

Crop  
Production

 HERMAN OTTÓ INTÉZET  
NONPROFIT KFT.

# NÖVÉNYTERMELÉS

66. kötet | 2. szám | 2017. március

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Mangán-ellátottság és baktériumtrágya közötti kölcsönhatás vizsgálata hidropóniásan nevelt kukoricánál

A talaj N- és P-ellátottságának hatása a lóbab (*Vicia faba* L.) termésére csernozjom réti talajon II. - Aminosav összetétel

Hazai rozs (*Secale cereale* L.) fajták ciklikus hidroxámsav-tartalma és – kiválasztása

# Növénytermelés

## CROP PRODUCTION

A Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. kiadásában,  
a Földművelésügyi 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 MÉK  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.  
4002 Debrecen, Pf. 400  
Telefon: (06 52) 508-310  
Fax: (06 52) 508-460  
E-mail: [novenytermeles@agr.unideb.hu](mailto:novenytermeles@agr.unideb.hu)  
[szelesne@agr.unideb.hu](mailto:szelesne@agr.unideb.hu)

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

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.  
Kiadói 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.hoi.hu](http://www.hoi.hu)  
[www.novenytermeles.hu](http://www.novenytermeles.hu)

A kiadásért felelős Dr. Mezőszentgyörgyi Dávid,  
a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezető igazgatója

ISSN 0546-8191  
Növényterm 66 (2017) 2  
Printed in Hungary

# Növénytermelés

CROP PRODUCTION

66. kötet, 2. szám, 2017. június

*Főszerkesztő/Editor-in-Chief:*

JÁNOS NAGY

*Szerkesztőbizottság/Editorial Board:*

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

FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezető igazgatója

A nyomást és kötést az ADU-PRESS Nyomda Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Dr. Csajbók József

ISSN 0546-8191

## TARTALOM

<i>Bojtor Csaba – Tóth Brigitta</i> : Mangán-ellátottság és baktériumtrágya közötti kölcsönhatás vizsgálata hidropóniásan nevelt kukoricánál .....	7
<i>Izsáki Zoltán</i> : A talaj N- és P-ellátottságának hatása a lóbab ( <i>Vicia faba</i> L.) termésére csernozjom réti talajon II. – Aminosav összetétel .....	25
<i>Makleit Péter – Szőke Lóránt – Veres Szilvia</i> : Hazai rozs ( <i>Secale cereale</i> L.) fajták ciklikus hidroxámsav-tartalma és -kiválasztása .....	47
<i>Nagy Éva – Kenny, Paul – Kondic-Spika, Ankica – Grausgruber, Heinrich – Allahverdiyev, Tofiq – Sass László – Vass Imre – Pauk János</i> : A szárazság- és sóstressz hatásának vizsgálata búza fajtákon üvegházi fenotipizálási kísérletben .....	69
SZEMLE	
<i>Simon László</i> : Az olasz nád ( <i>Arundo donax</i> L.) termesztése és hasznosítása .....	89
MEGEMLÉKEZÉS	
<i>Matuz János</i> : Dr. Kertész Zoltán (1943–2017) .....	111

## CONTENTS

<i>Cs. Bojtor – B. Tóth</i> : Examination of interactions among manganese supply and bacteria fertilisers in maize grown on nutrient solution .....	7
<i>Z. Izsáki</i> : The effect of N and P supply of the soil on the yield of broad bean ( <i>Vicia faba</i> L.) on chernozem meadow soil II. – Amino acid composition .....	25
<i>P. Makleit – L. Szőke – Sz. Veres</i> : Cyclic hydroxamic acid content and exudation of Hungarian rye ( <i>Secale cereale</i> L.) varieties .....	47
<i>É. Nagy – P. Kenny – A. Kondic-Spika – H. Grausgruber – T. Allahverdiyev – L. Sass – I. Vass – J. Pauk</i> : Testing drought and salt stress tolerance of wheat varieties in a greenhouse phenotyping system .....	69
REVIEW	
<i>L. Simon</i> : Cultivation and utilisation of giant reed ( <i>Arundo donax</i> L.) .....	89
COMMEMORATION	
<i>J. Matuz</i> : Dr. Zoltán Kertész (1943–2017) .....	111

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ч. Бойтор–Б. Том:</i> Изучение взаимовлияния между обеспеченностью марганцем и бактериальным удобрением в выращиваемой в гидропонике кукурузе .....	7
<i>З. Ижаки:</i> Влияние обеспеченности почвы N-ом и P-ом на урожай конских бобов ( <i>Vicia faba</i> L.) на чернозёмной луговой почве II. – Состав аминокислот .....	25
<i>П. Маклеит – Л. Сёке – С. Вереш:</i> Цикличное содержание гидроксамовой кислоты сортами венгерской ржи ( <i>Secale cereale</i> L.) и её отбор .....	47
<i>Е. Надь – П. Кеннь – А. Кондик-Сника – Х. Граусгрубер – Т. Аллахвердиев – Л. Шаш – И. Ваш – Я. Паук:</i> Изучение влияния стресса от засухи и от соли в сортах пшеницы в тепличном опыте фенотипизации .....	69
ОБЗОР	
<i>Л. Шимон:</i> Выращивание и использование тростникового арундо ( <i>Arundo donax</i> L.) .....	89
ВОСПОМИНАНИЯ	
<i>Я. Матуз:</i> Золтан Кертеc (1943–2017) .....	111



## Mangán-ellátottság és baktériumtrágya közötti kölcsönhatás vizsgálata hidropóniásan nevelt kukoricánál

<sup>1</sup>BOJTOR CSABA - <sup>2</sup>TÓTH BRIGITTA

Debreceni Egyetem

<sup>1</sup>Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,  
Növénytudományi Intézet, Debrecen

<sup>2</sup>Táplálkozástudományi Intézet, Debrecen

### Összefoglalás

Kutatásunk általános célkitűzése annak bizonyítása, hogy a nehézfémek – jelen esetben a mangán (Mn) – növények általi felvétele csökkenthető baktérium tartalmú trágyák alkalmazásával.

A növényeket hidropóniás körülmények között, klímaszobában neveltük. A környezeti feltételek szabályozottak voltak. A kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays* L. cv. DKC5170) használtunk. A kísérletbe vont baktériumtrágyák összetétele az alábbi: (P): *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*; (B): *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter vinelandii*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces albus*; (M): *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum* ssp., *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*.

A mangánt  $Mn(NO_3)_2$  formájában alkalmaztuk az alábbi mennyiségekben: 25 mg/kg, 50 mg/kg, 100 mg/kg és 200 mg/kg.

Irodalmi adatok szerint a kukorica számára a 200 mg/kg Mn toxikus, ezzel ellentétben mi már 50 mg/kg Mn-kezelésnél toxikus tüneteket figyeltünk meg. A 25–100 mg/kg közötti baktériumkezelések több esetben is pozitív eredményt adtak. A kukorica hajtásának és gyökerének száraz tömege a 25 és 50 mg/kg  $Mn(NO_3)_2$  adagnál nőtt mind a három baktériumtrágya hatására a csak  $Mn(NO_3)_2$  kezelést kapottakhoz képest. A 100 mg/kg  $Mn(NO_3)_2$  „P” baktériumtrágya kezelés a kukorica hajtásának száraz tömegét, míg a 100 mg/kg  $Mn(NO_3)_2$  „B” baktériumtrágya kezelés a kukorica gyökerének

száraz tömegét növelte a mangán kezeléshez viszonyítva. A 200 mg/kg mangán száraz tömegre kifejtett hatását a „B” és az „M” baktériumtrágya mérsékelni tudta.

Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a baktériumtartalmú trágyák alkalmasak lehetnek a mangán növényekre kifejtett toxikus hatásának mérséklésére. Ez a mérséklő hatás a mangán koncentráció, mint stressz, valamint az alkalmazott baktérium faj függvénye.

**Kulcsszavak:** baktériumtrágya, mangán toxicitás, klorofill, kukorica, száraz tömeg

## **Examination of interactions among manganese supply and bacteria fertilisers in maize grown on nutrient solution**

<sup>1</sup>CS. BOJTOR- <sup>2</sup>B. TÓTH

University of Debrecen

<sup>1</sup>Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,

Institute of Crop Sciences, Debrecen

<sup>2</sup>Institute of Nutrition, Debrecen

### **Summary**

The aim of our work was to prove that the uptake of the heavy metals – e.g. manganese – by plants can be reduced with the use of bacteria fertilisers.

The plants were grown on nutrient solution in climate chamber. The environmental circumstances were controlled. The experimental plant was maize (*Zea mays* L. cv. DKC5170). The composition of applied bacteria containing fertilisers were the following: („P”): *Azotobacter chroococcum* and *Bacillus megaterium*; („B”): *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter vinelandii*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces albus*; („M”): *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum* ssp., *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*.

Manganese was applied in the form of  $Mn(NO_3)_2$  in the following concentrations: 25 mg kg<sup>-1</sup>, 50 mg kg<sup>-1</sup>, 100 mg kg<sup>-1</sup> and 200 mg kg<sup>-1</sup>.

According to the literature data the toxic Mn concentration for maize is 200 mg kg<sup>-1</sup>. However, we found that the 50 mg kg<sup>-1</sup> Mn concentration was also toxic in our experiment.

Positive results were gotten in many cases when 25 mg kg<sup>-1</sup>, 50 mg kg<sup>-1</sup> and 100 mg kg<sup>-1</sup> Mn were applied with the different bacteria fertilisers.

The dry weight of shoot and root of maize increased at the 25 and 50 mg kg<sup>-1</sup> Mn and bacteria fertiliser treatments. The dry weight of shoot increased when “P” bacteria fertiliser was applied at the 100 mg kg<sup>-1</sup> Mn treatment. The dry weight of roots increased when “B” bacteria fertiliser was added to the 100 mg kg<sup>-1</sup> Mn treatments. The “B” and “M” bacteria fertilisers could be compensated the negative effect of 200 mg kg<sup>-1</sup> Mn treatment.

According to our results, the 50, 100 and 200 mg kg<sup>-1</sup> Mn concentrations were toxic for maize.

In the light of the obtained result, the bacteria fertilisers could compensate for the negative effect of Mn toxicity. This effect depends on Mn concentration – such as stress – and the applied bacteria species.

**Key words:** bacteria, chlorophyll, dry weight, manganese toxicity, maize

## Изучение взаимовлияния между обеспеченностью марганцем и бактериальным удобрением в выращиваемой в гидропонике кукурузе

<sup>1</sup>Ч. БОЙТОР–<sup>2</sup>Б. ТОТ

Дебреценский Университет

<sup>1</sup>Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента,

Институт Ботаники, Дебрецен

<sup>2</sup>Институт Науки о Питании, Дебрецен

### Резюме

Общей целью нашего исследования является доказательство того, что усвоение тяжёлых металлов – в данном случае марганца (Mn) – растениями можно уменьшить использованием удобрений, содержащих бактерии.

Растения выращивали в условиях гидропоники, в помещении с кондиционированием воздуха. Условия окружающей среды были регулируемыми. В качестве опытного растения мы использовали кукурузу (*Zea mays* L. cv. DKC5170). Состав

применяемых в опыте бактериальных удобрений следующий: (P): *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*; (B): *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter vinelandii*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces albus*; (M): *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum* ssp., *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*.

Марганец использовали в форме  $Mn(NO_3)_2$  в следующих количествах: 25 mg/kg, 50 mg/kg, 100 mg/kg и 200 mg/kg.

Согласно опубликованным данным для кукурузы количество 200 mg/kg Mn токсично, несмотря на это мы уже при дозах 50 mg/kg Mn обнаружили признаки токсичности. При дозах 25–100 mg/kg обработки бактериями в большинстве случаев дали позитивный результат. Сухая масса побегов кукурузы и их корней при дозах 25 и 50 mg/kg  $Mn(NO_3)_2$  выросла под влиянием всех трёх бактериальных удобрений по сравнению с получившими только обработки  $Mn(NO_3)_2$ . Обработка дозой 100 mg/kg  $Mn(NO_3)_2$ + „P” бактериальным удобрением увеличила сухую массу побегов кукурузы, а обработка дозой 100 mg/kg  $Mn(NO_3)_2$ + „B” бактериальным удобрением увеличила сухую массу корня кукурузы по сравнению с обработкой марганцем. Влияние оказанное 200 mg/kg марганца на сухую массу бактериальное удобрение „B” и „M” могло уменьшить.

На основании наших результатов мы установили, что содержащие бактерии удобрения могут быть пригодны для уменьшения токсичного влияния, оказанного марганцем на растения. Это уменьшающее влияние зависит от концентрации марганца, от стресса, а также от вида применённых бактерий.

**Ключевые слова:** компост отходов скотобойни, продолжительный опыт, урожай, карбонатная песчаная почва

## Bevezetés

A gazdaság, és az ipar fejlődése révén egyre nagyobb mértékű az iparvárosok, gyárak, feldolgozó üzemek száma, így a mezőgazdaságban hasznosítható földterületek mennyisége a globális klímaváltozás és az ember építő-romboló tevékenysége miatt is fokozatosan csökken (*Kismányoky* 1995). Ezáltal hatalmas kihívás elé nézünk, ugyanis egyre nagyobb népességet kell ellátni egyre kisebb területen termelve. Mit lehet ilyenkor tenni? A mezőgazdasági termelés alapvető innovatív megújítása szükséges (*Pepó* 2001). A gyárak számának növekedésével, a szigorú és egyre csak szigorodó szabályozások ellenére is, fokozatosan növekszik ezeknek a létesítményeknek a környezetbe való károsanyag-

kibocsátása. Ezeknek a központoknak a környezetében jóval nagyobb mértékű a környezeti terhelés. Ebből következik, hogy a környezetbe számos olyan szennyező anyag bekerül, és növekszik a koncentrációja, amely addig azon a területen nem volt jellemző, szokatlan kihívásokkal szembesítve a különböző növény- és állatfajokat. Ezen szennyező anyagok lehetnek különböző peszticidek, kemikáliák, és sok esetben nehézfémek is (*Molnár et al.* 1995). A legfontosabb problémát ez utóbbi jelenti, hiszen a nehézfémek felhalmozódása, a növényi és állati szervezetekbe történő bejutása és megemelkedő koncentrációja visszafordíthatatlan hatással lehet az elszennvedő fajok fejlődésére nézve (*Tamás és Filep* 1995).

A talajok átlagos mangántartalma 0,076% (760 mg/kg), koncentrációi rendkívül tág tartományban (1–18 300 mg/kg között) változnak. Az egyes talajok mangántartalma viszonylag állandó, de a növények számára felvehető, úgynevezett mozgékony mangántartalom állandóan változik, mert a talajokban a mangán két-, három- és négy vegyértékű állapota is előfordul, és ezek az aktuális külső körülmények hatására rendszeresen átalakulnak egymásba (*Godo és Reisenauer* 1980). A mangán oxidálódásában rendszerint fontos szerepet játszanak a különféle mikroorganizmusok.

A növény mangánigénye viszonylag kicsi. A kifejlett levelek mangánkoncentrációja száraz tömegre vonatkoztatva 10–20 µg/g között található, azonban az egyes növényfajok, továbbá szövetek között a talajviszonyoktól függően számottevő lehet a különbség (*Posta et al.* 1994). A szója hajtásában pl. meghaladja az 500 µg mennyiséget is, míg a gyümölcsben legfeljebb 1–2 µg fordul elő. A mangánhiány leküzdésére pl. láptalajokon,  $MnSO_4$ -ot lehet alkalmazni, akár levélre permetezve is (*Shenker et al.* 2004).

Az elégtelen Mn-ellátásra a zab reagál a legérzékenyebben. A zabon kívül a spenót és a rizs is kedveli a bőséges Mn-ellátást.

Kétszikűek mangánhiány tünetei először a fiatal leveleken jelennek meg az erek között, míg a már említett szárazfoltosság az egyszikűeknél, bokrosodás után az idősebb leveleken lép fel. A mangánhiányos növények sejtjei kicsik, a sejtfalak élesen rajzolódnak. A vasklorózistól abban különbözik, hogy mangán hiányakor nem az erek közötti egész mező sárgul meg, csupán csak klorotikus foltok jelennek meg (*Löhmis* 1960, *Davis* 1996). A Mn-hiánynak a legkomolyabb hatása a szénhidrátok koncentrációjára van. Ez a szénhidrát koncentráció csökkenés főleg a gyökerekben észlelhető, ami a gyökérnövekedés gátlását eredményezi (*Marcar és Graham* 1987).

A mangán szerepe a lipid anyagcserében jóval összetettebb. Mangánhiányos levelekben, a tillakoid membrán-összetevők koncentrációja – úgymint glikolipidek és többszörösen telítetlen zsírsavak – akár 50%-kal is csökkenhetnek a normál szinthez képest (*Constantopoulus* 1970). Ez a kloroplasztiszokban lévő lipidek koncentrációjában bekövetkező csökkenés a mangánnak a zsírsavak, karotinoidok és egyéb összetevők bioszintézisében játszott szerepének tulajdoníthatók.

A savanyú termőhelyeken termesztett növényeink toxikus szintet elérő mennyiségű mangánt vehetnek fel. A mérgezés az idősebb növényi részeken barna foltok alakjában mutatkozik (*Wissemeier* és *Horst* 1987). A legtöbb növényfajban a mangán toxicitás tüneteiként barna elszíneződött foltok jelentkeznek a kifejtett, idősebb leveleken. Ezek a foltok oxidált mangánt tartalmaznak, ugyanakkor a barna szín nem a mangánból, hanem polifenolok oxidálódásából származik.

Ezeknek a barna foltoknak a kialakulását megelőzi egy fokozott kalluszképződés ugyanazon az adott területen, jelezve a mangánnak a sejtmembránra kifejített toxikus hatását, és a fokozott  $\text{Ca}_2^+$  beáramlást, mint egy jelet a kalluszképződésre (*Wissemeier* és *Horst* 1987).

A barna foltok képződés-intenzitásának vizsgálata egyszerű és gyors módszerként használható a különböző fajok mangán-toleranciaszintjének elemzésére (*Wissemeier* és *Horst* 1991, *Doncheva et al.* 2009).

Ezzel ellentétben a mangántoleráns növényfajok leveleiben – mint például a napraforgó, amelynek a mangántolerancia szintje 5300 mg Mn/kg száraz tömegrre vonatkoztatva – ugyanúgy találhatóak barna foltok a trichómák alapjai körül, amelyek mangánoxidokat tartalmaznak, és úgy vélik, hogy ezzel segítik elő az oldható mangánkoncentráció csökkentését a növényben (*Hughes* és *Williams* 1988).

Általában a mangántoxicitási tünetekkel együtt jelentkeznek egyéb tápelemek hiánytünetei, mint például kalcium, magnézium, vas és cink. A mangántoxicitás által indukált vas- és magnéziumhiány a sejtmembránon keresztül történő felvétel gátlása, vagy pedig a sejszinten történő tápelemek közötti versengés és kiegyensúlyozatlanság miatt jelentkezik. Ezáltal a mangántoxicitás kezelhető magas magnéziumtartalmú tápanyagellátással (*Davis* 1996).

A szabadon élő, növényi növekedést elősegítő baktériumoknak („plant growth-promoting rhizobacteria” – PGPR) nagy jelentősége van a mezőgazdasági termelésben. Ezek a baktériumok növekedési faktorokat, vitaminokat,

hormonokat választanak ki, amelyek elősegítik a növények növekedését és fokozzák a termés mennyiségét. Baktériumtartalmú trágyák alkalmazásával növelhetjük talajaink mikrobiális aktivitását. A fokozott talajélet kedvező hatással van a tápanyagok felvételére, közvetlenül az elemek mobilizációjával és immobilizációjával, közvetve pedig a gyökér morfológiai és fiziológiai tényezőire gyakorolt hatásával.

A mangán (Mn) esszenciális nyomelem minden élőlény számára, így a mikroorganizmusoknak is szükségük van rá (Nealson *et al.* 1988), de nagy mennyiségben toxikus. A Mn oxidált formája oldhatatlan, így a növények számára ez a forma felvehetetlen, a Mn oldékonyságát és felvehetőségét redukcióval lehet fokozni (Marschner 1995). A talajban lejátszódó Mn-oxidáció biológiai folyamat, míg a redukció lehet kémiai és biológiai is (Ghiorse 1984). A talajban található mikrobák képesek a Mn-t oxidálni, így méregtelenítik a környezetükben található toxikus mennyiségű mangánt (Nealson *et al.* 1988, Okazaki *et al.* 1997) megállapították, hogy a *Pseudomonas fluorescens* enzimatis úton oxidálja a mangánt. Posta *et al.* (1994) eredményei alapján állítják, hogy a *Pseudomonas*, *Bacillus* és *Actinomyces* családba tartozó fajok képesek a mangán felvételét csökkenteni. A baktériumok kívül néhány talajban található gomba is képes a Mn oxidációjára (Thompson *et al.* 2005). A talajban található Mn-oxidáló mikroorganizmusok csökkentik a Mn-toxikózis kockázatát a gyengén levegőzött és vízzel telt talajokban, vagy növelik a Mn-hiány lehetőségét a jól szellőzött meszes talajokban (Babalola 2010).

A kukorica számára kritikus toxikus mangánkoncentráció 200 mg Mn/kg száraz tömegre vonatkoztatva, mely alapján a kukorica Mn-érzékeny növénynek tekinthető (Edwards és Asher 1982).

Kísérletünk során a kiválasztott kukorica hibrid növekedését vizsgáltuk (*Zea mays* L. DKC5170) 25; 50; 100 és 200 mg/kg koncentrációjú  $Mn(NO_3)_2$  kezelés és három eltérő összetételű baktériumtrágya hatására, laboratóriumi körülmények között.

### Anyag és módszer

Kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays* L. cv. DKC5170) használtunk. A magvak felületének fertőtlenítését 6%-os  $H_2O_2$ -dal végeztük el. A fertőtlenített magvakat desztillált vízzel ötször öblítettük, majd 10 mM-os  $CaSO_4$  oldatban négy óráig áztattuk a jobb csírázás érdekében. A magvakat nedves szűrőpapír

között csíráztattuk, úgy, hogy a csíranövények polaritása természetes legyen. A termosztát hőmérséklete 22 °C volt. A 4 cm-es koleoptilú kukorica csíranövényeket tápoldatra helyeztük. A növények neveléséhez az alábbi összetételű tápoldatot használtuk: 2,0 mM  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 0,7 mM  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 0,5 mM  $\text{MgSO}_4$ , 0,1 mM  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0,1 mM  $\text{KCl}$ , 10  $\mu\text{M}$   $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 1  $\mu\text{M}$   $\text{MnSO}_4$ , 1  $\mu\text{M}$   $\text{ZnSO}_4$ , 0,2  $\mu\text{M}$   $\text{CuSO}_4$ , 0,01  $\mu\text{M}$   $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ . A növények a vasat 100  $\mu\text{M}$   $\text{Fe}(\text{III})\text{-EDTA}$  formában kapták.

A mangán  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  formában került alkalmazásra. A koncentrációk az alábbiak voltak: 25, 50, 100 és 200 mg/kg, mangán-nitrátra vonatkoztatva.

A klorofillméréshez a növények második, illetve harmadik legfiatalabb, de már teljesen kifejlett leveleit használtuk. A relatív klorofilltartalmat SPAD-502 (MINOLTA, Japán) klorofillmérővel mértük.

Az abszolút klorofill a, b és karotinoid tartalmat Metertek SP 80 Spektrométerrel mértük Moran és Porath (1980), valamint Wellburn (1994) alapján.

A száraztömeg meghatározásához a mintákat 65 °C-on tömegállandóságig szárítottuk, majd szobahőmérsékletre történt visszahűlés után analitikai mérlegen (OHAUS) mértük.

Analitikai meghatározáshoz egy OPTIMA 3300 DV típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert (ICP-OES) alkalmaztunk.

A vizsgálatunkban a háttérmérés helyéül általában 2-pontos, kevés esetben 1-pontos háttérkorrekciót alkalmaztunk. A kalibrációs pontokra általában nemlineáris, kevés esetben lineáris kalibrációs egyenletet illesztettünk.

Az elemtartalom meghatározásához a hajtást és a gyökérzetet külön készítettük elő a roncsoláshoz.

Az egyik alkalmazott baktériumtrágya (jelölése „P”) viszkózus folyadék, mely két baktériumot, *Azotobacter chroococcum* ( $1-2 \times 10^9$  db/cm<sup>3</sup>) és *Bacillus megaterium* ( $1-2 \times 10^8$  db/cm<sup>3</sup>) tartalmaz - használata biogazdálkodásban is ajánlott.

A másik baktériumtrágya (jelölése „B”) viszkózus folyadék, mely az alábbi baktériumokat tartalmazza: *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter vinelandii*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus polymyxa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces albus*. Az összes csíraszám:  $4,3 \times 10^9$  db/cm<sup>3</sup>.

A harmadik baktériumtrágya („M”) a következő baktériumokat tartalmazza: *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum* ssp., *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*.

Az alkalmazott baktériumtrágyákat 1 ml/dm<sup>3</sup> koncentrációban adtuk a tápoldathoz.

Az eredmények kiértékeléséhez Microsoft Excel 2003 és Sigma Plot 12.0 verziót használtunk.

### Eredmények és következtetések

Mind a három baktériumtrágya-kezelés hatására nőtt a hajtás, valamint a gyökér száraz tömege a 25 mg/kg Mn-kezeléshez viszonyítva. Megállapíthatjuk, hogy a 25 mg/kg Mn-kezelés hatására nőtt a gyökér száraz tömege a kontrollhoz viszonyítva, ez a koncentráció még nincs negatív hatással a gyökér fejlődésére.

A három baktériumtrágya-kezelés közül a „P” jelű baktériumtrágya-kezelés hatására nőtt a legnagyobb mértékben a hajtás és a gyökér száraz tömege a 25 mg/kg Mn-kezeléshez és a kontrollhoz képest.

A kukorica hajtásának száraz tömege 14%-kal csökkent a kontrollhoz képest, míg a hajtás száraz tömege megegyezett a kontroll értékkel.

Az 50 mg/kg Mn-kezelésnél szintén nőtt a hajtás és a gyökér száraz tömege a baktériumtrágya-kezelés hatására (1. táblázat).

Az 50 mg/kg Mn-kezelés kedvezőtlen hatását a „M” jelölésű baktériumtrágya tudta a legnagyobb mértékben mérsékelni. A hajtás száraz tömege 28%-kal, a gyökéré 32%-kal nőtt az „M” jelű baktériumtrágya kezelésnél, az 50 mg/kg Mn-kezeléshez képest.

Az intenzívebb gyökérnövekedés kedvező, mert a növény nagyobb felületen tud vizet és tápanyagot felvenni, ezáltal nő a stressz-toleranciája is.

A 100 mg/kg Mn-kezelésnél a kukorica hajtásának száraz tömege 25%-kal, a gyökéré 21%-kal szignifikánsan csökkent a kontrollhoz képest. A „P” jelű baktériumtrágya-kezelésnél a hajtás és a gyökér száraz tömege kontroll körüli értéket adott. A „B” és „M” kezeléseknél nagyobb mértékű csökkenés figyelhető meg. A 100 mg/kg Mn-kezelésnél nem tudtuk a baktériumtrágyák kedvező hatását kimutatni.

A 200 mg/kg Mn-kezelés hatására a hajtás száraz tömege 49%-kal, a gyökéré 50%-kal szignifikánsan csökkent a kontrollhoz viszonyítva. A gyökér száraz tömege mind a három baktériumtrágya kezelés hatására nőtt a 200 mg/kg Mn-kezeléshez képest. A hajtás száraz tömege a „B” jelű baktériumtrágya-kezelésnél 18%-kal, a gyökéré 32%-kal nőtt a 200 mg/kg Mn-kezeléshez viszonyítva. Ezek az értékek az „M” jelű kezelésnél 21% és 38%.

1. táblázat. A kukorica gyöker és hajtás száraz tömegének alakulása 25, 50, 100, 200 mg/kg Mn és baktériumtrágya kezelések hatására (g/növény)

Kezelések (1)	Hajtás (2)	Gyökér (3)
Kontroll (4)	0,197±0,03	0,062±0,01
25	0,189±0,04	0,082±0,01**
25+P	0,291±0,03***	0,114±0,02***
25+B	0,265±0,06**	0,113±0,02***
25+M	0,252±0,06*	0,096±0,03**
50	0,170±0,04	0,062±0,01
50+P	0,183±0,05	0,071±0,02
50+B	0,219±0,04*	0,088±0,02***
50+M	0,236±0,03**	0,091±0,01***
100	0,147±0,02**	0,049±0,01*
100+P	0,149±0,04	0,048±0,01
100+B	0,144±0,03	0,052±0,01
100+M	0,131±0,03	0,051±0,01
200	0,101±0,02***	0,031±0,01***
200+P	0,099±0,02	0,036±0,01
200+B	0,123±0,01**	0,045±0,00***
200+M	0,127±0,03**	0,050±0,01***

Megjegyzés: szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: \*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

Table 1. Dry matter accumulation of shoots and roots of maize (g plant<sup>-1</sup>) affected by 25, 50, 100 and 200 mg kg<sup>-1</sup> of Mn and bacteria fertiliser treatments ("P", "B", "M"). (1) Treatments, (2) Shoot, (3) Root, (4) Control, Note: significant differences compared to the control: \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

Hatékony szerves anyag felhalmozás nem lehetséges a fotoszintetikus folyamatok nélkülözhetetlen alkotója, a klorofill nélkül. A Mn-kezelések hatására csökkent a hajtás szárazanyag-felhalmozása, ami mögött a csökkent fotoszintetikus aktivitást, illetve a klorofilltartalom változását feltételeztük. Méréseink szerint a kezelések befolyásolták a klorofill tartalmat (2. táblázat).

A kukorica második levelében mért relatív klorofilltartalom megközelítőleg 6,5 SPAD-egységgel, a harmadik levélben 12 SPAD-egységgel csökkent a 25 mg/kg Mn-kezelés hatására a kontrollhoz képest. A „P” baktériumtrágya

kezelésnél a relatív klorofilltartalom 2 SPAD-egységgel nőtt a második levélben és 7 SPAD-egységgel a harmadikban, a 25 mg/kg Mn-kezeléshez viszonyítva.

Az 50 mg/kg Mn-kezelésnél a második levélben mért relatív klorofilltartalom 13 SPAD-egységgel, a harmadikban 12 SPAD-egységgel csökkent a kontrollhoz viszonyítva. Az „M” jelű baktériumtrágya hatására a relatív klorofilltartalom emelkedett a második levélben, de a harmadikban csökkenés figyelhető meg.

2. táblázat. A 14 napos kukorica második és harmadik levelében mért relatív klorofilltartalom (SPAD-Units) alakulása 25, 50, 100 és 200 mg/kg Mn és baktériumtrágya kezelésekre (n=60±S.D.)

Kezelések (1)	Hajtás (2)	Gyökér (3)
Kontroll (4)	39,52±2,51	32,25±2,26
25	32,87±4,99***	20,82±4,69***
25+P	34,85±1,43**	27,84±3,92***
25+B	29,98±1,86***	23,24±4,02***
25+M	29,40±5,19***	24,48±4,16*
50	26,49±3,93***	20,45±4,97***
50+P	24,93±4,27***	20,33±4,56***
50+B	25,80±3,32***	21,79±4,82***
50+M	27,97±3,64***	19,29±4,72***
100	21,36±4,06***	18,51±2,89***
100+P	17,59±3,15**	17,51±3,99***
100+B	18,57±4,17*	12,20±3,25***
100+M	21,37±1,62***	16,03±2,58*
200	14,54±4,71***	13,21±4,69***
200+P	14,43±4,21***	14,80±3,73***
200+B	12,84±3,70***	11,45±2,20***
200+M	12,27±4,19***	11,62±3,69***

Megjegyzés: szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: \*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

Table 2. The relative chlorophyll contents (SPAD-Units) in the second and third leaf of 14-day-old maize affected by 25, 50, 100 and 200 mg kg<sup>-1</sup> Mn and bacteria fertiliser treatment (“P”, “B”, “M”) (n=60±S.D.). (1) Treatments, (2) 2<sup>nd</sup> leaf, (3) 3<sup>rd</sup> leaf, (4) Control, Note: significant differences compared to the control: \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

A kukorica második levelében mért relatív klorofilltartalom 18 SPAD-egységgel, a harmadik levelében 14 SPAD-egységgel csökkent a 100 mg/kg Mn-kezelésnél a kontrollhoz képest. A baktériumtrágya kezelések hatására további csökkenés figyelhető meg. Kivéve az „M” jelű baktériumtrágyát, ahol a második levelében kontroll körüli értéket mértünk.

A 200 mg/kg Mn-kezelésnél figyelhető meg a legnagyobb csökkenés a relatív klorofilltartalomban. A 200 mg/kg Mn-kezelés már annyira toxikus, hogy a baktériumtrágyák egyáltalán nem voltak képesek ezt a negatív hatást mérsékelni.

A relatív klorofilltartalom csak egy viszonylagos érték. Éppen ezért mértük a fotoszintetikus pigmentek (klorofill-a, klorofill-b, karotinoidok) mennyiségét a kukorica második és harmadik levelében (3. táblázat).

A fotoszintetikus pigmentek abszolút mennyisége csökkent az összes alkalmazott kezelés hatására a kukorica második levelében.

A klorofill-a mennyisége 2,5 mg/g-mal nőtt az „M” baktériumtrágya kezelésnél a 25 mg/kg Mn-kezeléshez képest a kukorica harmadik levelében.

A kukorica második és harmadik levelében mért pigmentek mennyisége csökkent a kezelések hatására. A baktériumtrágyák pozitív hatását nem tudtuk kimutatni 50 mg/kg Mn-kezelésnél.

A 100 és 200 mg/kg Mn-kezelésnél a baktériumtrágyák pozitív hatását szintén nem lehetett kimutatni. A 100 és 200 mg/kg Mn-kezeléshez képest a baktériumtrágya-kezelések hatására a fotoszintetikus pigmentek mennyisége tovább csökkent.

A legkisebb csökkenés az „M” jelű baktériumtrágyánál figyelhető meg a 100 mg/kg Mn-kezelésnél. Míg a 200 mg/kg Mn-kezelésnél a „B” jelű baktériumtrágya-kezelésnél tapasztalható a legkisebb csökkenés.

A kísérlet során mértük a kukorica hajtás és gyökere által felvett elemek mennyiségét is. A kísérletünk szempontjából fontosabb elemek (Fe, Zn, Mn) mennyiségét a 4. táblázatban foglaltuk össze.

A gyökerek által felvett elemek mennyiségének transzportja a hajtásba gátolt volt. A vizsgált elemek a gyökérben halmozódtak fel.

A mangán koncentrációja a Mn-kezelések hatására nőtt a kukorica hajtásában és gyökérben a kontrollhoz viszonyítva. Az alkalmazott kezelés koncentrációjával (25, 50, 100 és 200 mg/kg) lineárisan emelkedett a Mn koncentrációja a hajtásban és a gyökérben is.

3. táblázat. A klorofill-a, b és karotinoidek mennyisége (mg/g) a 14 napos kukorica második és harmadik levelében 25, 50, 100 és 200 mg/kg Mn és baktériumtrágyák hatására (n=3±S.D.)

Kezelések (2)	A kukorica második levelének klorofill-a,b és karotinoidek tartalma (mg/g) (1)				A kukorica harmadik levelének klorofill-a,b és karotinoidek tartalma (mg/g) (7)				
	Klorofill-a (3)	Klorofill-b (4)	Karotinoidek (5)	Klorofill-a (3)	Klorofill-b (4)	Karotinoidek (5)	Klorofill-a (3)	Klorofill-b (4)	Karotinoidek (5)
Kontroll (6)	39,52±2,51	32,25±2,26	8,57±0,16	10,55±0,19	3,22±0,56	7,18±0,82			
25	32,87±4,99**	20,82±4,69***	9,75±0,32*	9,65±0,19*	3,01±0,15	6,11±0,13**			
25+P	34,85±1,43**	27,84±3,92**	9,24±0,31*	7,32±0,12***	2,18±0,64	6,22±0,94*			
25+B	29,98±1,86***	23,24±4,02***	6,45±0,16**	9,58±1,39*	2,78±0,31**	6,26±0,49**			
25+M	29,40±5,19***	24,48±4,16***	7,64±0,87**	12,16±1,63*	2,61±0,85***	6,43±1,32**			
50	26,49±3,93**	20,45±4,97***	6,68±0,51**	7,28±1,20***	2,15±0,23*	5,07±0,67***			
50+P	24,93±4,27***	20,33±4,56***	6,99±0,48**	6,41±0,83***	1,46±0,45***	4,44±0,56***			
50+B	25,80±3,32***	21,79±4,82***	5,19±0,31***	8,36±0,36**	2,60±0,03**	6,02±0,33**			
50+M	27,97±3,64**	19,29±4,72***	5,21±0,20***	4,53±0,69***	0,88±0,12***	3,38±0,16***			
100	21,36±4,06***	18,51±2,89***	6,97±0,45**	7,99±0,73***	2,12±0,24	5,57±0,24***			
100+P	17,59±3,15***	17,51±3,99***	4,55±0,10***	6,56±0,04***	1,71±0,38***	3,94±0,89**			
100+B	18,57±4,17***	12,20±3,22***	3,44±0,79***	4,28±0,58***	0,96±0,27***	3,09±0,36***			
100+M	21,37±1,62***	16,03±2,58***	5,52±0,48***	7,66±0,90**	1,88±0,37***	4,97±0,55*			
200	14,54±4,71***	13,21±4,69***	4,58±0,47***	8,17±1,02**	1,87±0,19***	4,87±0,83*			
200+P	14,43±4,21***	14,80±3,73***	2,47±0,09***	4,10±0,48***	1,16±0,28***	3,36±0,92***			
200+B	12,84±3,70***	11,45±2,20***	3,01±0,84***	6,41±1,29***	1,21±0,75***	4,39±0,79*			
200+M	12,27±4,19***	11,62±3,69***	4,19±0,02***	4,08±0,45***	0,91±0,37***	3,05±0,29***			

Megjegyzés: szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: \*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

Table 3. Chlorophyll-a, b and carotenoids contents in the second and third leaves of 14-day-old maize affected by 25, 50, 100 and 200 mg kg<sup>-1</sup> of Mn and bacteria fertilizer treatments ("P", "B", "M") (n=3±S.E.). (1) Chlorophyll-a, b and carotenoids contents in the second maize leaf (mg g<sup>-1</sup>), (2) Treatments, (3) Chlorophyll a, (4) Chlorophyll b, (5) Carotenoids, (6) Control, (7) Chlorophyll-a, b and carotenoids contents in the third maize leaf (mg g<sup>-1</sup>). Note: significant differences compared to the control: \*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001

4. táblázat. A kukorica hajtásában és gyökerében mért elemek mennyisége (Fe, Mn, Zn) 25, 50, 100 és 200 mg/kg Mn, illetve különböző baktériumtrágya („P”, „B”, „M”) kezelések hatására (mg/kg) (n=3±S.D.)

Kezelések (3)	A felvett elemek mennyisége (mg/kg) a kukorica hajtásában (1)				A felvett elemek mennyisége (mg/kg) a kukorica gyökerében (2)			
	Fe	Mn	Zn	Zn	Fe	Mn	Zn	Zn
Kontroll (4)	375±21	229±12	308±28	308±28	9500±393	14700±344	1140±61	1140±61
25	287±17	15200±210	338±29	338±29	16000±1200	116500±1790	4400±78	4400±78
25+P	234±13	12600±110	19±1	19±1	20500±1800	87200±400	1270±81	1270±81
25+B	158±20	9900±150	199±20	199±20	12600±800	86300±1500	270±22	270±22
25+M	195±18	10600±89	232±4	232±4	17100±1100	128500±2100	334±31	334±31
50	354±22	26700±230	430±29	430±29	31200±2100	210200±2300	587±45	587±45
50+P	424±30	31500±250	379±21	379±21	58500±6000	190400±2300	456±39	456±39
50+B	232±17	20400±210	259±6	259±6	23100±1200	146200±2100	373±28	373±28
50+M	232±12	18900±160	239±8	239±8	30800±2400	152900±2200	403±31	403±31
100	322±23	44300±89	431±17	431±17	28600±1900	364100±2800	1427±21	1427±21
100+P	399±11	46800±380	400±21	400±21	150900±2400	344600±2500	629±52	629±52
100+B	339±8	51800±670	578±35	578±35	31300±1600	315400±2000	958±72	958±72
100+M	399±14	49700±390	456±19	456±19	107800±2100	383400±2600	627±54	627±54
200	785±60	94200±1100	807±41	807±41	80700±1400	538800±3100	2694±46	2694±46
200+P	1040±13	104900±5400	665±32	665±32	137000±2300	493600±2800	714±31	714±31
200+B	485±31	83500±2400	604±25	604±25	98000±2000	402700±2600	1070±90	1070±90
200+M	467±21	69200±3100	546±43	546±43	75200±1700	381500±2500	798±46	798±46

Table 4. Element content of shoots and roots of maize (g plant<sup>-1</sup>) affected by 25, 50, 100 and 200 mg kg<sup>-1</sup> of Mn and bacteria fertiliser treatments (“P”, “B”, “M”). (1) Shoot, (2) Root, (3) Treatments, (4) Control

A 14 napos kukorica hajtásában mind a három baktériumtrágya-kezelés hatására kevesebb volt a felvett Mn koncentrációja a 25 mg/kg  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  kezeléshez viszonyítva. A 25 mg/kg Mn és a „B” jelű baktériumkezelés hatására a felvett Mn mennyisége 1,5-szer volt kevesebb a kukorica hajtásában, mint a 25 mg/kg Mn-nal kezelt kukorica hajtásában.

Az 50 és a 200 mg/kg Mn-kezeléseknél a „B” és „M” jelölésű baktériumtrágya-kezelés hatására a felvett Mn koncentrációja kisebb volt, mint az 50 mg/kg Mn-kezelésnél.

A 100 mg/kg Mn-kezelésnél mind a három baktériumtrágya hatására nagyobb volt a Mn koncentrációja a kukorica hajtásában a 100 mg/kg Mn-kezeléshez képest.

A 14 napos kukorica gyökerében mért Mn koncentrációja a „P” és a „B” jelű baktériumkezelések hatására kevesebb, mint a 25 és a 100 mg/kg Mn-nal kezelt kukorica gyökerében. A „B” jelölésű baktériumtrágyánál kisebb a gyökérben mért Mn koncentrációja, mint a „P” jelűnél.

A 200 mg/kg Mn-kezelésnél mind a három baktériumtrágya hatására kevesebb volt a Mn koncentrációja a kukorica gyökerében a 200 mg/kg Mn-kezeléshez viszonyítva.

A mangán oldékonyságát a talajban a pH határozza meg (*Bohn et al.* 1985). Oxidatív körülmények között a  $\text{Mn}_4^+$  túlsúlya jellemző. Néhány rizoszféra baktérium (*Bacillus*, *Pseudomonas*) a  $\text{Mn}_4^+$  formát  $\text{Mn}_2^+$  formává alakítja, mely felvehető a növények számára.

A növények gyökerei és a baktériumok kelátokat választanak ki (pl. szerves savak, fenolok), melyek oldható komplexet alkotnak a mangánnal és más elemekkel (*Marschner* 1995).

A vízzel elárasztott talajokon, redukzív körülmények között a rhizoszféra baktériumok oxidálják a mangánt és ezzel csökkentik annak toxikus hatását. A rizs gyökerei például  $\text{O}_2$ -t bocsátanak ki. A Mn-hiányos talajokban a Mn-oxidáló baktériumok kulcsszerepet játszanak a növényi betegségek elleni védekezésben. Ezek a baktériumok csökkentik a hozzáférhető  $\text{Mn}_2^+$  mennyiségét (*Gilbert et al.* 1994).

A szakirodalmi adatok alapján a Mn 200 mg/kg mennyiségben toxikus a kukorica számára, de kísérletünkben a 100, 50 és a 25 mg/kg kezelésnél is megfigyeltük a száraz tömegre kifejtett negatív hatását.

A baktérium kezelés hatására a Mn egy része megkötődött, még a gyökéren kívül, olyan formában, ami lehetetlenné tette a felvételét (*Vall és Lorenzo*

2006, Rajkumar et al. 2009). A *Pseudomonas* és a *Bacillus* családba tartozó fajok képesek a Mn felvételét csökkenteni, úgy, hogy a mangánt oxidálják, így felvehetetlen lesz a növények számára.

Eredményeink alapján igazoltuk, hogy a baktériumtartalmú trágyák alkalmasak lehetnek a mangán toxikus hatásának mérséklésére. Ez a mérséklő hatás a mangán koncentráció, mint stressz, valamint az alkalmazott baktérium faj függvénye.

### Irodalom

- Babalola, O. O.*: 2010. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol Lett.* 32: 1559–1570.
- Bohn, H.–McNeal, B.–O'Connor, G.*: 1985. Soil chemistry. John Wiley and Sons. New York. 341.
- Constantopoulos, G.*: 1970. Lipid metabolism of manganese-deficient algae. I. Effect of manganese deficiency on the greening and the lipid composition of *Euglena gracilis* Z. *Plant Physiol.* 45: 76–80.
- Davis, J. G.*: 1996. Soil pH and magnesium effects on manganese toxicity in peanuts. *J. Plant Nutr.* 19: 535–550.
- Doncheva, S.–Poschenrieder, C.–Stoyanova, Z.–Georgieva, K.–Velichkova, M.–Barcelo, J.*: 2009. Silicone amelioration of manganese toxicity in Mn-sensitive and Mn-tolerant maize varieties. *Environ. Exp. Bot.* 65: 189–197.
- Edwards, D. G.–Asher, C. J.*: 1982. Tolerance of crop and pasture species to manganese toxicity. [In: Scaife, A. (ed.) *Proceedings of the Ninth Plant Nutrition Colloquium.*] Warwick. England. Commonw. Agric. Bur. Farnham Royal. Bucks. 145–150.
- Ghiorse, W. C.*: 1984. Biology of iron- and manganese-depositing bacteria. *Annu. Rev. Microbiol.* 38: 515–550.
- Gilbert, G. S.–Handelsman, J.–Parke J. L.*: 1994. Root camouflage and disease control. *Phytopathology.* 84: 222–225.
- Godó, G. H.–Reisenauer, H. M.*: 1980. Plant effects on soil manganese availability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 993–995.
- Hughes, N. P.–Williams, R. J. P.*: 1988. An introduction to manganese biological chemistry. [In: Graham, R. D. et al. (eds.) *Manganese in Soils and Plants.*] Kluwer Academic Publ. Dordrecht. 7–19.
- Kismányoky T.*: 1995. Fenntarthatóság a szántóföldi növénytermesztésben. *AGRO-21 füzetek.* 12: 37–44.
- Löhnis, M. P.*: 1960. Effect of magnesium on calcium supply on the uptake of manganese by various crop plants. *Plant Soil.* 12: 339–376.

- Marcar, N. E.–Graham, R. D.*: 1987. Genotypes variation for manganese efficiency in wheat. *J. Plant Nutr.* 10: 2049–2055.
- Marchsner, H.*: 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. London. 889.
- Molnár, E.–Németh, T.–Pálmai, O.*: 1995. Problems in heavy metal pollution in Hungary. [In: Salomons et al. (eds.) *Heavy Metals; Problems and solutions.*] Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg. 19: 323–344.
- Moran, R.–Porath, D.*: 1980. Chlorophyll determination in intact tissues using N,N-dimethylformamide. *Plant Physiol.* 65. 3: 478–479.
- Nealson, K. H.–Tebo, B. M.–Rosson, R. A.*: 1988. Occurrence and mechanisms of microbial oxidation of manganese. *Adv. Appl. Microbiol.* 33: 279–318.
- Okazaki, M.–Sugita, T.–Shimizu, M.–Ohode, Y.–Iwamoto, K.–de Vrind-de Jong de Vrind, J. P. M.–Corstjens, P. L. A. M.*: 1997. Partial purification and characterization of manganese-oxidizing factors of *Pseudomonas fluorescens* GB-1. *Appl. Environ. Microb.* 63: 4793–4799.
- Pepó P.*: 2001. A kutatás és innováció szerepe a növénytermesztés fejlesztésében. [In: (Jávor A.–Szemán L. (szerk.) *Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban.*] 19–23.
- Posta, K.–Marschner, H.–Römheld, V.*: 1994. Manganese reduction in the rhizosphere of mycorrhizal and non-mycorrhizal maize. *Mycorrhiza.* 5: 119–124.
- Rajkumar, M.–Ae, M. N. V.–Freitas, H.*: 2009. Potential of siderophore-producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. *Trends in Biotechnology.* 28. 3: 142–149.
- Shenker, M.–Plessner, O. E.–Tel Or, E.*: 2004. Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration, and superoxide dismutase activity. *J. Plant Physiol.* 161: 197–202.
- Tamás J.–Fülep Gy.*: 1995. Nehézfémgazdálkodás vizsgálata szennyvíziszapokkal terhelt mezőgazdasági területeken. *Agrokémia és Talajtan.* 44: 419–427.
- Thompson, J. A.–Huber, D. M.–Guest, C. A.–Schulze, D. G.*: 2005. Fungal manganese oxidation in a reduced soil. *Environ. Microbiol.* 7: 1480–1487.
- Vall, M.–Lorenzo, V.*: 2006. Exploiting the genetic and biochemical capacities of bacteria for the remediation of heavy metal pollution. *FEMS Microbiol. Rev.* 26. 4: 327–338.
- Wellburn, A. R.*: 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. Plant Physiol.* 144, 307–313.
- Wissemeier, A. H.–Horst, W. J.*: 1987. Callose deposition in leaves of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a sensitive response to high Mn supply. *Plant Soil.* 102: 283–286.
- Wissemeier, A. H.–Horst, W. J.*: 1991. Simplified methods for screening cowpea cultivars for manganese leaf-tissue tolerance. *Crop Sci.* 31: 435–439.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

\*Bojtor Csaba  
Debreceni Egyetem MÉK  
Növénytudományi Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032  
\*bojtorcsabi@gmail.com

\*\*Dr. Tóth Brigitta  
Debreceni Egyetem  
Táplálkozástudományi Intézet  
Debrecen  
Egyetem tér 1.  
H-4032  
\*\*btoth@agr.unideb.hu

**A talaj N- és P-ellátottságának hatása a lóbab (*Vicia faba* L.)  
termésére csernozjom réti talajon II.  
Aminosav összetétel**

IZSÁKI ZOLTÁN

Szent István Egyetem Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar,  
Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet, Szarvas

**Összefoglalás**

A lóbab trágyázási szaktanácsadásának fejlesztéséhez kísérleti munkánk célja az volt, hogy jól elkülönülő talaj tápelem-ellátottsági szinteken, műtrágyázási tartamkísérletben vizsgáljuk a N- és P-ellátottság hatását a lóbab aminosav összetételére. A műtrágyázási tartamkísérletet 1989-ben állítottuk be mélyben karbonátos csernozjom réti talajon, 4-4 N-, P- és K-ellátottsági szinten, teljes kezelés-kombinációban, 64 kezeléssel. Jelen dolgozatban az 1998-2002 között végzett kísérletek eredményei szerepelnek, melyek alapján az alábbi főbb megállapítások tehetők:

1. A 2,8-3,2% humusztartalmú, jó N-szolgáltató képességű csernozjom réti talajon négy kísérleti év alatt a N-ellátottságtól függően a vizsgált 17 aminosavból, g/100 g szárazanyagban kifejezve a glutaminsav és az arginin mennyisége növekedett az évek többségében, míg két évben a leucin, az aszparginsav és a szerin mutatott szignifikáns gyarapodást. Egy-egy évben volt pozitív N-hatás a lizin, a valin és az izoleucin vonatkozásában. A szárazanyag %-ában kifejezett összes aminosav mennyisége a nyersfehérje-tartalomhoz viszonyítva 1998-ban volt a legmagasabb (89%), amikor a lóbab nyersfehérje-tartalma a legkisebb (25-27%) értéket mutatta, míg más években ez 78-86% közé esett.
2. A N-ellátottság hatása a lóbab nyersfehérje aminosav összetételére (g/100 g nyersfehérje) nem volt jelentős, az arginin kivételével nem konzekvens, és évjáratonként változóan csak néhány aminosav nyersfehérjén belüli részcsedésében tapasztalhattunk szignifikáns növekedést.

3. A kísérleti évek alatt a talaj művelt rétegének AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma P-trágyázás nélkül 120–158 mg/kg, míg a P-trágyázott kezelésekben 175–339 mg/kg között változott. A jobb P-ellátottság a lóbab aminosav összetételét kevésbé befolyásolta, évjáratonként változóan csak néhány aminosav esetében volt szignifikáns növekedés vagy csökkenés kimutatható.
4. A lóbab-fehérje kéntartalmú aminosavakban szegény, a metionin és az cisztin együttes mennyisége a kísérleti évek és a trágyázási kezelések átlagában a nyersfehérjén belül csak 1,5% volt. Az esszenciális aminosavak között legnagyobb arányt az arginin, a leucin és a lizin képviseltek, míg a nem esszenciális aminosavak esetében a glutaminsav és az aszparaginsav volt uralkodó. A kísérleti eredmények azt igazolták, hogy a lóbab fehérje-tartalmát és aminosav összetételét az évjárat nagyobb mértékben befolyásolta, mint egy-egy évben a N- és P-ellátottság.

**Kulcsszavak:** N- és P-ellátottság, lóbab, aminosav összetétel, tartamkísérlet

## **The effect of N and P supply of the soil on the yield of broad bean (*Vicia faba* L.) on chernozem meadow soil II. Amino acid composition**

Z. IZSÁKI

Szent István University, Faculty of Agricultural and Health Sciences,  
Institute for Agricultural Sciences and Rural Development, Szarvas

### **Summary**

In order to develop the consultancy system of broad bean fertilisation, the aim of this experiment project was to examine the effect of the N and P supply level of the soil on the amino acid composition of broad bean in a long-term fertilisation experiment at different, properly separated nutrient supply levels. The long-term fertilisation experiment was established in 1989 on deeply calcareous chernozem meadow soil with NPK supply levels of 4-4 each in a total treatment combination and 64 treatments. This study focuses on the results of the experiments carried out between 1998–2002. The following conclusions were made:

1. Of the 17 examined amino acids on the chernozem meadow soil with 2.8–3.2% humus content and proper N supply over the four experimental years, the amount of glutamine acid and arginine increased in the majority of years depending on N supply and expressed in g per 100 g dry matter, while leucine, asparagine acid and serine significantly increased in two years. Positive N effects were observed with reference to lysine, valine and isoleucine in one year. Compared to the raw protein content, the total amount of amino acids expressed in the percentage of dry matter was the highest in 1998 (89%), when the raw protein content of broad bean was the lowest (25–27%), while this value was between 78–86% in other years.
2. The effect of N supply on the raw protein amino acid composition (g per 100 g raw protein) of broad bean was not significant and not consequent with the exclusion of arginine. Also, significant increase was observed only in the case of the proportion of a few amino acids within raw proteins.
3. During the experimental years, the AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content of the ploughed layer of the soil was between 120–158 mg kg<sup>-1</sup> without P fertilisation, while it was between 175–339 mg kg<sup>-1</sup> in treatments with P fertilisation. Better P supply had smaller influence on the amino acid composition of broad bean, significant increase or decrease was observed only in the case of a few amino acids in a crop year.
4. Broad bean protein is poor in sulphur containing amino acids, the joint quantity of methionine and cystine was only 1.5% within raw proteins averaged over the experimental years and the fertilisation treatments. The highest share of essential amino acids was represented by arginine, leucine and lysine, while that of non-essential amino acids was represented by glutamine acid and asparagine acid. The obtained experimental results showed that the protein content and amino acid composition of broad bean were more significantly influenced by crop year than N and P supply in a single year.

**Key words:** N and P supply, broad bean, amino acid composition, long-term experiment

## Влияние обеспеченности почвы N-ом и P-ом на урожай конских бобов (*Vicia faba* L.) на чернозёмной луговой почве II. Состав аминокислот

З. ИЖАКИ

Университет им.Св.Иштвана, Экономический, Аграрный и  
Медицинский Факультет,  
Институт Аграрных Наук и Развития Территорий, г.Сарваш

### Резюме

Для развития профессионального консультирования удобрения конских бобов целью нашей исследовательской работы было изучить в продолжительном опыте искусственных удобрений на хорошо различаемых уровнях обеспеченности почвы питательными элементами влияние обеспеченности N-ом и P-ом на состав аминокислот конских бобов. Продолжительный опыт искусственных удобрений установили в 1989 году на чернозёмной, в глубине карбонатной, луговой почве, на 4×4 уровнях обеспеченности N-ом, P-ом и K-ем, в полной комбинации обработок, с 64 дозами. В данной работе показываем результаты опытов за 1998–2002 годы, на основании которых можно сделать следующие выводы:

1. На содержащей 2,8–3,2% гумуса, с хорошей способностью N чернозёмной луговой почве за четыре года опыта в зависимости от обеспеченности N-ом из исследованных 17 аминокислот, выражая в сухом веществе в g/100g количество глютаминовой кислоты и аргинина выросло в большинстве лет, в два года лейцин, аспаргиновая кислота и серин показали значительное увеличение. В отдельные годы было позитивное влияние N в отношении лизина, валина и изолейцина. Общее количество сухого вещества аминокислот выраженное в %-ах по сравнению с содержанием сырого белка было самое высокое в 1998-ом году (89%), когда содержание сырого белка конских бобов показало самую малую величину (25–27%), а в другие годы это было в рамках 78–86%.
2. Влияние обеспеченности N-ом на состав аминокислот сырого белка конских бобов (g/100 g сырого белка) не было значительным, за исключением аргинина непоследовательное, и по годам выращивания изменяемо только внутри сырого белка нескольких аминокислот частью обнаружили значительное его увеличение.
3. За годы опыта содержание обработанным слоем почвы AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> без удобрения P

изменилось в рамках 120–158 mg/kg, а в удобряемых Р-ом обработках изменилась в рамках 175–339 mg/kg. Лучшая обеспеченность Р-ом меньше повлияла на состав аминокислот конских бобов, по годам выращивания изменяемо только в случае некоторых аминокислот было обнаружено значительное увеличение или сокращение.

4. Белок конских бобов беден серосодержащими аминокислотами, общее количество метионина и цистина в годы опыта и разных доз удобрений в среднем в рамках сырого белка было только 1,5%. Среди эссенциальных аминокислот в самой большой мере присутствовал аргинин, лейцин и лизин, а в случае неэссенциальных аминокислот глютаминовая кислота и аспарангиновая кислота преобладали. Результаты опыта подтвердили то, что на содержание белка конских бобов и на состав его аминокислот год выращивания оказал влияние в большей степени, чем в отдельные годы обеспеченность N-ом и Р-ом.

**Ключевые слова:** обеспеченность N-ом и Р-ом, конские бобы, состав аминокислот, продолжительный опыт

## Bevezetés

A lóbab fehérjetartalma a genotípustól, földrajzi régiótól, termőhelyi viszonyoktól és az alkalmazott agrotechnikától függően tág intervallumban, 22 és 40% között változik (*Bárdossy 1968, Kurnik 1970, Abdalla et al. 1976, Ali et al. 1982, Alghamdi 2009*). A lóbabfehérjének 60%-a globulin, 20%-a albumin, 15%-a glutelin és prolamin frakció (*Cubero és Moreno 1983*). *Alghamdi (2009)* ugyanakkor azt mutatta ki 13 lóbab fajtát vizsgálva, hogy a lóbabfehérje 70–78% globulin, 12–18% glutelin, 2–4% prolamin és 1–3% albumin frakciót tartalmaz. A mag kémiai komponensei közül a szénhidrátok 45–70%-ot tesznek ki, melynek túlnyomó többsége keményítő, míg a lipidek aránya viszonylag alacsony (1–2,5%), az olajsav és a linolsav alkotja a zsírok 75%-át (*Youssef et al. 1982, Larralde és Martinez 1991*).

A lóbab takarmányozás és táplálkozás biológiai értékét alapvetően a fehérjetartalom és a fehérje aminosav összetétele határozza meg. *Holló et al. (1968)* szerint az esszenciális aminosavak mennyisége tekintetében a lóbab valamennyi étkezési és abraktakarmány-hüvelyes közül a szója után a második helyen áll. A hüvelyesekre jellemző, hogy kéntartalmú aminosavakban (metionin,

cisztin) szegények, és különösen kevés a metionin a lóbabban. Az esszenciális aminosavak között az arginin és a lizin viszonylag magas értéket képvisel. A lóbab-fehérjén belül az egyes aminosavak részaránya jelentős eltérést mutathat a fajtától és az ökológiai hatástól függően (1. táblázat). A hazai vizsgálatok (Bódis 1983) azt igazolták, hogy az ökológiai hatás nagyobb, mint a fajta hatás, tehát jobban változik az aminosavak %-os összetétele az ökológiai viszonyok, mint a fajta függvényében. Az esszenciális és nem esszenciális aminosavak fehérjén belüli arányát vizsgálva megállapítható, hogy az esszenciális aminosavak részesedése 43–47%, míg a nem esszenciális aminosavaké 53–57%. A nem esszenciális aminosavak közel 50%-át a glutaminsav és az aszparaginsav teszi ki (Alghambi 2009, Hendawey és Younes 2013) (1. táblázat). A lóbab biológiai értékét részben a fehérjetartalom növelésével és részben a fehérje aminosav összetételének változtatásával javíthatjuk. A fehérjetartalom növelését célzó nemesítő munka során több szerző is azt tapasztalta, hogy a nagyobb fehérjetartalom néhány esszenciális aminosav csökkenését váltotta ki. Sjoedin (1982) vizsgálatai szerint a fehérjetartalom növelés negatív korrelációban volt a metionin, a cisztin és a lizin mennyiségével. Hasonló eredményekről számol be Griffiths (1984) is, miszerint a növekvő nyersfehérje-tartalom szignifikánsan csökkentette a lizin, a metionin, a cisztin, a fenilalanin és a hisztidin fehérjén belüli részarányát, míg az arginin pozitív korrelációban volt a nagyobb fehérjetartalommal.

A trágyázás hatásának vizsgálata a lóbab aminosav összetételére kevésbé tanulmányozott területe a lóbabkutatásnak. Hazánkban Pocsai (1985) közölt adatokat a mikroelem-tartalmú lombtrágyázás eredményeiről, mely szerint a lombtrágyázás a mag aminosav összetételét nem befolyásolta. Mivel a lóbab magja kéntartalmú aminosavakban szegény, a trágyázási kutatások is jelentős részben a N-, P- és S-ellátás, valamint a metionin- és cisztintartalom kapcsolatának vizsgálatára irányultak. Eppendorfer (1971) tenyészedény kísérletekben szoros pozitív korrelációt mutatott ki az összes N-tartalom, a fehérjetartalom és több aminosav mennyiségének változása között. A S-trágyázás jelentősen növelte a kéntartalmú aminosavak fehérjén belüli arányát. Eppendorfer és Eggum (1992) kimutatták, hogy a kénhiány – különösen magas N-ellátottsági szinten – csökkentette a metionin és a cisztin fehérjén belüli mennyiségét. De hasonló tendenciát tapasztaltak a lizin, a treonin és a triptofán esetében is.

1. táblázat. A lóbabfehérje aminosav-összetétele különböző szerzők szerint  
(g/100 g nyersfehérje)

Aminosav (1)	Clarke (1970)	Nitsan (1971)	Evans et al. (1972)	Kaldy- Kasting (1974)	Lattanzio et al. (1983)
Esszenciális aminosavak (EA) (2)					
Arginin (3)	10,3	7,5	10,3	10,4	9,6
Fenilalanin (4)	4,6	3,7	4,5	4,4	4,4
Hisztidin (5)	2,6	2,1	2,8	2,6	2,6
Izoleucin (6)	4,4	4,6	4,3	4,3	4,3
Leucin (7)	7,9	8,1	8,0	8,3	7,7
Lizin (8)	6,6	5,4	6,8	6,6	7,1
Metionin (9)	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8
Treonin (10)	4,0	4,1	3,9	3,3	3,6
Valin (11)	4,9	5,7	4,8	3,9	4,6
Triptofán (12)	-	1,0	-	1,0	-
Összesen EA (13)	46,0	42,9	46,3	45,6	44,7
Nem esszenciális aminosavak (NEA) (14)					
Alanin (15)	4,2	-	4,6	4,2	4,2
Aszparaginsav (16)	11,9	-	11,9	13,0	11,9
Cisztin (17)	0,8	1,4	-	1,7	1,3
Glicin (18)	5,6	-	4,8	4,2	4,2
Glutaminsav (19)	19,7	-	18,3	20,2	19,0
Prolin (20)	-	-	4,6	4,1	4,2
Szerin (21)	5,5	-	5,3	4,2	4,6
Tirozin (22)	3,9	-	3,3	2,8	3,2
Összes NEA (23)	51,6	-	52,8	54,4	52,7
Összes EA+NEA (24)	97,6	-	99,1	100,0	97,3
EA/NEA arány (25)	47/53	-	47/53	46/54	46/54

Table 1. Amino acid composition of broad bean protein according to various authors (g per 100 g raw protein). (1) Amino acid, (2) Essential amino acids (EA), (3) Arginine, (4) Phenylalanine, (5) Histidine, (6) Isoleucine, (7) Leucine, (8) Lysine, (9) Methionine, (10) Threonine, (11) Valine, (12) Tryptophan, (13) Total EA, (14) Non-essential amino acids (NEA), (15) Alanine, (16) Asparagine acid, (17) Cystine, (18) Glycine, (19) Glutamine acid, (20) Proline, (21) Serine, (22) Tyrosine, (23) Total NEA, (24) Total EA+NEA, (25) EA/NEA proportion

*Fiel et al.* (2002) szerint a vízellátottság jelentősen befolyásolja a fehérje-frakciók arányát. Kedvező vízellátottnál a P-trágyázás jelentősen növelte a lóbabfehérje globulin frakcióját, míg száraz körülmények között csökkentette azt.

A lóbab fehérjetartalma, aminosav összetétele genetikailag determinált, azonban irodalmi források szerint az ökológiai tényezők és a tápanyag-ellátottság befolyásolhatják azokat. A jelen dolgozat célja is az, hogy tartamkísérletek eredményei alapján értékelje a N- és P-ellátottság hatását lóbab aminosav összetételére.

### Anyag és módszer

A műtrágyázási tartamkísérletet a Kar Növénytermesztési Tanszék Kísérleti Telepén, Szarvason állítottuk be 1989-ben. A kísérleti terület talaja mélyben karbonátos csernozjom réti talaj, a humuszos réteg vastagsága 85–100 cm, a művelt réteg  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ -ja 5,0–5,2, humusztartalma 2,8–3,2%,  $\text{CaCO}_3$ -ot nem tartalmaz, kötöttsége ( $K_A$ ) 50, agyagtartalma 32%.

A kísérlet beállítása előtt 1989 őszen az AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  156 mg/kg, az AL- $\text{K}_2\text{O}$  322 mg/kg, AL-Na 212 mg/kg, a KCl-Mg 765 mg/kg, az EDTA-Mn 386 mg/kg, az EDTA-Cu 5,4 mg/kg és az EDTA-Zn 3,0 mg/kg volt a kísérleti terület átlagában. A MÉM NAK által elfogadott módszerek és határértékek (*Buzás és Fekete* 1979) alapján a talaj ellátottsága P-ből, K-ből és Cu-ból jó, Mg-ből és Mn-ből magas, még Zn-ből kielégítő volt. A talajvíz átlagos mélysége 300–350 cm.

A műtrágyázási tartamkísérletet három tényezővel (N-, P- és K-trágyázás), tényezőnként négy-négy N-, P- és K-szinten alakítottuk ki, teljes kombinációban ( $4^3$ ), azaz 64 kezeléssel, kétszeresen osztott parcellás elrendezésben, három ismétlésben. A három valódi ismétlésen belül a N-trágyázási kezelések 48, a P-trágyázási kezelések 16 belső ismétléssel szerepeltek. A kísérlet tényezői és kezelése:

„A” tényezőként a K-trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel:

$K_0$  = K-trágyázás nélkül,

$K_1$  = 300 kg/ha/év  $\text{K}_2\text{O}$  1989–1992 között, 100 kg/ha/év 1993-tól,

$K_2$  = 600 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$  1989-ben, 1000 kg/ha 1993-ban és 600 kg/ha 2001-ben,

$K_3$  = 1200 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$  1989-ben, 1500 kg/ha 1993-ban és 1200 kg/ha 2001-ben;

„B” tényezőként a P-trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel:

$P_0$  = P-trágyázás nélkül,

$P_1 = 100 \text{ kg/ha/év } P_2O_5$ ,

$P_2 = 500 \text{ kg/ha } P_2O_5$  1989-ben, 1993-ban és 2001-ben,

$P_3 = 1000 \text{ kg/ha } P_2O_5$  1989-ben, 1993-ban és 2001-ben;

„C” tényezőként a N-trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel:

$N_0 = \text{N-trágyázás nélkül}$ ,

$N_1 = 80 \text{ kg N/ha/év}$ ,

$N_2 = 160 \text{ kg N/ha/év}$ ,

$N_3 = 240 \text{ kg N/ha/év}$ .

Az időszakosan végzett nagyadagú P és K feltöltő trágyázás célja az volt, hogy jól elkülönülő ellátottsági szinteket alakítsunk ki a talajban a tápláltsági szituációk tanulmányozására és a talaj tápelem-ellátottsági határértékek megállapítására. A nitrogént ammóniumnitrát (34%), a foszfort szuperfoszfát (18%) és a káliumot kálisó (40 vagy 60%) formájában összesen juttattuk ki. Kivételt képezett 1999 ősze, amikor a csapadékos időjárás miatt a talajfelszínen kialakuló vízállások az őszi műtrágyázást nem tették lehetővé és azt tavasszal végeztük el. A kísérletben évente 4 növény szerepelt kiterített vetésforgóban,  $4 \times 192$  db parcellán, ahol a főparcellák területe  $320 \text{ m}^2$ , az elsőrendű alparcellák területe  $80 \text{ m}^2$  és a másodrendű alparcellák mérete  $4 \times 5 = 20 \text{ m}^2$  volt.

A lóbab előveteménye 1998-ban csupaszab (*Avena nuda* L.), 1999-ben tavaszi búza (*Triticum aestivum* L.), 2001-ben és 2002-ben kukorica (*Zea mays* L.) volt. A kísérlet minden évben szántásos alpművelésben részesült. A vetést 1998-ban és 1999-ben április 4-én, 2001-ben április 13-án és 2002-ben március 19-én végeztük, 36 cm-es sortávolságra, 450 ezer csíra/ha vetőmag-normával, Minor lóbab fajtával. A betakarítást parcella kombájnnal végeztük, 1998-ban, 1999-ben és 2001-ben augusztus 6-7-én, míg 2002-ben július 11-én, a mag 13–15% nedvességtartalmánál. A tenyészidő 1998-ban és 1999-ben 124 nap, míg 2001-ben és 2002-ben 115 nap volt.

A kísérleti évek tenyészidőszakának időjárása a kísérlet helyén mért adatok alapján a következőkkel jellemezhetők (2. táblázat).

Az 1998-as kísérleti év tenyészideje az átlagosnál csapadékosabb volt, de ekkor hullott a legkevesebb csapadék (86 mm) a lóbab virágzása és hüvelykötődése (május, június) időszakában. A tenyészidő átlaghőmérséklete a törzsértéknek megfelelően alakult. A legkedvezőbb vízellátottságú kísérleti időszak 1999 volt, amikor a tenyészidőben 392 mm csapadék hullott. Azonban a virág-

zás és hüvelykötődés időszakának átlaghőmérséklete 3 °C-kal haladta meg a sokévi átlagot. A 2001-es kísérleti év tenyészideje az átlagosnál csapadékosabb volt és kedvezően alakult a csapadék eloszlása és a tenyészidő átlaghőmérséklete is. A tenyészidőszak 2002-ben az átlagosnál csapadékszegényebb volt, de a korai vetés miatt kedvezőbb volt a virágzás és a hüvelykötődés vízellátottsága és hőmérséklete. A 2000-ben végzett lóbab kísérletek sajnos nem voltak értékelhetőek a vetést megelőző belvizes időszak miatti megkésett vetés és azt követő rendkívüli száraz időjárás következtében.

2. táblázat. A kísérleti hely időjárásának adatai a vizsgálati időszak alatt (Szarvas, 1997–2002)

Év (1)	Téli félév (X–III.) (2)	Tenyészidő (115–124 nap) (3)	Évi összeg, illetve átlag (4)
Csapadék (mm) (5)			
Átlag 1901–1975 (6)	225	222	538
1997	143	272	460
1998	185	317	615
1999	230	392	847
2000	291	130	339
2001	190	283	612
2002	118	193	489
Átlag hőmérséklet (°C) (7)			
Átlag 1901–1975 (6)	3,4	17,3	10,6
1997	3,6	16,1	10,2
1998	4,5	17,6	10,6
1999	3,1	20,9	12,2
2000	3,6	18,8	12,1
2001	6,2	17,4	11,8
2002	3,9	18,8	11,4

Table 2. Weather data of the experimental location during the period of examination (Szarvas, 1997–2002). (1) Year, (2) Winter period (months X–III.), (3) Growing season (115–124 days), (4) Yearly total and average, (5) Precipitation (mm), (6) Average 1901–1975, (7) Temperature (°C)

A talaj N-ellátottságának jellemzésére vizsgáltuk a lóbab vetése előtt a 0–60 cm-es talajréteg ásványi nitrogéntartalmát. Az ásványi nitrogént (NO<sub>3</sub> –

$\text{NO}_2 - \text{NH}_4 - \text{N}$  1 mol/dm<sup>3</sup> KCl-os kivonatból fotometriás módszerrel határoztuk meg, melynek  $\text{NO}_3\text{-N}$  értékeit a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat. A talaj tápanyag-ellátottsága trágyázási kezelésként  
(Szarvas, 1998–2002)

Kezelés jele (1)	Kísérleti évek (2)			
	1998	1999	2001	2002
$\text{NO}_3\text{-N}$ (kg/ha a 0–60 cm-es talajrétegben) (3)				
N <sub>0</sub>	42	38	40	62
N <sub>1</sub>	79	48	76	85
N <sub>2</sub>	108	85	127	178
N <sub>3</sub>	142	98	142	203
SzD <sub>5%</sub> (6)	15	10	14	21
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg a művelt rétegben) (4)				
P <sub>0</sub>	149	158	120	120
P <sub>1</sub>	186	175	183	176
P <sub>2</sub>	203	217	156	195
P <sub>3</sub>	257	267	204	339
SzD <sub>5%</sub> (6)	22	28	31	32
AL-K <sub>2</sub> O (mg/kg a művelt rétegben) (5)				
K <sub>0</sub>	260	290	232	229
K <sub>1</sub>	373	401	354	334
K <sub>2</sub>	403	445	352	394
K <sub>3</sub>	433	490	373	465
SzD <sub>5%</sub> (6)	42	36	44	50

Table 3. Nutrient supply level of the soil in each fertilisation treatment (Szarvas, 1998–2002). (1) Treatment code, (2) Experimental years, (3)  $\text{NO}_3\text{-N}$  in the 0–60 cm soil layer before sowing (kg ha<sup>-1</sup>), (4) AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in the cultivated layer (mg kg<sup>-1</sup>), (5) AL-K<sub>2</sub>O in the cultivated layer (mg kg<sup>-1</sup>)

A talaj tápelem-vizsgálatokat évente, ősszel az elővetemény betakarítása után a 0–60 cm-es talajrétegből vett mintákból végeztük el. A talaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- és K<sub>2</sub>O-tartalmát AL-módszerrel (MSZ 20135:1999) határoztuk meg, és az eredmények értékelésekor a talaj P- és K-ellátottságának megítélésére a szántott (30 cm-es) réteg értékeit használjuk. Az egyes kísérleti évek P- és K-ellátottságát az előző év őszenek vizsgálati eredményével jellemezzük (3. táblázat).

A nyersfehérje-tartalom és az aminosav összetétel vizsgálatához a magmin-tákat a K<sub>1</sub>-kezelés 4–4 N és P kezeléseiből szedtük. A parcellánkénti magtermésből átlós felezés módszerével 0,5 kg mintát vettünk, ezt ledaráltuk és ebből 100 grammot adtunk át a laboratóriumnak vizsgálatra. A vizsgálati eredmények három ismétlésre vonatkoznak.

A lóbab nyersfehérje-tartalmának (%) számításához ( $N\% \times 6,25$ ) az összes N-t Makro-Kjeldahl módszerrel (MSZ 6830-4:1981) az aminosav-összetételt savas (6N HCl) hidrolízis után ioncserés oszlop-kromatográfiás módszerrel (HPLC, Magyar Takarmánykódex 1990) a Bács ÁG Kft. Mezőgazdasági Vizsgáló és Termékminősítő Laboratórium végezte el. Az aminosavak közül a triptofánt nem határoztuk meg. A kísérletek matematika-statisztikai értékelését variancia-analízissel végeztük Sváb (1981) módszere szerint. A kísérleti eredmények ismertetése a N- és P-főhatásokra terjednek ki.

## Eredmények és következtetések

### *N-ellátottság hatása*

Az előző közleményben (Izsáki 2016) megállapítást nyert, hogy a 2002. kísérleti évben, amikor a legkorábban – március 19-én – vettettük a lóbabot, akkor a N-ellátottság a nyersfehérje-tartalmat érdemben nem befolyásolta. A többi három kísérleti évben 80 kg/ha-os N-adagig (N<sub>1</sub>), a talaj 0–60 cm-es rétegének vetés előtti 48–79 kg/ha NO<sub>3</sub>-N szintjéig a nyersfehérje-tartalom szignifikánsan növekedett a N-trágyázás nélküli (N<sub>0</sub>) kezeléshez képest. Ennél magasabb N-ellátottsági szinten, ahol a talaj természetes N-szolgáltató képessége N-trágyázás nélkül évente eléri a 120–130 kg/ha-t (Izsáki 2010, 2015), a magtermés nyersfehérje-tartalma már további megbízható növekedést nem mutatott, hanem 1999-ben a túlzott N-trágyázás (240 kg/ha (N<sub>3</sub>)) még csökkentette is a fehérjetartalmat a maximális értékhez képest.

A N-ellátottság hatása lóbab aminosav összetételére, kísérleti évenként, g/100 g szárazanyagban kifejezve a 4–5. táblázat adatai alapján értékelhető.

A vizsgált 17 aminosavból 1998-ban a N-trágyázás hatására négy esszenciális aminosav – mint az arginin, izoleucin, leucin és valin –, valamint három nem esszenciális aminosav – mint az aszparaginsav, glutaminsav és a szerin – mennyisége megbízhatóan növekedett a N-trágyázásban nem részesült kezeléshez képest. A 80 kg/ha-os N-adagnál (N<sub>1</sub>) magasabb N-trágyázási szint további szignifikáns változást nem eredményezett az aminosav összetételben.

4. táblázat. A N-ellátottság hatása a lóbab aminosav-összetételére (g/100 g szárazanyag) (Szarvas, 1998, 1999)

Komponensek (1)	1998					1999						
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)
Nyersfehérje (%) (4)	25,0	26,6	26,7	26,9	0,99	26,3	28,1	28,5	28,3	27,6	0,68	28,1
	Esszenciális aminosavak (EA) (5)											
Arginin (6)	2,14	2,30	2,34	2,27	0,16	2,26	2,03	2,19	2,26	2,05	0,13	2,13
Fenilalanin (7)	1,01	1,08	1,05	1,05	NS	1,05	0,97	1,03	1,07	0,99	NS	1,01
Hisztidin (8)	0,69	0,72	0,73	0,73	NS	0,71	0,67	0,64	0,69	0,63	NS	0,66
Izoleucin (9)	0,96	1,03	1,05	1,02	0,05	1,02	0,84	0,84	0,86	0,83	NS	0,84
Leucin (10)	1,65	1,71	1,75	1,73	0,07	1,71	1,77	1,82	1,81	1,76	0,03	1,79
Lizin (11)	1,63	1,72	1,72	1,68	NS	1,69	1,59	1,64	1,64	1,55	0,07	1,61
Metionin (12)	0,15	0,16	0,16	0,16	NS	0,16	0,12	0,12	0,13	0,12	NS	0,12
Treonin (13)	0,87	0,91	0,91	0,92	NS	0,90	0,90	0,90	0,94	0,88	NS	0,91
Valin (14)	1,06	1,13	1,15	1,14	0,05	1,12	1,00	1,00	1,04	1,01	NS	1,01
Összesen EA (15)	10,16	10,76	10,86	10,70	-	10,62	9,89	10,18	10,44	9,82	-	10,08
	Nem esszenciális aminosavak (NEA) (16)											
Alanin (17)	0,91	0,96	0,96	0,96	NS	0,95	1,04	1,04	1,07	1,04	NS	1,05
Aszparaginsav (18)	2,38	2,58	2,57	2,60	0,19	2,53	2,59	2,63	2,69	2,54	0,05	2,61
Cisztin (19)	0,25	0,26	0,26	0,26	NS	0,26	0,26	0,24	0,23	0,22	NS	0,24
Glicin (20)	0,97	1,02	1,02	1,02	NS	1,00	1,13	1,13	1,12	1,12	NS	1,13
Glutaminsav (21)	3,96	4,21	4,19	4,27	0,22	4,16	3,92	4,00	3,97	3,90	0,05	3,95
Prolin (22)	1,89	1,99	1,90	2,15	NS	1,98	1,46	1,58	1,38	1,17	0,27	1,40
Szerin (23)	1,19	1,27	1,26	1,28	0,07	1,25	1,19	1,19	1,22	1,16	0,04	1,19
Tirozin (24)	0,68	0,70	0,69	0,71	NS	0,70	0,68	0,68	0,72	0,67	NS	0,68
Összes NEA (25)	12,23	12,99	12,85	13,25	-	12,83	12,27	12,49	12,40	11,82	-	12,25
Összes EA+NEA (26)	22,39	23,75	23,71	23,95	-	23,45	22,16	22,67	22,84	21,64	-	22,33
EA/NEA arány (27)	45/55	45/55	45/55	45/55	-	45/55	45/55	45/55	45/55	45/55	-	45/55

Table 4. The effect of N supply on the amino acid composition of broad bean (g per 100g dry matter) (Szarvas, 1998, 1999). (1) Components, (2) LSD<sub>5%</sub>, (3) Mean, (4) Raw protein (%), (5) Essential amino acids (EA), (6) Arginine, (7) Phenylalanine, (8) Histidine, (9) Isoleucine, (10) Leucine, (11) Lysine, (12) Methionine, (13) Threonine, (14) Valine, (15) Total EA, (16) Non-essential amino acids (NEA), (17) Alanine, (18) Asparagine acid, (19) Cystine, (20) Glycine, (21) Glutamine acid, (22) Proline, (23) Serine, (24) Tyrosine, (25) Total NEA, (26) Total EA+NEA, (27) EA/NEA proportion

5. táblázat. A N-ellátottság hatása a lóbab aminosav-összetételére (g/100 g szárazanyag) (Szarvas, 2001, 2002)

Komponensek (1)	2001					2002						
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub> (2)	Átlag (3)
Nyersfehérje (%) (4)	27,0	27,5	27,5	28,0	0,71	27,5	33,3	33,1	33,9	34,0	NS	33,5
Esszenciális aminosavak (EA) (5)												
Arginin (6)	2,34	2,50	2,43	2,48	0,09	2,44	3,10	3,11	3,31	3,26	NS	3,20
Fenilalanin (7)	1,26	1,32	1,28	1,27	NS	1,28	1,36	1,34	1,34	1,39	NS	1,36
Hisztidin (8)	0,88	0,92	0,90	0,88	NS	0,90	1,03	1,03	1,02	1,03	NS	1,03
Izoleucin (9)	0,76	0,78	0,76	0,75	NS	0,76	1,12	1,12	1,17	1,16	NS	1,14
Leucin (10)	1,63	1,68	1,62	1,63	NS	1,64	2,23	2,25	2,36	2,29	NS	2,28
Lizin (11)	1,74	1,75	1,73	1,72	NS	1,74	1,81	1,79	1,84	1,81	NS	1,81
Metionin (12)	0,13	0,12	0,13	0,12	NS	0,13	0,29	0,30	0,32	0,33	NS	0,31
Treonin (13)	0,82	0,85	0,87	0,86	NS	0,85	1,08	1,05	1,13	1,10	NS	1,09
Valin (14)	0,76	0,73	0,74	0,76	NS	0,74	1,23	1,24	1,26	1,24	NS	1,24
Összesen EA (15)	10,32	10,65	10,46	10,47	-	10,48	13,25	13,23	13,75	13,61	-	13,46
Nem esszenciális aminosavak (NEA) (16)												
Alanin (17)	0,72	0,72	0,71	0,72	NS	0,72	1,31	1,37	1,41	1,43	NS	1,38
Aszparaginsav (18)	2,30	2,36	2,37	2,37	NS	2,35	3,03	2,93	3,24	3,08	NS	3,07
Cisztin (19)	0,21	0,19	0,18	0,18	NS	0,19	0,38	0,35	0,40	0,38	NS	0,38
Glicin (20)	1,16	1,17	1,14	1,18	NS	1,16	1,40	1,34	1,46	1,38	NS	1,40
Glutaminsav (21)	3,68	3,83	3,87	3,84	0,14	3,80	4,59	4,84	5,26	5,16	0,49	4,96
Prolin (22)	1,18	1,25	1,22	1,21	NS	1,21	1,22	1,28	1,24	1,22	NS	1,24
Szerin (23)	1,08	1,12	1,20	1,14	NS	1,14	1,35	1,42	1,54	1,54	0,13	1,46
Tirozin (24)	0,73	0,76	0,74	0,72	NS	0,74	0,69	0,66	0,70	0,69	NS	0,68
Összes NEA (25)	11,06	11,40	11,43	11,36	-	11,31	13,97	14,19	15,25	14,88	-	14,57
Összes EA+NEA (26)	21,38	22,05	21,89	21,83	-	21,79	27,22	27,42	29,00	28,49	-	28,03
EA/NEA arány (27)	48/52	48/52	48/52	48/52	-	48/52	49/51	48/52	47/53	48/52	-	48/52

Table 5. The effect of N supply on the amino acid composition of broad bean (g per 100g dry matter) (Szarvas, 2001, 2002). (1) Components, (2) LSD<sub>5%</sub>, (3) Mean, (4) Raw protein (%), (5) Essential amino acids (EA), (6) Arginine, (7) Phenylalanine, (8) Histidine, (9) Isoleucine, (10) Leucine, (11) Lysine, (12) Methionine, (13) Threonine, (14) Valine, (15) Total EA, (16) Non-essential amino acids (NEA), (17) Alanine, (18) Asparagine acid, (19) Cystine, (20) Glycine, (21) Glutamine acid, (22) Proline, (23) Serine, (24) Tyrosine, (25) Total NEA, (26) Total EA+NEA, (27) EA/NEA proportion

A N-ellátottság az esszenciális és nem esszenciális aminosavak arányát a magban nem befolyásolta, értéke 45/55 arányt mutatott minden N-trágyázási szinten. A szárazanyag %-ában kifejezett aminosavak összes mennyisége 89%-át tette ki a nyersfehérje-tartalomnak minden N-trágyázási kezelésben. Az, hogy az aminosavak összes mennyisége kevesebb, mint a nyersfehérje-tartalom az abból ered, hogy a nyersfehérje-tartalom számításához ( $N \times 6,25$ ) az összes N-t Makro-Kjeldahl módszerrel határoztuk meg. E módszerrel a fehérje-, a peptid-, a szabad aminosav-, az amid- és az ammónia-N mennyiségét mérjük (4. táblázat).

Az 1999-es kísérleti évben a jobb N-ellátottság (80, 160 kg/ha,  $N_1$ ,  $N_2$ ) hatására az arginin, a leucin, a lizin, az aszparaginsav és a glutaminsav mennyisége szignifikánsan növekedett, míg a túlzott N-ellátottság ( $N_3$ , 240 kg N/ha, 98 kg  $NO_3-N$  a 0–60 cm-es talajrétegben vetés előtt) a prolin és a szerin csökkenését váltotta ki. Az esszenciális és nem esszenciális aminosavak aránya 45/55 volt, amit a N-ellátottság nem befolyásolt. A szárazanyag %-ában kifejezett aminosavak összes mennyisége 78–81%-át tette ki a nyersfehérje-tartalomnak, de egyértelmű kezeléshatás nem érvényesült (4. táblázat).

A 2001-es és 2002-es kísérleti évben a N-ellátottság jelentéktelen mértékben befolyásolta a lóbab aminosav összetételét, mert 2001-ben a jobb N-ellátottság csak az arginin és a glutaminsav, míg 2002-ben a szerin és a glutaminsav mennyiségét növelte megbízhatóan. Az esszenciális és nem esszenciális aminosavak aránya 2001-ben 48/52 volt, míg 2002-ben 47/53 és 49/51 közé esett, érdemi N-kezeléshatást nem tapasztalva. A szárazanyag %-ában kifejezett aminosavak összes mennyisége 2001-ben 78–80%-át, míg 2002-ben 82–86%-át tette ki a nyersfehérje-tartalomnak (5. táblázat).

A négy kísérleti év alatt a N-ellátottságtól függően a glutaminsav és az arginin mennyisége növekedett az évek többségében, míg két évben a leucin, az aszparaginsav és a szerin mutatott szignifikáns gyarapodást. A szárazanyag %-ában kifejezett összes aminosav mennyisége a nyersfehérje-tartalomhoz viszonyítva 1998-ban volt a legmagasabb (89%), amikor a lóbab nyersfehérje-tartalma a legkisebb (25–27%) értéket mutatta. Mindez arra utal, hogy száraz évjáratban, alacsony termésszinten a nyersfehérjének nagyobb része volt aminosav formában kimutatható.

A N-ellátottság hatása a lóbab nyersfehérje aminosav összetételére (g/100 g nyersfehérje) a 6. táblázat adatai alapján tekinthető át.

6. táblázat. A N-ellátottság hatása a lóbab nyersfehérje aminosav-összetételére  
(g/100 g nyersfehérje)  
(Szarvas, 1999–2002, szignifikáns hatások)

Aminosav (1)	N-adag (kg/ha) (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>		
1999						
Arginin (5)	7,39	7,70	7,96	7,52	0,28	7,64
Aszparaginsav (6)	9,23	9,24	9,53	9,19	0,26	9,30
2001						
Arginin (5)	8,65	9,14	8,69	8,63	0,37	8,78
Tirozin (7)	2,69	2,80	2,70	2,58	0,18	2,69
2002						
Arginin (5)	9,29	9,42	9,79	9,58	0,22	9,52
Glutaminsav (8)	13,81	14,62	15,50	15,19	1,29	14,78
Szerin (9)	4,06	4,28	4,55	4,52	0,39	4,35

Table 6. The effect of N supply on the amino acid composition of broad bean (g per 100 g dry matter) (Szarvas, 1999–2002, significant effects). (1) Amino acids, (2) N doses (kg ha<sup>-1</sup>), (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Arginine, (6) Asparagine acid, (7) Tyrosine, (8) Glutamine acid, (9) Serine

Az eredmények szerint az 1998-as kísérleti évben a N-trágyázás az aminosavak nyersfehérjén belüli arányát érdemben nem befolyásolta. A további három kísérleti évben egyedül az arginin mennyisége növekedett minden évben szignifikánsan a nyersfehérjén belül a jobb N-ellátottság eredményeként. Egy-egy évben volt kimutatható az aszparaginsav, a tirozin, a glutaminsav és a szerin megbízható gyarapodása. Összefoglalóan megállapítható, hogy a N-ellátottság hatása a nyersfehérje aminosav összetételére nem volt jelentős, az arginin kivételével nem konzekvens, és évjáratonként változóan csak néhány aminosav nyersfehérjén belüli részesedésében tapasztalhatunk szignifikáns növekedést.

#### *P-ellátottság hatása*

Korábbi vizsgálataink (Izsáki 2016) szerint a lóbab nyersfehérje-tartalma szignifikánsan csak 1999-ben növekedett, míg 2002-ben csökkent a jobb P-ellátottság (175–339 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) hatására.

A P-ellátottság lóbab aminosav összetételre gyakorolt hatása kísérleti évenként, a szárazanyag %-ában kifejezve a 7. táblázat adatai alapján értékelhető.

7. táblázat. A P-ellátottság hatása a lóbab aminosav-összetételére  
(g/100 g szárazanyag)  
(Szarvas, 1998–2002, szignifikáns hatások)

Aminosav (1)	P-ellátottság (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>		
1998						
Prolin (5)	1,70	2,09	1,99	2,15	0,29	1,98
1999						
Cisztin (6)	0,20	0,26	0,27	0,25	0,03	0,25
2001						
Lizin (7)	1,69	1,70	1,79	1,77	0,07	1,74
Aszparaginsav (8)	2,26	2,37	2,41	2,38	0,11	2,34
2002						
Arginin (9)	3,30	3,24	3,15	3,10	0,18	3,20
Valin (10)	1,31	1,23	1,23	1,19	0,08	1,24
Aszparaginsav (8)	3,07	3,31	2,94	2,96	0,28	3,07

Table 7. The effect of P supply on the amino acid composition of broad bean (g per 100 g dry matter) (Szarvas, 1998–2002, significant effects). (1) Amino acids, (2) P supply, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Proline, (6) Cystine, (7) Lysine, (8) Asparagine acid, (9) Arginine, (10) Valine

A kísérleti évek alatt a talaj művelt rétegének AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma P-trágyázás nélkül (P<sub>0</sub>) 120–158 mg/kg, míg a P-trágyázott kezeléseknél 175–339 mg/kg között változott. A P<sub>0</sub> ellátottsági szinthez viszonyítva 1998-ban a prolin, 1999-ben a cisztin és 2001-ben a lizin és az aszparaginsav mennyisége növekedett a jobb P-ellátottság hatására. A 2002-es kísérleti évben a túlzott P-ellátottság (P<sub>3</sub>, 339 mg/kg AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) az arginin, a valin és az aszparaginsav szignifikáns csökkenését váltotta ki.

P-ellátottság a nyersfehérje aminosav összetételét (g/100 g nyersfehérje) évről-évre eltérő módon befolyásolta. Az 1998-as kísérleti évben a prolin mennyisége növekedett a jobb P-ellátottsággal, míg 1999-ben a glicin és a glutaminsav mennyisége csökkent magasabb P-ellátottsági szinten. A 2001-es évben tapasztaltuk a legjelentősebb aminosav összetétel változást, amikor a P-ellátottság nem is befolyásolta a lóbab nyersfehérje-tartalmát. Ebben az évben a leucin, az aszparaginsav és a glicin nyersfehérjén belüli részesezése növekedett, míg a hisztidin, a metionin, a valin és a cisztin csökkent. A 2002-

es évben a cisztin és a glicin aránya növekedett a nyersfehérjén belül a jobb P-ellátottsági szinten (8. táblázat).

8. táblázat. A P-ellátottság hatása a lóbab aminosav-összetételére  
(g/100 g nyersfehérje)  
(Szarvas, 1998–2002, szignifikáns hatások)

Aminosav (1)	P-ellátottság (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>		
1998						
Prolin (5)	6,41	8,04	7,59	8,33	0,84	7,59
1999						
Glicin (6)	4,09	3,90	4,08	3,93	0,13	4,00
Glutaminsav (7)	14,23	13,85	14,20	13,88	0,29	14,04
2001						
Hisztidin (8)	3,41	3,32	3,25	3,16	0,23	3,29
Leucin (9)	5,75	5,81	6,22	6,11	0,33	5,97
Metionin (10)	0,45	0,51	0,50	0,39	0,09	0,46
Valin (11)	3,00	2,46	2,67	2,70	0,26	2,71
Aszparaginsav (12)	8,26	8,48	8,74	8,75	0,42	8,56
Cisztin (13)	0,78	0,77	0,63	0,58	0,19	0,69
Glicin (6)	4,05	4,19	4,39	4,31	0,25	4,24
2002						
Cisztin (13)	1,08	1,17	1,15	1,14	0,05	1,14
Glicin (6)	4,03	4,41	3,98	4,02	0,19	4,11

Table 8. The effect of P supply on the amino acid composition of broad bean (g per 100 g raw protein) (Szarvas, 1998–2002, significant effects) (1) Amino acids, (2) P supply, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Proline, (6) Glycine, (7) Glutamine acid, (8) Histidine, (9) Leucine, (10) Methionine, (11) Valine, (12) Asparagine acid, (13) Cystine

#### Kezelések és évek átlagos hatása

A lóbab aminosav összetételét a trágyázási kezelések és a kísérleti évek átlagában a 9. táblázat foglalja össze.

9. táblázat. A lóbab aminosav-összetétele a trágyázási kezelések és a kísérleti évek átlagában (Szarvas, 1998–2002)

Aminosav (1)	Átlag (2)	Szélsőérték (3)	Átlag (2)	Szélsőérték (3)
	g/100 g szárazanyag (4)		g/100 g nyersfehérje (5)	
Esszenciális aminosavak (EA) (6)				
Arginin (7)	2,50	2,03–3,31	8,63	7,39–9,79
Fenilalanin (8)	1,18	0,97–1,39	4,07	3,56–4,66
Hisztidin (9)	0,83	0,63–1,03	2,84	2,27–3,37
Izoleucin (10)	0,94	0,76–1,17	3,26	2,70–3,94
Leucin (11)	1,89	1,62–2,36	6,41	5,86–6,95
Lizin (12)	1,71	1,55–1,84	5,97	5,33–6,58
Metionin (13)	0,18	0,12–0,33	0,61	0,43–0,98
Treonin (14)	0,94	0,82–1,13	3,24	3,03–3,45
Valin (15)	1,03	0,73–1,31	3,57	2,68–4,29
Összesen (EA) (16)	11,20	9,82–13,75	38,60	33,95–44,41
Nem esszenciális aminosavak (NEA) (17)				
Alanin (18)	1,03	0,71–1,43	3,51	2,59–4,21
Aszparaginsav (19)	2,64	2,26–3,31	9,15	8,49–9,67
Cisztin (20)	0,27	0,16–0,40	0,92	0,59–1,17
Glicin (21)	1,17	0,97–1,46	4,04	3,77–4,29
Glutaminsav (22)	4,22	3,68–5,26	14,59	13,85–15,84
Prolin (23)	1,46	1,17–2,15	5,19	4,23–7,96
Szerin (24)	1,26	1,08–1,54	4,38	4,06–4,76
Tirozin (25)	0,70	0,67–0,76	2,45	2,00–2,80
Összesen (NEA) (26)	12,75	11,06–15,25	44,23	39,02–50,60
EA+NEA (27)	23,95	20,88–29,00	82,83	72,97–95,01
EA/NEA arány (28)	47/53	47/53–47/53	47/53	47/53–47/53

Table 9. Amino acid composition of broad bean averaged over the different fertilisation treatments and experimental years (Szarvas, 2001, 2002). (1) Amino acids, (2) Mean, (3) Extreme value, (4) g per 100 g dry matter, (5) g per 100 g raw protein, (6) Essential amino acids (EA), (7) Arginine, (8) Phenylalanine, (9) Histidine, (10) Isoleucine, (11) Leucine, (12) Lysine, (13) Methionine, (14) Threonine, (15) Valine, (16) Total EA, (17) Non-essential amino acids (NEA), (18) Alanine, (19) Asparagine acid, (20) Cystine, (21) Glycine, (22) Glutamine acid, (23) Proline, (24) Serine, (25) Tyrosine, (26) Total NEA, (27) Total EA+NEA, (28) EA/NEA proportion

A lóbab magtermésének nyersfehérje-tartalma a trágyázási kezelések és a kísérleti évek átlagában 28,85% volt, melyből a 17 aminosav mennyisége a szárazanyagra vonatkoztatva 23,96%-ot tett ki, és ezen belül az esszenciális és nem esszenciális aminosavak megoszlása 11,20% és 12,75%. Így az esszenciális és nem esszenciális aminosavak fehérjén belüli aránya 47/53. Szárazanyagra vonatkoztatva a N- és P-ellátottságtól, valamint az évjárattól függően az esszenciális aminosavak mennyisége 9,82% és 13,75% és a nem esszenciális aminosavak mennyisége 11,06% és 15,25% között változott. Az összes aminosav mennyisége g/100 g nyersfehérjére számítva átlagosan 82,83%-ot tett ki, mely tág intervallumban, 72,97–95,01% között változott. A lóbabfehérje kéntartalmú aminosavakban szegény, a metionin és az cisztin együttes mennyisége a nyersfehérjén belül csak 1,5%. Az esszenciális aminosavak között legnagyobb arányt az arginin, a leucin és a lizin képviselnek, míg a nem esszenciális aminosavak esetében a glutaminsav és az aszparaginsav az uralkodó. A kísérleti eredmények azt igazolták, hogy a lóbab fehérjetartalmát és aminosav összetételét az évjárat nagyobb mértékben befolyásolta, mint egy-egy évben a N- és P-ellátottság.

### Köszönetnyilvánítás

A kísérleti eredmények részben az OTKA (T-034436, T-048816) támogatásával megvalósult kutatási programok keretében születtek.

### Irodalom

- Abdalla, M. M.–Morad, M. M.–Roushdi, M.*: 1976. Some quality characteristics of selections of *Vicia faba* L. and their bearing upon field bean. Z. Pflanzenzüchtung. 77: 72–79.
- Alghamdi, S. S.*: 2009. Chemical composition of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes under various water regimes. Pakistan Journal of Nutrition. 8. 4: 477–482.
- Ali, A. E.–Ahmed, G. E. E.–El-Hardallow, E. B.*: 1982. Faba beans and their role in diets in Sudan. [In: Hawtin, G. C.–Webb, D. (eds.) Faba bean improvement.] Martinus Nijhoff. The Hague. 317–318.
- Bárdossy A.*: 1968. Vizsgálatok a takarmánybab (lóbab – *Vicia faba* L.) termesztés értékeléséhez a Kisalföldön. Takarmánybázis. 8. 1–2: 27–42.
- Bódis L.*: 1983. Az abrakhüvelyesek termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

- Clarke, H. E.: 1970. The evaluation of the field bean (*Vicia faba* L.) in animal nutrition. Proc. of Nutrition Society. 29: 64–73.
- Buzás I.–Fekete A. (szerk.): 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM NAK. Budapest. I–II. rész.
- Cubero, J. I.–Moreno, M. T.: 1983. Leguminosas de grano. Mundi–Prensa, Madrid. Spain.
- Eppendorfer, W. H.: 1971. Effect of S, N and P on amino acid composition of field beans (*Vicia faba* L.) and responses of the biological value of seed protein to S–amino acid content. Journal of the Science of Food and Agriculture. 22. 10: 501–505.
- Eppendorfer, W. H.–Eggum, B. O.: 1992. Dietary fibre, sugar, starch and amino acid content of kale, ryegrass and seed of rape and field beans as influenced by S– and N–fertilization. Plant Food for Human Nutrition. 42. 4: 359–371.
- Evans, L.–Seither, J. F.–Bushuk, W.: 1972. Horsebeans – a protein crop for western Canada? Canadian Journal of Plant Science. 52: 657–659.
- Fiel, H. E. A.–Tinay, A. H.–Elsheikh, E. A.: 2002. effect of nutritional status of faba bean (*Vicia faba* L.) on protein solubility profiles. Food Chemistry. 76. 2: 219–223.
- Griffiths, D. W.: 1984. An assessment of the potential for improving the nutritive value of field beans (*Vicia faba* L.) – A progress report. [In: Hebblethwaite, P. D. et al. (eds.) *Vicia faba*: Agronomy, Physiology and Breeding.] Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk. The Hague. 271–278.
- Hendawey, M. H.–Younes, A. M. A.: 2013. Biochemical evaluation of some faba bean cultivars under rainfed conditions at El–Sheikh Zuwayid. Annals of Agricultural Science. 58. 2: 183–193.
- Holló J.–Koch L.–Zagyvai I.: 1968. Új eljárás a világ fehérjeinségének leküzdésére növényi alapon. Takarmánybázis. 96: 5–17.
- Izsáki Z.: 2010. A N–műtrágyázás hatása a csernozjom réti talaj nitrogénmértékére a NO<sub>3</sub>–N mélységi eloszlására 1990–2007 között. Agrokémia és Talajtan. 59. 2: 233–248.
- Izsáki Z.: 2015. A szarvasi műtrágyázási tartamkísérletek eredményei I. 1990–2010. Kukorica, cukorrépa, zab, olajlen és silócirok tápanyagellátása. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft. Budapest.
- Izsáki Z.: 2016. A talaj N-, P- és K-ellátottságának hatása a lóbab (*Vicia faba* L.) termésére csernozjom réti talajon I. Terméshozam, fehérjetartalom és fehérjetermés. Növénytermelés. 65. 4: 31–50.
- Kaldy, M. S.–Kastind, R.: 1974. Amino acid composition and protein quality of eight faba bean cultivars. Canadian Journal of Plant Science. 54. 4: 869–871.
- Kurnik E.: 1970. Étkezési és abraktakarmány hüvelyesek termesztése. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Larralde, J.–Martinez, J. A.: 1991. Nutritional value of faba bean: effect of nutrient utilization, protein turnover and immunity. [In: Cubero J. I.–Saxena, M. C. (eds.) Present status and future prospects of faba bean production and improvement in the Mediterranean countries.] Zaragoza: CIHEAM. 111–117.

- Lattanzio, V.-Bianco, V. V.-Crivell, G.-Miccolis, V.:* 1983. Variability of amino acids, protein, vicine and convicine in *Vicia faba* (L.) cultivars. *Journal of Food Science*. 48: 992-993.
- Magyar Takarmánykódex:* 1990. Földművelésügyi Minisztérium és a Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet kiadványa. Budapest.
- MSZ 20135:1999:* 1999. A talaj oldható tápelemtartalmának meghatározása.
- MSZ 6830-4:1981:* 1981. Nyersfehérje, nyersfehérje tartalom (Makro-Kjeldahl módszer) meghatározása.
- Nitsan, Z.:* 1971. *Vicia faba* beans vs. soybean meal as a source of protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 22: 252-255.
- Pocsai K.:* 1985. Néhány mikroelem-tartalmú lombtrágya hatása a lóbab (*Vicia faba* L.) magtermésére és a mag aminosav-tartalmára. *Növénytermelés*. 34. 1: 47-51.
- Sjoedin, J.:* 1982. Protein quantity and quality in vicia faba. [In: Hawtin, G. C.-Webb, D. (eds.) *Faba bean improvement*.] Martinus Nijhoff. The Hague. 319-331.
- Sváb J.:* 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Youssef, M. M.-Bushuk, W.-Murray, E. D.-Zilman, R.-El-Tabey Shehata, A. M.:* 1982. Relationship between Cookability and some chemical and physical properties of faba beans (*Vicia faba* L.). *Journal of Food Science*. 47: 1695-1709.

A szerző levelezési címe - Address of the author:

Dr. Izsáki Zoltán  
Szent István Egyetem GAEK  
Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet  
Szarvas  
Szabadság út 1-3.  
H-5540  
izsaki.zoltan@gk.szie.hu

## Hazai rozs (*Secale cereale* L.) fajták ciklikus hidroxámsav-tartalma és -kiválasztása

MAKLEIT PÉTER - SZŐKE LÓRÁNT - VERES SZILVIA

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

### Összefoglalás

Hazai nemesítésű, államilag elismert rozs fajták (Kisvárdai alacsony, Kisvárdai legelő, Várda, Kriszta, Lovászpatonai és Ryefood) növekedését, hidroxámsav-tartalmát és gyökereik hidroxámsav-kiválasztását vizsgáltuk. A növények nevelése tápoldaton, klímaszobában, szabályozott környezeti körülmények között történt. A mintavételeket a növények 8, 15 és 22 napos korában végeztük. A hidroxámsav-tartalmat és -kiválasztást spektrofotometriás módszerrel határoztuk meg.

Kimutattuk, hogy a fajták növekedési ütemében az általunk vizsgált növényi korokban szignifikáns különbségek voltak. A Kriszta fajta kisebb növekedési ütemet mutatott a többi fajtához képest.

Megállapítottuk, hogy a gyökerek hidroxámsav-tartalma minden növényi korban, minden fajta esetében szignifikánsan kisebb volt, mint a hajtásoké. A hajtás hidroxámsav-tartalmára mind a kor, mind a fajta, illetve e két tényező interakciója is szignifikáns hatást gyakorolt. Nyolc napos növények hajtásának hidroxámsav-tartalma szignifikánsan nagyobb volt, mint a 15 és 22 napos korú növényeké, mely utóbbi két növényi korban a hidroxámsav-tartalom a hajtásban nem különbözött. Legmagasabb hidroxámsav-tartalmat a hajtásban a Kriszta fajtában mértük. A gyökerek hidroxámsav-tartalmára a kornak szignifikáns hatása volt, a fajta hatása azonban nem bizonyult szignifikánsnak. A 8 és 15 napos korú növények gyökereiben a hidroxámsav-tartalom nem különbözött, azonban a 22 napos növények gyökereiben az előbbi növényi korokhoz képest szignifikánsan kisebb volt.

A hidroxámsav-kiválasztást a növényi kor szignifikánsan befolyásolta, a fajta mint tényező nem, a kor és a fajta interakciója viszont szignifikáns hatásúnak bizonyult. Megállapítható, hogy a kor hatása a fajták hidroxámsav-kiválasztására fajtánként különböző módon érvényesült. A kiválasztás stagnálása, csökkenése és szabálytalan változása egyaránt előfordult.

A gyökerek hidroxámsav-tartalma és a kiválasztott mennyiség között nem találtunk összefüggést, mely összhangban van a szakirodalmi adatokkal.

Eredményeink segíthetnek feltérképezni a hazai rozs fajták betegség ellenállósága és kiváló gyomelnyomó képessége mögött rejlő okokat.

**Kulcsszavak:** rozs fajták, hidroxámsav-tartalom és -kiválasztás

## **Cyclic hydroxamic acid content and exudation of Hungarian rye (*Secale cereale* L.) varieties**

P. MAKLEIT – L. SZŐKE – SZ. VERES

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

### **Summary**

Cyclic hydroxamic acid content, exudation and the development of six Hungarian rye cultivars were investigated. The examined varieties were Kisvárdai alacsony, Kisvárdai legelő, Várda, Kriszta, Lovászpatonai and Ryefood. Plants were cultivated on nutrient solution, in climate chamber under regulated environmental circumstances. Sampling was carried out at the 8, 15 and 22 days of plant age. The content and the exudated amount of cyclic hydroxamic acids were measured by spectrophotometric method.

Significant differences were detected amongst cultivars in the rate of development. Kriszta showed slower rate of development than other cultivars.

It was measured that the cyclic hydroxamic acid content of roots was lower than that of the shoots in the case of every variety in the examined plant ages. Variety and plant age and the interaction of these factors caused significant effect on the cyclic hydroxamic acid content of shoots. It was significantly higher in the case of 8 days old plants than in case of 15 or 22 days old ones. There was no difference in the cyclic

hydroxamic acid content of shoots between the 15- and 22-day-old plants. The highest cyclic hydroxamic acid content was measured in cultivar Kriszta.

Plant age had a significant effect on the cyclic hydroxamic acid content of roots, but variety as a factor had not. There was no difference between the cyclic hydroxamic acid content of roots of 8 and 15 days old plants. In contrast with this statement, the 22-day-old plants had significantly lower root's cyclic hydroxamic acid content than that of the 8- or 15-day-old ones.

Plant age and interaction of plant age and variety significantly influenced the cyclic hydroxamic exudation of roots, but variety alone did not. It can be concluded that the effect of plant age manifested on various ways in case of different varieties. Stagnation, increase, decrease and irregular change occurred at different examined varieties. On the basis of our results there was no connection between the exudated amount and the cyclic hydroxamic acid content of roots.

According to our expectations the results of this study can help to elucidate the background of diverse resistance and allelopathic properties of rye varieties.

**Key words:** rye varieties, cyclic hydroxamic acid content and exudation

## Циклическое содержание гидроксамовой кислоты сортами венгерской ржи (*Secale cereale* L.) и её отбор

П. МАКЛЕИТ – Л. СЁКЕ – С. ВЕРЕШ

Дебреценский Университет, Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента, Институт Ботаники, Дебрецен

### Резюме

Изучали рост, содержание гидроксамовой кислоты и отбор гидроксамовой кислоты корнями венгерской селекции, государственно признанных сортов ржи («Kisvárdai alacsony», «Kisvárdai legelő», «Várda», «Kriszta», «Lovászpatonai» и «Ryefood»). Рост растений происходил на питательном растворе, в кондиционированной комнате, в регулируемых окружающих условиях. Отбор образцов проводили в 8, 15 и 22-дневном возрасте растений. Содержание гидроксамовой кислоты и её отбор определяли спектрофотометрическим методом.

Показали, что в темпе роста сортов были значительные различия в исследованных нами различных возрастах растений. Сорт «Kriszta» показал меньший темп роста по сравнению с другими сортами.

Установили, что содержание гидроксамовой кислоты корнями в каждом возрасте растений, в случае каждого сорта было значительно меньше, чем в их побегах. На содержание гидроксамовой кислоты побегов как возраст, так и сорт, точнее интеракция этих двух факторов также оказывала значительное влияние. Содержание гидроксамовой кислоты побегов восьмидневных растений было значительно больше, чем побегов растений 15 и 22-дневного возраста, у которых в двух последних возрастах растений содержание гидроксамовой кислоты в побегах не отличалось. Самое высокое содержание гидроксамовой кислоты в побегах измерили в сорте «Kriszta». На содержание корнями гидроксамовой кислоты влияние возраста было значительным, а значительное влияние сорта не подтвердилось. В корнях растений возраста 8 и 15 дней содержание гидроксамовой кислоты не отличалось, однако в корнях растений возрастом 22 дня это было значительно меньше по сравнению с предыдущими возрастами растений.

На отбор гидроксамовой кислоты возраст растений повлиял значительно, сорт как фактор не повлиял, а интеракция возраста и сорта напротив оказала значительное влияние. Можно установить, что влияние возраста на отбор гидроксамовой кислоты сортами различным образом проявляется по сортам. Стагнация отбора, его уменьшение и нерегулируемое изменение встречаются в равной мере.

Между содержанием корнями гидроксамовой кислоты и её отобранном количеством не обнаружили взаимосвязь, что согласуется с данными специальной литературы.

Наши результаты могут помочь определить скрывающиеся за устойчивость от болезней и отличной способностью подавлять сорняки причины венгерских сортов ржи.

**Ключевые слова:** сорта ржи, содержание гидроксамовой кислоты и её отбор

## Bevezetés

A növénytermesztés jelentős költségtényezője a növényvédelem. A növényvédelmi eljárások befolyásolják a megtermelt termés mennyiségét és minőségét, illetve hatással lehetnek a környezetre is. Az állandó, nagymértékű növény-

védő szer használat során, a talaj termőképessége, a biodiverzitás csökken, a víz és levegő szennyezettsége nő. Az integrált növényvédelem (IPM), mint elérendő cél, megfelelő eszköz lehet a vegyszeres növényvédelem káros hatásainak csökkentésére. Ennek jelentős elemei az agrotechnika, a rezisztenciára történő nemesítés, a biológiai és kémiai védekezések egymással összeférhető alkalmazása (Bozsik 2014). Az ilyen típusú növényvédelemben természetesen a vegyszeres védekezések minimalizálása. Az IPM rendszerszemléletű alkalmazása helyett jelenleg egyes elemeit próbáljuk alkalmazni, melyek közül kiemelkedő szerepe van a megfelelő faj, fajta kiválasztásának. A fajtaválasztással költséget lehet megtakarítani, a környezet terhelését csökkenteni. A megfelelő fajtaválasztáshoz azonban ismerni kell a fajták sajátosságait. A termesztő szemszögéből elegendő, ha tudja, hogy az adott fajta mely károsítókkal szemben ellenálló, illetve milyen előnyös agronómiai sajátosságai vannak. A nemesítők számára az előnyös sajátosságok okait is ismerni kell, hogy szelektálni tudjon az előnyös morfológiai, fejlődési és élettani tulajdonságokra, sajátosságokra nézve. A ciklikus hidroxámsav-tartalom több, természetstechnológiai szempontból lényeges sajátosságot határoz meg. A ciklikus hidroxámsavak a másodlagos anyagcsere termékei és főként a *Poaceae* család fajai termelik és választják ki azokat, gyökereiken keresztül (Niemeyer 2009). E vegyületek a növények minden részében kimutathatók, a gyökérben kisebb mennyiségben vannak jelen, mint a hajtásban (Tang et al. 1975, Argandona et al. 1981). Fajok, fajták között a hidroxámsav tartalom tekintetében eltérések tapasztalhatóak (Copaja et al. 1991, 2006, Xie et al. 1992, Makleit et al. 2012). E vegyületek részt vesznek a károsítókkal szembeni ellenállóság kialakításában. A rozst is megtámadó gombabetegségek közül a gabonakalász fuzáriózisa (*Fusarium graminearum*) (Whitney és Mortimore 1959), a hópenész (*Fusarium nivale*, syn.: *Microdochium nivale*) (Wahlroos és Virtanen 1959) és a gabona lisztharman (*Erysiphe graminis*, syn.: *Blumeria graminis*) (Brandes és Heitefuss 1971) elleni ellenállósággal kapcsolatban bizonyították szerepüket.

A ciklikus hidroxámsavak negatív hatását különböző pászitfű fajokat károsító levéltetvekkel szemben is megállapították: zselnyicemeggy levéltetű (*Rhopalosiphum padi*) esetében Makleit (2010), gabona-levéltetű (*Sitobion avenae*) esetében Bohidar et al. (1986), zöld gabona-levéltetű (*Schizaphis graminum*) fertőzésnél Argandona et al. (1981).

A ciklikus hidroxámsavak szerepet játszanak az allelopátia folyamatában is. A kiválasztott hidroxámsavak csírázást vagy/és növekedést gátló hatását rozs

esetében is többen igazolták (*Barnes és Putnam 1987, Reberg-Horton et al. 2005, Copaja et al. 2006*). A rozs kiváló gyomelnyomó képessége is tehát – legalábbis részben – a gyökerei által kiválasztott hidroxámsavaknak tulajdonítható.

A ciklikus hidroxámsavakat termelő növényekben, e vegyületek mennyiségi meghatározása több szempontból lényeges. Szerteágazó biológiai szerepeik, valamint, hogy e szerepekben milyen mértékben képesek a növényt „segíteni”, főként mennyiségük függvénye. Számos kutató vizsgálta több termesztett növényben, illetve azok fajtáiban előfordulásukat, valamint mennyiségük változását. Különböző rozs fajtákban is tanulmányozták e paramétereket (*Zuniga et al. 1983, Gianoli et al. 1999, Reberg-Horton et al. 2005, Copaja et al. 2006*). Hazai nemesítésű rozs fajtákban eddig ilyen irányú kutatások csak igen korlátozott számban történtek. E célból választottunk ki hat, hazai nemesítésű fajtát és mértük a növények különböző szerveiben a hidroxámsavak összes mennyiségét. A méréseket különböző növényi korokban végeztük el, lehetővé téve a hidroxámsav-tartalom változásának nyomon követését is. Szintén vizsgáltuk a gyökerek hidroxámsav kiválasztását, melyet a hidroxámsav-tartalom vizsgálatához hasonlóan különböző növényi korokban hajtottuk végre. Méréseink lehetővé tették a hazai és külföldön termesztett fajták ez irányú összehasonlítását is a megjelent publikációk adatainak saját adatainkkal történő összevetésével. E vizsgálatok eredményei felhasználhatók a fajtaválasztásban, továbbá nemesítés során a hidroxámsav-tartalom és kiválasztás mérése ellenállóbb, jobb gyomelnyomó képességű fajták előállítását segítheti.

## Anyag és módszer

### *Kísérleti növények és nevelésük*

A kísérletekhez használt rozs fajták a következők voltak: Kisvárdai alacsony, Kisvárdai legelő, Várda, Kriszta, Lovászpatonai és Ryefood. Ezek a fajták szerepelnek leggyakrabban a köztermesztésben, a választásunk ezért esett e fajtákra. Az egyes, felhasznált fajtákról fenntartóik egyaránt megfelelő betegség szembeni ellenállóságról és jó gyomelnyomó képességről adnak számot. Kiemelhető, hogy a Ryefood fajta lisztharmattal szemben rezisztens.

A növényeket tápoldatos körülmények közt, klímazobában neveltük. A nevelés megkezdése előtt a magvakat hidrogén-peroxid 5%-os oldatával sterilizáltuk. Többszöri desztillált vizes mosás után egy órát duzzasztottuk, majd

9 cm átmérőjű Petri-csészébe raktuk, két réteg szűrőpapírra. Ez után a kicsírázott szemeket 1 literes edények felületére, műanyag hálóra helyeztük. Az edényekben ioncserélt víz volt és termosztátba, 25 °C hőmérsékletre helyeztük azokat. Erre a műveletre azért volt szükség, hogy a növények hajtása kellően megnyúljon, amely a tápoldatra helyezéshez nélkülözhetetlen. A növények korát úgy határoztuk meg, hogy a csírázás kezdetét vettük életük első napjának. A hajtás megnyúlása után, mely két napot vett igénybe az azonos fejlettségű növényeket tápoldatra raktuk. Az edények térfogata 2,5 liter volt, melyre 30 darab növény került úgy, hogy a növényeket hármásával rögzítettük a tápoldatra helyezett műanyag lap 10 furatába. Egy fajtából négy darab 2,5 literes edénybe, összesen 120 db növényt raktunk be és neveltük fel. A növények neveléséhez *Treeby et al.* (1989) által közölt összetételű tápoldatot használtuk. A vas hozzáadása a kész tápoldathoz Fe(III)-EDTA formájában, 0,1 mM/liter mennyiségben történt. A tápoldatot háromnaponta cseréltük, és folyamatosan levegőztettük. A klímaszobában a fényintenzitás 300  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , a hőmérséklet periodicitása 25/20 °C (nappal/éjjel), a relatív páratartalom 65–75%, a megvilágítás/sötét periódus 16 h/8 h volt.

*Mintavétel a hidroxámsavak meghatározásához, a növekedés méréséhez*

A növények 8, 15 és 22 napos korában végeztük a mintavételeket, ekkor a Zadok skála szerinti fejlettség Zadok 13, 14 és 15 volt. Egyedenként használtunk 4×3 darab növényt szárazanyag-meghatározásra, ugyanennyit hidroxámsav-tartalom vizsgálatra. Minden edényből ugyanannyi növényt vettünk ki az első és második mintavételkor, hogy a további nevelés során minden edényben ugyanannyi növény maradjon. A szárazanyag meghatározása során a hajtás és a gyökér külön-külön került szárításra, mely két napig 85 °C-on történt. Két nap után a minták exikátorba kerültek. A tömegméréseket ezred gramm pontossággal végeztük. Fajtánként és mintavételenként öt hajtás- és öt gyökérmintát képeztünk hidroxámsav meghatározásra. Mind a hajtásból, mind a gyökérből a különböző korú növényekben, mindig a legfiatalabb növényi rész került mintázásra, tehát a minták nem a szervek, hanem a növény korát reprezentálják. A minták tömege 0,1 g körüli volt. A friss minták tömegét – a gyökerek esetében a nedvesség leitatása után – ezredgramm pontossággal mértük, majd feljegyeztük. Mintafeldolgozásig jelölt zacskókban, mélyhűtőbe kerültek - 20 °C hőmérsékletre.

### *A növényi minták előkészítése a hidroxámsavak meghatározásához és e vegyületek mérése*

A növényi mintákat Lyons *et al.* (1988) eljárása szerint készítettük elő a hidroxámsavak meghatározásához. A mintákban az összes hidroxámsav mennyiségét Metertek SP-830 típusú spektrofotométerrel, 570 nm-nél tapasztalt abszorbancia alapján határoztuk meg Long *et al.* (1974) eljárása alapján. Az eljárás lényege, hogy a hidroxámsavak a ferri ionokkal kék színű komplexeket képeznek, melyeknek fényelnyelési maximuma 570 nm hullámhosszon van. Az abszorbancia értékekből a hidroxámsav-tartalom kiszámítását az a tény teszi lehetővé, hogy a mérések elvégzése előtt a rozsban előforduló két gyakori hidroxámsavat Hartenstein *et al.* (1992) eljárásával, etiolált növényekből izoláltuk, az izolált hidroxámsavak segítségével pedig standard görbéket készítettünk (Makleit 2004).

### *A hidroxámsav-kiválasztás vizsgálata*

A hidroxámsav-kiválasztás vizsgálatához a növényeket ugyanúgy neveltük, mint a hidroxámsav-tartalom meghatározásához. A savkiválasztás mérését is a növények 8, 15 és 22 napos korában végeztük el. Minden fajtánál 3 edényből 3 helyről szedtünk ki növényeket. E növények gyökereit Erlenmeyer-lombikokba helyeztük, fejlettségtől függően 10–25 ml desztillált vízbe. A kiválasztott hidroxámsavak mikrobiális bomlását Katadyn Micropur Classic MC 10T készítmény adagolásával akadályoztuk meg (1 tablettát 10 liter vízhez). A gyökereket reggel 8-tól déli 12 óráig tartottuk desztillált vízen. Az időintervallum megválasztását az indokolta, hogy a hidroxámsav kiválasztás a reggeli órákban a legintenzívebb (Lévai 1998). A gyökér-exudátumokat tartalmazó desztillált vízben ugyanolyan módszerrel határoztuk meg a hidroxámsavakat, mint a növényben találhatóakat. A mintákat még aznap feldolgoztuk. A kiválasztott mennyiségeket a gyökér száraz tömegére vonatkoztatva adtuk meg, melynek feltétele az volt, hogy a lombikokba helyezett növények gyökereit levágtuk, tömegállandóságig 85 °C-on szárítottuk és a száraz tömegeket ezredgramm pontossággal mértük.

### *A statisztikai elemzés módszerei*

A statisztikai elemzést az SPSS 13.0 verziójával hajtottuk végre. Az adatok normalitását Kolmogorov-Smirnov teszttel vizsgáltuk. Amennyiben a mintákhoz tartozó eredmények normál eloszlást mutattak, a különbségek kimutatására

egy-, illetve kéttényezős variancia-analízist használtuk. Az utóbbi esetben a csoportok elkülönítésére a Tukey-tesztet alkalmaztuk. A normál eloszlást mutató minták páronkénti összehasonlítására t-próbát használtunk. Amikor az adatok normalitásvizsgálata negatív eredményt mutatott, a nem parametrikus tesztek közül a Mann-Whitney próbát és a Kruskal-Wallis tesztet alkalmaztuk. Az egyes tényezők közötti kapcsolatot korreláció analízissel vizsgáltuk. Az 1–4. ábrák a Statistica 7 programmal készültek.

### Eredmények

#### *A fajták ciklikus hidroxámsav-tartalmának összehasonlítása*

A vizsgált fajták szerveinek hidroxámsav-tartalmát az 1. táblázat mutatja. Az összes mért adat alapján a fajták között szignifikáns különbségeket mutattunk ki. A Kriszta fajta hajtásaiban mért hidroxámsav-tartalom mindegyik fajtáénál nagyobbak bizonyult. A többi fajta között szignifikáns különbségeket nem lehetett kimutatni. A gyökerek hidroxámsav-tartalmában a Kriszta és a Ryefood fajták között volt szignifikáns különbség, az utóbbi fajta alacsonyabb hidroxámsav-tartalmat mutatott. A többi fajta között szignifikáns különbség nem mutatkozott.

1. táblázat. *Rozsfajták hajtásaiban és gyökereiben mért hidroxámsav-tartalom a különböző korú növények átlagában (n=3±s.e.)*  
(mg/kg friss tömeg)

Fajta (1)	Hajtás (2)	Gyökér (3)
Kisvárdai alacsony	150,11±49,07 <sup>a</sup>	106,07±40,56 <sup>b</sup>
Kisvárdai legelő	151,55±34,87 <sup>a</sup>	99,02±41,69 <sup>b</sup>
Várda	146,30±46,24 <sup>a</sup>	106,17±43,29 <sup>b</sup>
Kriszta	341,50±154,55 <sup>b</sup>	129,48±48,39 <sup>c</sup>
Lovászpatonai	132,75±39,98 <sup>a</sup>	109,12±35,00 <sup>b</sup>
Ryefood	143,93±46,06 <sup>a</sup>	91,86±42,70 <sup>a</sup>

Megjegyzés: az egymástól szignifikánsan különböző fajták jelölése az eltérő betűjel.

Table 1. Cyclic hydroxamic acid content of rye varieties on the average of the samplings (n=3±s.e.) (mg kg<sup>-1</sup> fresh weight). (1) Variety, (2) Shoot, (3) Root, Note: varieties with significant difference signed with different letters.

*A fajták összehasonlítása a növények kora és a vizsgált szervek szerint*

A különböző, külön-külön vizsgált növényi korokban (8, 15 és 22 napos) elvégzett értékelés szerint, a hajtásokban és gyökerekben mért hidroxámsav-tartalom szintén szignifikáns különbségeket mutatott (1–2. ábra).

Az összes mért adat összehasonlításában kapott eredményekhez hasonlóan, szintén a Kriszta fajtában volt magasabb a hajtások hidroxámsav-tartalma (1. ábra). Egyetlen kivételt ez alól csak az jelentett, hogy a 22 napos növények hajtásaiban a Kriszta és a Kisvárdai alacsony fajták között nem volt kimutatható a különbség. A többi fajta között, nem volt statisztikailag igazolható különbség.

1. ábra. A hajtások összes hidroxámsav-tartalmának változása a növények korával (mg/kg friss tömeg) a különböző fajtákban (1–6: Fajták – 1: Kisvárdai alacsony, 2: Kisvárdai legelő, 3: Várda, 4: Kriszta, 5: Lovászpatonai, 6: Ryefood) ( $n=3\pm s.e.$ )

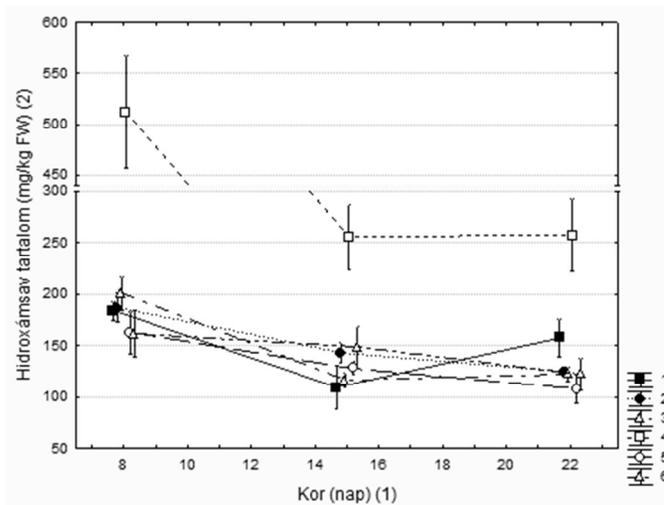


Figure 1. Changing of the total cyclic hydroxamic acid content of shoots according to the plant age (mg kg<sup>-1</sup> fresh weight) of different varieties (1-6: Varieties – 1: Kisvárdai alacsony, 2: Kisvárdai legelő, 3: Várda, 4: Kriszta, 5: Lovászpatonai, 6: Ryefood) ( $n=3\pm s.e.$ ). (1) Plant age in days, (2) Cyclic hydroxamic acid content (mg kg<sup>-1</sup> fresh weight)

A gyökerek hidroxámsav-tartalmának fajtánként elvégzett összehasonlítása során nem találtunk olyan kiemelkedő, minden vizsgált növényi korban szignifikánsan magasabb értékeket mutató fajtát, mint a hajtás esetén (2. ábra). A nyolcnapos növényi korban a fajták között a gyökerek hidroxámsav-tartalmában szignifikáns különbség csak a Várda és a Kisvárdai legelő fajták között

volt, magasabb értékekkel az előbbi javára. A 15 napos korú növények gyökereinek hidroxámsav-tartalmát a Kriszta fajtában szignifikánsan magasabbnak mértük, mint a Kisvárdai alacsony fajtában. 22 napos növényi korban a gyökerek hidroxámsav-tartalma szerint a fajtákat két csoportba lehetett sorolni: a Kisvárdai alacsony, Kriszta és Lovászpatonai fajták szignifikánsan magasabb hidroxámsav-tartalmat mutattak, mint a Kisvárdai leelő, a Várda és a Ryefood fajták.

2. ábra. A gyökerek összes hidroxámsav-tartalmának változása a növények korával (mg/kg friss tömeg) a különböző fajtákban (1-6: Fajták - 1: Kisvárdai alacsony, 2: Kisvárdai leelő, 3: Várda, 4: Kriszta, 5: Lovászpatonai, 6: Ryefood) ( $n=3\pm s.e.$ )

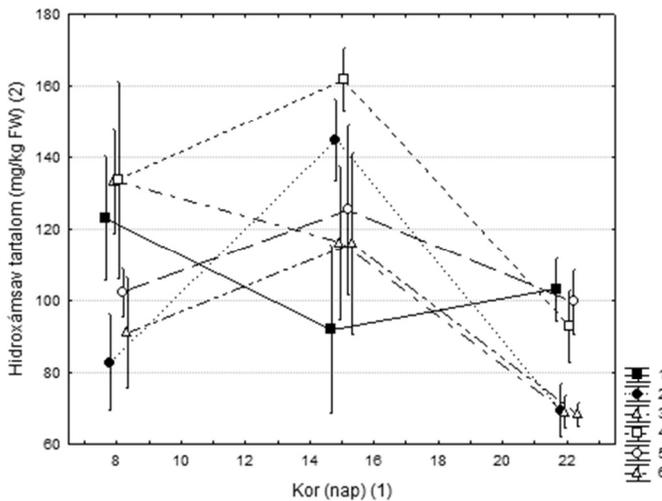


Figure 2. Changing of the total cyclic hydroxamic acid content of roots according to the plant age (mg kg<sup>-1</sup> fresh weight) of different varieties (1-6: Varieties - 1: Kisvárdai alacsony, 2: Kisvárdai leelő, 3: Várda, 4: Kriszta, 5: Lovászpatonai, 6: Ryefood) ( $n=3\pm s.e.$ ). (1) Plant age in days, (2) Cyclic hydroxamic acid content (mg kg<sup>-1</sup> fresh weight)

#### A hajtás és a gyökér ciklikus hidroxámsav-tartalmának összehasonlítása

A gyökerek és a hajtások hidroxámsav-tartalmának, a fajták összevont adatai alapján történő összehasonlítása azt mutatta, hogy a gyökerekben szignifikánsan alacsonyabb ( $106,95\pm 42,54$  mg/kg friss tömeg) hidroxámsav-tartalom mérhető, mint a hajtásokban ( $177,69\pm 103,50$  mg/kg friss tömeg). A fajták külön-külön történő összehasonlítása ugyanezt az eredményt mutatta, kivéve a Lovászpatonai fajtát, ahol a gyökér és a hajtás hidroxámsav-tartalmában nem volt különbség.

*A különböző korú növények ciklikus hidroxámsav-tartalmának összehasonlítása szervenként*

Minden vizsgált fajta mérési adatait figyelembe véve a hajtásokban szignifikánsan nagyobb hidroxámsav-tartalmat mértük a nyolcnapos, mint 15, vagy 22 napos növényi korokban. A 15 és 22 napos növények hajtásaiban mért hidroxámsav-tartalomban a fajták átlagában nem tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni. A gyökerekben a 22 napos növények hidroxámsav-tartalma szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a nyolc, vagy a 15 napos növényeké. A nyolc és 15 napos korú növények gyökereiben azonban a fajták átlagában nem tudtunk statisztikailag igazolható különbséget kimutatni.

Fajták szerint külön-külön vizsgálva a növény korának hatását a hajtások hidroxámsav-tartalmára, a következőt tapasztaltuk:

- Kisvárdai alacsony: szignifikáns különbség volt a nyolc és 15 napos korú növény hajtásaiban mért hidroxámsav-tartalomban. Nyolcnapos korban magasabb értékeket mértünk, a hidroxámsav-tartalom változásában szabályos tendencia nem volt tapasztalható.
- Kisvárdai legelő: a nyolc és 15 napos korú növények hidroxámsav-tartalma szignifikánsan nem különbözött, a 22 napos növényeké azonban alacsonyabb volt a nyolc és 15 naposokénál.
- Várda és Kriszta: a hidroxámsav-tartalom csökkenése szintén nyomon követhető. Szignifikáns különbséget mértünk a nyolc és 15, valamint nyolc és 22 napos korú növények között. A 15 és 22 napos korú növények között szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk.
- Lovászpatonai és Ryefood: a hajtásban a különböző, általunk vizsgált növényi korokban mért hidroxámsav-tartalmak között szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk.

Fajták szerint külön-külön vizsgálva a növény korának hatását a gyökerek hidroxámsav-tartalmára, a következőt tapasztaltuk:

- Kisvárdai alacsony: a nyolc, 15 és 22 napos növényi korokban mért hidroxámsav-tartalmak között szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk.
- Kisvárdai legelő: a 15 napos korú növényekben szignifikánsan magasabb hidroxámsav-tartalmat mértünk, mint nyolcnapos, illetve 22 napos korban, a hidroxámsav-tartalom változása tehát nem a megszokott, szabályos módon történt. A 8 és a 22 napos növényekben mért értékek között nem találtunk statisztikailag kimutatható különbséget.

- Várda: a nyolcnapos növények gyökereiben a hidroxámsav-tartalom szignifikánsan nagyobb volt, mint 22 napos növényi korban. A nyolc és 15 napos, illetve a 15 és 22 napos korban mért hidroxámsav-tartalom szignifikánsan nem különbözött.
- Kriszta: szignifikáns különbséget találtunk a 15 és 22 napos korban mért hidroxámsav-tartalomban, ám a nyolc és 15, illetve a nyolc és 22 napos növények hidroxámsav-tartalmában nem tapasztaltunk szignifikáns eltéréseket.
- Lovászpatonai és Ryefood fajták: a gyökerükben a nyolc, 15 és 22 napos növényi korokban mért hidroxámsav-tartalmak között szignifikáns eltérést nem tapasztaltunk.

*A fajták hidroxámsav-kiválasztásának összehasonlítása az összes mért adat alapján*

A három mintavétel átlagában szignifikáns eltérések mutatkoztak a fajták között a hidroxámsav-kiválasztásban. A mért adatokat a 2. táblázat mutatja. A Várda fajta a Kisvárdai legelő és a Kriszta fajtánál magasabb hidroxámsav-kiválasztást produkált. A többi fajta között szignifikáns eltéréseket nem találtunk.

2. táblázat. Rozsfajták gyökerei által kiválasztott ciklikus hidroxámsavak mennyisége ( $n=3\pm s.e.$ )  
( $\mu\text{g}/\text{száraz gyökér tömeg}/4 \text{ óra}$ )

Fajta (1)	Kiválasztott mennyiség (2)
Kisvárdai alacsony	0,238 $\pm$ 0,169 <sup>ab</sup>
Kisvárdai legelő	0,147 $\pm$ 0,084 <sup>a</sup>
Várda	0,260 $\pm$ 0,133 <sup>b</sup>
Kriszta	0,163 $\pm$ 0,088 <sup>a</sup>
Lovászpatonai	0,234 $\pm$ 0,168 <sup>ab</sup>
Ryefood	0,253 $\pm$ 0,181 <sup>b</sup>

Megjegyzés: az egymástól szignifikánsan különböző fajták jelölése az eltérő betűjel.

Table 2. Amount of exudated cyclic hydroxamic acids ( $n=3\pm s.e.$ ) ( $\mu\text{g g}^{-1}$  dry root weight per four hours). (1) Variety, (2) Exudated amount, Note: varieties with significant difference signed with different letters.

*A fajták hidroxámsav-kiválasztásának összehasonlítása a növények kora szerint*

A Lovászpatonai fajta nyolcnapos korában mért hidroxámsav-kiválasztása szignifikánsan kisebb volt, mint a Kisvárdai alacsony a Várda és a Kriszta fajtáké.

A 15 napos korban mért hidroxámsav-kiválasztásban a fajták között szignifikáns különbségeket nem tudtunk kimutatni.

22 napos korban a Lovászpatonai és a Ryefood fajta hidroxámsav-kiválasztása szignifikánsan magasabb volt, mint a Kisvárdai legelő és a Kriszta fajtáké, a Kisvárdai alacsony, Kisvárdai legelő, a Várda és a Kriszta fajták között statisztikailag bizonyítható eltérések nem voltak. Az eredményeket a 3. ábra szemlélteti.

3. ábra. A hidroxámsav-kiválasztás változása a növények korával ( $\mu\text{g/g}$ ) a különböző fajtákban (1-6: Fajták - 1: Kisvárdai alacsony, 2: Kisvárdai legelő, 3: Várda, 4: Kriszta, 5: Lovászpatonai, 6: Ryefood) ( $n=3\pm\text{s.e.}$ )

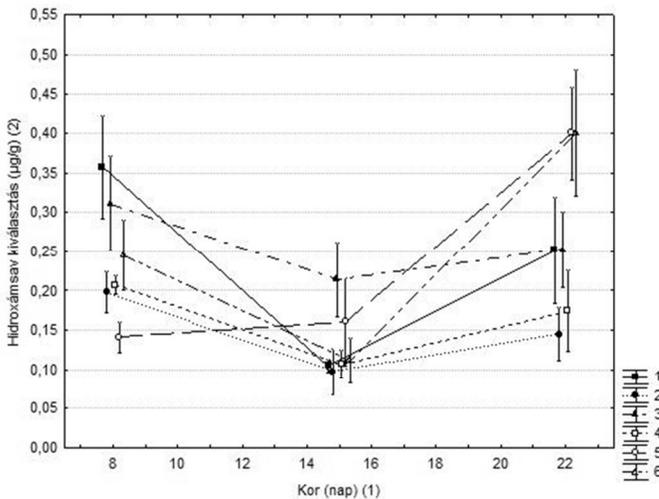


Figure 3. Changing of the cyclic hydroxamic acid exudation according to the age of different varieties (1-6: Varieties - 1: Kisvárdai alacsony, 2: Kisvárdai legelő, 3: Várda, 4: Kriszta, 5: Lovászpatonai, 6: Ryefood) ( $n=3\pm\text{s.e.}$ ). (1) Plant age in days, (2) Cyclic hydroxamic acid exudation ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

*A növény korának hatása a hidroxámsav-kiválasztásra*

A különböző korú növények összehasonlításakor az összes fajta adatait figyelembe véve szignifikáns eltéréseket tapasztaltunk. A nyolc és 22 napos korú növények hidroxámsav-kiválasztása szignifikánsan magasabb volt, mint a 15

napos korú növényeké (nyolcnapos:  $0,243 \pm 0,126$ ; 15 napos:  $0,133 \pm 0,095$ ; 22 napos:  $0,271 \pm 0,172$   $\mu\text{g/g}$  száraz gyökér tömeg/4 óra), ám a nyolc és 22 napos növények hidroxámsav-kiválasztása között nem tudunk statisztikailag igazolható különbségeket kimutatni.

Amennyiben a növény korának hidroxámsav-kiválasztásra gyakorolt hatását fajtánként külön-külön vizsgáljuk, megállapítható, hogy nyolcnapos növényi korban mért hidroxámsav-kiválasztás a Kisvárdai alacsony, a Kisvárdai legelő a Kriszta és a Ryefood fajtáknál szignifikánsan nagyobb volt, mint a 15 napos korban mért értékek. A Kisvárdai alacsony, a Kisvárdai legelő és a Kriszta fajtáknál a 15 napos korban mért kiválasztás a 22 napos korban mért kiválasztástól nem tért el. A Kisvárdai alacsony, a Kisvárdai legelő a Kriszta és a Ryefood fajtáknál nem volt statisztikailag igazolható különbség a nyolc és 22 napos növényi korokban mért hidroxámsav-kiválasztások között. A Várda fajta esetében a különböző növényi korokban mért hidroxámsav-kiválasztásban szignifikáns eltérés nem volt, kiválasztása stabilnak és magasnak mutatkozott. A Lovászpatonai fajta esetében 22 napos korában mértük a legnagyobb hidroxámsav-kiválasztást. A nyolc és 15 napos növényi korban mért kiválasztás ehhez képest egyaránt kisebb volt, de egymástól statisztikailag nem különbözött.

Az egyes fajták gyökereinek különböző mintavételi időpontokban mért átlagos hidroxámsav-tartalma, és az ugyanilyen módon számolt kiválasztott hidroxámsav-mennyiség között kerestük az összefüggést, ám az elvégzett korreláció analízis szerint nem található összefüggést a két paraméter között.

#### *A fajták növekedésének vizsgálata*

A száraztömegek elemzése minden vizsgált fajtánál azt mutatta, hogy mind a hajtás, mind a gyökér korosodásával ezek tömegében szignifikáns növekedés tapasztalható.

A hajtások száraztömegének vizsgálata megmutatta – a három vizsgált növényi kor összes adatának figyelembe vételével –, hogy a száraztömegre a kor hatása szignifikáns, a fajta hatása összességében nem. A kor és fajta interakcióját szintén szignifikánsnak találtuk.

A száraztömegeket nyolc, 15 és 22 napos korban fajtánként is összehasonlítottuk. Mindhárom esetben a Kriszta fajta mutatott szignifikánsan kisebb növekedési értékeket a többi fajtához képest. A nyolcnapos korban történő összehasonlítás alapján a Lovászpatonai fajta hajtástömege szignifikánsan kisebb volt, mint a Kisvárdai alacsony és a Várda fajtáké. A Kisvárdai alacsony a Kisvár-

dai legelő és a Várda, illetve a Lovászpatonai és a Ryefood fajták között nem volt szignifikáns különbség.

A 15 napos korban mért adatok alapján megállapítható, hogy szignifikánsan alacsonyabb hajtástömeggel rendelkezett a Várda, mint a Kisvárdai alacsony a Kisvárdai legelő fajták. A 22 napos kort elért növények hajtástömege kiegyenlítődt, a Kriszta fajta azonban továbbra is lemaradást mutatott a többi fajta-hoz képest (4. ábra).

4. ábra. Rozs fajták hajtásának száraztömege különböző korokban (mg/növény) ( $n=3\pm s.e.$ )

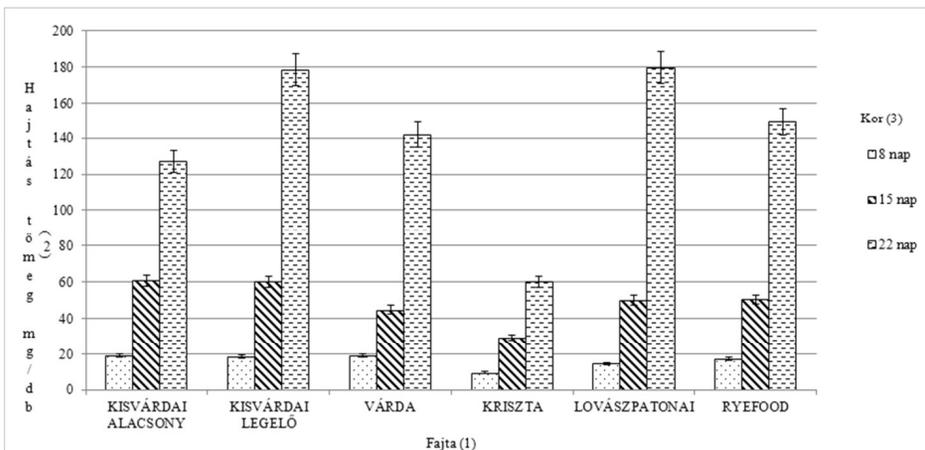


Figure 4. Dry weight of rye varieties' shoots of different age (mg piece<sup>-1</sup>) ( $n=3\pm s.e.$ ). (1) Variety, (2) Dry weight of shoots (mg piece<sup>-1</sup>), (3) Plant age in days (8, 15 and 22 days)

A három vizsgált növényi kor összes adatának figyelembe vételével a kor hatása a gyökér száraztömegére is szignifikáns volt. A fajta és a fajta, valamint kor interakciója nem mutatott szignifikáns hatást.

Amennyiben a gyökér száraztömegét fajtánként és koronként hasonlítottuk össze, a következő eredményeket kaptuk: nyolcnapos korban a Kriszta fajta szignifikánsan kisebb gyökér-száraztömeggel rendelkezett, mint a Kisvárdai alacsony a Kisvárdai legelő és a Ryefood fajták. A Kisvárdai alacsony és a Kisvárdai legelő nyolcnapos növények gyökerei nagyobb száraztömeggel rendelkeztek, mint a Várda és a Lovászpatonai fajták növényei. A Ryefood fajta nyolcnapos gyökértömege a Lovászpatonai fajtáét haladta meg statisztikailag igazolható mértékben.

A 15 napos korú növények gyökértömegeinek mérése szerint a Kisvárdai alacsony nagyobb tömeggel rendelkezett, mint a Kriszta, Lovászpatonai, Ryefood fajták. A Kisvárdai alacsony a Kisvárdai legelő fajták között e korban nem volt szignifikáns különbség.

22 napos korra a hajtásban tapasztalható tendencia a gyökérben is érvényesült, a Kriszta fajta gyökértömege azonban mindegyik fajtánál kisebbnek bizonyult. A Várda fajta gyökértömege szignifikánsan kisebb volt, mint a Kisvárdai legelő fajtáé (5. ábra).

5. ábra. Rózsfajták gyökérének száraztömege különböző korokban (mg/növény) ( $n=3\pm s.e.$ )

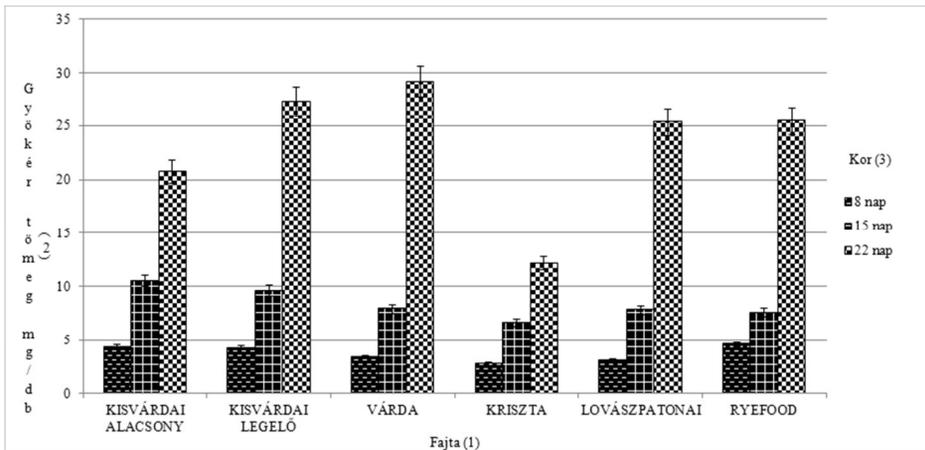


Figure 4. Dry weight of rye varieties' roots of different age (mg piece<sup>-1</sup>) ( $n=3\pm s.e.$ ). (1) Variety, (2) Dry weight of roots (mg piece<sup>-1</sup>), (3) Plant age in days (8, 15 and 22 days)

## Következtetések

Zuniga et al. (1983), Gianoli et al. (1999), Reberg-Horton et al. (2005), valamint Copaja et al. (2006) is vizsgálták rozs növények hidroxámsav-tartalmát. Fejlettségi állapot és kor szerint különböző mennyiségeket tudtak kimutatni a hajtásban és a gyökérben is. A megjelent publikációk mérési adatai alapján megállapítható, hogy az általunk mért összes hidroxámsav-tartalom nagyságrendileg egyezik a szakirodalomban megadott értékekkel.

A Kriszta fajta szárazanyag gyarapodása a többi fajtához képest lassabb volt, véleményünk szerint ezzel függ össze hajtásainak magasabb hidroxámsav-tartalma.

A fajták összevont adatai alapján azt tapasztaltuk – összehasonlítva a gyökök és a hajtások hidroxámsav-tartalmát –, hogy az a gyökerekben szignifikánsan alacsonyabb, mint a hajtásokban, mely megállapítás szintén összhangban van *Tang et al.* (1975) és *Argandona et al.* (1981) eredményeivel.

Az egyes fajták külön-külön történő vizsgálata megerősítette az előbbi megállapítást – a Lovászpatonai faja kivételével, úgy tűnik tehát, hogy e fajtában kiegyenlítettebb a hidroxámsav-tartalom, ami elsősorban a hajtás alacsonyabb értékeivel magyarázható.

A különböző korú növények ciklikus hidroxámsav-tartalmának összehasonlítását szervenként elvégezve, a fajták többségénél érzékelhető volt a korosodással kapcsolatos csökkenő tendencia, azonban ezt nem minden esetben tudtuk igazolni. Mivel a hidroxámsavak termelődése a növény élete során folyamatos, a korosodással kapcsolatos csökkenő tendencia általános érvényű, így ez a növény teljes életciklusára, illetve a szervek korosodására is érvényes. E tényt több kutatási eredmény is alátámasztja (*Argandona et al.* 1980, *Makleit et al.* 2012).

A fajták szerint külön-külön vizsgálva a növény korának hatását a hajtások, illetve a gyökök hidroxámsav-tartalmára, azt tapasztaltuk, hogy a Lovászpatonai és Ryefood fajta hajtásában és gyökerében tapasztalható hidroxámsav-tartalom a vizsgált időintervallumban figyelemre méltó stabilitást mutatott. A fajták között e tekintetben tapasztalható különbségek magyarázata további kutatásokat igényel.

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a hidroxámsav-tartalom változása fajtától függő módon megy végbe, tehát fajtától függően változhat a csökkenés mértéke és a csökkenő tendencia jelentkezése.

A rozsfajta hidroxámsav-kiválasztásának eredményeit elemezve megállapítható, hogy az általunk mért mennyiségek nagyságrendileg összhangban vannak több publikáció adataival. A rozs hidroxámsav-kiválasztásáról eddig kevés adat áll rendelkezésre (*Pethő* 1994, *Makleit* 2002, *Makleit et al.* 2015). *Perez* és *Ormeno-Nunez* (1991, 1993) mérései szerint találhatóak magasabb hidroxámsav-kiválasztással rendelkező fajták is, illetve a fajták között kiválasztás tekintetében akár nagyságrendi különbségek is lehetnek. Ez felhívja a fi-

gyelmet a magasabb hidroxámsav-kiválasztással rendelkező fajták – mint nemesítési alapanyagok – bevonási lehetőségére, ami elsősorban a gyomelnyomó képességet befolyásolhatja. A kor hatása a fajták hidroxámsav-kiválasztására fajtánként különböző módon érvényesült, a kiválasztás stagnálása, csökkenése és szabálytalan változása egyaránt előfordult.

A gyökerek hidroxámsav-tartalma és –kiválasztásának mértéke között nem találtunk összefüggést. Ez az eredmény összhangban van korábbi publikációk megállapításaival, ugyanis a kiválasztott mennyiség és a gyökerek hidroxámsav-tartalma között nincs összefüggés több publikáció eredményei alapján, sőt, az sem törvényszerű, hogy a növény, mely tartalmazza a hidroxámsavat, ki is választja e vegyületeket. *Wu et al.* (2000, 2001) termesztett búza tanulmányozása során jutott a saját eredményeinkkel azonos következtetésekre, úgy látszik tehát, hogy nem faji sajátosságról, hanem több fajra jellemző jelenségről van szó.

Az elvégzett vizsgálatok, melyekkel hazai rozs fajták hidroxámsav-tartalmát és –kiválasztását, valamint e jellemzők időbeni változását vizsgáltuk, elősegítik az eltérő védekező/gyomelnyomó képességű fajták kiválasztását, továbbá a védekező képesség mögött rejlő okok tisztázása révén lehetővé teszik az e tényezőre folytatott szelekciót, s ezzel a nemesítési munka eszközei lehetnek. A hidroxámsav-tartalom és a stressz-tolerancia, illetve gyomelnyomó képesség közötti összefüggések megállapítása azonban további vizsgálatokat igényel. Az eltérő védekező képességgel rendelkező fajták feltérképezése egyben elősegíti a növényvédelem költségeinek csökkentését, a vegyszerhasználat mérséklését, a termés mennyiségének növelését is.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Dr. Zsombik Lászlónak, a Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet igazgatójának; Dr. Alföldi Zoltánnak, a Pannon Egyetem Georgikon Kar Növénytudományi és Biotechnológiai Tanszék egyetemi docensének; illetve Dr. Kruppa Józsefnek, a Kruppa-Mag Kft. ügyvezető tulajdonosának; hogy biztosították számunkra a kísérleteink során felhasznált rozsfajtákat. A szerzők szintén köszönetüket fejezik ki Dr. Nagy Antalnak, a Debreceni Egyetem MÉK Növényvédelmi Intézet adjunktusának az ábrák szerkesztésében nyújtott segítségével.

## Irodalom

- Argandona, V. H.–Luza, J. G.–Niemeyer, H. M.–Corcuera, L. J.: 1980. Role of hydroxamic acids in the resistance of cereals to aphids. *Phytochemistry*. 19: 1655–1668.
- Argandona, V. H.–Niemeyer, H. M.–Corcuera, L. J.: 1981. Effect of content and distribution of hydroxamic acids in wheat on infestation by *Schizaphis graminum*. *Phytochemistry*. 20: 673–676.
- Barnes, J. P.–Putman, A. R.: 1987. Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). *J. Chem. Ecol.* 13: 889–905.
- Bohidar, K.–Wratten, S. D.–Niemeyer, H. M.: 1986. Effects of hydroxamic acids on the resistance of wheat to the aphid *Sitobion avenae*. *Ann. Appl. Biol.* 109–193.
- Bozsik A.: 2014. Az integrált növényvédelem (IPM) és nélkülözhetetlen eleme a gazdasági kártételi szint. *Georgikon for Agriculture*. 19. 1: 175–185.
- Brandes, W.–Heitefuss, R.: 1971. 'Nebenwirkung von Herbiziden auf *Erysiphe graminis* und *Cercospora herpotrichoides* an Weizen II.' *Physiologische und biochemische Ursachen des veränderten Befalls der Pflanze. Phytopath Z.* 72: 34.
- Copaja, S. V.–Niemeyer, H. M.–Wratten, S. D.: 1991. Hydroxamic acid levels in Chilean and British wheat seedlings. *Ann. Appl. Biol.* 118: 223–227.
- Copaja, S. V.–Villarreal, E.–Bravo, H. R.–Pizarro, L.–Argandona, V. H.: 2006. Hydroxamic acids in *Secale cereale* L. and the relationship with their antifeedant and allelopathic properties. *Z. Naturforsch. C.* 61: 670–676.
- Gianoli, E.–Rios, J. M.–Niemeyer, H. M.: 1999. Within-plant allocation of chemical defense in *Secale cereale*. Is concentration the appropriate currency of allocation. *Chemoecology*. 9: 113–117.
- Hartenstein, H.–Lipmann, N. T.–Sicker, D.: 1992. An efficient procedure for the isolation of pure 2,4-dihydroxy-7-methoxy-2H-1,4-benzoxazin-3(4H)-one (DIMBOA) from maize. *Ind J. Heterocycl. Chem.* 2: 75–76.
- Lévai L.: 1998. A vas növényélettani szerepe és fűfélék vasfelvétele. Doktori PhD értekezés. DATE. Debrecen.
- Long, B. J.–Dunn, G. M.–Routley, D. G.: 1974. Rapid procedure for estimating cyclic hydroxamate (DIMBOA) concentration in maize. *Crop Sci.* 14: 601–603.
- Long, B. J.–Dunn, G. M.–Bowmann, J. S.–Routley, D. G.: 1977. Relationship of hydroxamic acid content in corn and resistance to the corn leaf aphid. *Crop Sci.* 17: 55–58.
- Lyons, P. C.–Hipskind, J. D.–Wood, K. V.–Nicholson, R. L.: 1988. Separation and quantification of cyclic hydroxamic acids and related compounds by high-pressure liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 36: 57–60.
- Makleit P.: 2002. A ciklikus hidroxámsavak biológiai hatásai, szerepük a mikroelem-felvételben és mikroelem-toleranciában. Doktori PhD értekezés. Debreceni Egyetem. Debrecen.

- Makleit, P.*: 2004. The effect of abiotic stress on growth and cyclic hydroxamic acid content of various maize and rye varieties. Natural Resources and Sustainable Agriculture. International Scientific Session. Oradea-Debrecen. Debrecen. 195-200.
- Makleit P.*: 2010. Zselnicemeggy-levéltetű (*Rhopalosiphum padi*) kolonizációja és a kukorica különböző szerveinek ciklikus hidroxámsav tartalma közötti összefüggés vizsgálata. [In: Kovács Gy.-Gelencsér G. (szerk.) Az élhető vidékért – Környezetgazdálkodási Konferencia.] Törökkoppány Kiadó – Koppányvölgyi Vidékfejlesztési Közhasznú Egyesület. Absztrakt kötet. 75.
- Makleit P.-Nagy A.-Székács A.-Fónagy A.*: 2012. Pioneer kukoricahibridek ciklikus hidroxámsav-tartalmának összehasonlítása. Növénytermelés. 61. 4: 107-118.
- Makleit P.-Szőke L.-Tóth B.-Veres Sz.*: 2015. Hazai rozsfajták (*Secale cereale* L.) hidroxámsav-kiválasztása mint fajta értékmérő tulajdonság. [In: Veisz O. (szerk.) XXI. Növénytermelési Tudományos Napok.] 2015. 03. 11-12. MTA Agrártudományi Kutatóközpont – MTA Növénytermelési Tudományos Bizottsága. Martonvásár. Kivonat kötet. 103.
- Niemeyer, H. M.*: 2009. Hydroxamic acids derived from 2-Hydroxy-2H-1,4-Benzoxazin-3(4H)-one: Key defense chemicals of cereals. J. A. Food Chem. 57: 1677-1696.
- Perez, F. J.-Ormeno-Nunez, J.*: 1991. Difference in hydroxamic acid content in roots and root exudates of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.): possible role in allelopathy. J. Chem. Ecol. 17: 1037-1043.
- Perez, F. J.-Ormeno-Nunez, J.*: 1993. Weed growth interference from temperate cereals: effect of hydroxamic-acid-exuding rye (*Secale cereale* L.) cultivar. Weed Research. 33: 115-119.
- Pethő M.*: 1994. A ciklikus hidroxámsavak szerepe a fűvek vasszorbálásában. Növénytermelés. 43. 1: 49-60.
- Reberg-Horton, S. C.-Burton, J. D.-Danehower, D. A.-Gouying, M. A.-Monks, D. W.-Murphy, J. P.-Rannels, N. N.-Williamson, J. D.-Creamer, N. G.*: 2005. Changes over time in the allelochemical content of ten cultivars of rye (*Secale cereale* L.). J. Chem. Ecol. 31. 1: 184-185.
- Tang, C. S.-Chang, S. H.-Hoo, D.-Yanagihara, K. H.*: 1975. Gas chromatographic determination of 2(3)-benzoxazolinones from cereal plants. Phytochem. 14: 2077-2079.
- Treeby, M.-Marschner, H.-Römhald, V.*: 1989. Mobilisation of iron and other micronutrient cations from a calcareous soil by plant borne, microbial and synthetic chelators. Plant and Soil. 114: 217-226.
- Wahlroos, Ö.-Virtanen, A. I.*: 1959. The precursors of 6-methoxybenzoxazolinone in maize and wheat plants, their isolation and some of their properties. Acta Chem. Scand. 13: 1906-1908.
- Whitney, N. J.-Mortimore, C. G.*: 1959. Isolation of the antifungal substance, 6-methoxybenzoxazolinone, from field corn (*Zea mays* L.) in Canada. Nature. 183: 341.

- Wu, H. W.–Haig, T.–Pratley, J.–Lemerle, D.–An, M.: 2000. Distribution and exudation of allelochemicals in wheat *Triticum aestivum*. J. Chem. Ecol. 26: 2141–2154.
- Wu, H. W.–Haig, T.–Pratley, J.–Lemerle, D.–An, M.: 2001. Allelochemicals in wheat (*Triticum aestivum* L.): Production and exudation of 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one. J. Chem. Ecol. 27: 1691–1700.
- Xie, Y. S.–Arnason, J. T.–Philogene, B. J. R.–Olechowski, H. T.–Hamilton, R. I.: 1992. Variation of hydroxamic acid content in maize roots in relation to geographic origin of maize germ plasm and resistance to western corn root worm (Coleoptera: *Chrysomelidae*). J. Econ. Entomol. 85: 2478–2485.
- Zuniga, G. E.–Argandona, V. H.–Niemeyer, H. M.–Corcuera, L. J.: 1983. Hydroxamic acid content in wild and cultivated *Gramineae*. Phytochem. 22: 2665–2668.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

\*Dr. Makleit Péter – Szőke Lóránt – Dr. Veres Szilvia  
Debreceni Egyetem MÉK  
Növénytudományi Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032  
\*pmakleit@agr.unideb.hu

## A szárazság- és sóstressz hatásának vizsgálata búza fajtákon üvegházi fenotipizálási kísérletben

<sup>1</sup>NAGY ÉVA - <sup>2</sup>KENNY, PAUL - <sup>3</sup>KONDIC-SPIKA, ANKICA -

<sup>4</sup>GRAUSGRUBER, HEINRICH - <sup>5</sup>ALLAHVERDIYEV, TOFIG - <sup>2</sup>SASS LÁSZLÓ -

<sup>2</sup>VASS IMRE - <sup>1</sup>PAUK JÁNOS

<sup>1</sup>Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft.,  
Biotechnológia Osztály, Szeged

<sup>2</sup>Magyar Tudományos Akadémia Szegedi Biológiai Kutatóközpont,  
Növénybiológiai Intézet, Szeged

<sup>3</sup>Szántóföldi- és Zöldségnövénytudományi Intézet, Újvidék, Szerbia

<sup>4</sup>Természeti Erőforrások és Élettudományok Egyeteme,  
Növénytudományi Tanszék, Bécs, Ausztria

<sup>5</sup>Azerbajdzsáni Köztársaság Mezőgazdasági Minisztérium,  
Növénytermesztési Kutatóintézet, Azerbajdzsán

### Összefoglalás

A termesztett növények tenyészidejük során különböző időtartamú és mértékű száraz periódusokkal, valamint egyéb környezeti stresszekkel találkoznak. A klímaváltozás következményeképpen az aszályos időszakok száma növekedhet, ezért a növények terméshozama a szárazság és egyéb abiotikus stresszekkel (só, magas hőmérséklet) szembeni ellenállóképesség függvénye lesz, aminek vizsgálata komplex megközelítést igényel.

A precíz, pontos kontrollált körülmények között végzett fenotipizálási kísérletek segítséget nyújtanak a fajták stressztűrő képességének vizsgálatában. Munkánk során 14 különböző származású őszi búzafajta (négy osztrák, öt szerb, öt azerbajdzsáni) szárazság, só valamint a két abiotikus stressz együttes megjelenésével szembeni ellenállóképességét vizsgáltuk a Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft. szegedi üvegházában kiépített fenotipizálási rendszer segítségével.

A dolgozatban három felvételezett tulajdonságot ismertettünk részletesen, ezek a növénymagasság, a föld feletti száraz tömeg produkció, valamint a szemtermés tömege.

Mind a három tulajdonságnál csökkenést figyelhetünk meg a stresszkezelések hatására. Minden fajta esetében elmondható, hogy a legkisebb csökkentő hatást a sóstressz, a legnagyobbat pedig a két stressz együttes megnyilvánulása okozta. A termés kiesés a két stressz együttes jelenlétének hatására a legellenállóbb fajta esetében 60%-os, míg a legérzékenyebb fajta esetében 90%-os volt.

A dolgozatban összefoglalt eredmények alapján a 'Capo' osztrák fajta szerepelt a legjobban, a kísérletben. Kontroll körülmények között is jó a termőképessége, emellett a szárazság- és sótűrése is figyelemre méltó. A legérzékenyebbnek a 'Balkan' szerb fajta és a 'Gyrmyzy gul 1' azerbajdzsáni fajta mutatkozott a két stressz együttes megjelenésére.

**Kulcsszavak:** búza, szárazságstressz, sóstressz, fenotipizálás

## Testing drought and salt stress tolerance of wheat varieties in a greenhouse phenotyping system

<sup>1</sup>É. NAGY - <sup>2</sup>P. KENNY - <sup>3</sup>A. KONDIC-SPIKA - <sup>4</sup>H. GRAUSGRUBER -  
<sup>5</sup>T. ALLAHVERDIYEV - <sup>2</sup>L. SASS - <sup>2</sup>I. VASS - <sup>1</sup>J. PAUK

<sup>1</sup>Cereal Research Non-Profit Ltd., Department of Biotechnology, Szeged

<sup>2</sup>Hungarian Academy of Sciences Biological Research Centre,  
Institute of Plant Biology, Szeged

<sup>3</sup>Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

<sup>4</sup>University of Natural Resources and Life Sciences,  
Department of Crop Sciences, Vienna, Austria

<sup>5</sup>Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic,  
Research Institute of Crop Husbandry, Azerbaijan

### Summary

Drought is a non-uniform phenomenon that negatively influences plant growth, morphology, physiology, and yield depending on crop development stage, time and severity of stress. Drought tolerance is an extremely complex and polygenic trait in plants that implies a combination of genetic, physiological and biochemical mechanisms. One of the greatest challenges for plant breeders is the need of food safety in abiotic stress conditions. Wheat is one of the most important crop species of the world. Testing the abiotic stress tolerance needs a complex approach.

Fourteen wheat varieties of different origin (four from Austria, five from Serbia and five from Azerbaijan) were studied in a greenhouse pot experiment under controlled drought stress, salt stress and combined salt and drought stress.

The effect of stress on plant height, aboveground biomass, and grain yield are presented. All parameters were negatively affected by the applied stress treatments. The lowest decreases were found in the case of salt stress and the highest decreases were observed in combined drought and saline stress. In the combined stress treatment, grain yield reduction was 60% and 90% for the most tolerant and most sensitive variety, respectively.

Our results demonstrate that 'Capo' from Austria had the best abiotic stress tolerance among the tested 14 wheat varieties, showing high grain yield under the control conditions. The most sensitive varieties were 'Balkan' from Serbia and 'Gyrmyzy gul 1' from Azerbaijan. The tolerant varieties can be used in breeding programs as parental lines.

**Key words:** wheat, drought, salt stress, phenotyping

## Изучение влияния стресса от засухи и от соли в сортах пшеницы в тепличном опыте фенотипизации

<sup>1</sup>Е. НАДЬ – <sup>2</sup>П. КЕНЬ – <sup>3</sup>А. КОНДИҚ-СПИКА – <sup>4</sup>Х. ГРАУСГРУБЕР –

<sup>5</sup>Т. АЛЛАХВЕРДИЕВ – <sup>2</sup>Л. ШАШ – <sup>2</sup>И. ВАШ – <sup>1</sup>Я. ПАУК

<sup>1</sup>Некомерческое общепольное ООО Исследования Зерновых,  
Отдел Биотехнологии, Сегед

<sup>2</sup>Венгерская Академия Наук, Сегедский Биологический Исследовательский Центр,  
Институт Биологии Растений, Сегед

<sup>3</sup>Научный Институт Пахотных и Овощных Растений, Новый Край, Сербия

<sup>4</sup>Университет Природных Ресурсов и Наук о Жизни,  
Кафедра Ботаники, Вена, Австрия

<sup>5</sup>Министерство Сельского Хозяйства Азербайджанской Республики,  
Исследовательский Институт Растениеводства, Азербайджан

### Резюме

Выращиваемые растения за время своего вегетационного периода встречаются с засушливыми периодами различной продолжительности и величины, и с другими

стрессами окружающей среды. Как следствие изменения климата может увеличиться количество засушливых периодов. Поэтому безопасность урожаев растений будет зависеть от их устойчивости против засухи и других абиотических стрессов (соль, высокая температура), изучение чего требует комплексного рассмотрения.

Проведённые в прецизионных, точно контролируемых условиях опыты фенотипизации оказывают помощь в исследовании стрессоустойчивой способности сортов. В ходе нашей работы исследовали резистентную способность 14-и различного происхождения сортов озимой пшеницы (четыре австрийских сорта, пять сербских, пять азербайджанских) против засухи, соли и появления двух этих абиотических стрессов вместе, с помощью построенной в сегедской (г.Сегед) теплице «Некоммерческого ООО Исследования Зерновых (Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft.)» системы фенотипизации.

В работе три выбранных свойства изучали подробно, это – высота растения, сухая масса надземной продукции, а также масса урожая зерна. У всех трёх свойств могли наблюдать уменьшение под влиянием обработки стрессом. В случае каждого сорта можно сказать, что самое малое уменьшающее влияние имеет стресс от соли, а самое большое влияние причиняет совместное проявление этих двух стрессов. Уменьшение урожая под совместным влиянием этих двух стрессов в случае наиболее устойчивого сорта было 60%-ое, а в случае наиболее чувствительного сорта было 90%-ое.

На основе обобщённых в работе результатов австрийский сорт 'Сапо' проявил себя самым лучшим в опыте. При контролируемых условиях у этого сорта также хорошая плодородность, и вместе с этим заслуживает внимания его устойчивость к засухе и соли. Наиболее чувствительными сортами к совместному наличию этих двух стрессов оказались сербский сорт 'Balkan' и азербайджанский сорт 'Гугмузу гул 1'.

**Ключевые слова:** пшеница, стресс от засухи, стресс от соли, фенотипизация

## Bevezetés

A termesztett növényeink tenyésztési időszakuk során különböző időtartamú és mértékű száraz periódusokkal találkozhatnak. A globális klímaváltozás következményeként az abiotikus stressz (pl. aszály, UV-sugárzás stb.) időszakok száma várhatóan növekedni fog. A termésbiztonság érdekében az abiotikus stresszszekkel szembeni ellenállóképesség függvénye lesz (Lavinsky et al. 2016).

A növények termésbiztonsága, termésmenővelése száraz körülmények között az egyik legnagyobb kihívás, amellyel a növénynevelők szembenéznak. A cél eléréséhez nélkülözhetetlen a pontos, precíz fenotípizálás, melynek segítségével szelektálhatunk a szárazságtűrő genotípusokra, illetve pontosabban megismerhetjük a növényi stresszválaszok háttérét és folyamatát. A kutatás agronómiai és biológiai szempontból értékes és hasznos információkat biztosít (Monneveux *et al.* 2012). A szárazság- és sóstressz együttes vizsgálata – mint a dolgozatban látható – azért fontos, mert a növények válaszreakciójában nagy a hasonlóság.

Szárazságstressz akkor alakul ki, amikor a növény vízigénye nagyobb, mint a környezet vízszolgáltató képessége (Blum 1988). A vízhiány kialakulásának alapvetően két oka lehet (Tuberosa 2012, Hoffmann *et al.* 2006). Az egyik, hogy rövidebb, vagy hosszabb ideig az átlagosnál kevesebb csapadék hullik, amelynek következtében a növény számára nem áll rendelkezésre elegendő víz. A másik, hogy a növény nem képes annyi vizet felvenni, amennyit elpárologtat, így a belső vízegyensúlya megbomlik. Ennek oka lehet a magas hőmérséklet (hőstressz), illetve a talajban felhalmozódó só (sóstressz).

A szárazság hatásának ellensúlyozására a növények körében többféle stratégiára találunk példát (Levitt 1980). A menekülés stratégiáját (escape) követő fajok a stressz észlelésekor felgyorsítják egyedfejlődési programjukat annak érdekében, hogy biztosítsák a szaporodásukat, mielőtt a túl erős stresszhatás meggátolná tulajdonságaik továbbörökítését (szemképződés búzánál). Az ilyen stratégiát követő fajok a szemképződés minél korábbi befejezésével igyekeznek átvészelni, elkerülni a szárazságot. A dehidratáció elkerülésének stratégiája (avoidance) a növény fiziológiás víztartalmának fenntartását célozza. Ennek egyik módja a vízfelvétel fokozása, mely a szervek szintjén felgyorsult gyökérnövekedéssel érhető el (Heszky 2007). A harmadik lehetséges stratégia a fiziológiai folyamatok fenntartása a csökkent víztartalom ellenére, tehát az elviselés (tolerance) jelensége. A sejtek különféle metabolitok termelésével igyekeznek ellensúlyozni az alacsony víztartalom hatásait. Blum (2009) szerint a gabonafélék adaptációs stratégiája háromféle lehet: (a) a mélyebb talajrétegekben elhelyezkedő víz elérése; (b) a víz megőrzése, illetve a vízfelhasználás csökkentése; (c) a szemfeltöltődés ideje alatt a korábban felhalmozott asszimilátumok nagyobb mértékű remobilizációja.

A növénynevelési programok célja a nagyobb termőképességű genotípusok szelekciója, valamint egyre több figyelmet kell fordítani az abiotikus stressz-

szekkel szembeni szelekcióra. A korai nemzedékekben több termés-kialakító vagy kórtani tulajdonság szelekciójára van lehetőség. Szárazságtűrésre történő nemesítés komplex megközelítést igényel. Többek között a növénymagasság, kalászolási idő, levél méret, levél viaszoltság, termékenyülés, gyökér típus, változásokat követhetünk, a különböző laborteszteknek köszönhetően a csírákori ozmotikus stressz tűrés valamint a prolintartalom mérése is nagy segítség lehet a szelekcióban. E mellett az üvegházi – amit jó, ha tenyészkeri ellenőrző vizsgálatok is követnek – körülmények között végzett kísérletek lehetőséget biztosítanak a szülő fajták tesztelésére, kiválasztására (Cseuz et al. 2002). A megfelelő genetikai és fiziológiai adottságokkal bíró szülők stabilabb ellenálló-képességű, jobb termőképességű utódok létrehozására adnak lehetőséget (Lelley 1963).

A szárazságtűrés bizonyos részjelenségeinek modellezésére számos általános elfogadott módszer létezik, azonban komplex eredményekhez igazán csak szántóföldi kísérleti körülményekkel lehet jutni. A talajban végzett, cse-repes, vízelvonást alkalmazó kísérletek hasonlítanak a legjobban a természetes szárazság stresszhez (Rajanna et al. 2016). Ez az ellenőrzött körülmények között is elvégezhető kísérlet típus ideális feltételeket biztosít a szárazságtűréshez kapcsolódó molekuláris és élettani vizsgálatok elvégzéséhez (Cobb et al. 2013). Az üvegházi kezelések mértéke kísérleti céltól függ. Varga et al. (2015) üvegházi kísérletükben optimális körülménynek a talajvízkapacitás 60%-ára öntözést tekintették, míg a szárazság stresszt a teljes vízmegvonással érték el, 7–10 napig, ez a természetben lejátszódó szárazságstresszhez hasonló. Nakhforoosh et al. (2016) optimális körülmények között a talajvízkapacitás 75%-ára, míg száraz körülmények között 25%-ára öntözött. Majer et al. (2008) optimális körülményeknek a talajvízkapacitás 60%-ára öntözést tekintette, szárazságstressznek 20%-ára öntözést. Az üvegházi módszer lehetőséget biztosít a különböző abiotikus stresszek együttes megjelenésének modellezésére is.

A talajban a sófelhalmozódás világszerte problémát jelent, a búza esetében nagymértékű termés kiesést valamint minőségromlást idéz elő. Hazánkban a másodlagos sófelhalmozódás okoz gondot, melynek kiváltó oka sok esetben a nem megfelelő minőségű öntözővíz, illetve az öntözés révén megemelkedő talajvízszint (Pepó és Tóth 2005). Kutatási eredmények bizonyítják, hogy a sóstressz számos morfológiai, fiziológiai és metabolikus változást idéz elő a növényben, mely oxidatív valamint ozmotikus stressz kialakulásához vezet. Amikor a gyökéren át nagymennyiségű,  $\text{Na}^+$  és  $\text{Cl}^-$  ion jut a növénybe, negatívan be-

folyásolják a növekedést a metabolikus folyamatok károsításával és a fotoszintézis mértékének csökkentésével. Amikor a növények sóstresszes körülmények között növekednek felszívódási rendellenességek, valamint a kicsi ozmotikus potenciál, illetve speciális ionváltozások következtében a szárazsághoz hasonló állapot jelentkezik (Kocsy *et al.* 1991). A növényi válasz a sóstresszre kétfázisú. Az első egy rövid ozmotikus stressz fázis, ami a fiatal levelek növekedését csökkenti. A második egy lassabb ionváltozást okozó fázis, amely az idősebb levelek öregedését idézi elő. A sóstressz okozta negatív hatások megismerése valamint ezek kiküszöbölése jelentős kihívás. Konvencionális és transzgénikus megoldási törekvések is fellelhetők a nemzetközi irodalomban. A sóstresszel szembeni ellenállóság kialakítása ezidáig kevés sikerrel járt (Zhang *et al.* 2016). A sóstressz hatásának vizsgálatok a szárazságstresszhez hasonlóan a termés csökkenés a legfontosabb tényező (Katerji *et al.* 2003). Hazánkban a sóstressz, a mezőgazdasági gyakorlatban kisebb jelentőségű, mint a világban. Kísérletünkben, azért esett erre a stresszfaktorra a választásunk, mert üvegház körülmények között könnyen kezelhető és a vízmegvonással könnyen kombinálható.

A Gabonakutató Kft. üvegházában 2008 óta működő komplex stressz-diagnosztikai rendszer lehetőséget biztosított az abiotikus stresszekkel szembeni ellenállóság vizsgálatára. A dolgozatban, nemzetközi pályázatban (EPPN), 2014-ben beállított só- valamint szárazságtűrési kísérletünk részeredményeit szeretnénk bemutatni, melyben 14 búzafajtát teszteltünk, amelyek eltérő abiotikus stressztoleranciával rendelkeztek, és különböző származásúak voltak. A kísérlet célja a fajták válaszreakciójának megismerése külön a szárazság-, illetve a sóstresszre, valamint az együttes stresszhatással szemben. Ezen túl a növényfenotipizálásra kiépített rendszerünk rövid bemutatása is célunk volt.

### Anyag és módszer

Az üvegházi fenotipizálási rendszert évekkel korábban Dudits Dénes kezdeményezésével, közös GK-SZBK pályázatban építettük ki (Majer *et al.* 2008). A rendszernek (1. ábra) három fő része van. Az első fontos eleme a növénynevelés számára biztosított nevelőasztal, amelyen a cserepek egyedileg azonosíthatók chip technológia segítségével. A cserepeket tálcákban helyeztük el, amelyek így könnyen mozgathatóak. Ennek jelentősége a digitális leképezési rendszer és az automata öntözési egység kiszolgálásában van.

1. ábra. Üvegházi növényfenotípzálási rendszer a növénynevelő asztallal, a digitális leképező, valamint a félautomata öntöző egységgel



Figure 1. Greenhouse plant phenotyping system, the digital imaging, and the half-automatic irrigation

Második része a félautomata öntöző berendezés. Ezen, miután a tálcákat elhelyeztük az öntöző asztalon, a chip segítségével a cserepeket azonosítja a berendezés, majd a korábban beállított tömegre öntözi, és az adatot számítógépre menti. A harmadik rész a digitális leképezés. A cserepek egyedi azonosítását követően, számítógép által vezérelt forgató rendszer segítségével 11 különböző oldalirányú beállításból képek készülnek, digitális fényképezőgéppel a növényekről, amelyek segítségével a biomassa-produktumot lehet kiszámolni a növények zöld részeiből adódó pixelek segítségével. Ezt a kalkulációt számítógép megfelelő program segítségével adja meg.

A kísérletet 2014-ben a tavaszi időszakban végeztük el üvegházban. A magokat 2013. december 15-én vetettük el. Az egyhetes csíranövényeket hidegkamrába helyeztük hat hétre, a vernalizáció idejére állandó +4 °C hőmérséklet-

re, folyamatos alacsony intenzitású megvilágítás alá. A cserépbe ültetés 2014. február 23-án történt. Az ültetést megelőzően a cserepeket egyedileg töltöttük meg. Minden cserépbe 4 g Osmocote (Osmocote Exact) műtrágya, valamint 1340 g homok és 526 g tőzeg került. Az *1. táblázatban* a kísérletben szereplő fajtákat, származásukat tüntettük fel. Az azerbajdzsáni fajták között három fajta tavaszi növekedési típusú, de hazánkban több évben őszi növekedési típusúként kezeltük őket és nem tapasztaltunk fagyérzékenységet.

1. táblázat. A vizsgált fajták és származásuk

Fajta (1)	Származás (2)
1. Tale 38	
2. Azamatli-95	
3. Giymatli 2/17	Azerbajdzsán (3)
4. Gobustan	
5. Gyrmzy gul 1	
6. Balkan	
7. NS 40S	
8. NS Avangarda	Szerbia (4)
9. Suboticanka	
10. Renesansa	
11. Donnato	
12. Midas	
13. Gallio	Ausztria (5)
14. Capo	

*Table 1.* The tested varieties and their origin. (1) Variety, (2) Origin, (3) Azerbaijan, (4) Serb, (5) Austria

A kísérletben négy kezeléssel dolgoztunk, öt ismétlésben. A 'Kontroll 1' optimális öntözést jelentett, ahol a talaj vízkapacitása 60%-ára öntöttük a cserepeket. A 'Kontroll 2' kezelés az „önálló” szárazságstressz kezelést jelenti, ahol a talaj vízkapacitása 20%-ára öntöttünk. A 'Só 1' kezelés a sóstresszt önmagában jelöli, ahol talajba kilogrammonként 2 g sót (NaCl) adtunk tenyészedényenként. A 'Só 2' kezelés pedig, a szárazságstresszt és a sóstresszt együttes vizsgálatát jelöli (*2. táblázat*). A közepesen sós talajok esetében a só koncentráció 0,15–0,40%, ekkor a legtöbb termesztett növény termése csökken (*Stefanovits et al.* 1999).

2. táblázat. A kísérletben alkalmazott kezelések

Kezelések (1)	Öntözés (2)	Só (3)	Név (4)
Kontroll 1 (5)	60%	-	optimális öntözés (9)
Kontroll 2 (6)	20%	-	vízmegevonás (10)
Só 1 (7)	60%	0,2% NaCl	optimális öntözés+só (11)
Só 2 (8)	20%	0,2% NaCl	vízmegevonás+só (12)

Table 2. Experimental treatments. (1) Treatments, (2) Irrigation, (3) Salt, (4) Name, (5) Control 1, (6) Control 2, (7) Salt 1, (8) Salt 2, (9) Optimal irrigation, (10) Water withdrawal, (11) Optimal irrigation+salt, (12) Water withdrawal+salt

A kísérletben felvételeztük a kalászoslási időt. A betakarítást 2014. június 14-én végeztük az üvegházban. A betakarítás előtt megmértük a növénymagasságot, majd szárítószekrényben súlyállandóságig szárítottuk a földfeletti részt, és ezt követően megmértük a paramétereket. Ezek a száraz biomasszatömeg, a főkalásztömeg, kaláshosszúság, szemszám, kalászkák száma és növényenként az összes terméstömeg voltak.

Az eredményeket a Microsoft Excel Analysis tool pack segítségével értékeltük ki. A kezelések közötti összefüggések vizsgálatára kéttényezős varianciaanalízist használtunk. Az ábrákon feltüntetett SzD-érték bármely két adat közötti megbízhatóságot mutatja.

## Eredmények

Az üvegházi fenotipizálási eredmények közül részletesen a növénymagasság, föld feletti száraztömeg, valamint a termésmennyiség eredményeit ismertetjük. A 2. ábrán a négy kezelés hatása látható a növénymagasság adatok alapján. A szárazságstressz (vízmegevonás) minden esetben növénymagasság-csökkenést okozott, amely csak a 'Donnato' fajta esetében volt statisztikailag bizonyíthatóan szignifikáns. A sóstressz (Só1) önmagában nem okozott jelentős különbséget a növénymagasságban egy fajta esetében sem. A szárazság- és sóstressz együttes hatása azonban a legtöbb fajta esetében szignifikáns mértékű növénymagasság-csökkenést okozott. A 'Donnato' fajtánál a legnagyobb mértékű 40 cm különbséget mértünk. A kontroll körülmények között is alacsony, 60 cm magasságú 'Renesansa' és 'Gyrmyzy gul 1' reagált a legkisebb depresszióval a kombinált stressz kezelésre.

2. ábra. Búzafajták növénymagasságának alakulása szárazság- és sóstressz hatására

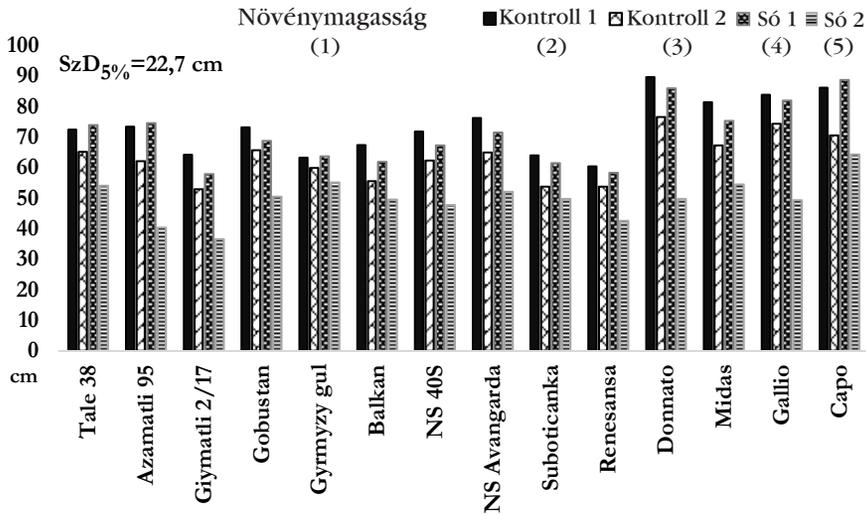


Figure 2. The effect of the drought and salt stress on plant height. (1) Plant height, (2) Control 1, (3) Control 2, (4) Salt 1, (5) Salt 2

A 3. ábrán a fajták föld feletti részeinek száraztömeg alakulását követhetjük. Látható, hogy minden stressz kezelés depressziót okozott e tulajdonság tekintetében is. A legkisebb mértékben a 'Só 1' kezelés volt hatásos, amely csak néhány fajtánál okozott szignifikáns különbséget. Az érzékeny fajták a 'Midas', 'Giymatly 2/17', 'NS 40S' voltak. A szárazságstressz önmagában is, minden fajta esetében szignifikáns depressziót okozott. A legnagyobb mértékű csökkenést a 'Tale 38', 'Azamatli 95', 'Gobustan', 'Renesansa', 'NS Avangarda' esetében figyeltük meg. A legkevésbé érzékeny a 'Gallio' fajta volt.

A só- és szárazságstressz együttes alkalmazása nagymértékű depressziót okozott (3. ábra) a föld feletti szárazanyag-tartalomban, ami minden fajta esetében szignifikáns volt. A különbség nagyon jelentős, egyes fajtáknál 10 g-os különbséget figyelhetünk meg az optimálisan öntözött 'Kontroll 1' kezeléshez képest. A kettős stresszre a legrosszabbul a 'Gobustan' és az 'NS Avangarda' fajták reagáltak.

A 4. ábra a nemesítési szempontból legfontosabb tulajdonság, a termésmennyiség alakulását foglalja össze. Az optimális öntözéshez képest a kezelések minden esetben termésvesztést okoztak, kivéve a 'Gallio' fajta esetében,

ahol a só stressz termésnövekedést idézett elő. A többi tulajdonsághoz hasonlóan a sóstressz önmagában okozta a legkisebb termésdepressziót, ezt követte a szárazság, majd a kombinált stresszkezelés (só+vízmegvonás). A 4. ábrán megfigyelhető, hogy a fajták között kontroll körülmények között milyen jelentős termésbeli különbség volt mérhető. A legbőtermőbb az 'NS Avangarda' 6 g fölötti termékkel, míg a legkisebb termőképességű, 3,8 g termékkel a 'Suboticanka' és a 'Renesansa' fajták voltak.

3. ábra. Búzafajták föld feletti száraztömegének alakulása szárazság- és sóstressz hatására

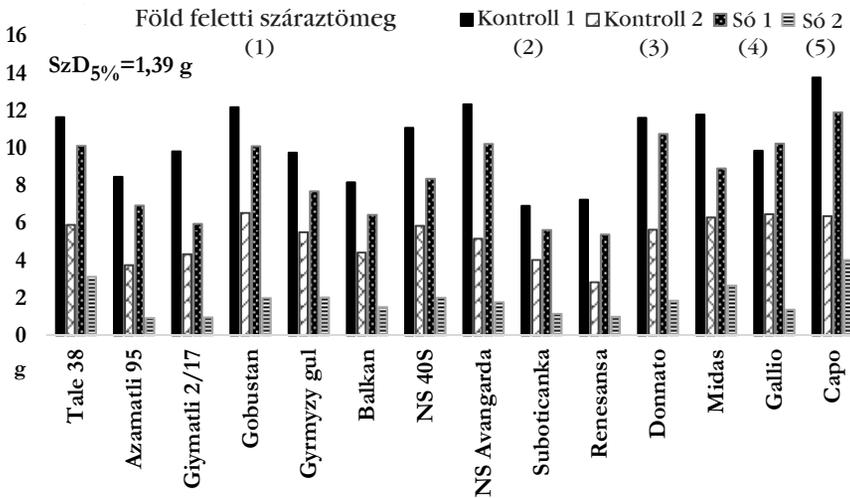


Figure 3. The effect of the treatments on the above ground biomass. (1) Above ground biomass, (2) Control 1, (3) Control 2, (4) Salt 1, (5) Salt 2

Az 5. ábrán a fajták termésdepresszióját figyelhetjük meg az optimális öntözéshez viszonyítva százalékban kifejezve. Látható, hogy a sóstressz önmagában 10% és 25% közötti termés kiesést okozott. A legkisebb veszteséget a 'Gyrmzy gul 1', a legnagyobbat pedig a 'Capo' fajta szenvedte el, a 'Galio' fajta legmagasabb termést a só stressz alatt érte el. A szárazságstressz jóval nagyobb, 40% és 60% közötti termés veszteséget jelentett a kontroll optimális öntözéshez képest. A legkisebb veszteség a 'Gallio', míg a legnagyobb a 'Renesansa' fajtánál volt megfigyelhető.

4. ábra. Búzafajták termésváltozása szárazság- és sóstressz hatására

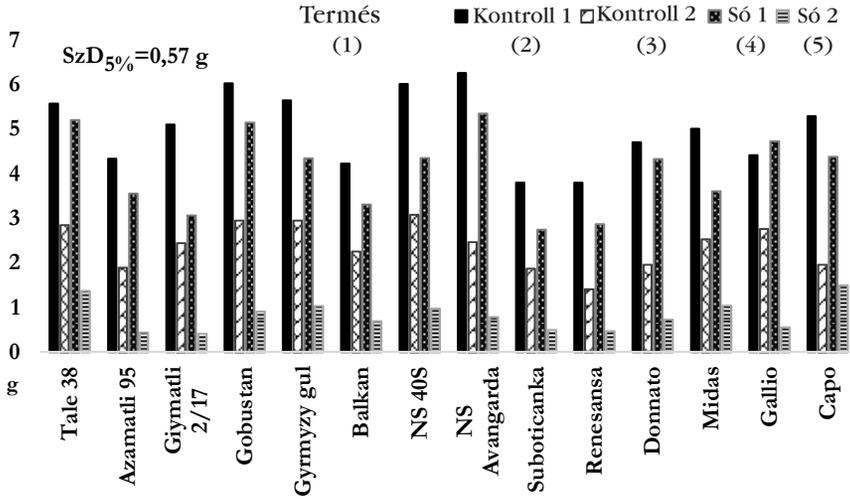


Figure 4. The effect of the treatments on the yield. (1) Yield, (2) Control 1, (3) Control 2, (4) Salt 1, (5) Salt 2

5. ábra. Búzafajták termésdepressziója a Kontroll 1 kezeléshez viszonyítva (%)

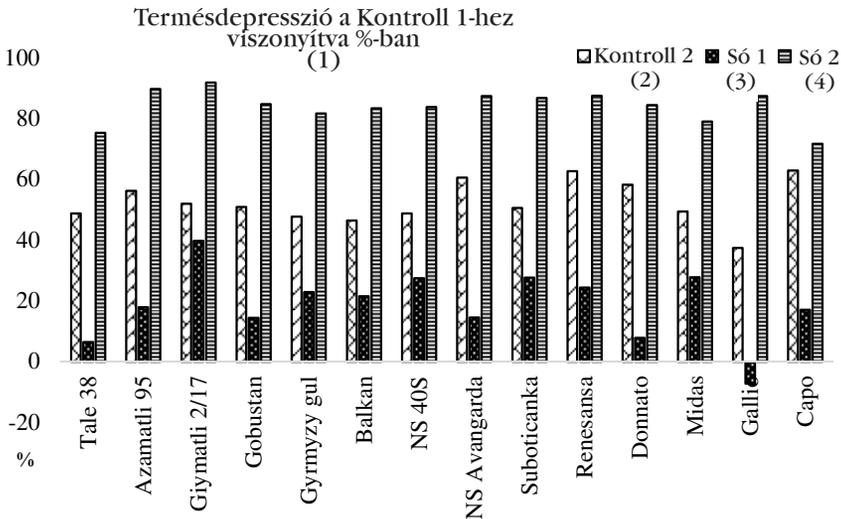


Figure 5. Yield depression % of the varieties compared to control 1 treatment. (1) Yield depression % compared to control 1, (2) Control 2, (3) Salt 1, (4) Salt 2

A kettős stressz – azaz a szárazság és a só hatása együttesen – nagymértékű, 70% és 90% közötti termés vesztséget okozott. A legkisebb egyedi termésdepressziót a 'Capo' és a 'Gallio' fajták esetében mértünk, míg a legnagyobb veszteséggel a 'Balkan' és 'Gyrmazy gul 1' fajták reagáltak.

### Következtetés

A fenotipizálási kísérleteink egyik célja fajták, genotípusok kiválasztása speciális tulajdonságokra (esetünkben szárazság- és sótűrés) nemesítési és élettani vizsgálatokra, hasonlóan, mint azt a szakirodalomban is találjuk (*Passioura* 1996). A kezelések hatására a fajták között megfigyelhető szignifikáns különbségek azt mutatják, hogy az abiotikus stresszekre a fajták eltérő módon reagálnak (*Mustafa et al.* 1996, *Majer et al.* 2008, *Farshdagar et al.* 2013). A bemutatott eredményeinken látható volt, hogy a kísérletben szereplő fajták különbözőképpen reagáltak az abiotikus stresszekre. Az általunk alkalmazott sóstressz okozta a legkisebb eltérést az optimális öntözéshez képest, ezt követte a szárazságstressz, majd az együttes só- és szárazságstressz.

Korábbi irodalmi ismeretek alapján nyilvánvaló megfigyelés volt, hogy a szárazság nagymértékben csökkenti a növénymagasságot és a földfeletti zöldtömeget (*Nezhadahmadi et al.* 2013). *Zhang et al.* (2011) azt tapasztalták, hogy az általuk vizsgált 154 búza genotípus esetében a szárazság hatására a növénymagasság csökkent, megállapításukkal egyeznek adataink. Üvegházi eredményeinkben minden vizsgált fajta csökkent növénymagassággal rendelkezett a vízmegvonást követően. A kísérletünkben alkalmazott sóstressz hatására a depresszió kisebb mértékű volt. *Narjesi et al.* (2015) térképezési munkájuk során hozzánk hasonlóan azt tapasztalták, hogy a 179 RIL genotípus növénymagassága csökkent a sóstressz hatására. Az együttesen alkalmazott szárazság- és sóstressz minden fajtánál a legnagyobb mértékű növénymagasságcsökkenést idézte elő. Kísérletünkben a legérzékenyebbnek az osztrák 'Donnato' fajta, míg a legellenállóbbnak a 'Renesansa' szerb fajta bizonyult e tulajdonság tekintetében az együttes stresszkezelés hatására.

A föld feletti szárazanyagtermés mértéke összefüggésben áll mind a növénymagassággal, mind pedig a szemtermés mennyiségével, ezért ebben az esetben arra számítottunk, hogy a szárazságstressz hatására ez az érték csökkenni fog. Az üvegházi kísérlet során beigazolódott, hogy a vízmegvonás a földfeletti szárazanyagtermés depressziójában mutatkozik meg. Ez megegyezik

*Inagaki et al.* (2010) eredményeivel. *El-Hendawy et al.* (2005) különböző fenofázisokban vizsgálta a föld feletti szárazanyagtermést, és minden esetben csökkenést figyelt meg. A vizsgált genotípusok átlagosan 47%-os depressziót mutattak. Kísérletünkben a só stresszre érzékeny fajták, a 'Midas', 'Giymently 2/17', 'NS 40S' voltak. A növénymagassághoz hasonlóan a földfeletti szárazanyag-tömeg esetében a só- és szárazságstressz együttesen gyakorolta a legnagyobb negatív hatást. A kettős stresszre a legérzékenyebben a 'Gobustan' és az 'NS Avangarda', több mint 10 g-os biomassza-vesztéssel reagált. A földfeletti biomassza termés fontos szelekciós tulajdonság a szárazságtűrésre történő nemesítés esetében is (*Tomar et al.* 2016).

Hazai körülmények között olyan genotípus termesztése a cél, amely minden fejlődési fázisban jól tűri a szárazságot, és termése a vízhiány hatására a lehető legkisebb mértékben csökken (*Lelley* 1963, *Heszky* 2007). A szárazságtűrés hazánkban a gabonafélék termésbiztonságának egyik meghatározó eleme. Nem azt a genotípust tekintjük gyakorlati értelemben szárazságtűrőnek, amely „csupán” túléli a szárazságot, hanem amely stressz hatására kismértékű termés depressziót mutat (*Szira* 2010). Az üvegházi kísérlet fenotipizálási munkái során ezeket a fajtákat kerestük, illetve azokat, amelyek a só, valamint a két abiotikus stressz megjelenésére a legjobban reagáltak. A szárazságstressz önmagában a kontrollhoz képest 40–60%-os termés kiesést okozott. *Varga et al.* (2015) üvegházi kísérletében szintén nagymértékű termés depressziót figyelt meg a vizsgált búzafajtáknál. A sóstressz a mi kísérletünkben a szárazsághoz képest kisebb termés kiesést okozott, mintegy 10–30%-ot. *El-Hendawy et al.* (2005) sóstressz hatására a legellenállóbb fajták esetében 22%-os, míg a legérzékenyebb fajták esetében 61%-os termés kiesést mért búzafajták esetében. A sóstressz és a szárazságstressz együttesen 60–90%-os termésvesztéget eredményezett, ami bizonyítja az abiotikus stresszek együttes megnyilvánulásakor fellépő nagymértékű terméskiesést (*Tuberosa* 2012).

A dolgozatban bemutatott eredmények alapján a nemesítés számára a 14 nemzetközi fajta két abiotikus stresszel szembeni válaszadó képességéről számoltunk be. A 'Capo' fajta jó szárazságtűrő képességgel bír, valamint optimális körülmények között is nagy termőképességű. Az 5. ábrán megfigyelhettük, hogy minden kezelés esetében a legkisebb mértékben reagált termés csökkenéssel, ezért a nemesítés során hasznos lehet abiotikus ellenállóképességet célzó programokban szülőfajtaként felhasználni.

## Köszönetnyilvánítás

A munkát az European Plant Phenotyping Network (EPPN) támogatta (grant agreement no. 284443). Köszönetet mondunk Vajasdi-Nagy Sándornak a kísérleti munka gyakorlati lebonyolításában adott segítségével.

## Irodalom

- Blum, A.*: 1988. Drought resistance. [In: Blum, A. (ed.) Plant breeding for environmental stresses.] CRC Press. Boca Raton. Florida. 223: 43-77.
- Blum, A.*: 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) in the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research*. 112. 2-3: 99-123.
- Cobb, J. N.-Greenberg, A.-DeClerk, G.-Clark, R.-McCouch, S.*: 2013. Next-generation phenotyping: requirements and strategies for enhancing our understanding of genotype-phenotype relationships and its relevance to crop improvement. *Theoretical and Applied Genetics*. 126. 4: 867-887.
- Cseuz, L.-Pauk, J.-Kertész, Z.-Matuz, J.-Fónad, P.-Tari, I.-Erdei, L.*: 2002. Wheat breeding for tolerance to drought stress at the Cereal Research Non-Profit Company. *Acta Biologica Szegediensis*. 46. 3-4: 25-26.
- El-Hendwy, S.-Hu, Y.-Yakout, G. M.-Awad, A. M.-Hafiz, S. E.-Schmidhalter, U.*: 2005. Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. *European Journal of Agronomy*. 22: 243-253.
- Farshadfar, E.-Romena, H.-Safari, H.*: 2013. Evaluation of variability and genetic parameters in agro-physiological traits of wheat under rain-fed condition. *Int. J. Agri. Crop Sci.* 5. 9: 1015-1021.
- Heszky L.*: 2007. Szárazságtűrés és a növény kapcsolata. *Agrofórum*. 18. 11: 36-40.
- Hoffmann B.-Cseuz L.-Pauk J.*: 2006. Az őszi búza szárazságtűrésre történő nemesítésének lehetőségei és korlátai. [In: Dudits D. (szerk.) A búza nemesítésének tudománya - A funkcionális genomikától a vetőmagig.] MTA Szegedi Biológiai Központ - Winter Fair Kft. Szeged. 334: 191-217.
- Inagaki, M. N.-Mori, M.-Nachit, M.*: 2010. Yield comparison for synthetic-derived bread wheat genotypes with different water uptake abilities under increasing soil water uptake abilities under increasing soil water deficits. *Cereal Res. Commun.* 38. 4: 497-505.
- Katerji, N.-van Hoorn, J. W.-Hamdy, A.-Mastrorilli, M.*: 2003. Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Agricultural Water Management*. 62: 37-66.

- Kocsy, G.–Galiba, G.–Sutka, J.: 1991. *In vitro* system to study salt and drought tolerance of wheat. *Acta Horticulture*. 289: 235–236.
- Lavinsky, A. O.–Magalhães, P. C.–Diniz, M. M.–Gomes-JR, C. C.–Castro, E. M.–Ávila, R.: 2016. Root system traits and its relationship with photosynthesis and productivity in four maize genotypes under drought. *Cereal Res. Commun.* 44. 1: 89–97.
- Lelley J.: 1963. A nemesítés módszerei. [In: Lelley J.–Mándy Gy. (szerk.) A búza (*Triticum aestivum* L.) – Kultúrflóra sorozat 19.] Akadémiai Kiadó. Budapest. 333: 233–240.
- Levitt, J.: 1980. Response of plants to environmental stresses. Academic Press. New York – London. 697.
- Majer, P.–Sass, L.–Lelley, T.–Cseuz, L.–Vass, I.–Dudits, D.–Pauk, J.: 2008. Testing drought tolerance of wheat by a complex stress diagnostic system installed in greenhouses. *Acta Biol. Szeged.* 52. 1: 97–100.
- Monneveux, P.–Jing, R.–Satish, C. M.: 2012. Phenotyping for drought adaptation in wheat using physiological traits. *Frontiers in physiology.* 3: 429.
- Mustafa, M. A.–Boersma, L.–Kronstad, W. E.: 1996. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. *Crop Science.* 36: 982–986.
- Nakhforoosh, A.–Bodewein, T.–Fiorani, F.–Bodner, G.: 2016. Identification of water use strategies at early growth stages in durum wheat from shoot phenotyping and physiological measurements. *Frontiers in Plant Science.* 7: 1155.
- Narjesi, M.–Mardi, M.–Hervan, E. M.–Azadi, A.–Naghavi, M. R.–Ebrahimi, M.–Zali, A. A.: 2015. Analysis of Quantitative Trait Loci (QTL) for grain yield and agronomic traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) under normal and salt-stress conditions. *Plant Mol. Biol. Rep.* 33: 2030–2040.
- Nezhadahmadi, A.–Proadhan, Z. H.–Faruq, G.: 2013. Drought tolerance in wheat. Hindawi Publishing Corporation the Scientific World Journal. Article ID 610721, 12.
- Passioura, J. B.: 1996. Drought and drought tolerance. *Plant Growth Regulation.* 20. 2: 79–83.
- Pepó P.–Tóth S.: 2005. A burgonya (*Solanum tuberosum* L.) sótűrő képességének és kalluszindukciójának vizsgálata *in vitro* módszerek alkalmazásával. Agrártudományi Közlemények. 18.
- Rajanna, G. A.–Dhindwal, A. S.–Nanwal, R. K.: 2016. Effect of irrigation schedules on plant water relations, root, grain yield and water productivity of wheat [*Triticum aestivum* (L.) emend Fkori & Paol] under various crop establishment techniques. *Cereal Res. Commun.* DOI:10.1556/080644.2016.051
- Stefanovits P.–Filep Gy.–Füleky Gy.: 1999. Szikes talajok. [In: Stefanovits P. (szerk.) Talajtan.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 248–256.
- Szira F.: 2010. Árpa szárazságtűrését befolyásoló lokuszok azonosítása és marker alapú szelekcióra való alkalmazásuk vizsgálata. Doktori PhD értekezés. Szent István Egyetem. Gödöllő. 96.

- Tomar, R. S. S.–Tiwari, S.–Vinod, B. K.–Naik, S. C.–Chand, S.–Deshmukh, R.–Mallick, N.–Singh, S.–Singh, N. K.–Tomar, S. M. S.: 2016. Molecular and morpho-agronomical characterization of root-agronomical characterization of root architecture at seedling and reproductive stages for drought tolerance in wheat. *PLoS ONE*. 11. 6: e0156528.
- Tuberosa, R.: 2012. Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era. *Frontiers in physiology*. 3: 347.
- Varga, B.–Vida, G.–Varga-László, E.–Bencze, S.–Veisz, O.: 2015. Effect of simulating drought in various phenophases on the water use efficiency of Winter Wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 201: 1–9.
- Zhang, J.–Hao, C.–Ren, Q.–Chang, X.–Liu, G.–Jing, R.: 2011. Association mapping of dynamic developmental plant height in common wheat. *Planta*. 234. 5: 891–902.
- Zhang, S.–Gan, Y.–Xu, B.: 2016. Application of Plant-Growth-Promoting Fungi *Trichoderma longibrachiatum* T6 enhances tolerance of wheat to salt stress through improvement of antioxidative defense system and gene expression. *Frontiers in Plant Science*. 7. Art 1405.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Nagy Éva – \*Pauk János  
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft.  
Biotechnológia Osztály  
Szeged  
Alsó kikötő sor 9.  
H-6726  
\*janos.pauk@gabonakutato.hu

\*\*Vass Imre – Sass László – Kenny Paul  
MTA Szegedi Biológiai Központ  
Növénybiológiai Intézet  
Szeged  
Temesvári krt. 62.  
H-6726  
\*\*vass.imre@brc.mta.hu

Tofiq Allahverdiyev  
Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic  
Research Institute of Crop Husbandry  
Pirshagi, Sovkhoz-2.  
Azizbeyov str. 1.  
Baku  
Azerbaijan  
AZ1098

Heinrich Grausgruber  
University of Natural Resources and Life Sciences  
Department of Crop Sciences  
Vienna  
Konrad Lorenz Str. 24.  
Tulln an der Donau  
Austria  
3430

Ankica Kondic-Spika  
Institute of Field and Vegetable Crops  
M. Gorkog 30.  
Novi Sad  
Serbia  
21000



## SZEMLE

### Review

## Az olasz nád (*Arundo donax* L.) termesztése és hasznosítása

SIMON LÁSZLÓ

Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Nyíregyháza

### Összefoglalás

Az olasz nád (*Arundo donax* L., *Poaceae*) C3-típusú fotoszintézist folytató, élő, lágyszárú, robusztus fűféle. Világszerte ipari növényként, építési, mezőgazdasági, valamint bioenergetikai célra termesztik, illetve környezetvédelmi célokra alkalmazzák. Mivel a mérsékelt égövben föld feletti szerveinek éves száraz hozama öntözés nélkül is elérheti a 10–20 tonnát hektáronként, a hazai energiaültetvények egyik potenciális, perspektivikus növénye. E közleményben az olasz nád klimatikus, edafikus igényeit tekintjük át, illetve bemutatjuk termesztéstechnológiáját, ipari és környezettechnológiai hasznosítását.

2007–2011 között homokos vályog jellegű, kovárványos barna erdőtalajon beállított szabadföldi mikroparcellás kísérletekben tanulmányoztuk ezt a növényfajt Nyíregyházán. Kísérleteinket az Amerikai Egyesült Államokból származó mikroszaporított („SC Blossom”), valamint egy nyíregyházi házikertből származó (dísnövényként termesztett), tőosztással szaporított növényegedekkel állítottuk be. Kétféle biohulladékot (települési szennyvíziszap komposzt – TSZK, települési biohulladék komposzt – TBK), valamint fejtrágyaként ammónium-nitrát (AN) műtrágyát juttattunk ki a talajba. Megállapítottuk, hogy olasz nád jól tűri a provokatívan nagy dózisu (51 t/ha száraz tömeg) TSZK-kezelést a nélkül, hogy a hajtásaiban jelentős mennyiségben toxikus elemek (Cd, Pb) halmozódnának fel. Mérsékelt (13 t/ha száraz tömeg) TSZK kijuttatás esetén az olasz nád hajtásainak nedves tömege szignifikánsan, 21%-kal emelkedett meg. Ha-

sonló 19,8% vagy 9,0%-os hozamnövekedést tapasztaltunk, amennyiben a talajt mérsékelt dózissal (18,8 t/ha száraz tömeg) TBK-tal és egyidejűleg 150 kg/ha AN-tal, illetve 300 kg/ha AN-tal kezeltük. Az AN-ot fejtrágyaként juttattuk ki, megközelítőleg 50, illetve 100 kg/ha nitrogén hatóanyag-tartalommal. A kezelt kultúrákban megnőtt a betakarítható hajtások száma a kontrollhoz képest, habár egy adott hajtás tömege kisebb volt, mint a kontrollé. TSZ, illetve TBK kijuttatás esetén megemelkedett a hajtások fajlagos K-, P-, N-, illetve Zn-tartalma. Enyhén megemelkedett ugyan a hatásokban a fajlagos kadmiumtartalom is, de a teljes felvett mennyiség a hajtásokban nem volt jelentős. Megállapítottuk, hogy az olasz nád föld feletti szerveinek hozamát mérsékelt adagban történő települési biohulladék kijuttatással, illetve fejtrágyaként kijuttatott nitrogén műtrágyával serkenteni lehet anélkül, hogy a biomasza erőművekben elégetésre kerülő hajtásokban jelentős mértékben toxikus elemek halmozódna fel.

**Kulcsszavak:** olasz nád, *Arundo donax* L., mikroparcellás kísérletek, hozam, táp- és toxikuselem-felvétel

## Cultivation and utilisation of giant reed (*Arundo donax* L.)

L. SIMON

University of Nyíregyháza

Institute of Engineering and Agricultural Sciences, Nyíregyháza

### Summary

Giant reed (*Arundo donax* L., *Poaceae*) is a robust, perennial, rhizomatous grass with C3-type photosynthesis. This plant is utilised in different parts of the world for industrial, construction, agricultural, environmental and bioenergetical purposes. Due to the fact that its above-ground organs can produce 10–20 dry tonnes per hectare without irrigation in a year, this plant is a perspective energy crop in Hungary. In this review, climatic and soil requirements, cultivation technology, industrial and environmental utilisation of *Arundo* is summarised and our related research experiences are presented.

Our open-field microplot experiments were organized with giant reed from 2007 to 2011 in Nyíregyháza, Hungary. Micropropagated (American „SC Blossom” culture) or rhizome propagated (Hungarian ornamental culture) plants were grown in a sandy

loam brown forest soil. Two biowastes (municipal sewage sludge compost – MSSC or municipal biocompost – MBC from green waste), and ammonium nitrate (AN) fertiliser as a top dressing were applied to the soil to study their impacts on the yield and mineral nutrition of *Arundo*. It was found that even from high (51 dry t ha<sup>-1</sup>) provocative doses of MSSC the accumulation of toxic elements as Cd or Pb was negligible in the shoots of *Arundo*. If moderate dose (13 dry t ha<sup>-1</sup>) of MSSC was applied to the soil, the above-ground wet yield of the Hungarian culture was significantly enhanced, by 21%. Similar stimulation of yields was observed at the second harvest of shoots if the soil was treated before with 18.8 t ha<sup>-1</sup> MBC+150 kg ha<sup>-1</sup> AN or 300 kg ha<sup>-1</sup> AN (with appr. 50 or 100 kg ha<sup>-1</sup> nitrogen active substance) as a top dressing. The wet above-ground yields were enhanced by 19.8% or 9.0%, respectively. Treated cultures had more harvestable shoots; however, the weight of one shoot was lower than that of control. Soil application of MSSC or MBC enhanced the specific concentration of K, P, N or Zn in shoots. Accumulation of Cd was also slightly enhanced, but its total amount in shoots was negligible. It can be concluded that above-ground yields of *Arundo* can be stimulated with biowastes or by artificial nitrogen fertiliser, without the danger of excessive toxic element accumulation in combustible shoots.

**Key words:** giant reed, *Arundo donax* L., microplot experiments, yield, nutrient and toxic element uptake

## Выращивание и использование тростникового арундо (*Arundo donax* L.)

Л. ШИМОН

Ниредьхазский Университет

Институт Технических и Аграрных Наук, Ниредьхаза

### Резюме

Тростниковый арундо (*Arundo donax* L., *Poaceae*) – продолжающее фотосинтез типа С3, многолетнее, с мягким стеблем, большое злаковое растение. Во всём мире его используют как промышленное растение, выращивают для строительных, сельскохозяйственных и биоэнергетических целей, а также применяют в целях охраны

окружающей среды. Поскольку в умеренном климатическом поясе годовой сухой урожай его надповерхностных частей и без орошения может достигать 10–20 т с гектара, то оно является одним из перспективных потенциальных энергетических растений в Венгрии. В этой статье рассматриваем климатические, эдафические потребности тростникового арундо, а также покажем технологию выращивания, его применение в промышленности и в технологии защиты окружающей среды.

В 2007–2011 годы в микропарцеллярных грунтовых опытах, установленных на песчаной суглинистой, бурой лесной почве, изучали этот вид растений в Ниредь-хазе. Наши опыты проводили с происходящими из США микрорепродуктивными растениями („SC Blossom”), а также с происходящими из Ниредьхазского домашнего сада (выращиваемое как декоративное растение), с разведёнными делением стебля индивидуальными растениями. Вносили в почву два вида биоотходов (компост сточных вод поселения – TSZK, компост биоотходов поселения – ТВК), а также в качестве индивидуального удобрения – искусственное удобрение нитрат аммония (AN). Установили, что тростниковый арундо хорошо выдерживает провокативно большой дозы (51 т/га сухая масса) обработку TSZK-ом без того, чтобы в его побегах накопились бы в значительном количестве токсичные элементы (Cd, Pb). В случае внесения умеренной дозы (13 т/га сухая масса) TSZK влажная масса побегов тростникового арундо значительно, на 21% увеличилась. Похожее увеличение на 19,8% или на 9,0% урожая наблюдали, если почву обрабатывали умеренной дозой (18,8 т/га сухая масса) ТВК-ом и одновременно 150 кг/га нитратом аммония (AN), или 300 кг/га AN. Нитрат аммония (AN) вносили в качестве индивидуального удобрения, приблизительно содержащего 50, или 100 кг/га действующего вещества азота. В обработанных культурах выросло количество убираемых побегов по сравнению с контролем, хотя масса одного такого побега была меньше, чем в контроле. В случае внесения TSZK, или ТВК увеличилось удельное содержание побегами K, P, N, и Zn. Слабо увеличилось также в побегах удельное содержание кадмия, но полное принятое(усвоенное) его количество в побегах не было значительным. Установили, что внесением умеренных доз биоотходов поселений и внесением в качестве индивидуального удобрения искусственного азотного удобрения можно стимулировать урожай надповерхностной части тростникового арундо без того, чтобы накопилось бы значительное количество токсичных элементов в побегах биомассы, предназначенной для сжигания на энергостанциях.

**Ключевые слова:** тростниковый арундо, *Arundo donax* L., микропарцеллярные опыты, урожай, приём питательных и токсичных элементов

### A növényfaj bemutatása

Az olasz nád (*Arundo donax* L.) a vízpartok és mocsarak jellegzetes növénye, amely hazánkban akár öt méter magasra is megnő. Szára sima, üreges, nagyon kemény, bambuszhoz hasonlóan sok nádusszal. Széles, kékeszöld levelei lehajlóak (1. ábra).

1. ábra. Olasz nád (*Arundo donax* L.)



Forrás: felül balra – *Net1*, felül jobbra és alul – dr. Simon László fotói

*Figure 1.* Giant reed (*Arundo donax* L.). Sources: up to the left *Net1*, up to the right and down: photos of dr. László Simon

A pázsitfűfélék (*Poaceae*) családjába tartozó *Arundo* nemzetség hat faja a Földközi-tenger mellékétől a Kaukázusontúl, valamint Kelet-Ázsiában honos. Előfordul az Egyesült Államok déli államaiban, az elmúlt évszázadban Dél-Amerikába és Dél-Afrikába is betelepítették, Ausztráliában, Óceániában is előfordul (*Danert et al.* 1981, *Nsanganwimana et al.* 2014). Hazánkban korábban csak dísznövényként volt ismert.

C3-típusú fotoszintézist folytató, évelő, lágyszárú fűféle. Több országban ipari növényként vagy energetikai célra termesztik, illetve környezetvédelmi célokra alkalmazzák. Néhány déli országban új hajtásait haszonállatok takarmányához keverik (*Czakó és Márton* 2011, *Williams et al.* 2013, *Alshaal et al.* 2014).

### Éghajlat- és talajigénye

Hidrofita növényfaj (*Williams et al.* 2013), természetes élőhelye a mediterrán területek vízparti mocsaras területei. Fejlődéséhez az optimális hőmérséklet a meleg időszakban  $<10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a hideg periódusban pedig  $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (*Ge et al.* 2016). Idehaza az átlagosnál hidegebb teleken sok példánya kifagy (*Blaskó* 2008). Ezt saját tapasztalataink két évesnél fiatalabb növények esetén erősítették meg; Nyíregyházán beállított szabadföldi kísérleteinkben 2012 februárjában a fiatal tövek 80–90%-a kifagyott. Fagytűrő vonalak nemesítése folyamatban van (*Pompeatino et al.* 2013). Kedveli a laza, homokos, vízzel jól ellátott talajokat, de agyagos, szikes talajokon is megél; elviseli a talaj viszonylag nagy sótartalmát. A talaj optimális kémhatása pH 5,0–8,7 közötti. Mivel mélyen gyökerezik, a talajfelszíni szárazságot időszakosan elviseli (*Lewandowski et al.* 2003, *Williams et al.* 2013, *Corno et al.* 2014, *Ge et al.* 2016).

### Termesztése

Gyors növekedése és nagy biomasza tömege miatt – elsősorban a mediterrán és az atlanti régiókban – energianövényként való felhasználására folynak kísérletek. Hazánkban is termesztendő. Az *Arundo* klónok biomasza hozama széles tartományban változik (*Amaducci és Perego* 2015), átlagos száraz föld feletti hozama Dél-Európában 19–22 t/ha (*Angelini et al.* 2009, *Mantineo et al.* 2009), trópusi övezetekben akár 75 t/ha is lehet (*Czakó és Márton* 2011, *Corno et al.* 2014). Potenciális száraz biomasza hozama a tápanyagokkal jól ellátott, jól le-

vegőzött, meleg éghajlaton található talajokon – optimális biotikus és abiotikus körülmények között – a második, harmadik növekedési ciklusban elérheti a 100 t/ha/év értéket (Williams *et al.* 2013). Mivel a mérsékelt égövben föld feletti szerveinek éves száraz hozama öntözés nélkül is 10–20 tonna hektáronként (Lewandowski *et al.* 2003, Bakosné *et al.* 2004, Nassi o Di Nasso *et al.* 2011, Corno *et al.* 2014, Ge *et al.* 2016), ezért a hazai energiaültetvények egyik potenciális növénye (Blaskó 2008).

Termesztéstechnológiája sok mindenben hasonlít a *Miscanthus*-éhoz. Az *Arundo* szaporítása is rizómákkal vagy mikroszaporítással előállított palántákkal történhet, illetve a déli országokban szárdarab dugványozásával is megoldható (Ge *et al.* 2016). Az olasz nád újratelepítés nélkül akár 10–15 évig is termesztethető ugyanazon parcellán. Megfelelő tápanyag-utánpótlással ez az időszak kitolható, azonban a hozam fokozatosan csökken (Angelini *et al.* 2009). Az olasz nád ültetvény herbicidek kijuttatásával, majd a tövek kiszántásával viszonylag könnyen és olcsón felszámolható (Ge *et al.* 2016).

Az őszi mélyszántást (40–45 cm), és a tavaszi talajelmunkálást követően a mikroszaporítással (*Net2*) vagy tőosztással előállított palántákat, illetve rizómákat a fagyok elmúltával, tavasszal célszerű kiültetni 1 × 1 méteres kötésben, 15–25 cm-es mélységbe.

A mérsékelt égövben az ajánlott növényesűrűség 5–10 ezer db/ha, a melegebb égövben pedig 10–20 ezer db/ha (Ge *et al.* 2016). Az ültetés évében legalább két, de inkább három mechanikai gyomirtásra van szükség. A második évben elegendő évente egy alkalommal sorművelést végezni kultivátorral gyomszabályozás céljából. Az összezáródó lombzat miatt a későbbiekben gyomszabályozásra nincs szükség. A gyomszabályozás, illetve az ültetvény felszámolása herbicidekkel (pl. glifozáttal) is megoldható (Corno *et al.* 2014, Ge *et al.* 2016). Az *Arundo* a kártevőkkel szemben ellenálló növényfaj, mindössze két jelentősebb kártevőjét írták le eddig. A *Zygnidia quyumi* alternatív gazdanövénye, a *Sesamia* lepkefajok pedig a fiatal hajtásokat károsíthatják (Lewandowski *et al.* 2003). Az olasz nád makro- és mikrokártevői hazánkban számottevő kárt nem okoznak (saját, nem publikált megfigyeléseink), növényvédelemre idehaza jelenleg nincs szükség.

Rendszeres tápanyag-utánpótlást az olasz nád energetikai ültetvények nem igényelnek, mérsékelt nitrogén-kijuttatásra (pl. 60 kg N/ha) a növény hozamnövekedéssel reagál (Christou *et al.* 2003, Lewandowski *et al.* 2003, Simon *et al.* 2011b, Kering *et al.* 2012, Cosentino *et al.* 2014). Intenzív termesztés ese-

tén 100 kg N, 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve 200 kg K<sub>2</sub>O tápanyag-kijuttatást igényel hektáronként (*Dalianis 1996 in Alshaal et al. 2014*).

Az olasz nád energetikai ültevények öntözést (aszály esetén a telepítés évét kivéve) sem igényelnek, a növények azonban a rendszeres, mérsékelt öntözést csapadékszegény időjárás esetén hozamnövekedéssel hálálják meg (*Christou et al. 2003, Lewandowski et al. 2003, Corno et al. 2014, Cosentino et al. 2014*). Az olasz nád vízszükséglete a vegetációs periódusban 300–700 mm, 1 kg szárazanyag előállításához megközelítőleg 200 liter vizet igényel (*Chiaramonti et al. 2000, Alshaal et al. 2014*).

A telepítést követő második évben az üreges, egyenes száruk átmérője 1–4 cm közötti, a szárfalak 2–7 mm vastagok. Ősszel a tápanyagok a föld feletti szervekből az 5–15 cm-es mélységben elhelyezkedő rizómákba vándorolnak, a 30–70 cm hosszú és 5–8 cm széles levelek elszáradnak, és részben leesnek (*Lewandowski et al. 2003*) (2. ábra).

A föld feletti biomassa több mint 80%-át száruk alkotják, a levelek aránya 15–20% között változik, melyet saját megfigyeléseink is alátámasztanak (*Simon et al. 2011b, Lewandowski et al. 2003*). A 35–55% nedvességet (*Simon et al. 2011b*) tartalmazó föld feletti biomassa betakarítására általában a téli, kora tavaszi időszakban kerül sor, évente általában egy alkalommal. Déli államokban az évente kétszeri betakarítás sem kizárt (*Ge et al. 2016*). A betakarítás jól gépesíthető (pl. kukoricaszár betakarító gépekkel), elvégezhető egy vagy több menetben; a száruk levágását követő azonnali aprítással és rakodással, vagy az aratást követő zúzással, szárítással, majd későbbi bálázással (*Pari et al. 2016*). A betakarított biomassa cellulóztartalma a tárolása során lecsökkenhet (*Pari et al. 2014*). A betakarított olasz nád biomassa silózással is tartósítható (*Liu et al. 2016*).

### Ökonómiai vonatkozások

Az *Arundo* termesztésével kapcsolatos hazai jövedelmezőségi számítások egyelőre korlátozottan állnak rendelkezésre (*Net3*). A mikroszaporítás költségesebb, mint rizómákról vagy szárdarabokkal történő szaporítás, viszont szinte korlátlan számban állíthatóak elő így palánták (*Ge et al. 2016*). Az *Arundo* termesztése során a legjelentősebb költséget (3000–5000 euró/ha) a rizómák vagy a mikroszaporítással előállított palánták beszerzése jelenti. Görögországban az olasz nád termesztésének egy hektárra vetített költsége átlagosan

1200 euró, az 1 tonna biomassza szárazanyagra vetített költség pedig 77 euró. Észak-Olaszországban – 10 éves termesztés és 10 ezer növény/ha állománysűrűség átlagában – az egy hektárra vetített költség 700–1000 euró, az 1 tonna biomassza szárazanyagra vetített költség pedig 13–20 euró között változott (Corno *et al.* 2014).

2. ábra. Települési szennyvíziszap komposzt hatását tanulmányozó szabadföldi mikroparcellás kísérlet (Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza, 2011. március) olasznáddal (*Arundo donax* L.)



Forrás: dr. Simon László – saját fotó

Figure 2. Microplot open-field experiment (University of Debrecen Research Institute of Nyíregyháza, March 2011) with giant reed (*Arundo donax* L.) to study the effects of municipal sewage sludge compost. Source: photos of dr. László Simon

### A fajtaválasztás szempontjai

Hazai *Arundo* fajtákkal egyelőre nem rendelkezünk, bejelentésük, illetve elismertetésük folyamatban van (Lengyel 2016). A különféle genetikai tulajdonságokkal rendelkező ökotípusok növekedése jelentősen különbözhet, 2007–2011

között nyírségi barna erdőtalajon beállított szabadföldi kísérleteinkben azt tapasztaltuk, hogy a Dél-Karolinában mikroszaporítással előállított amerikai kultúra (SC Blossom) max. 2,2–3,1 méter hosszúra fejlődött, míg egy nyíregyházi pihenőkertből származó, korábban dísznövényként termesztett, rizómákkal szaporított magyar kultúra magassága a telepítést követő második évben elérte a 3,6 métert (*Simon et al.* 2011b).

### Ipari felhasználása

Az olasz nád ipari célra sokoldalúan hasznosítható. Energetikai célra, égetéssel történő hőfejlesztésre, illetve áramfejlesztésre közvetlenül is hasznosítható, fűtőértéke ( $18,7 \pm 1,2$  MJ/kg) (*Corno et al.* 2014) hasonló a többi energianövényéhez. Energiakihozatala pozitív (*Angelini et al.* 2009). Közvetlen elégetésre apríték, pellet vagy brikett formájában hasznosítható (*Bai et al.* 2002, *Net3*). Égetése során problémát okozhat a levél (11,3% sz.a.) és a szár (3,2% sz.a.) többi energianövényhez képest viszonylag nagy hamutartalma (*Corno et al.* 2014). Az égetés során felszabaduló és korrozív problémát okozó elemtartalom (K, Cl, Si) megfelelő agrotechnikával, tápanyag-utánpótlással, illetve a betakarítás időpontjának helyes megválasztásával mérsékelhető (*Lewandowski et al.* 2003, *Nassi o Di Nasso et al.* 2010).

Az egy hektárra vetített nagy biomaszra hozamnak, és a kedvező rostösszetételnek köszönhetően az olasz nádából több bioetanol (11 ezer l/ha) állítható elő, mint a többi energianövényből, illetve kétszer annyi, mint a cukorrépából vagy a cukornádából (*Corno et al.* 2014). Az olasz nádban található lignocellulózokból savakkal és lúgokkal történő előkezelést, majd enzimátikus hidrolízist és fermentációt követő másodgenerációs eljárásokkal megfelelő hatékonysággal állítható elő bioetanol; egy tonna cellulózból így 75 l etanol képezhető (*e Silva et al.* 2015).

Az olasz nád föld feletti szerveiből fajlagosan kevesebb biogáz állítható elő ugyan, mint a hagyományos szántóföldi vagy energianövényekéből, viszont kimagasló hozama miatt az 1 hektárra vetített biogáz hozam az olasz nád esetén a kedvezőbb (*Corno et al.* 2014). A silózott olasz nád sertés hígrágóval összekeverve  $174 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{t}$  fajlagos biogáz kihozatalt eredményezett, az 1 hektárra vetített hozam pedig megközelíti a  $12\,300 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4$  értéket (*Corno et al.* 2015).

Az olasz nádban található lignocellulózok elhidrolizálásával olyan tápoldat készíthető, melyben lipideket képző élesztőgombák (*Lipomyces starkeyi*) sza-

poríthatók el. Az élesztőkből kinyert trigliceridekből biodízel lehet előállítani (Williams és Biswas 2010, Pirozzi et al. 2015).

Az olasz nád biomasszája pirolizálható. A pirolízis 26%-nyi pirolízis olajat, illetve talajjavításra alkalmas bioszenet eredményezett; az előbbi fűtőértéke 24,7 MJ/kg, míg az utóbbié 24,2 MJ/kg (Saikia et al. 2015).

Az olasz nád szára közvetlenül alkalmas hangszerek (pl. fuvolák), illetve fúvós hangszerek fúvókáinak előállítására. Erős szára közvetlenül felhasználhatóvá teszi az építőiparban, illetve előregyártott falpanel és forgácslemez valamint bútorlap készíthető belőle (Corno et al. 2014, Ge et al. 2016). Az olasz nád rostjaiból műszaki textíliák állíthatók elő (Cherif 2016). A szárban található lignin és cellulóz papírgyártásra teszi az olasz nádat alkalmassá (Ververis et al. 2004, Williams és Biswas 2010). Az olasz nád szárának rostjai környezetkímélő ipari eljárással pépesíthetők, és papíripari célokra felhasználhatók (Shatalov és Pereira 2006).

Az olasz nádban található kémiai összetevőkből, cellulózból és ligninből számos ipari alap- és nyersanyag (pl. biopolimer előállítására alkalmas p-hidroxifenilpropán; favedelemre alkalmas bioolaj; oldószer, fagyálló folyadék, élelmiszeraroma, gyógyszerek előállítására alkalmas levulinsav és  $\gamma$ -valerolakton; édes ízű xilitol előállítására alkalmas xilóz; gyógyszerek és inszekticidek előállítására alkalmas alkaloidok; prebiotikumok előállítására alkalmas xilo-oligoszacharidok (xilán); talajjavításra alkalmas humuszanyagok (lignin); lipidek, aktív szén, gyanták, stb.) állítható elő (Corno et al. 2014, Ge et al. 2016).

### Környezetvédelmi vonatkozások

Az Amerikai Egyesült Államok meleg éghajlatú déli államaiban (pl. Kaliforniában és Maryland-ben) vagy Ausztráliában a vizes élőhelyeken invazív fajként tartják számon az olasz nádat (Ge et al. 2016). Az olasz nád inváziós jellegétől idehaza az éghajlati viszonyok miatt nem kell tartani, és termékeny magot sem képez. Az olasz nád gyenge termőképességű talajokon, marginális területeken is megél, gyökérzetével védve a legfelső réteget az eróziótól. Az olasz nád termesztése szerves anyagokkal gazdagítja a talaj, és elősegíti a baktériumok és gombák szaporodását a talajban. Az olasz nád jelentős nitrogénfelvétele a talajban megakadályozza a nitrátok mélyebb rétegekbe történő kimosódását (Christou et al. 2003). Olasz nád alapú anioncserélő műgyantával közvetlenül is eltávolítható a nitrát a szennyezett vízből (Xu et al. 2012), il-

letve a porított szárral csökkenthető a toxikus elemek koncentrációja vizes oldatokban (Song *et al.* 2014). Az olasz nád alkalmas a toxikus elemekkel mérésékelten szennyezett talaj és víz fitoremediációjára (a könnyen felvehető toxikus elemek koncentrációinak csökkentésére), mivel a legtöbb nehézfém viszonylag nagy koncentrációit is eltűri (Papazoglou *et al.* 2005, Wu *et al.* 2012, Elhawati *et al.* 2014, 2015). A toxikus elemeket főleg a rizómáiban és a gyökereiben halmozza fel, míg a föld feletti szervekbe kevesebbet szállít át azokból (Simon *et al.* 2008a, 2009, 2011c, Nsanganwimana *et al.* 2014, Ge *et al.* 2016, Pandey *et al.* 2016). Az olasz nád alkalmas a vizes élőhelyeken (vízben, üledékben) a toxikus elemek koncentrációjának fitomonitorozására (Bonanno 2012).

### Kutatási tapasztalataink olasznáddal

A Nyíregyházi Főiskolán növénytaplálási szabadföldi kísérleteket folytattunk az olasznáddal 2007–2011 között, melyben a csatornakotrású iszappal eltemetett – ezért a tipikusnál nagyobb mérszattalommal és pH-val rendelkező – homokos vályog jellegű kovárványos barna erdőtalajba [ $\text{pH}_{\text{KCl}}$  7,74;  $\text{K}_\text{A}$  31,  $\text{CaCO}_3$  13,5% (m/m), humusz 1,6% (m/m)] kijuttatott települési szennyvíziszap komposzt, települési biokomposzt, és a fejtrágyaként kijuttatott ammónium-nitrát műtrágya hatását vizsgáltuk a növények hozamára, tápelem-felvételére és nehézfém-akkumulációjára – két különálló mikroparcellás szabadföldi kísérletben. A mikroparcellás szabadföldi kísérletek a Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutatóintézetének földterületén voltak beállítva.

Az első szabadföldi kísérletet 2007–2010 között – tenyészedényes, fényszobás kísérleteink (Simon *et al.* 2008a, 2009) eredményeire alapozva – mikroszaaporított olasznáddal („SC Blossom” amerikai kultúra, ld. 2. ábra) állítottuk be, melyben megvizsgáltuk, hogy milyen hatást gyakorol a talajba kijuttatott nyíregyházi települési szennyvíziszap komposzt 50 és 100 t/ha-os dózisban [25,5 t/ha és 51,0 t/ha száraz tömeg, Simon és Koncz (2011)] a növények hozamára és hajtásának makro- és mikroelem-, illetve toxikuselem-felvételére (Simon *et al.* 2008b, 2011a). Megállapítottuk (Simon *et al.* 2008b, 2010, 2011a), hogy az olasz nád föld feletti szerveinek nedves tömege az első évben jelentősen megemelkedett a kisebb dózisú szennyvíziszap komposzt kijuttatás esetén, és a növények jól tűrték a kijuttatás utáni első és második évben a provokatív nagy (100 t/ha-os) szennyvíziszapkomposzt-terhelést is. Utóbbi esetben, az első évben megfigyelt enyhe hozamcsökkenés után, az egy hajtásra vetített lég-

száraz hozam a szennyvíziszap kijuttatás utáni második évben már kissé meghaladta a kontrollét (1. táblázat). A cinkkel, rézzel és toxikus elemekkel mérésékelten szennyezett szennyvíziszap komposztból nem kerültek át az olasz nád leveleibe szignifikáns mértékben toxikus elemek (Cd, Pb), és az esszenciális mikroelemek (Cu, Mn, Zn) felvétele sem változott meg jelentősen (Simon *et al.* 2008b, 2010, 2011a, Simon és Koncz 2011).

2009-ben egy másik mikroparcellás szabadföldi kísérlet állítottunk be az előző közvetlen közelében (3. ábra).

Az olasz nád ez esetben egy nyíregyházi házikertből származott. Azt tanulmányoztuk, hogy a Nitrogénművek Vegyipari Zrt. által előállított, 2009 júniusában fejtrágyaként 150, illetve 300 kg/ha mennyiségben; megközelítőleg 50, illetve 100 kg/ha nitrogénhatóanyag-tartalommal kijuttatott ammónium-nitrát, illetve az ugyanakkor kijuttatott 25 t/ha települési biokomposzt+150 kg/ha ammónium-nitrát kombináció milyen hatást gyakorol a 25 t/ha biokomposzt (18,8 t/ha szárazanyag) és a 25 t/ha szennyvíziszap komposzt (13 t/ha szárazanyag) kijuttatás mellett az olasz nád biomassza-hozamára, valamint a levelek és a szár makro- és mikroelem, illetve toxikus elem-felvételére. 2010 júliusának első napján a fenti talajkezeléseket megismételtük (1. táblázat).

1. táblázat. Olasznáddal beállított szabadföldi mikroparcellás kísérletek lefontosabb paraméterei és hozameredményei (Nyíregyháza, 2007–2011)

Talajkezelések (1)	Csapadék a tenyészedőszakban (április–október) (2)	Számított nedves hajtáshozam (t/ha) (3)
2007–2010		
Mikroszaporított <i>Arundo</i> („SC Blossom”, USA) (4)		
		2008 december (7)
2008 június (6)	336 mm (2007)	1. 10,69 2. 17,66
1. Kontroll (13)		3. 10,29
2. 50 t/ha TSZK*	387 mm (2008)	2010 március (8)
3. 100 t/ha TSZK*	681 mm (2009)	1. 22,96 2. 21,36 3. 23,63

Az 1. táblázat folytatása a következő oldalon ...

... az 1. táblázat folytatása

Talajkezelések (1)	Csapadék a tenyészedőszakban (április–október) (2)	Számított nedves hajtáshozam (t/ha) (3)
2009–2011		
Tőosztással szaporított <i>Arundo</i> (magyar házikerti dísznövény) (5)		
2009 június (9)		2010 március (11)
1. Kontroll (13)		1. 6,16
2. 150 kg/ha AN**		2. 5,60
3. 300 kg/ha AN**		3. 6,09
4. 25 t/ha TBK***		4. 7,65
5. 25 t/ha TBK***+150 kg/ha AN**	681 mm (2009)	5. 7,84
6. 25 t/ha TSZK*		6. 7,46
2010 július (10)		2011 március (12)
1. Kontroll (13)	701 mm (2010)	1. 33,40
2. 150 kg/ha AN**		2. 27,75
3. 300 kg/ha AN**		3. 36,40
4. 25 t/ha TBK***		4. 29,45
5. 25 t/ha TBK***+150 kg/ha AN**		5. 40,00
6. 25 t/ha TSZK*		6. 32,39

Megjegyzés: \*TSZK=települési szennyvíziszap komposzt, \*\*AN=ammónium-nitrát, \*\*\*TBK=települési biokomposzt, parcellaméret: 10 m<sup>2</sup>, ismétlésszám: n-2, talajtípus: barna erdőtalaj

Figure 2. Parameters and yield results of the open-field microplot experiments with giant reed to study the effects of municipal sewage sludge compost, municipal biocompost, and ammonium nitrate top-dressing (Nyíregyháza, 2007–2011). (1) Soil treatments, (2) Precipitation during the growing season (April–October), (3) Calculated wet shoot yield (t ha<sup>-1</sup>), (4) Micropropagated *Arundo*, (5) *Arundo* propagated by stem dividing (Hungarian ornamental plant from a domestic garden), (6) June 2008, (7) December 2008, (8) March 2010, (9) June 2009, (10) July 2010, (11) March 2010, (12) March 2011, (13) control, Note: \*municipal sewage sludge compost, \*\*ammonium nitrate, \*\*\*municipal biocompost, size of plots: 10 m<sup>2</sup>, number of repeats: n-2, soil type: brown forest soil

A 2010 márciusában elvégzett első betakarítás és mintavétel alapján megállapítottuk, hogy a kezelések nem gyakoroltak jelentős hatást az olasz nád leveleinek elemfelvételére, és azokban a toxikus elem-tartalom sem emelkedett meg. Az egy hajtásra (szár+levél) jutó nedves tömeget a 25 t/ha szennyvíziszap komposzt kijuttatás 21%-kal, a 25 t/ha biokomposzt kijuttatás 24%-kal, illetve a 25 t/ha biokomposzt+150 kg/ha ammónium-nitrát-kezelés pedig 27%-kal növelte meg a kontrollhoz viszonyítva [Simon et al. (2010), 1. táblázat].

3. ábra. Települési szennyvíziszap komposzt, települési biokomposzt és ammónium-nitrát fejtrágya hatását tanulmányozó szabadföldi mikroparcellás kísérlet (Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza, 2011. szeptember) olasznáddal (*Arundo donax* L.)



Forrás: dr. Simon László – saját fotó

*Figure 3.* Microplot open-field experiment (University of Debrecen Research Institute of Nyíregyháza, September 2011) with giant reed to study the effects of municipal sewage sludge compost, municipal biocompost, and ammonium nitrate top-dressing. Source: photos of dr. László Simon

2011 márciusában – az átlagosan 3,3–3,6 méter magasra nőtt növények második betakarítása alkalmával – megállapítottuk, hogy a biokomposzt kijuttatás hatására a szár fajlagos nitrogéntartalma 11%-kal, foszfortartalma 35%-kal, cink-tartalma 37%-kal, káliumtartalma pedig igen jelentősen, 205%-kal emelkedett meg a kontroll kultúrához képest. Mintegy 20%-kal megnőtt a szennyvíziszap komposzttal kezelt kultúrák kadmiumfelvétele is a szárban a kontrollhoz képest. A biokomposzt és ammónium-nitrát együttes kijuttatása esetén 25%-os emelkedést tapasztaltunk a fajlagos kadmiumfelvételen. Összességben azonban a szárban felhalmozódott kadmium mennyisége nem volt jelentős. A szárban egy nagyságrenddel kevesebb toxikus elem (vagy esszenciális mikroelem) halmozódott fel, mint a levelekben.

A legnagyobb mennyiségű biomasszát (nedves szár+levél) 2011 márciusában a 25 t/ha biokomposzt+150 kg/ha ammóniumnitráttal-kezelt parcellákról takarítottuk be, ez 40 kg volt a 10 négyzetméteres parcelláról. Kiemelkedő volt még a 300 kg/ha ammóniumnitráttal-kezelt parcella 36,40 kg-os hozama. E két parcella hozama 19,8%-kal, illetve 9,0%-kal haladta meg a kontrollét. A legtöbb hajtást (156 db-ot) a 25 t/ha szennyvíziszap komposzttal kezelt parcelláról gyűjtöttünk be. Az egy hajtásra vetített nedves tömeg a 300 kg/ha ammóniumnitráttal kezelt kultúra esetén volt a legnagyobb (266 g/db). E kultúrát kivéve figyelemre méltó azonban, hogy az egy hajtásra vetített nedves tömeg a többi kezelés esetén kisebb volt, mint a kontrollé (azaz a kezelések több, de kisebb tömegű hajtást eredményeztek). A leghosszabb (átlagosan 363 cm és 351 cm magas) hajtásokat a 25 t/ha biokomposzt+150 kg/ha ammónium-nitráttal, illetve a 300 kg/ha ammóniumnitráttal-kezelt parcellán találtuk (Simon *et al.* 2011b). A betakarított hajtások átlagos nedvességtartalma 34,7–54,0% között változott 2011 márciusában.

A 2007–2011 között *Arundo*-val elvégzett két szabadföldi mikroparcellás kísérlet legfontosabb paramétereit és hozameredményeit az 1. táblázat foglalja össze.

### Kutatási következtetések, javaslatok

Az olasz nád talajába olyan nitrogén fejtrágyát, illetve biohulladékokat (települési szennyvíziszap komposztot és települési biokomposztot) juttattunk ki, melyekről feltételeztük, hogy ásványi tápanyagaikkal megnövelik a bioerőművekben elégetésre kerülő olasz nád-hajtások hozamát. Az amerikai kultúrával beállított első szabadföldi kísérletünkben megállapítottuk, hogy olasz nád jól tűri a provokatívan nagy települési szennyvíziszap komposzt dózist (100 t/ha nedves, 51 t/ha száraz tömeg) a talajban a nélkül, hogy a hajtásában toxikus elemek (pl. Cd, Pb) halmozódnának fel. A magyar származású kultúrával beállított második szabadföldi kísérletünk eredményei alapján azonban arra a következtetésre jutottunk, hogy célszerű a szennyvíziszap komposztot mérsékeltebb (25 t/ha nedves, 13 t/ha száraz tömeg) dózisban kijuttatni a talajba, így a kijuttatást akár évente megismételhetjük, terméshozam növekedés mellett. A magyar kultúra elszáradt levelű hajtásainak második alkalommal történt tavaszi betakarításakor megállapítottuk, hogy a nagyobb mennyiségben, 100 kg/ha nitrogénhatóanyag-tartalommal kijuttatott ammónium-nitrát fej-

trágya, illetve a biokomposzttal együtt kisebb mennyiségben, 50 kg/ha nitrogénhatóanyag-tartalommal kijuttatott ammónium-nitrát emelte meg legjobban a nedves hajtás hozamot, illetve e két kultúrában találtuk a leghosszabb hajtásokat. Mivel a kezelt kultúrák több hajtással rendelkeztek, mint a kezeletlen kontroll, az egy hajtásra eső nedves hozam kisebb volt a kontrollénál (azaz a kezelések több, de kisebb tömegű hajtást eredményeztek). Elsősorban a szennyvíziszap komposzt és a biokomposzt kijuttatás növelte meg az olasz nád szárának fajlagos tápelem-felvételét (K, P, N, Zn) a kontroll növényekhez képest. Mindez kedvező hatást gyakorolt a föld feletti biomassza hozamra. Kedvező jelenség továbbá, hogy az igen toxikus kadmium és ólom mennyisége sem a talajban, sem pedig a betakarított hajtásokban nem emelkedett meg jelentősen a kezelések hatására. Összefoglalva: az olasz nád hozamát nitrogén fejtrágyával, illetve mérsékelt adagú települési biohulladék kijuttatással serkenteni lehet anélkül, hogy az elégetésre kerülő hajtásokban toxikus elemek halmozódának fel.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Dr. Márton László professzor úrnak (University of South Carolina, USA), aki az amerikai olasz nád szaporítóanyag biztosításával, illetve értékes szakmai tanácsaival segítette a kísérletek beállítását.

### Irodalom

- Alshaal, T.–Elhawat, N.–Domokos-Szabolcsy, É.–Kátai, J.–Márton, L.–Czakó, M.–El-Ramady, H.–Fári M. G.*: 2014. Giant reed (*Arundo donax* L.): A green technology for a clean environment. [In: Ansari, A. et al. Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants, Volume 1. ] Springer International Publishing. New York. 8–36.
- Amaducci, S.–Perego, A.*: 2015. Field evaluation of *Arundo donax* clones for bioenergy production. *Industrial Crops and Products*. 75: 122–128.
- Angelini, L. G.– Ceccarini, L.–Di Nasso, N. N.–Bonari, E.*: 2009. Comparison of *Arundo donax* and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and Bioenergy*. 33: 635–643.
- Bai A.–Lakner Z.–Marosvölgyi B.–Nábrádi A. (szerk.)*: 2002. A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest.

- Bakos B.-né–Kalmárné V. E.–Krizsán J.–Szabó E.: 2004. Az olasz nád (*Arundo donax*) termesztési lehetőségei az Alföldön. IV. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok, Tájökológiai Szekció (kiadvány CD lemezen). Mezőtúr.
- Blaskó L.: 2008. Energianövények termesztése, termőhelyi alkalmazás, felhasználhatóság. [In: Chlepkó T. (szerk.) Megújuló mezőgazdaság. Tanulmányok a zöldenergia termeléséről és hasznosításáról gondolkodóknak.] Magyar Katolikus Rádió. [Budapest. 167–207.
- Bonanno, C.: 2012. *Arundo donax* as a potential biomonitor of trace element contamination in water and sediment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 80: 20–27.
- Chiaramonti, D.–Grimm, H. P.–El Bassam, N.–Cendagorta, M.: 2000. Energy crops and bioenergy for rescuing deserting coastal area by desalination: feasibility study. *Bioresource Technology*. 72: 131–146.
- Cherif, C.: 2016. The textile process chain and classification of textile semi-finished products (Chapter 2). [In: Cherif, C. (ed.) *Textile Materials for Lightweight Constructions. Technologies–Methods–Materials–Properties.*] Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. 9–35.
- Christou, M.–Mardikis, M.–Alexopoulou, E.–Cosentino, S. L.–Copani, V.–Sanzone, E.: 2003. Environmental studies on *Arundo donax*. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology. 8–10 September 2003. Lemnos Island. Greece. Full paper. B: 102–110.
- Corno, L.–Pilu, R.–Adani, F.: 2014. *Arundo donax* L.: A non-food crop for bioenergy and bio-compound production. *Biotechnology Advances*. 32: 1535–1549.
- Corno, L.–Pilu, R.–Tambone, F.–Scaglia, B.–Adani, F.: 2015. New energy crop giant cane (*Arundo donax* L.) can substitute traditional energy crops increasing biogas yield and reducing costs. *Bioresource Technology*. 191: 197–204.
- Cosentino, S. L.–Scordia, D.–Sanzone, E.–Testa, G.–Copani, V.: 2014. Response of giant reed (*Arundo donax* L.) to nitrogen fertilisation and soil water availability in semi-arid Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*. 60: 22–32.
- Czakó, M.–Márton, L.: 2011. Subtropical and tropical reeds for biomass. [In: Halford, N. G.–Karp, A. (eds.) *Energy Crops.*] Royal Society of Chemistry. London & Cambridge. UK. 322–340.
- Dalianis, C.D.: 1996. Giant Reed (*Arundo donax* L.) [In: El Bassam, N. (ed.) *Renewable energy, potential energy crops for Europe and the Mediterranean region*, REU Technical Series 46.] FAO. Rome. Italy. 67–72.
- Danert, S.–Hanelt, P.–Helm, J.–Kruse, J.–Schultze-Motel, J.: 1981. *Urania Növényvilág. Magasabbrendű növények II.* (2. kiadás) Gondolat Kiadó. Budapest. 392.
- Elhawat, N.–Alshaal, T.–Domokos-Szabolcsy, É.–El-Ramady, H.–Márton, L.–Czakó, M.–Kátai, J.–Balogh, P.–Sztrik, A.–Molnár, M.–Popp, J.–Fári, M. G.: 2014. Phytoaccumulation potentials of two biotechnologically propagated ecotypes of *Arundo donax* in copper-contaminated synthetic wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*. 21: 7773–7780.

- Elhawat, N.–Alshaal, T.–Domokos-Szabolcsy, É.–El-Ramady, H.–Antal, L.–Márton, L.–Czakó, M.–Balogh, P.–Fári M. G.*: 2015. Copper uptake efficiency and its distribution within bioenergy grass giant reed. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 95: 452–458.
- e Silva, C. F. L.–Schrimmer, M. A.–Maeda, R. N.–Barcelos, C. A.–Pereira, N.*: 2015. Potential of giant reed (*Arundo donax* L.) for second generation ethanol production. *Electronic Journal of Biotechnology*. 18: 10–15.
- Ge, X.–Xu, F.–Vasco-Correa, J.–Li, Y.*: 2016. Giant reed: A competitive energy crop in comparison with miscanthus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 54: 350–362.
- Kering, M. K.–Butler, T. J.–Biermacher, J. T.–Guretzky, J. A.*: 2012. Biomass yield and nutrient removal rates of perennial grasses under nitrogen fertilisation. *Bioenergy Research*. 5: 61–70.
- Lengyel A.*: 2016. *Arundo Cellulóz Farming Kft.* Budapest. szóbeli közlés
- Lewandowski, I.–Scurlock, J. M. O.–Lindvall, E.–Christou, M.*: 2003. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*. 25: 335–361.
- Liu, S.–Ge, X.–Liu, Z.–Li, Y.*: 2016. Effect of harvest date on *Arundo donax* L. (giant reed) composition, ensilage performance, and enzymatic digestibility. *Bioresource Technology*. 205: 97–103.
- Mantineo, M.–D’Agosta, G. M.–Copani, V.–Patané, C.–Consetino, S. L.*: 2009. Biomass yield and energy balance of three perennial crop for energy crops for energy use in the semi-arid Mediterranean environment. *Biomass and Bioenergy*. 33: 635–643.
- Nassi o di Nasso, N.–Angelini, L. G.–Bonari, E.*: 2010. Influence of fertilisation and harvest time on fuel quality of giant reed (*Arundo donax*) in central Italy. *European Journal of Agronomy*. 32: 219–227.
- Nassi o di Nasso, N.–Roncucci, N.–Triana, F.–Tozzini, C.*: 2011. Productivity of giant reed (*Arundo donax* L.) and miscanthus (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deuter) as energy crops: Growth analysis. *Italian Journal of Agronomy*. 6: 141–147.
- Net1*: [http://en.wikipedia.org/wiki/Arundo\\_donax#Management\\_of\\_Giant\\_reed](http://en.wikipedia.org/wiki/Arundo_donax#Management_of_Giant_reed)
- Net2*: [www.cellulosefarming.com](http://www.cellulosefarming.com)
- Net3*: <http://www.kormanyhivatal.hu/download/a/23/91000/Arundo-Onkormanyzati-A4-141118-web.pdf>
- Nsanganwimana, F.–Marchand, L.–Douay, F.–Mench, M.*: 2014. *Arundo donax* L., a candidate for phytomanaging water and soils contaminated by trace elements and producing plant-based feedstock. A Review. *International Journal of Phytoremediation*. 16: 982–1017.
- Pandey, V. C.–Bajpai, O.–Singh, N.*: 2016. Energy crops in sustainable phytoremediation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 54: 58–73.

- Papazoglou, E. G.–Karantounias, G. A.–Vemmos, S. N.–Bourani, D. L.: 2005. Photosynthesis and growth responses of giant reed (*Arundo donax* L.) to the heavy metals Cd and Ni. *Environment International*. 31: 243–249.
- Pari, L.–Scarfone, A.–Santangelo, E.–Figorilli, S.–Crognale, S.–Petruccioli, M.–Suardia, A.–Galluccia, F.–Barontini, M.: 2014. Alternative storage systems of *Arundo donax* L. and characterization of the stored biomass. *Industrial Crops and Products*. 75: 59–65.
- Pari, L.–Curt, M. D.–Sánchez, J.–Santangelo, E.: 2016. Economic and energy analysis of different systems for giant reed (*Arundo donax* L.) harvesting in Italy and Spain. *Industrial Crops and Products*. 84: 176–188.
- Pirozzi, D.–Fiorentino, N.–Impagliazzo, A.–Sannino, F.–Yousuf, A.–Zuccaro, G.–Fagnano, M.: 2015. Lipid production from *Arundo donax* grown under different agronomical conditions. *Renewable Energy*. 77: 456–462.
- Pompeiano, A.–Vita, F.–Miele, S.–Guglielmetti, L.: 2013. Freeze tolerance and physiological changes during cold acclimation of giant reed [*Arundo donax* (L.)]. *Grass Forage Science*. 70: 168–175.
- Saikia, R.–Chutia, R. S.–Kataki, R.–Pant, K. K.: 2015. Perennial grass (*Arundo donax* L.) as a feedstock for thermo-chemical conversion to energy and materials. *Bioresource Technology*. 188: 265–272.
- Shatalov, A. A.–Pereira, H.: 2006. Papermaking fibers from giant reed (*Arundo donax* L.) by advanced ecologically friendly pulping and bleaching technologies. *BioResources*. 1: 45–61.
- Simon L.–Kovács B.–Márton L.: 2008a. Olasz nád (*Arundo donax* L.) nehézfém fitoextrakciójának vizsgálata. [In: Simon L. (szerk.) Talajtani Vándorgyűlés. „Talaj-víz-környezet”.] 2008. május 28–29. Nyíregyháza. Talajvédelmi Alapítvány – Bessenyei György Könyvkiadó. Nyíregyháza. Talajvédelem (különszám). 311–320.
- Simon L.–Vágvölgyi S.–Kondor A.: 2008b. Energianövények tápanyag-utánpótlásának vizsgálata. Kutatási jelentés. Készült az Nitrogénművek Vegyipari Zrt. Pétfürdő számára. Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Kar. (kézirat) 1–49.
- Simon, L.–Kovács, B.–Barna, S.–Varga, C.–Dinya, Z.: 2009. Accumulation of heavy metals in *Arundo* and *Salix* energy plants treated with pig slurry, municipal sewage sludge and inorganic fertilisers. [In: Pollet, E. (ed.) Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Symposium on Trace Elements in Human: New Perspectives.] 13–15 October, 2009. Athens. Greece. University of Athens. Greece. CD-ROM. 258–265.
- Simon L.–Szabó B.–Szabó M.–Varga Cs.: 2010. Kosárfonó fűz, fehér akác és olasz nád energianövények tápanyag-utánpótlásának vizsgálata. Innovációs kutatási jelentés. Készült a Nitrogénművek Vegyipari Zrt. Pétfürdő számára. Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Kar. Nyíregyháza. (kézirat) 1–76.

- Simon L.–Szabó B.–Varga Cs.–Uri Zs.–Bányácsi S.–Balázsy S.*: 2011a. Energia-növények hozamának és toxikuselem-felvételének vizsgálata. [In: Farsang A.–Ladányi Zs. (szerk.) Talajtani Vándorgyűlés. „Talajaink a változó természeti és társadalmi hatások között”.] 2010. szeptember 3–4. Szeged. Talajvédelmi Alapítvány – Magyar Talajtani Társaság – Szegedi Tudományegyetem. Szeged. Talajvédelem (különszám). 421–430.
- Simon L.–Szabó B.–Szabó M.–Varga Cs.–Vincze Gy.*: 2011b. Energia-növények hozamának és tápanyag-ellátásának vizsgálata, különös tekintettel a nitrogén-műtrágyák és különféle biohulladékok együttes hatásának tanulmányozására. Innovációs kutatási jelentés. Készült a Nitrogénművek Vegyipari Zrt. Pétfürdő számára. Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Kar. Nyíregyháza. (kézirat) 1–91.
- Simon, L.–Koncz, J.*: 2011. Accumulation of toxic metals from sewage sludge compost in *Salix viminalis* and *Arundo donax* energy plants. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Biogeochemistry of Trace Elements. Firenze. Italy. July 2011. Extended Abstracts. S1\_77.pdf (CD-ROM).
- Song, H. L.–Liang, L.–Yang, K. Y.*: 2014. Removal of several metal ions from aqueous solution using powdered stem of *Arundo donax* L. as a new biosorbent. Chemical Engineering Research and Design. 92: 1915–1922.
- Ververis, C.–Georghiou, K.–Christodoulakis, N.–Santas, P.–Santas, R.*: 2004. Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production. Industrial Crops and Products. 19: 245–254.
- Williams, C.–Biswas, T.*: 2010. Commercial potential of giant reed for pulp, paper and biofuel production. Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No. 10/215. Kingston. Australia.
- Williams, C. M. J.–Biswas, T. K.–Márton, L.–Czakó, M.*: 2013. *Arundo donax*. [In: Singh, B. P. (ed.) Biofuel crops: production, physiology and genetics. Chapter 12.] CAB International. Wallingford. Oxfordshire. UK. 249–270.
- Wu Qi, Z. S.–Cheng, L.–Wu, G.*: 2012. Physiology and phytoaccumulation of *Arundo donax* subjected to exogenous copper. Acta Laser Biol Sintica. 21: 360–364.
- Xu, X.–Gao, B.–Zhao, Y.–Chen, S.–Tan, X.–Yue, Q.–Lin, J.–Wang, Y.*: 2012. Nitrate removal from aqueous solution by *Arundo donax* L. reed based anion exchange resin. Journal of Hazardous Materials. 203–204: 86–92.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Simon László  
Nyíregyházi Egyetem  
Műszaki és Agrártudományi Intézet  
Nyíregyháza  
Sóstói út 31/b.  
H-4400  
simon.laszlo@nye.hu



**MEGEMLÉKEZÉS****Commemoration****Dr. Kertész Zoltán (1943–2017)**

Fájdalmas veszteség érte a hazai növénynemesítést a közelmúltban, 2017. február 26-án elhunyt dr. Kertész Zoltán a Gabonakutató kiváló búzanemesítője, a növénynemesítés egyik kiváló oktatója, szakírója. Temetése 2017. március 9-én volt Újszegeden, ahol családtagjai mellett sok barátja, ismerője és tisztelője vett búcsút tőle.

Girincsen született 1943. szeptember 14-én. Középiskolai tanulmányait Putnokon folytatta, ahol kitűnő technikusai képesítést kapott. 1964-ben kezdte tanulmányait a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen. Itt már másodéves korá-

ban bekapcsolódott a növénynemesítési tanszéken folyó mutációs kutatásokba. 1968-ban szerzett agrármérnöki diplomát. Ezután két évig az egyetem Genetika Tanszékén tanársegédként és kutatóként a növény genetikája tárgy oktatásában vett részt, valamint az évelő rozs nemesítésével, illetve borsó mutációs kutatásokkal foglalkozott. Ez utóbbi munkája révén szerzett egyetemi doktori fokozatot 1971-ben. Gödöllői éve alatt lelkes tagja volt az egyetem akkoriban nemzetközi hírű néptánc együttesének.

1971-től a Gabonatermesztési Kutató Intézet dolgozója, tudományos munkatárs, tudományos főmunkatárs, illetve tudományos osztályvezető beosztásokban. Az egyetemen szerzett alapok birtokában folyamatosan képezte magát igen magas szintig. Ebben nagy hatással volt rá a mexikói CIMMYT nemzetközi kutatóközpontban tett csaknem egy éves tanulmányútja 1974-ben, ahol a Nobel-díjas nemesítő Borlaug, N. E. munkatársaként dolgozott. Mezőgazdasági genetikus szakmérnök diplomát 1975-ben szerzett, 1982-ben kandidált, értekezésének címe „*A korai szelekció lehetőségei a búza termőképességére*”. 1996-ban kapta az MTA doktora címet, a „*Hagyományos és új módszerek alkalmazása a búzanemesítésben*” c. disszertációjára.

A tanulásban, munkában, tanításban, kutatásban és búzanemesítésben eltöltött évtizedei alatt számos nagyszerű alkotással (búzafajtaival, publikációival) gazdagította a nemesítést és az azzal kapcsolatos tudományokat.

Főbb kutatási területei a búzanemesítés; a nemesítési módszerek fejlesztése; a hibridbúza előállítás elvi és megvalósítási lehetőségeinek kutatása; továbbá szintén kedvelt témája volt a szelekciós és fajtafenntartási eljárások tökéletesítése, módosítása a homogén búzafajták előállítása és fenntartása érdekében; a portoktenyésztés; valamint a molekuláris markerek és a genetikai transzformáció rutinszerű alkalmazása a nemesítésben.

A hagyományos és modern eljárások ötvözésével 223 fajtajelölt nemesítésében vett részt, közülük államilag elismert lett 64 őszi búzafajta, három durum búza (amelyekből 53 szabadalommal vagy fajtaoaltalommal védett) és három búzafajta honosításában is közreműködött. E nagyszámú fajta alkotásában vezetőként nemcsak a fajta megálmodója, megtervezője volt, hanem az új búzafajta előállítási munkáiban (kereszteзések, szelekciók, kísérleteзések stb.) személyesen is közreműködött. A végeredmény mindig egy-egy új, az eddigieknél értékesebb búzafajta nemesítése volt, amelyek hasznosítása révén a magyar mezőgazdaság milliós, milliárdos értékekkel gazdagodott. Leghíresebb

búzafajtái a GK Kalász és GK Élet voltak, de a napjainkban is jelentős GK Csillag, GK Szilárd búzafajták nemesítésében is nagy szerepe volt. Fajtáinak nagyszerű eredményei is hozzájárultak ahhoz, hogy a szegedi búzanemesítés 1997-ben elnyerte a Magyar Innovációs Szövetség Nagydíját.

Tudományos kutatási eredményeit, nemesítési tapasztalatait egyedül vagy szerzőtársaival kétszáznál több publikációban ismertette angolul és magyarul, 20 könyvrészlet, 48 tudományos közlemény (folyóiratban), 141 előadás összefoglaló (abstract kongresszusi kiadványokban) és 31 népszerűsítő cikk megírásában vett részt. Nemzetközileg is jól ismert kutató-nemesítő volt, az European Association for Research on Plant Breeding (EUCARPIA) nemzetközi szervezetben több évig volt hazánk képviselője.

A Gabonakutató angol nyelvű nemzetközi szakfolyóiratának, a Cereal Research Communications-nek 15 évig volt a főszerkesztője. Az MTA Növény-nemesítési Tudományos Bizottságának elnökeként, majd vezetőségi tagjaként a nemesítők és a nemesítéssel kapcsolatos tudományágak szakembereinek tudományos tevékenységét segítette több évtizeden át. Sikeres kutatási együttműködések, pályázatokat valósított meg dr. Dudits Dénes akadémikussal, az MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpontjával és dr. Heszky László akadémikussal a Szent István Egyetem Növény-nemesítési és Genetikai tanszékével.

Munkásságának eredményeit több díjjal és kitüntetéssel ismerték el, közülük a legfontosabbak: 1997-ben elnyerte a magyar növény-nemesítők legmagasabb szakmai díját, a Fleischmann díjat, majd 2008-ban a Gábor Dénes Díjat és a Magyar Köztársaság Lovagkeresztjét 2009-ben.

A Gabonakutató Búzanemesítési Osztályának több mint 20 évig volt a vezetője és 10–12 kutató munkáját vezette és irányította a búzanemesítési alapozó és alkalmazott tudományterületeken. Nyugdíjba vonulása után néhány évig kutató professzorként segítette a nemesítő kollégákat, de az utóbbi években az egyre súlyosbodó betegsége miatt visszavonultan élt.

Kutatói tevékenysége mellett a gödöllői Szent István Egyetem oktatója, PhD hallgatók, külföldi vendégkutatók témavezetője volt, és sok éven át vezette az egyetem Gabonakutatóba kihelyezett Genetika és Növény-nemesítés Tanszékét.

Dr. Kertész Zoltán kiválóan képzett, rendkívüli innovatív készségű, iskola-teremtő, eredményes kutató, búzanemesítő volt, kiegyensúlyozott családi és magánélet jellemezte őt.

Nehéz tőle búcsúznunk, mert sokan szerettük és tiszteltük. Tudjuk, hogy alkotásai – a búzafajtái, a tudományos és népszerűsítő cikkei – révén a magyar búza kutatás és nemesítés történetébe örökre beírta nevét. Bár végleg eltávozott közülünk, de emléke, tudományos eredményei, fajtái itt maradnak közöttünk.

Matuz János



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

---

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika

---