok.

Tudományos tevékenységét a búzanemesítés elméleti és módszertani alapjának fejlesztése érdekében végezte. A kezdetektől eltelt évtizedekben 55 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 7, az 1980-as években 12, az 1990-es években 13 állami elismerésben részesült búzafajta állított elő.

Búzanemesítő tevékenysége mellett jó érzékkel találta meg és honosított 4 külföldi tritikale és 5 tavaszi árpa fajtát.

Munkatársaival 27 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.

Tevékenységének eredményét mutatja, hogy a mezőgazdasági tudomány doktora fokozatot: „*Új intenzív búzafajták és nemesítési stratégia*” címet viselő alkotás alapján kapta meg 1981-ben.

Pályafutása során szoros kapcsolatban dolgozott a szomszédos országok nemesítő intézeteivel, különösen az Odesszai Mezőgazdasági, a Mironovkai Növény- és Vetőmag-termesztési, a Kievi Nemesítő és Fiziológiai Kutató Intézettel, de jó volt a kapcsolata a Nagybaktai (Velika Bakta) Kutató Állomással, és az Ukrán Állami Fajtakísérleti Intézettel is. Jelenleg is szoros kapcsolatban dolgozik a román búza és tritikale biológiai alapjainak fejlesztésén dolgozó kutatókkal.

Nemesítő és iskolateremtő tevékenységével hozzájárult a búza termésátlag megnövekedéséhez, az általa előállított nagy szárszilárdságú búzák jó tápanyagellátás mellett sem dőlnek meg, így a termésvesztés mérsékelve megkönnyítették a kombájnnal való aratást. Az agrotechnika és a biológiai alapok fejlesztése következtében hazánk búzaimportáló országból búzaexportálóvá vált.

Eredményeit több mint 200 publikációban foglalta össze magyarul, oroszul és angolul. Az utóbbi években megjelent összegező könyvekben megírta a magyar búzatermesztés történetét (Falvak, földek, földművesek, 2004), a tritikale fejezetet (Növénytermesztés határok nélkül, 2003), a búza és a tritikale fejezetet (Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés, 2010).

Tudományos munkája mellett aktívan részt vett a tudományos közéletben. Húsz évig volt az országos búzatermesztési tanácskozások szervezőbizottságának az elnöke, a mindenkori földművelésügyi kormányzat szaktanácsadó testületeinek a tagja. 1989-ben megalakította a Magyar Növénynevelők Egyesületét, amelynek 18 évig volt az elnöke, jelenleg tiszteletbeli elnöke. 1990-ben létrehozta a Magyar Növénynevelők Alapítványát, amelynek ma is elnöke. 1993-ban egy munkatársával megszervezte a Vetőmag Terméktanácsot, amely ma is működik. Úttörő szerepe volt Magyarország UPOV csatlakozásában és a növényfajták szabadalmaztatásában.

Több cikluson keresztül tagja volt az MTA Növénynevelési Bizottságának, vezető funkciókat töltött be a Magyar Agrártudományi Egyesület Gabonatermesztési Szekciójában, amelynek 1995 óta tiszteletbeli elnöke. A Magyar Növénynevelők Egyesületének elnöke volt 1989–2007 között. Az EUCARPIA-nak 1981 óta tagja.

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 szerkesztő bizottságában 1987–2007 között vett részt.

Jelentős szerepet vállalt az oktatásban is. 1985-ben a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen címzetes egyetemi tanári kinevezést kapott. 1992-től 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 genetikus szakmérnök hallgatóinak rendszeresen, a DE AGTC szakirányú hallgatóinak több alkalommal tartott előadásokat.

Balla László egész eddigi tevékenységével a gabonanemesítést, a gabonatermesztést és a növénynevelés oktatását szolgálta. 1957-től 1996-ig az MTA Martonvásári Mezőgazdasági Kutatóintézetben, 1996–2002 között a Kompolti Fleischmann Rudolf Kutató Intézetben, 2002-től tudományos tanácsadóként a DE AGTC Karcagi Kutató Intézetének búzanemesítési munkáját segíti. Fáradhatatlanul dolgozik az újabb jó minőségű búzafajták előállításában, és 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 ukrainai fajtakísérletben. A karcagi bemutató területen „élő búza múzeumot” hozott létre, ahol egymás mellett bemutatathatók, értékelhetők a múlt méltán nagyhírű búzafajtái (Tisza-vidéki, Bánkúti, Fleischmann), az intenzív termesztésre való áttérés külföldi fajtái, valamint a jelenleg köztermesztésben lévő reprezentatív szegedi, martonvásári és karcagi fajták.

Az általa honosított tritikale fajták a termékenységi rangsor elején állnak. Búzavonalai, új fajtabejelentései „bánkúti minőségű”, de nagy szárszilárdságú intenzív búzafajták előállításának ígérését hordozzák.

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

A vidékfejlesztési miniszter 2012-ben Darányi Ignác Díjat adományozott dr. Balla Lászlónak, a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Karcagi Kutatóintézete tudományos tanácsadójának a köztermesztésbe bevezetett sikeres gabonafajták előállításáért, kutatói, oktatói munkássága elismeréseként.

Kívánom, hogy munkakedvét még sokáig megőrizve segítse a búzanemesítés ügyét, a fiatal nemesítők betanulását. Mindehhez jó egészséget, boldog családi háttérrel kívánok.

Dr. Blaskó Lajos



## KÖSZÖNTÉS

### Anniversary

#### NYIRI LÁSZLÓ PROFESSOR EMERITUS KÖSZÖNTÉSE

Prof. Dr. Nyiri László a mezőgazdaság tudomány doktora 2012. november 23-án volt 80 éves. Ebből az alkalomból a Növénytermelés szerkesztősége, munkatársai, tanítványai köszöntik a Karcagi Kutatóintézet volt igazgatóját, a Debreceni Egyetem professor emeritusát, a Földműveléstan oktatóját.

Életpályája, szemlélete a ma nevelkedő tudós generáció számára is követendő példaként szolgálhat, ugyanakkor történeti adalékot nyújt az utóbbi évtizedek mezőgazdasági kutatásának és oktatásának megismeréséhez is.

Nyiri László a középiskolát a Váci Mezőgazdasági Technikumban végezte. Egyetemi tanulmányait az Agrártudományi Egyetem Agronómiai Karán, Gödöllőn folytatta 1952–1957 között. Egyetemi hallgatóként a Páter Károly által vezetett Talajtani Tanszéken talajeróziós témával kapcsolódott be a tudományos diákköri munkába. Témaválasztására hatással volt rá akkor még fiatal oktató, Hargitai László, aki később humuszkutatásai révén vált nemzetközileg is ismertté. A Gödöllői és Velencei dombvidéken tett talajismereti kirándulások léghőmérséklet és tematikája témaorientációt jelentett az antropogén hatásokra bekövetkező talajállapot-változások jelentőségének és az ezzel kapcsolatos vizsgálatok fontosságának felismeréséhez.

Egyetemi tanulmányai befejezésével Mosonmagyaróváron az Észak-Dunántúli Mezőgazdasági Kísérleti Intézetben kezdte kutatói pályáját. Ez a kutatóintézet sok más mezőgazdasági kutatóhoz és oktatóhoz hasonlóan meghatározó jelentőségű volt Nyiri László egész pályáján, hiszen egymás mellett működő kísérleti állomások (növény, talaj, kémia, gépészet) Magyaróvárt a 20. század első felének legjelentősebb növénytermesztési kutatóhelyévé tették. Magyaróváron tudósképző iskola is volt. Itt ismerkedett meg a kísérletezés rejtelmiei-

vel, és innen indult pályájára századunk sok nagynevű növénytermesztő kutatója, nemesítője, agrokémikusa és kórtanosa.

A kutatás és oktatás összekapcsolására a mosonmagyaróvári intézetek át-szervezése nyújtotta az első szervezeti keretet. Nyiri László a Kutatóintézet Mezőgazdasági Akadémiával történt egyesítése után a Mosonmagyaróvári Agrártudományi Főiskola, (később Agrártudományi Egyetem Mosonmagyaróvári Mezőgazdaság-tudományi Kara) Növénytermesztéstani Tanszékén folytatta oktató és kutató munkáját. Kutatói érdeklődése az Alpok-alja (Ják) és a Cser-Kemeneshát (Kenyeri) sekély termőrétegű savanyú barna erdőtalajainak javítása irányába fordult. Módszereiben már akkor is a talaj-növény rendszer kémiai, fizikai és biológiai tulajdonságainak együttes vizsgálatára törekedett, egyenlő súllyal figyelembe véve a gyökérnövekedést, a kémiai (savanyúság, humusz minőség) és a fizikai (talaj porozitás, vízáteresztő képesség) és biológiai (CO<sub>2</sub> produkció) tulajdonságok változását, illetve ezek különböző eljárásokkal való változtathatóságát. Péter Károly professzor, aki továbbra is figyelemmel kísérte Nyiri László pályáját, ekkor is segítette a kezdő kutatót az országban akkor még fellelhető egyetlen Lundegard-féle talajlélegzést mérő készülék megszerzésében.

Balázs Ferenc tanácsai alapján kezdte alkalmazni a gyökérmosás, gyökértömeg mérés módszerét, amely látványosan jelzi a talajok termőrétegében művelés és javítás hatására bekövetkező változásokat.

Addigi kutatómunkájának összegezéseként 1962-ben egyetemi doktorátust szerzett, és 1971-ben megvédte a „*Talajjavítás, talajművelés komplex hatása barna erdőtalajokra*” című kandidátusi értekezését.

A Karcagi Kutató Intézettel való kapcsolata az 1970-es évek elejére, az ország mezőgazdasági kutató és oktató intézményei integráló „programozott kutatások” indulásának idejére esik. Ekkor kapcsolódott be a Karcagi Kutatóintézetben Sípos Sándor, majd Kurucz Gyula által koordinált „*Korszerű talajművelési rendszerek, módszerek, valamint talajjavítási eljárások komplex kutatása*” című célprogram munkájába. Ez a kapcsolat egyre szorosabbá vált és 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 pangó-vizes talajok és a tiszántúli réti és szikes 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 porozitás-viszonyoknak, a víz-áteresztő képességnek, a humusz minőség változásainak mindig kiemelt figyelmet szentelt. Karcagon is első teendői közé tartozott a talajfizikai laboratórium bővítése, alkalmassá tétele nagy térfogatú, eredeti szerkezetű talajoszlopok fizikai, vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálatára.

Kutató munkáját 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 modellel megalkotásához, amelynek kezeléseiben ötvözte a korábbi szikes talajjavítási módszereket és eredményeket (digózás, meszes és gipszes javítás, mélylazítás), új vonásként kombinálva azokat a talajnedvesség-szabályozási eljárásokkal (felszín és felszín alatti drénezés, drénárok szűrőzés). A karcagpusztai modellel hazánkban elsőként valósult meg egy síkvidéki komplex meliorációs modellel, ami mintaként szolgált a DATE koordinálásával készült meliorációs modellepekhez (Nádudvar, Hajdúszoboszló, Csökmő, Tiszabercel) és a '80-as években kibontakozó komplex meliorációs kutatómunkához.

Ugyancsak a vízgazdálkodás fontosságának felismerése inspirálta a karcagi liziméter telepek építését, amelyeknek kezdeményezője szintén Nyiri László volt. Karuczka Antallal közösen megvalósított kompenzációs és súlyliziméter bázisok ma is számszerű adatot szolgáltatnak a talajvízszint magasság és a talajfelszín tulajdonságainak víz- és só-forgalomra gyakorolt hatásairól, hozzájárulnak a talajtulajdonságok és az evapotranszpiráció közötti összefüggések tisztázásához.

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.

Nyiri László tervei alapján és személyesen irányított kivitelezéssel készült az 1980-as évek végén egy talajművelési kísérlet Karcagon, amely ma is tar-

tamkísérlet eredményeket szolgáltat a forgatásos és forgatás nélküli, mulcs-hagyó talajművelési eljárások hatásának vizsgálatához.

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 pályáztatóknak (OMFB, FVM) köszönhető.

Kutatómunkája tudományos értékét jelzi, hogy Nyiri László 1988-ban „*A talajjavítás fejlesztésének lehetőségei*” c. munkásság eredményét összefoglaló tézisekkel elnyerte a mezőgazdasági tudomány doktora tudományos fokozatot.

A kutatás tárgyiasult eszközei és eredményei fejlesztésében elért eredményekkel egyenrangú a kutatók, oktatók közötti együttműködési kapcsolatrendszer megújulása és bővülése, ami Nyiri László tudományszervező munkájának köszönhető. Nyiri László kapcsolatteremtő és szervező képességének eredményeként bővült a karcagi kutatások módszer és eszköztára Hargitai László humuszminőség-vizsgálataival, Várallyay György talajfizikai vizsgálati módszereivel és eszközeivel, Máté Ferenc savanyú talajjavítási 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.

Tudományszervező tevékenységének eredményeként az 1990-es évek elején Karcagra került az „*Alföld Program Mezőgazdaságfejlesztési Projekt*” 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 Kutató Központjával. 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 sava-

nyú talajok javítására, a Ca- és Mg-trágyázás, illetve melioratív utánpótlás lehetőségeinek kutatására a Loch Jakab vezette Mezőgazdasági Kémiai Tanszékkel, a Helmeczi Balázs vezette Talajtani és Mikrobiológiai Tanszékkel, valamint a Vetőmag Vállalat Nyíregyházi Kutató Intézetét irányító Klenczner Imrével és munkatársaival. Meliorációs modelleltelepek fejlesztésére Sziki Gusztávval, Hornyik Bélával, Thyll Szilárddal alakult ki szoros együttműködés, aminek eredményeként az egész Tiszántúltra kiterjedő kísérleti meliorációs modelleltelep hálózat jött létre.

A Debreceni Agrártudományi Egyetemen kialakult szoros együttműködésnek legfőbb oktatási eredménye volt, hogy Nyiri László közvetlenül bekapcsolódott a Ruzsányi László vezette Növénytermesztési Intézet, majd a földműveléstan tananyagfejlesztését, oktatását a Nagy János vezetésével megalakult Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet keretében folytatta. Mindig nagy figyelmet fordított arra, hogy a legújabb kutatási eredmények bekerüljenek az oktatott anyagba. Közel 20 éves vezetői tevékenységével megalapozta a kutatás mellett ízig-vérig elkötelezett kutatói-oktatói modellt.

1993-ban Nyiri László szerkesztésében jelent meg a „*Földműveléstan*” című tankönyv, amelyben gazdag kutatási és oktatói pályafutásának eredményeit szintetizálta. Ez a könyv ma is alapvető forrásműként szolgál a Földműveléstan oktatásában és kutatásában.

A klímaváltozáshoz alkalmazkodó talajművelési növénytermelési, kertészeti, erdészeti stratégiák kidolgozásához nyújt nélkülözhetetlen segítséget a Nyiri László szerkesztésével megjelent „*Aszálykárrok mérséklése*” című könyvsorozat.

Oktatói tevékenysége részeként nagy súlyt fektetett a jövődéli kutató generáció nevelésére. Az elmúlt években a Kutató Intézetben készült valamennyi talajművelési, talajvédelmi témájú egyetemi doktori, kandidátusi és PhD munka elkészítését segítette hasznos tanácsaival.

Kutatóintézeti és tanszéki munkája mellett jelentős szerepet vállalt az országos tudományos szervezésben is. Tagja volt az MTA Tudományos Minősítő Bizottságának, az MTA Növénytermesztési Bizottságának, valamint az MTA Talajtani, Agrokémiai és Mezőgazdasági Vizgaldálkodási Bizottságának 1996-ig. Alelnöke a DAB Mezőgazdasági Szakbizottságának, és elnöke az FM Talajtermékenységi és Földvédelmi K+F Kollégiumának.

Természettudományos összefüggéseket feltáró igényessége hosszú távra meghatározta a Karcagi Kutató Intézet kutatás-fejlesztési profilját és kijelölte

a jövő számára leginkább megoldandó feladatokat, prioritásokat. A mindig, korszerűbbet akaró igényessége, a mezőgazdaság fejlesztése melletti elkötelezettsége, példamutató, a mai és a jövő kutatói számára egyaránt.

Kutató, oktató, tudományszervező munkájának elismeréseként 2011-ben a „Magyar Köztársasági Érdemrend Tisztikeresztje” kitüntetést vehette át a vidékfejlesztési minisztertől.

Kívánom, hogy fiatalos lendületét még sokáig megőrizve tanácsaival segítse a talajművelés, talajhasználat, a mezőgazdasági kutatás és oktatás ügyét. A munkát és a jól megérdemelt pihenést harmonikusan szintetizáló nyugdíjas éveikhez erőt, egészséget, boldog családi háttérrel kívánok.

Dr. Blaskó Lajos



**NAGY JÁNOS** főszerkesztő

a Magyar Tudományos Akadémia doktora,  
Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok  
Centrumának elnöke, Széchenyi-díjas egyetemi tanára,  
az Aradi, a Nagyváradi és a Kaposvári Egyetem „Honoris causa doktora”  
az Ukrán Agrártudományi Akadémia külföldi tagja  
Szakterülete: növénytermesztés, földművelés

---

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika

---

