

Crop  
Production

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

# NÖVÉNYTERMELÉS

62. kötet | 2. szám | 2013. június

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



A vízmegvonás szemfejlődésre gyakorolt hatásának szövettani vizsgálata különböző stressztoleranciával rendelkező búza genotípusok esetében

Mikroelem terhelés hatása a kukoricára (*Zea mays* L.) karbonátos homoktalajon

A csicsóka (*Helianthus tuberosus* L.) trágyázása I. - A tápanyagellátás hatása a biomassza felhalmozás dinamikájára és a termés hozamra

# Növénytermelés

## CROP PRODUCTION

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

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

### **Szerkesztőség:**

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

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

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

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

ISSN 0546-8191  
Növényterm 62 (2013) 2  
Printed in Hungary

# Növénytermelés

CROP PRODUCTION

62. kötet, 2. szám, 2013. június

*Főszerkesztő/Editor-in-Chief:*

JÁNOS NAGY

*Szerkesztőbizottság/Editorial Board:*

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

VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM

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

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

Felelős szerkesztő: Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Pór Adrienne

Megjelent: 8 (A/5) iv terjedelemben

ISSN 0546-8191

## TARTALOM

<i>Fábián Attila–Jäger Katalin–Barnabás Beáta</i> : A vízmegvonás szemfejlődésre gyakorolt hatásának szövettani vizsgálata különböző stressztoleranciával rendelkező búza genotípusok esetében .....	5
<i>Izsáki Zoltán–Némethné Kádi Gabriella</i> : A csicsóka ( <i>Helianthus tuberosus</i> L.) trágyázása I. – A tápanyagellátás hatása a biomassa felhalmozás dinamikájára és a terméshozamra .....	29
<i>Kádár Imre</i> : Mikroelem terhelés hatása a kukoricára ( <i>Zea mays</i> L.) karbonátos homoktalajon .....	51
<i>Szabó Éva</i> : Növekvő NPK műtrágya adagok hatása néhány őszi búza fajta termesztésére különböző, évjáratokban csernozjom talajon .....	67
<i>Tóthné Lőkös Klára–ifj. Lőkös László</i> : A hazai őszi búza termőterületek klímaérzékenységének megye szintű vizsgálata .....	89
KÖNYVISMERTETÉS .....	111

## CONTENTS

<i>A. Fábián–K. Jäger–B. Barnabás</i> : Histological examination of the impact of water deprivation on grain development in the case of wheat genotypes of different stress tolerance .....	5
<i>Z. Izsáki–G. Némethné Kádi</i> : Fertilisation of Jerusalem artichoke ( <i>Helianthus tuberosus</i> L.) I. – The impact of nutrient supply on the dynamics of biomass accumulation and biomass yield .....	29
<i>I. Kádár</i> : The impact of microelement load on maize ( <i>Zea mays</i> L.) on calcareous sandy soil .....	51
<i>É. Szabó</i> : The impact of increasing NPK fertiliser doses on the yield of certain winter wheat varieties in different crop years on chernozem soil .....	67
<i>K. Tóthné Lőkös–L. Lőkös Jr.</i> : County-level examination of the climate sensitivity of the Hungarian winter wheat production areas .....	89
BOOK REVIEWS .....	111

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>А. Фабиан–К. Ягер–Б. Барнабаи</i> : Гистологическое исследование влияния дефицита воды на развитие зерна в случае генотипов пшеницы, обладающих различными толеранциями к стрессу .....	5
<i>З. Ижаки–Г. Неметне Кади</i> : Удобрение топинамбура ( <i>Helianthus tuberosus</i> L.) I. – Влияние обеспечения питательными веществами на динамику накопления биомассы и на урожайность .....	29
<i>И. Кадар</i> : Влияние нагрузки микроэлементами на кукурузу ( <i>Zea mays</i> L.) на карбонатной песчаной почве .....	51
<i>Э. Сабо</i> : Влияние растущей дозы искусственных удобрений NPK на урожай некоторых сортов озимой пшеницы в различные годы выращивания на чернозёмной почве .....	67
<i>К. Тотхне Лёкёш–Л. Лёкёш (младший)</i> : Исследование на областном уровне чувствительности к климату плодородных территорий озимой пшеницы в Венгрии .....	89
РЕЦЕНЗИЯ КНИГИ .....	111

## A vízmegvonás szemfejlődésre gyakorolt hatásának szövettani vizsgálata különböző stressztoleranciával rendelkező búza genotípusok esetében

FÁBIÁN ATTILA–JÄGER KATALIN–BARNABÁS BEÁTA  
MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet,  
Növényi Sejtbiológia Osztály, Martonvásár

### Összefoglalás

A globális klímaváltozás által okozott szárazság egyre fokozódó negatív hatással van a mezőgazdaságra, ezért a szárazságstressz-rezisztenciával rendelkező genotípusok jelentősége a jövőben egyre nő. A vízmegvonással szemben toleráns fajták stresszválaszának megértése hozzájárulhat a magasabb szintű stresszrezisztenciával rendelkező genotípusok nemesítéséhez.

Munkánk célja volt, hogy felfedjük a búza ivaros folyamatai során alkalmazott, terméscsökkenést okozó szárazságstressz által a fejlődő szemtermésekben előidézett szövettani változásokat. Ennek érdekében vizsgáltuk a meiózis, az antézis és a korai szemfejlődés idején teljes vízmegvonással kiváltott szárazságstressz hatását a szárazság érzékeny Cappelle Desprez valamint a vízmegvonással szemben toleráns Plainsman V őszi búzafajták (*Triticum aestivum* L.) termésmennyiségére, fertilitására és szemterméseinek morfológiájára.

Szövettani módszerekkel vizsgáltuk a fejlődő embriók, a keményítő endospermium sejtek és az azokat körülvevő anyai sejtrétegek morfológiáját érintő változásokat. Sztereológiai módszerekkel határoztuk meg a fejlődő endospermium sejteinek számát, valamint a bennük felhalmozódó tartalék tápanyagok mennyiségét, meghatároztuk az A valamint a B típusú keményítőszemcsék sejtenkénti számát valamint a sejtekben a fehérjeraktár funkcióját betöltő fehérjetestek mennyiségét is.

A meiózis és az antézis idején alkalmazott kezelések hatására mindkét fajta fertilitása, szemkötése és termése csökkent, szemtermés fejlődése lelassult. Ezzel szemben a sejtalkotók számában nem volt kimutatható változás. A korai szemfejlődés idején alkalmazott vízmegvonás hatására csökkenés következett be az endospermiumban található B típusú keményítőszemcsék számában, míg az aleuron sejtek fejlődése, valamint az ovulumot körülvevő sejtrétegek degradációja mindkét genotípus esetében jelentősen felgyorsult. A korai szemfejlődés idején a vízmegvonás felgyorsította a szemtelítődés ütemét, lerövidítette az érési időt, valamint jelentősen lecsökkentette a termés mennyiségét. Az érett embriók mérete jelentős mértékben elmaradt a kontrolltól az érzékeny Cappelle Desprez esetében, a fajta endospermiumának sejtjei pedig a toleráns Plainsman V-tel összehasonlítva szignifikánsan kevesebb B típusú keményítőt halmoztak fel. A toleráns genotípus kezelt szemterméseiben a fehérjetestek száma jelentősen meghaladta a kontrollra jellemző értéket. Figyelembe véve a vegetatív szövetek regenerációját, a szemkötést valamint a termést, a szárazság toleráns Plainsman V stresszreakciója szignifikánsan jobb volt, mint az érzékeny genotípusé.

**Kulcsszavak:** embrió, endospermium, keményítő, őszi búza, szárazságstressz

## **Histological examination of the impact of water deprivation on grain development in the case of wheat genotypes of different stress tolerance**

A. FÁBIÁN-K. JÄGER-B. BARNABÁS

Agricultural Institute, Center for Agricultural Research

Hungarian Academy of Sciences, Plant Cell Biology Department, Martonvásár

### **Summary**

The drought caused by global climate change has an increasing negative impact on agriculture; therefore, the importance of genotypes with drought stress resistance also increases in the future. The understanding of the stress response of varieties tolerant to water deprivation could contribute to the breeding of genotypes with have higher level of stress resistance.



The aim of our work was to reveal the histological changes in the developing grain yield caused by drought stress which results in yield reduction used in the generative processes of wheat. For this reason, we examined the impact of drought stress triggered by total water deprivation at the stages of meiosis, anthesis and the early grain development on the yield, fertility and grain yield morphology of the drought sensitive Cappelle Desprez winter wheat variety, as well as Plainsman V (*Triticum aestivum* L.) which is tolerant to water deprivation.

We used histological methods to examine the changes affecting the morphology of the developing embryos, the starchy endosperm cells and the maternal cell layers surrounding them. Also, we used stereological methods to determine the number of developing endosperm cells and the amount of reserve nutrients accumulating in them. We also determined the number of A and B type starch granules per cell, as well as the amount of protein bodies which play a protein storage role in the cells.

As a result of the treatments used at the time of meiosis and anthesis, the fertility, grain filling and yield of both varieties decreased and their grain yield development slowed down. On the contrary, there was no detectable change in the number of cell constituents. As a result of the water deprivation used at the stage of early grain development, there was a reduction in the number of B type starch granules in the endosperm, while the development of aleurone cells and the degradation of the cell layers embracing the ovulum significantly sped up in the case of both genotypes. At the time of early grain development, water deprivation increased the pace of grain filling, reduced the ripening period and significantly decreased yield. The size of ripened embryos is significantly smaller than the control in the case of the drought sensitive Cappelle Desprez variety, while the endosperm cells of the variety accumulated significantly less B type starch than those of the tolerant Plainsman V variety. The number of protein bodies in the treated grain yield of the tolerant genotype significantly exceeded the typical value of the control. Considering the regeneration of the vegetative tissues, grain filling and yield, the stress reaction of the drought tolerant Plainsman V was significantly better than that of the sensitive genotype.

**Key words:** embryo, endosperm, starch, winter wheat, drought stress

## Гистологическое исследование влияния дефицита воды на развитие зерна в случае генотипов пшеницы, обладающих различными толеранциями к стрессу

А. ФАБИАН-К. ЯГЕР-Б. БАРНАБАШ

Сельскохозяйственный Институт Исследовательского Центра Аграрных наук Венгерской Академии Наук, Отдел Биологии клетки растений, Мартонвашар

### Резюме

Вызванная глобальным изменением климата засуха имеет все более негативное влияние на сельское хозяйство, поэтому в будущем ещё больше вырастет значение генотипов, обладающих резистенцией к стрессу от засухи. Понимание ответа на стресс толерантных к дефициту воды сортов может способствовать селекции генотипов, обладающих более высокой резистенцией к стрессу.

Целью нашей работы было вскрыть применённые в ходе генеративных процессов пшеницы гистологические изменения, вызванные стрессом от засухи, причиняющем уменьшение в урожае зерна. В интересах этого исследовали мейоз, антезис и во время раннего развития зерна влияние стресса засухи, причинённого полным дефицитом воды на количество урожая, фертильность и морфологию урожая зерна озимых сортов пшеницы Cappelle Desprez, чувствительных к засухе, а также толерантной к дефициту воды Plainsman V (*Triticum aestivum* L.).

Гистологическими методами исследовали изменения, затрагивающие морфологию слоёв клеток развитых эмбрионов, крахмальных эндоспермных клеток и окружающих их материнских слоёв клеток. Стереологическими методами определили число клеток развивающегося эндосперма, а также накопленных в них количество запаса питательного вещества, определили количество крупинок крахмала по клеткам А- и В- типа, а также количество белковых тел, выполняющих функцию хранилища белка в клетках.

Под влиянием обработок, применённых во время мейоза и антезиса, у обоих сортов уменьшилась фертильность, завязывание зерна и урожай, замедлилось развитие урожая зерна. Однако в количестве образователей клетки не было значительного изменения. Под влиянием дефицита воды, применённого во время раннего развития зерна, последовало уменьшение в количестве крупинок крахмала В-типа, расположенных в эндосперме, но развитие клеток алеурона, а также деградация

слоёв клетки окружающих овулум в случае двух генотипов значительно ускорилось. Во время раннего развития зерна удаление воды ускорило темп налития зерна, укоротило время созревания, а также значительно уменьшило количество урожая. Размер зрелых эмбрионов значительно отстал от контроля в случае чувствительных Cappelle Desprez, а клетки эндоспермы сорта, сравнив с толерантным Plainsman V, значительно меньше накопили крахмала В-типа. В урожаях зерна обработанных толерантных генотипов число тел белка значительно превысило характерное для контроля величину. Принимая во внимание регенерацию вегетативных тканей, завязывание зерна, а также урожай, стресс-реакция толерантного к засухе Plainsman V значительно была лучше, чем у чувствительных генотипов.

**Ключевые слова:** эмбрион, эндосперма, крахмал, осенняя пшеница, стресс от засухи

## Bevezetés

A globális klímaváltozás okozta gyakori extrém száraz időszakok az utóbbi évtizedekben egyre negatívabb hatással bírnak a mezőgazdaságra. A változást leíró modellek az elérhető vízbázisok csökkenését jelzik előre (Arnell 1999), tehát a jövőben a szárazságtűrő fajták fontossága nő. A nemesítők fontos feladata az új, magasabb szárazság toleranciával rendelkező fajták előállítás, ennek megfelelően a búza szárazságtűrésével kapcsolatban Magyarországon is régóta folytatnak kutatásokat mind Szegeden, a Gabonakutató Nonprofit Kft.-ben (Cseuz et al. 2002, Cseuz 2009), mind pedig Martonvásáron, az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetében (Galiba et al. 1989, Balla et al. 2006, Bencze et al. 2011). A vízhiány sokféle hatást gyakorol a gabonánövényekre, befolyásolja fejlődésüket, morfológiájukat, élettani folyamataikat, ennél fogva pedig termésüket (Barnabás et al. 2008). A búza (*Triticum aestivum* L.) Európában évszázadok óta a legfontosabb termesztett étkezési célú gabonaféle, az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezetének (FAO) adatai szerint világszerte a legnagyobb termőterületen vetett és a második legnagyobb mennyiségű termést adó gabonánövény (Curtis 2002). Termését a generatív életszakaszban jelentkező szárazság erősen csökkenti (Jamieson et al. 1995). Ebből a szempontból fontos fejlődési fázisok a meiózis, az antézis, valamint a korai szemfejlődés időszaka. A meiózis időszakában történik meg a mikro- és makrospóra anyasejtek számfelező osztódása. A folyamat során a sejt örökítő

anyagának megkettőződését követően számfelező osztódás megy végbe, lehetőséget teremtve a genetikai anyag, tehát a tovább örökített tulajdonságok rekombinációjára (Caryl et al. 2003). A folyamat elengedhetetlen a funkcióképes ivarsejtek létrejöttéhez, tehát az ebben az időszakban fellépő károsító hatások jelentősen csökkentik a fertilitást, ennek következtében pedig negatív hatással bírnak a termés mennyiségére. Korábbi kutatásokban a meiózis idején fellépő szárazság negatív hatását különösen a mikrosporogenezis, azaz a pollenfejlődés szempontjából találták jelentősnek (Lalonde et al. 1997).

A virágzás, más szóval antézis idején ható szárazság szintén csökkenti a szemkötést, ezáltal a kalázonkénti szemek számát, amely a búza termés mennyiségét meghatározó egyik legfontosabb tényező (Jamieson et al. 1995). A vízhiány mind a pollen, mind pedig a bibe károsításán keresztül kifejtheti negatív hatását, ezen felül irodalmi adatok szerint szántóföldi körülmények között a szárazságstressz 2–3 nappal le is rövidíti az antézis időszakát mind az érzékeny, mind pedig a toleráns búza genotípusok esetén (Khanna-Chopra és Selote 2007). A korai szemfejlődés időszakában bekövetkező vízhiány a fejlődő szemtermések abortíóját illetve az érett szemek zsugorodását válthatja ki, ezzel termésveszteséget okozva (Blum 1998).

A toleráns genotípusok stresszválaszának jobb megértése hozzájárulhat a magasabb stressztoleranciával rendelkező új fajták nemesítéséhez. Vizsgálataink célja volt, hogy fényt derítsünk a reprodukzív folyamatok idején alkalmazott szárazságstressz által a különböző stressztoleranciával rendelkező fajták szemterméseinek fejlődésében okozott szövettani változásokra, melyek befolyásolhatják a termés mennyiségét. Ennek érdekében a kontrollált környezetben alkalmazott vízmegvonás hatását vizsgáltuk, különös tekintettel a szemek morfológiájára, az embriók fejlődésére, a keményítő- és fehérjetartalomra, valamint a termésre.

### Anyag és módszer

#### *Növényanyag és a növénynevelés körülményei*

Kísérleteink során a szárazságra érzékeny Cappelle Desprez és a szárazság toleráns Plainsman V őszi búza genotípusokat (Guóth et al. 2009) vizsgáltuk. A növényeket 7 hetes, 4 °C-on történő vernalizáció után 2 liter űrtartalmú cserpekbe, szántóföldi talaj-homok-tőzeg keverékbe (3:1:1, v/v/v) ültettük, majd növénynevelő kamrákban neveltük a T1 tavaszi növénynevelő program

(Tischner *et al.* 1997) alkalmazásával. A növényeket a talaj vízkapacitás értékéig öntöztük az ültetéstől a kezelések kezdetéig a jó vízellátottság elérésének érdekében. A megporzás idejének kontrollálása céljából a kezeletlen és a vízhiánynak kitett növények virágaiból a porzókat az antézis előtt öt nappal eltávolítottuk, a kalászokat celofán zacskókkal izoláltuk, majd azokat az antézis idején kézzel, pergetéssel poroztuk be. A terméselemek meghatározásához genotípusonként és kezelésként húsz növényt 32/14 °C-os végső nevelési hőmérséklet mellett teljes érésig neveltünk.

#### *Stresszkörülmények*

A szárazságstresszt hét napon át tartó, teljes vízmegvonással idéztük elő a reprodukív életszakasz három fenofázisában: a meiózis, az antézis valamint a korai szemfejlődés idején. A kezelés kezdetének időpontját a meiózist, illetve az antézist megelőző második napra időzítettük. A korai szemfejlődés idején a kezelés kezdete a virágzást követő harmadik napra esett. A többi növénynevelési paraméter megegyezett a kontroll növények esetében alkalmazottakkal.

#### *A víztartalom meghatározása*

A talaj térfogatarányos víztartalmát (TVT) HH2 típusú talajnedvesség-mérővel (Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK) mértük mind teljes víztelítettség mellett, mind pedig a szárazságkezelés végén. A méréseket mindkét módszer esetében kezelésként 15 cserépen végeztük el.

A zászlóslevelek relatív víztartalmának meghatározását (RVT %) Augé *et al.* (1998) módszerével végeztük. A levelek tömegét teljes víztelítettség ( $t_t$ , telített tömeg) mellett, a szárazságkezelés végén ( $t_f$ , friss tömeg), valamint 80 °C-on, 24 órás szárítást követően ( $t_s$ , száraz tömeg) is megmértük. A relatív víztartalmat a következő képlet segítségével számítottuk ki:

$$RVT(\%) = \frac{t_f - t_s}{t_t - t_s} \times 100$$

#### *Szöveti vizsgálatok*

A szemfejlődés nyomon követéséhez szükséges mintavétel mindkét genotípusnál kezelésként három-három különböző növény főkalászáinak középső régiójából történt. A mintavétel a meiózis és az antézis idején alkalmazott stresszek esetében a megporzást követő első öt napon, míg a korai szemfejlő-

dés idején kezelt növényeknél a megporzást követő 5., 7., 9., 12. és 14. napon történt. Kalásonként 10 darab, fejlődésben lévő, megtermékenyített termőt kémiai módszerrel, 2,5% (v/v) glutáraldehid és 4% (w/v) formaldehid tartalmú 50 mM-os Na-kakodilát pufferben (pH 7,2) fixáltunk. A mintákat az említett pufferben való mosás után emelkedő koncentrációjú etilalkohol-sorban vízte-lenítettük. A termőket ezt követően *Spurr* (1969) módszere szerint epoxi gyan-tába ágyasztuk. A termőkből – azok hosszanti szimmetriasíkjával párhuzamos – félvékony (1  $\mu$ m vastagságú) metszeteket készítettünk Ultracut-E mikrotom (Reichert-Jung, Heidelberg, Germany) segítségével. A szénhidrátok jelölésére 0,5% (w/v) perjódsvas Schiff (PAS), a fehérjék jelölésére pedig 0,2% (w/v) Coomassie Brilliant Blue festést alkalmaztunk. A metszetek vizsgálata BX51 tí-pusú fénymikroszkóppal (Olympus, Tokyo, Japan) történt, a méréseket az Image-Pro Plus 5.1 képanalizáló szoftverrel (Media Cybernetics Inc., Bethesda, USA) végeztük. Az embriók méretét azok transzverzális középsíkjában készült metszetein határoztuk meg, az embrió átmetszeti területének mérésével. Az érett embriók méretének meghatározása a szemek szimmetriasíkjában történő szétvágása után Zeiss Stereo Discovery sztereomikroszkóp (Jena, Germany) és az említett képfeldolgozó szoftver használatával történt.

### *Sztereológiai analízis*

A fejlődő szemtermések endospermium sejtjeiben található keményítőszemcsék és fehérjetestek számának meghatározására sztereológiai analízist végeztünk. Mindkét genotípus fejlődő szemterméseiből mintákat gyűjtöttünk az egyes keze-lések végén, és a visszaöntözést követő 5. napon. Az A és B típusú keményítőszem-csék, valamint a fehérjetestek és az endospermium sejtek egységnyi térfogatban előforduló számát *Weibel* és *Gomez* (1962) módszere alapján számítottuk ki, mely-hez kezelésenként és genotípusonként három különböző kalász középső régiójá-nak virágaiból származó szemterméseit ( $n=3$  genotípusonként és kezelésenként) használtuk fel. A beágyazott szemtermésekből készített, véletlenszerűen kiválasz-tott félvékony metszeteiken határoztuk meg a sejtek és a sejtalkotók egységnyi fe-lületre eső számát, a térfogati denzitásokat, valamint a  $\beta$  koefficiens számításához szükséges sejtalkotó méreteket. A mérésekhez szükséges felvételeket a BX51 mikroszkóphoz (Olympus, Tokyo, Japan) kapcsolt C8484 kamera (Hamamatsu Photonics Co., Hamamatsu, Japan) segítségével készítettük. A sejtek és sejtalkotók mennyiségének, valamint azok méretének meghatározása a CellIP képanalizáló program (Olympus, Tokyo, Japan) segítségével történt.

*Statisztikai analízis*

Az adatok statisztikai értékelése az SPSS for Windows 10.0 programmal, varianciaanalízis alkalmazásával történt.

**Vizsgálati eredmények***A szárazság hatása a vegetatív szövetekre és a termésre*

A búza generatív fejlődési fázisának eltérő időpontjaiban (meiózis, virágzás, korai szemfejlődés) alkalmazott, megegyező időtartamú kezelések fajtától függetlenül hasonló mértékben, a kezelés előtt jellemző átlagosan 35%-os értékről 10%-ra csökkentették a talaj térfogatarányos víztartalmát, az egyes kezelések között szignifikáns különbség nem volt. Ennek ellenére a különböző kezelések során a növények eltérő mértékben mutatták a szárazságstresszre jellemző sárgulásos, majd száradásos fenotípusos változásokat, ami arra utalt, hogy az azonos mértékű vízmegvonás a különböző egyedfejlődési fázisokban eltérő mértékű stresszhatást okozott. Ezt a zászlóslevelek eltérő relatív víztartalma is megerősítette (*1. táblázat*). A meiózis idején alkalmazott vízmegvonás hatására az érzékeny genotípus leveleinek relatív víztartalma csökkent, míg a Plainsman V-nél nem figyeltünk meg változást a kontrollhoz képest (*1. táblázat*). Az antézis idején fellépő szárazságstresszre mindkét fajta hasonló mértékű vízvesztéssel reagált (*1. táblázat*), de a levelek sárgulása és száradása csupán az érzékeny fajtára volt jellemző. A Cappelle Desprez esetében megfigyeltük a kalászok csúcsi részének sárgulását majd száradását is, mely az ott található szemtermések abortálódásához vezetett. A visszaöntözést követően a Plainsman V teljes, míg a Cappelle Desprez részleges regenerációt mutatott.

A korai szemfejlődés idején alkalmazott stressz hatására a levelek hervadása a kezelés harmadik napjától volt megfigyelhető, majd az ötödik napra a levelek besodródtak. Mindkét fajta esetén sárgulást figyeltünk meg, a visszaöntözést követően azonban csupán a Plainsman V fajta levelei voltak képesek a rehidratációra és a regenerációra.

A szárazságstressznek kitett növények szemfeltöltődési és érési időszaka a kontroll növényekhez viszonyítva genotípustól függetlenül tíz nappal le rövidült. A kezelés hatására az érett szemtermések zsugorodottak voltak és a Cappelle Desprez kalászainak felső harmadában a magkezdemények jelentős része abortálódott.



1. táblázat. A fajtákra jellemző kontroll és a kezelések végén mért zászlóslevél víztartalom értékek ( $\pm$  standard eltérés)

Kezelés ideje (1)	Genotípus (2)	Zászlóslevél víztartalom (RVT %) (3)	
		Kontroll (4)	Kezelés végén (5)
Meiózis (6)	Cappelle Desprez	84,68 $\pm$ 4,22	55,11 <sup>bc</sup> $\pm$ 8,70
	Plainsman V	87,31 $\pm$ 4,74	82,19 $\pm$ 3,40
Antézis (7)	Cappelle Desprez	79,41 $\pm$ 4,65	56,95 <sup>bc</sup> $\pm$ 10,29
	Plainsman V	85,97 $\pm$ 7,88	64,21 <sup>b</sup> $\pm$ 5,47
Korai szemfejlődés (8)	Cappelle Desprez	80,55 $\pm$ 2,46	36,95 $\pm$ 15,28
	Plainsman V	82,41 $\pm$ 4,23	48,58 $\pm$ 2,65

Megjegyzés: az oszlopokon belül az eltérő betűk az átlagértékek szignifikáns eltérését jelölik a  $P \leq 0,05$  valószínűségi szinten.

Table 1. Flag leaf water content values measured in the control typical of the varieties and those measured at the end of treatments ( $\pm$  standard deviation). (1) Date of treatment, (2) Genotype, (3) Flag leaf water content (RWT %), (4) Control, (5) At the end of the treatment, (6) Meiosis, (7) Anthesis, (8) Early grain development. Note: The different letters in the columns mark the significant difference of the mean values at the probability level of  $P \leq 0.05$ .

A meiózis és virágzás idején alkalmazott vízmegvonás hatására a Plainsman V fertilitása, illetve szemkötése nem változott szignifikánsan, ugyanakkor a fajta korai szemfejlődés idején kezelt növényeinek szemkötése 18%-kal csökkent. Ezzel szemben az érzékeny Cappelle Desprez fertilitása a meiózis idején fellépő vízmegvonás hatására 16%-kal, szemkötése az antézis idején és a korai szemfejlődés idején ható stressz következtében 43%-kal, illetve 53%-kal csökkent. A szárazság által kiváltott ezerszemtömeg csökkenés a meiózis idején kezelt Plainsman V kivételével mindkét fajta és minden kezelés érett szemtermései-nél megfigyelhető volt (2. táblázat).

Mindkét genotípusnál a korai szemfejlődés idején adott stressz okozta a legnagyobb károsodást. A Plainsman V-re jellemző nagyobb mértékű ezerszemtömeg csökkenés feltehetően a jobb szemkötés, azaz a magasabb szemszám következménye volt.

A kezelések hatására a kalásonkénti termés mindkét genotípusnál szignifikánsan csökkent, de a Plainsman V valamennyi kezelésre szignifikánsan ( $P \leq 0,05$ ) alacsonyabb termésveszteséggel reagált, mint a Cappelle Desprez (2. táblázat).



2. táblázat. A kontroll és kezelt Cappelle Desprez és Plainsman V növényekre jellemző fertilitás/szemkötés, ezerszem-tömeg, valamint kalászonkénti termés értékek ( $\pm$ standard eltérés)

Fajta (1)	Kezelés (2)	Fertilitás/ szemkötés (%) (3)	Ezerszem- tömeg (g) (4)
Cappelle	Kontroll (7)	69,9 <sup>a</sup> $\pm$ 7,5	27,7 <sup>a</sup> $\pm$ 5,6
Desprez	Meiózis (8)	58,4 <sup>b</sup> $\pm$ 9,3	22,3 <sup>a</sup> $\pm$ 4,0
	Antézis (9)	40,1 <sup>c</sup> $\pm$ 17,8	19,6 <sup>a</sup> $\pm$ 9,0
	Korai szemfejlődés (10)	32,6 <sup>c</sup> $\pm$ 12,1	13,5 <sup>a</sup> $\pm$ 5,2
Plainsman V	Kontroll (7)	70,0 <sup>a</sup> $\pm$ 4,8	42,4 <sup>a</sup> $\pm$ 6,2
	Meiózis (8)	65,0 <sup>b</sup> $\pm$ 7,2	36,2 <sup>ab</sup> $\pm$ 8,1
	Antézis (9)	74,4 <sup>a</sup> $\pm$ 7,6	30,1 <sup>bc</sup> $\pm$ 10,9
	Korai szemfejlődés (10)	57,3 <sup>b</sup> $\pm$ 7,8	16,1 <sup>a</sup> $\pm$ 5,5

Fajta (1)	Kezelés (2)	Kalászonkénti termés (mg) (5)	Növényenkénti termés (mg) (6)
Cappelle	Kontroll (7)	1115,3 <sup>b</sup> $\pm$ 232,9	5001,3 <sup>b</sup> $\pm$ 2072,1
Desprez	Meiózis (8)	715,0 <sup>a</sup> $\pm$ 70,0	2927,1 <sup>b</sup> $\pm$ 915,5
	Antézis (9)	494,9 <sup>a</sup> $\pm$ 249,6	1288,6 <sup>a</sup> $\pm$ 597,9
	Korai szemfejlődés (10)	252,0 <sup>a</sup> $\pm$ 132,8	509,6 <sup>a</sup> $\pm$ 348,8
Plainsman V	Kontroll (7)	1421,6 <sup>a</sup> $\pm$ 267,0	8925,1 <sup>a</sup> $\pm$ 3258,5
	Meiózis (8)	956,4 <sup>a</sup> $\pm$ 240,7	3743,1 <sup>b</sup> $\pm$ 1503,6
	Antézis (9)	927,8 <sup>bc</sup> $\pm$ 316,1	2649,4 <sup>b</sup> $\pm$ 868,3
	Korai szemfejlődés (10)	420,5 <sup>c</sup> $\pm$ 166,9	1416,8 <sup>c</sup> $\pm$ 410,2

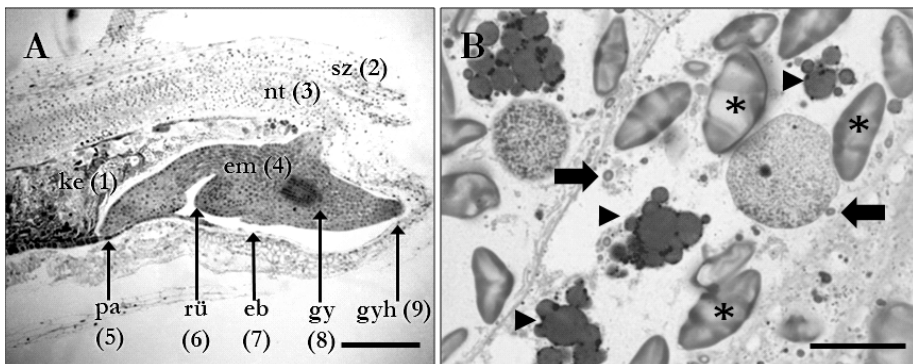
Megjegyzés: az oszlopokon belül az eltérő betűk az átlagértékek szignifikáns eltérését jelölik a  $P \leq 0,005$  valószínűségi szinten.

Table 2. Fertility/grain filling, thousand grain weight and yield per ear typical of the control and the treated Cappelle Desprez and Plainsman V plants ( $\pm$ standard deviation). (1) Variety, (2) Treatment, (3) Fertility/grain filling (%), (4) Thousand grain weight (g), (5) Yield per ear (mg), (6) Yield per plant (mg), (7) Control, (8) Meiosis, (9) Anthesis, (10) Early grain development. Note: The different letters in the columns mark the significant difference of the mean values at the probability level of  $P \leq 0.005$ .

### *Az embrió fejlődésére gyakorolt hatások*

A szemtermésekben fejlődő embriók vizsgálatát fénymikroszkóp segítségével végeztük el (1/A ábra). Az embriófejlődés folyamata eltérő reakciót mutatott a különböző fenofázisban alkalmazott kezelések hatására. A meiózis idején ható stressz a Cappelle Desprez embriók méretbeli növekedésében már a fejlődés korai fázisában (negyedik és ötödik nap) lemaradást okozott és az érett szemtermésekben méretük 12,4%-kal elmaradt a kontrolltól. Ezzel szemben a kezelt Plainsman V embriók mérete a szemtermés fejlődésének kezdetén nem különbözött szignifikáns mértékben a kontrolltól, és az érett embriók mérete is csupán 4,4%-kal csökkent (3. táblázat).

1. ábra. A megtermékenyítést követő tizennegyedik napon gyűjtött fejlődő búza szemtermésből származó embrió (A) és endospermium szövet (B)



Rövidítések: ke: keményítős endospermium, sz: szállítószövet, nt: nucellusz eredetű transzfer sejtek, em: embrió, pa: pajzsocska, rü: rügyecske, eb: epiblaszt, gy: gyököcske, gyh: gyökérhüvely. Csillag: A típusú keményítőszemcse, nyíl: B típusú keményítőszemcse, nyílhegy: proteintestek. Bar: 200  $\mu$ m (A), 20  $\mu$ m (B).

*Figure 1.* Embryo (A) and endosperm tissue (B) from the wheat grain yield collected on the 14<sup>th</sup> day after fertilisation. Abbreviations: ke: starch endosperm, sz: transfer tissue, nt: transfer cells of nucellus origin, em: embryo, pa: scutellum, rü: budlet, eb: epiblast, gy: radicle, gyh: root sheath. Star: A type starch granule, arrow: B type starch granule, arrowhead: protein bodies. Bar: 200  $\mu$ m (A), 20  $\mu$ m (B).

Az antézis idején a kezelt embriók mérete az első öt nap során mindkét fajtánál átmeneti csökkenést mutatott (3. táblázat). Bár az ötödik napon egyik fajtánál sem figyeltünk meg különbséget a kontroll és a kezelt embriók mérete között, az érett szemtermésekben található embriók mérete 21%-kal (Cappelle

Desprez) illetve 12,1%-kal (Plainsman V) maradt el saját kontrolljától (3. táblázat).

3. táblázat. A különböző időpontban alkalmazott vízmegvonás hatása a fejlődésben lévő, valamint az érett szemtermésekben található embriók méretére

Kezelés (1)	Fajta (2)	Az embriók mérete a kontroll arányában (%)					
		(3)					Érett szem (5)
		Megtermékenyítést követő nap					
		(4)					
1	2	3	4	5			
Meiózis (6)	Cappelle D.	92,7	92,2	89,1	75,3	54,4	87,6
		ns	ns	ns	*	***	**
	Plainsman V	92,8	85,7	101,4	98,1	105,6	95,6
		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Antézis (7)	Cappelle D.	103,9	91,6	83,9	80,9	94,7	79,0
		ns	ns	*	**	ns	***
	Plainsman V	103,8	78,7	77,0	61,9	94,9	87,9
		ns	*	**	**	ns	**
KSZF (8)	Cappelle D.	Megtermékenyítést követő nap					Érett szem (5)
		(4)					
		5	7	9	12	14	
		99,3	117,2	193,6	119,6	130,7	
	Plainsman V	ns	ns	**	*	**	***
		101,5	130,0	151,7	157,9	126,5	74,2
		ns	ns	*	**	**	***
		ns	ns	*	**	**	***

Megjegyzés: az adatok a kezelt szemtermésekből származó embriók méretének a kontrollhoz viszonyított százalékos arányát jelölik. \*\*\*= $p \leq 0,0005$ , \*\*= $p \leq 0,005$ , \*= $p \leq 0,05$  valószínűségi szinten szignifikáns; ns nem szignifikáns. KSZF: korai szemfejlődés.

Table 3. The impact of water deprivation at different times on the size of the developing embryo and those in the ripened grains. (1) Treatment, (2) Variety, (3) Embryo size proportional to the control (%), (4) Day after fertilisation, (5) Ripened grain, (6) Meiosis, (7) Anthesis, (8) EGD. Note: the data show the percentage of size of the embryo from the treated grain yield compared to the control. Significant at the probability levels of \*\*\*= $p \leq 0,0005$ , \*\*= $p \leq 0,005$ , \*= $p \leq 0,05$ ; ns: not significant. EGD: early grain development.

A korai szemfejlődés időszakában kezelt embriók mérete meghaladta a kontroll embriókra jellemző értéket (3. táblázat). A különbség mindkét fajta esetében szignifikáns volt a megporzást követő kilencedik és tizennegyedik napok között. Az embriók növekedési intenzitása azonban a későbbi fejlődés során lecsökkent, így a szárazságstressznek kitett növényekben fejlődő embriók végső mérete a Cappelle Despreznél 44,2%-kal, a Plainsman V-nél 25,8%-kal maradt el kontrolljától (3. táblázat).

Az érett embriók tekintetében a legnagyobb méretcsökkenést mindkét genotípusnál a korai szemfejlődés kori kezelés okozta. A Plainsman V szárazságkezelt embrióiban már a fejlődés hetedik napján elkezdődött a differenciálódás, melynek következtében megkülönböztethetővé vált az embrió hajtáspólusa és a szkutellum. A fajta kontroll embriói valamint a Cappelle Desprez kontroll és kezelt embriói is gömbstádiumúak voltak ebben a korban. Ez utóbbi embrióknál a hajtás, illetve a gyökérpólus a Plainsman V kezelt embrióihoz képest két nappal később, a megporzást követő kilencedik napon vált megkülönböztethetővé. A kezelt embriók mindkét fajtánál a fejlődés kilencedik, tizenkettedik és tizennegyedik napján a kontrollokhoz képest szignifikánsan nagyobbak és differenciáltabbak voltak (3. táblázat), a kezelt Plainsman V embriók differenciáltsága pedig meghaladta a Cappelle Despreznél megfigyeltet: a 14 napos Plainsman V embriók vizsgálata során világosan elkülöníthető volt a rügyhüvely, a levélkezdemények, a mezokotil, a gyökércsúcs és a gyökérhüvely. A keményítőszemcsék jelenléte a tizennegyedik napon valamennyi embrióra jellemző volt, a szárazságstressz nem volt hatással a szemcsék megjelenési idejére vagy számára.

#### *Az endospermium fejlődését érintő változások*

Az endospermium fejlődési folyamataiban a kezelések hatására bekövetkezett változásokat szövettani vizsgálatok segítségével követtük nyomon (1/B ábra). A meiózis idején alkalmazott szárazság egyik fajta esetében sem befolyásolta a fejlődő endospermium szövettani jellemzőit a megporzást követő első 5 nap folyamán. Az embrióközeli endospermium sejtesedése genotípustól és kezeléstől függetlenül a megporzást követő 3. napon, a perifériás endospermium sejtesedése pedig az 5. napon következett be.

A virágzás idején alkalmazott vízmegvonást követően a perifériális endospermium szinciciális magosztódása fajtától és kezeléstől függetlenül azonos ütemben zajlott és a 3. napra bekövetkezett az embrióközeli endospermium

sejttesedése. Az ovulum üregének egy rétegben való kibélelése után a perifériális endospermium sejtfalainak szintézise a kezelt Plainsman V esetében a kontrollt egy nappal megelőzve már a negyedik napon elkezdődött. Ez a folyamat a szárazságstressznek kitett Cappelle Desprez szemtermésekben a kontroll körülmények között kialakuló endospermiummal azonos módon, a megporzás utáni ötödik napon ment végbe. A perifériális endospermium sejt-falainak szintézisével egy időben elkezdődött a keményítő felhalmozása a raktározó sejtekben.

A korai szemfejlődés idején ható szárazság az endospermium és az aleuron réteg fejlődésére is jelentős hatást gyakorolt. Az embrióközeli endospermium erősen festődő citoplazmával rendelkező sejtjei mindkét genotípusnál a megporzást követő hetedik napig támogatták az embriók fejlődését, majd a 9. naptól kezdődően fokozatosan vakuolizálódtak és degradálódtak. A folyamat a kezelés hatására mindkét fajtánál gyorsabban ment végbe. A kezelt szemtermésekben az aleuron réteg fejlődése is felgyorsult: a tizenkettedik napra az aleuron sejtjeiben található vakuólumok a kontrolltól eltérően már protein mátrixba ágyazott zárványokat is tartalmaztak. A réteg sejtfalai a megporzást követő tizennegyedik napra a kezelt szemtermésekben genotípustól függetlenül nagymértékben megvastagodtak és a sejteket sűrűn elhelyezkedő aleuron szemcsék töltötték ki.

#### *Az embriót és az endospermiumot körülvevő sejtrétegek változásai*

Vizsgálataink során a perikarpium és a megtermékenyítést követően létrejött szövetek között elhelyezkedő sejtrétegek, azaz a harántsejtek és a tömlősejtek rétegeinek, a külső és belső integumentum sejtrétegeinek és a nucellusz epidermiszének vízmegvonás hatására bekövetkezett változásait követtük nyomon.

A meiózis illetve az antézis idején alkalmazott szárazság hatására az általunk vizsgált periódusban a fajták között csupán a külső integumentum tekintetében volt eltérés kimutatható. A Plainsman V esetében a külső integumentum két sejtrétege a megtermékenyítést követő harmadik napra összetömörödött és eltűnt. A Cappelle Desprez termőiben ez a folyamat a negyedik napra fejeződött be.

A korai szemfejlődés idején a belső integumentum (a későbbi teszta) belső sejtsorában a gyantaszerű komponensek felszaporodása a kezelt Plainsman V növények esetében a kezelt Cappelle Desprez-vel és a kontrollokkal összeha-

sonlítva két nappal korábban, hét napos korban volt megfigyelhető. A nucellusz epidermisze (a majdani hialin réteg) az aleuron réteg megjelenéséig séretlen maradt. Ez a kontroll növényeknél tizenkét napos, míg kezelték esetén kilenc napos korban következett be. A szemfejlődés tizennegyedik napjára a kezelt Plainsman V szemtermésekben a belső integumentum belső rétegének, valamint a nucellusz epidermiszének sejtfalai az aleuron réteg és a tömlősejtek sejtsorai között összenyomódtak és belőlük a teszta és a hialin rétegek jöttek létre. Ebben az időpontban a kezelt Cappelle Desprez szemtermésekben csupán a hialin réteg volt megfigyelhető.

### *Sztereológiai analízis*

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy az alkalmazott kezelések közül a meiózis és az antézis idején ható szárazság egyik fajta esetében sem váltott ki szignifikáns eltéréseket az általunk vizsgált paraméterek (térfogategységre vonatkoztatott endospermium sejtszám, az A és B típusú keményítőszemcsék száma, a fehérjetestek sejtenkénti száma) tekintetében.

Ezzel szemben a korai szemfejlődés idején szignifikáns különbség volt kimutatható a kontroll és a szárazságkezelte szemtermések sztereológiai jellemzői között. Ennek megfelelően a továbbiakban az ezen kezelés által kiváltott hatások kerülnek tárgyalásra. A mintavételt a szárazságkezelés végére (9. MKN) valamint az azt követő ötödik napra (14. MKN) időzítettük, annak érdekében, hogy a visszaöntözés hatása is felmérhető legyen.

A Cappelle Desprez esetében a vízmegvonás hatására több mint kétszeres, szignifikáns ( $P \leq 0,0005$ ) emelkedés volt megfigyelhető az egységnyi térfogatra eső endospermium sejtek számában a kezelés végén, tehát a megporzást követő kilencedik napon (9. MKN). Ez a különbség a visszaöntözés ötödik napján (14. MKN) is detektálható volt (*2/A ábra*).

A Cappelle Desprez-ből származó szárazságkezelte szemek endospermiuma a kontrollhoz viszonyítva szignifikánsan ( $P \leq 0,05$ ) kevesebb lencse alakú, A típusú keményítőszemcsét tartalmazott a kezelés végén, ám ez a különbség a visszaöntözést követően (14. MKN) már nem volt szignifikáns (*2/B ábra*). A Plainsman V kezelt endospermium sejtjeiben az A típusú szemcsék száma a kezelés végén nem különbözött a kontrolltól, azonban az 5 napos visszaöntözés végén már szignifikánsan ( $P \leq 0,05$ ) több szemcsét figyeltünk meg (*2/B ábra*). A kisebb méretű, gömb alakú B típusú keményítőszemcsék megjelenése

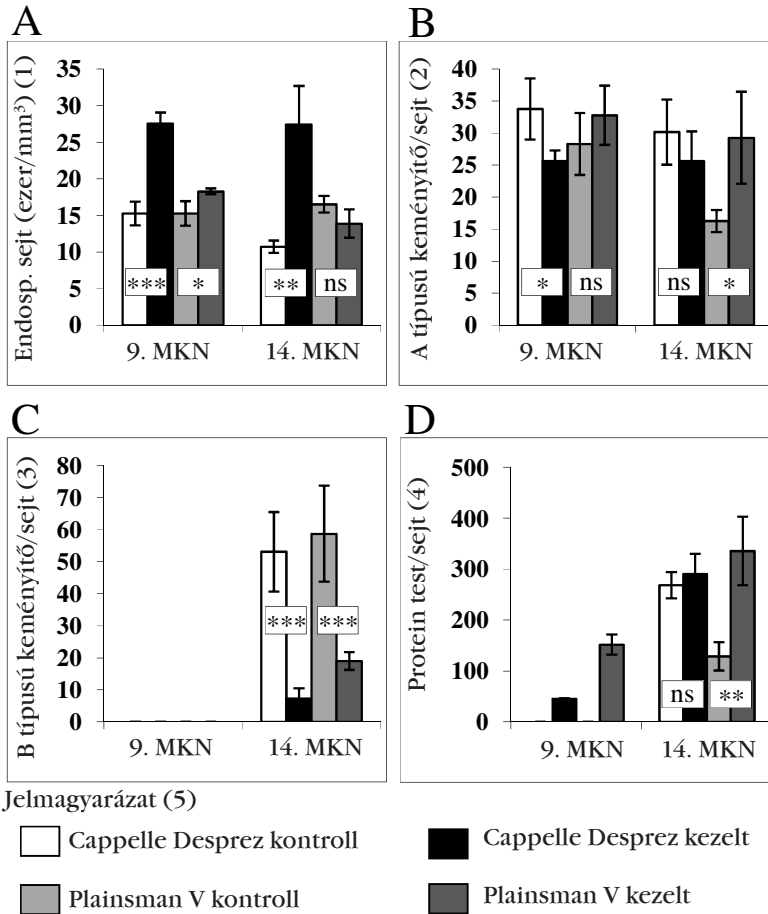
a kezelt szemtermések esetében a tizenkettedik, míg a kontrollok esetében a tizennegyedik napra esett. A szárazság hatására a B típusú szemcsék térfogatarányos és sejtenkénti száma mindkét fajtánál szignifikánsan ( $P \leq 0,005$ ) elmaradt a kontrolltól (2/C ábra). Ez a csökkenés az érzékeny fajtánál 86,3%-os, míg a toleránsnál 67,7%-os volt. A szárazságstressz hatására mindkét genotípus endospermiumaiban megnőtt a fehérjetestek mennyisége és mérete (2/D ábra), megjelenésük az endospermium kalazális régiójában pedig a kontrollhoz viszonyítva két nappal korábban, a kilencedik megporzást követő napon következett be. A tizennégy napos szárazságkezelt Plainsman V szemtermések a kezeletlen kontrollhoz képest szignifikánsan ( $P \leq 0,005$ ) több fehérjetestet tartalmaztak (2/D ábra). Ez a megnövekedett fehérjetartalom a szárazságstresszre érzékeny Cappelle Desprez fajtára nem volt jellemző.

### Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása

Eredményeink szerint a búza reproduktív életszakaszában a szárazságstressz hatása fejlődési állapot függőséget mutat. A vízmegvonás termésre, fertilitásra és a szemtermések fejlődésre gyakorolt hatása a meiózis idején volt a legkisebb, a korai szemfejlődés idején pedig a legnagyobb. A meiózis idején alkalmazott kezelés a szemtermések fejlődését lelassította, különösen az érzékeny genotípus esetében. Az antézis időszakában mindkét fajta szemfejlődése átmenetileg lelassult, a fertilitásban és a termés mennyiségében jelentkező csökkenés kifejezettebben jelentkezett.

Kísérleteinkben a korai szemfejlődés idején alkalmazott szárazságstressz megnövelte a szemfejlődés sebességét. Az aleuron réteg, valamint a teszta és a hialin réteg korai megjelenése a kezelt szemtermésekben az érési folyamatok szárazság hatására történő felgyorsulását támasztják alá. Ezzel párhuzamosan más kutatók eredményeihez hasonlóan (Altenbach *et al.* 2003, Plaut *et al.* 2004, Westgate 1994) a vízmegvonás mindkét genotípus esetében jelentősen, 10 nappal le is rövidítette a szemtermés érését. Bár a szemfeltöltődés sebességének növekedése önmagában a nagyobb termésmennyiség kialakulását segíthetné elő, a szemfeltöltődési időszak drasztikus lerövidülése és a tíz nappal korábban bekövetkező teljes érés végül a termés csökkenését okozta.

2. ábra. A korai szemfejlődés idején alkalmazott szárazság hatása az egységnyi térfogatra eső endospermium sejtek számára (A), az A típusú keményítőszemcsék sejtenkénti számára (B), a B típusú keményítőszemcsék sejtenkénti számára (C), valamint a proteintestek sejtenkénti számára (D)



Megjegyzés: MKN: megtermékenyítést követő nap; \*\*\*= $p \leq 0,0005$ , \*\*= $p \leq 0,005$ , \*= $p \leq 0,05$  valószínűségi szinten szignifikáns; ns nem szignifikáns.

Figure 2. The impact of drought at the time of early grain development on the number of endosperms per unit volume (A), the number of A type starch granules per cell (B), the number of B type starch granules per cell (C) and the number of protein bodies per cell (D). (1) Endosperm cell (thousand  $\text{mm}^3$ ), (2) A type starch per cell, (3) B type starch per cell, (4) Protein body per cell, (5) Legend. Note: MKN: day after fertilisation; significant at the probability levels of \*\*\*= $p \leq 0,0005$ , \*\*= $p \leq 0,005$ , \*= $p \leq 0,05$ ; ns: not significant.



A korai szemfejlődés idején alkalmazott vízmegvonás hatására az általunk elvégzett legkésőbbi mintavételig (14 MKN) az embriók mérete mindkét fajtánál meghaladta a kontrollra jellemző értékeket. Ennek oka, hogy a kezelt szemekben az embriók fejlődése a szemtermés általános fejlődési folyamataihoz hasonlóan felgyorsult, ennek megfelelően nagyobb méretük az előrehaladottabb fejlődési állapot következménye volt. A vízmegvonás lerövidítette a fejlődés időtartamát, csökkentette a rendelkezésre álló tápanyagok mennyiségét és ezzel végső soron mindhárom kezelés esetén korlátozta az érett embriók méretét.

A szemtermésekben raktározódó keményítő és fehérje mennyisége egyrészt a korai fejlődés során determinálódó endospermium sejtszám (Cochrane és Duffus 1983), másrészt a sejtek végső méretének függvénye, melyet a szemfeltöltődés hossza és sebessége is befolyásol (Egli 1998). A sejtesedést követően az endospermium sejtek mitotikus aktivitása genotípustól függően a nyolcadik-tizenhatodik napig folytatódik (Gao et al. 1992, Gleadow et al. 1982), növelve a szemtermés tápanyag befogadó képességét. Az endospermium sejtek osztódási és növekedési folyamatainak zavartalansága tehát igen jelentős tényező a szemtermés mérete és a termés mennyisége szempontjából. A szárazságra érzékeny Cappelle Desprez endospermium szövetei a korai szemfejlődés kori kezelést követően a kontrollhoz képest adott térfogatra vonatkoztatva szignifikánsan magasabb számú, kisebb méretű raktározó sejtet tartalmaztak. Ez arra utal, hogy a sejtek osztódást követő térfogatnövekedése csupán korlátozott mértékben következett be. A jelenségre magyarázatul szolgálhat a sejtfalak rigiddé válása, illetve a csökkent víztartalom miatt kialakuló turgor csökkenés is, mely a sejtek kiterjedéses növekedését lehetetlenné teszi. A kisebb méret következtében a sejtek tartalék tápanyag raktározó kapacitása, valamint a szemtermések mérete is korlátozott volt, ami végső soron a termés jelentős mértékű csökkenését idézte elő. A Plainsman V esetében a korai szemfejlődés idején kezelt szemtermések endospermium sejtjei sem méretükben, sem pedig számukban nem tértek el a kontrolltól. A fentiekben vázolt, csupán az érzékeny genotípusra jellemző szövettani eltérések közrejátszhattak abban, hogy a korai szemfejlődés idején a Cappelle Desprez terméscsökkenése szignifikáns mértékben meghaladta a toleráns Plainsman V-nél megfigyelt mértéket.

Korábbi szövettani vizsgálatok (Evers 1970, Briarty et al. 1979) igazolták, hogy a B típusú keményítőszemcsék berakódása a fejlődés során csak az endospermium sejtek osztódásainak végleges befejeződését követően indul meg.

Megfigyeléseink szerint a kezelt termőkben a B típusú keményítőszemcsék a kontrollhoz képest két nappal korábban jelentek meg. Ebből arra következtethetünk, hogy a korai szemfejlődés idején a kezelés hatására az endospermium sejtek osztódása mindkét vizsgált genotípusban már a megporzást követő tizenkettedik napon leállt, jelentősen korlátozva ezzel a sejtszámot és így a szemtermések raktározó kapacitását. A termésadatok arról tanúskodnak, hogy a szárazságkezelte növények a visszaöntözés után sem voltak képesek kompenzálni a vízmegvonás által okozott károsodást.

Kísérleteinkben a korai szemfejlődés idején alkalmazott szárazság hatására jelentős, genotípustól függő változásokat figyeltünk meg a fehérjetestek sejtenkénti számában. A két fajta közötti különbséget a kis molekulatömegű glutenin alegységek tekintetében kisebb, ám szignifikáns mértékben *Guóth et al.* (2009) is kimutatták. A Plainsman V által mutatott fehérje mennyiség emelkedés egybevág *Ozturk és Aydin* (2004) eredményeivel, akik az alacsony talajnedvesség hatására szintén az endospermium sejtek megnövekedett fehérjetartalmát figyelték meg. A raktározott fehérjék mennyiségének növekedésével összefüggésben állhat az ismert jelenség, miszerint szárazság illetve ozmotikus stressz hatására a levelekben az oldható nitrogén, azaz főként a szabad aminosavak mennyisége megnő (*Lawlor és Cornic* 2002). A rendelkezésre álló nagyobb mennyiségű aminosav felveti a fehérjék szemtermésbe való nagyobb mértékű beépítésének lehetőségét is. A szakirodalomból ismert, hogy a szemfeltöltődés idején a fehérjetestekbe beépülő glutenin és gliadin fehérjék mennyisége és összetétele jelentősen befolyásolja a liszt sütőipari tulajdonságait (*Shewry et al.* 2002). Az endospermiumban található keményítőszemcsék közül feltehetően a kisebb, B típusú szemcsék számának van jelentősebb hatása a sütőipari tulajdonságokra (*Gan et al.* 1995). Ennek oka az A típusú szemcsékhez képest jóval nagyobb fajlagos felületük, és ezáltal nagyobb vízmegkötő képességük (*Park et al.* 2005). Ez a tulajdonság nagyban hozzájárul a tésztaiban a fehérje-keményítő mátrix felületén található folyamatos folyadékréteg létrejöttéhez, amely meggátolja a gázbuborékok eltávozását és a tészta összeesését. *Park et al.* (2009) szerint a jó sütőipari tulajdonságok feltételeznek egy optimális B típusú keményítőszemcsé-tartalmat, azonban ez a paraméter a fehérjetartalom függvényében változó érték. Tehát a B típusú szemcsék és a fehérjék mennyiségének aránya felelős lehet a tészta tulajdonságaiért. A keményítő/fehérje arány minőségre gyakorolt hatását *Dai et al.* (2008) is leírták. Kísérlete-

inkben ez az arány mindkét fajtánál lecsökkent, hiszen csökkent a B típusú szemcsék mennyisége, ugyanakkor a toleráns Plainsman V esetében a fehérje-mennyiség is megemelkedett, tovább csökkentve az arányt. A fajták reakciója tehát összességében hasonló volt, azonban a Plainsman V-nél kifejezettebben jelentkezett. Ezen tényezők sütőipari tulajdonságokra gyakorolt hatásának felmérése a csak minőségvizsgálatokkal válik lehetővé.

Eredményeink arra utalnak, hogy az egyes fajtákban a sejtek és sejtalkotók szintjén megjelenő stresszválaszbeli különbségek a szemek feltöltődését és a termés mennyiségét is befolyásolják.

## IRODALOM

- Altenbach, S. B.–DuPont, F.–Kothari, K.–Chan, R.–Johnson, E.–Lieu, D.*: 2003. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. *J. Cereal Sci.* 37: 9–20.
- Arnell, N. W.*: 1999. Climate change and global water resources. *Global Environ. Change.* 9: 31–49.
- Augé, R. M.–Duan, X.–Crocker, J. L.–Witte, W. T.–Green, C. D.*: 1998. Foliar dehydration tolerance of twelve deciduous tree species. *J. Exp. Bot.* 49: 753–759.
- Balla, K.–Bedő, Z.–Veisz, O.*: 2006. Effect of heat and drought stress on the photosynthetic processes of wheat. *Cereal Res. Commun.* 34: 381–384.
- Barnabás, B.–Jäger, K.–Fehér, A.*: 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell. Environ.* 31: 11–38.
- Bencze, S.–Bamberger, Z.–Janda, T.–Balla, K.–Bedő, Z.–Veisz, O.*: 2011. Drought tolerance in cereals in terms of water retention, photosynthesis and antioxidant enzyme activities. *Cent. Eur. J. Biol.* 6: 376–387.
- Blum, A.*: 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation. *Euphytica.* 100: 77–83.
- Briarty, L. G.–Hughes, C. E.–Evers, A. D.*: 1979. The developing endosperm of wheat – A stereological analysis. *Ann. Bot.* 44: 641–658.
- Caryl, A. P.–Jones, G. H.–Franklin, C. H.*: 2003. Dissecting plant meiosis using *Arabidopsis thaliana* mutants. *J. Exp. Bot.* 54: 25–38.
- Cochrane, M. P.–Duffus, C. M.*: 1983. Endosperm cell number in cultivars of barley differing in grain weight. *Ann. Appl. Biol.* 102: 177–181.
- Cseuz, L.*: 2009. Possibilities and limits of breeding wheat for drought tolerance. (*Triticum aestivum* L.) PhD Thesis. Szent István University. Gödöllő.
- 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 Biol. Szeged.* 46. 3–4: 25–26.

- Curtis, B. C.: 2002. Wheat in the world. [In: Curtis, B. C. et al. (eds.) Bread wheat. Improvement and production.] FAO Plant Production and Protection Series. No. 30. Rome.
- Dai, Z. M.–Yin, Y. P.–Zhan, M.–Li, W. Y.–Yan, S. H.–Cai, R. G.–Wang, Z. L.: 2008. Distribution of starch granule size in grains of wheat grown under irrigated and rainfed conditions. *Acta Agron. Sin.* 34: 795–802.
- Egli, D.: 1998. Seed biology and the yield of grain crops. CAB International. New York.
- Evers, A. D.: 1970. Development of the endosperm of wheat. *Ann. Bot.* 34: 547–555.
- Galiba, G.–Simon-Sarkadi, L.–Salgo, A.–Kocsy G.: 1989. Genotype dependent adaptation of wheat varieties to water stress in vitro. *J. Plant Physiol* 134. 6:730–735.
- Gan, Z.–Ellis, P. R.–Schofield, J. D.: 1995. Mini review. Gas cell stabilization and gas retention in wheat bread dough. *J. Cereal Sci.* 21: 215–230.
- Gao, X.–Francis, D.–Ormrod, J. C.–Bennett, M. D.: 1992. Changes in cell number and cell division activity during endosperm development in allohexaploid wheat, *Triticum aestivum* L. *J. Exp. Bot.* 43: 1603–1609.
- Gleadow, R. M.–Dalling, M. J.–Halloran, G. M.: 1982. Variation in endosperm characteristics and nitrogen contents in six wheat lines. *Aust. J. Bot.* 9: 539–551.
- Guóth, A.–Tari, I.–Gallé, Á.–Csizsár, J.–Pécsváradi, A.–Cseuz, L.–Erdei, L.: 2009. Comparison of the drought stress response of tolerant and sensitive wheat cultivars during grain filling: changes in flag leaf photosynthetic activity, ABA levels, and grain yield. *J. Plant Growth Regul.* 28: 167–176.
- Jamieson, P. D.–Martin, R. J.–Francis, G. S.: 1995. Drought influences on grain yield of barley, wheat, and maize. *NZ. J. Crop Hort. Sci.* 23: 55–66.
- Khanna-Chopra, R.–Selote, D. S.: 2007. Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than -susceptible wheat cultivar under field conditions. *Environ. Exper. Bot.* 60: 276–283.
- Lalonde, S.–Beebe, D. U.–Saini, H. S.: 1997. Early signs of disruption of wheat anther development associated with the induction of male sterility by meiotic-stage water deficit. *Sex. Plant. Reprod.* 10: 40–48.
- Lawlor, D. W.–Cornic, G.: 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell. Environ.* 25: 275–29.
- Ozturk, A.–Aydin, F.: 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 190: 93–99.
- Park, S. H.–Chung, O. K.–Seib, P. A.: 2005. Effects of varying weight ratios of large and small wheat starch granules on experimental straight-dough bread. *Cereal Chem.* 82: 166–172.
- Park, S. H.–Wilson, J. D.–Seabourn, B. W.: 2009. Starch granule size distribution of hard red winter and hard red spring wheat: Its effects on mixing and bread-making quality. *J. Cereal Sci.* 49: 98–105.

- Plaut, Z.–Butow, B. J.–Blumenthal, C. S.–Wrigley, C. W.*: 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crop Res.* 86: 185–198.
- Sheury, P. R.–Halford, N. G.–Belton, P. S.–Tatham, A. S.*: 2002. The structure and properties of gluten: an elastic protein from wheat grain. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 357: 133–142.
- Spurr, A. R.*: 1969. A low viscosity epoxy embedding medium for electron microscopy. *J. Ultrastruct. Res.* 26: 31–43.
- Tischner, T.–Kőszegi, B.–Veisz, O.*: 1997. Climatic programmes used in the Martonvásár phytotron most frequently in recent years. *Acta Agron. Hung.* 45: 85–104.
- Weibel, E. R.–Gomez, D. M.*: 1962. A principle for counting tissue structures on random sections. *J. Appl. Physiol.* 17: 343–348.
- Westgate, M. E.*: 1994. Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. *Crop Sci.* 34: 76–83.

A szerzők levelezési címe – Adress of the authors:

Fábián Attila – Dr. Jäger Katalin – Dr. Barnabás Beáta  
MTA Agrártudományi Kutatóközpont  
Mezőgazdasági Intézet  
Martonvásár  
Brunszvik u. 2.  
H-2462



## **A csicsóka (*Helianthus tuberosus* L.) trágyázása I. – A tápanyagellátás hatása a biomassza felhalmozás dinamikájára és a termés hozamra**

<sup>1</sup>IZSÁKI ZOLTÁN – <sup>2</sup>NÉMETHNÉ KÁDI GABRIELLA

<sup>1</sup>Szent István Egyetem Gazdasági Agrár- és Egészségtudományi Kar,  
Környezettudományi Intézet, Szarvas

<sup>2</sup>Syngenta Seeds Kft. Hungary, Mezőtúr

### **Összefoglalás**

Szántóföldi műtrágyázási kísérletben két csicsóka fajtánál (Tápiói korai és Tápiói sima) vizsgáltuk a N-, P- és K-trágyázás hatását a biomassza felhalmozás dinamikájára, valamint a leveles szár- és gumótermés hozamára.

A műtrágyázási kísérletet 2002-ben állítottuk be mélyben karbonátos csernozjom réti talajon két fajtaival, 13 műtrágyázási kezeléssel, osztott parcellás elrendezésben, négy ismétléssel. A kísérleti terület talajának fontosabb jellemzői: pH(KCl) 5,8, CaCO<sub>3</sub>-ot nem tartalmaz, fizikai talajfélesége agyagos vályog, humusztartalma 2,65%, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 121 mg/kg, AL-K<sub>2</sub>O 278 mg/kg. A tenyészidő alatt öt alkalommal vettünk mintát és mértük a növénymagasságot, a leveles szár zöld- és szárazanyagtömeget, valamint a gumótermést.

A műtrágyázási kísérlet főbb eredményei és következtetései az alábbiakban foglalhatók össze:

1. A rövid tenyészidejű Tápiói korai és a hosszú tenyészidejű Tápiói sima csicsóka fajták növekedés, biomassza-felhalmozás és gumóképződés dinamikája jelentősen eltérő. A főhajtás növekedés legintenzívebb periódusa a Tápiói korai fajtának a tenyészidő 85–115. napja, míg a Tápiói sima fajtának a 115–155. napja. A trágyázási kezelések átlagában mindkét fajta összes biomassza tömegének maximumát a vegetációs időszak 155. napján érte el, de jelentős a különbség a leveles szár- és gumótermés összes biomasszában belüli részesedésében. Ebben az időszakban a Tápiói korai

fajta gumótermése 56%-ban, míg a Tápiói sima fajta gumótermése 4%-ban részesedett az összes biomassza tömegből, ami a betakarításkor már 87 illetve 40%-ot tett ki.

2. A növényállomány magasságát az önmagában alkalmazott N-trágyázás a Tápiói korai fajta esetében növelte, míg a Tápiói sima fajta esetében a túlzott N-ellátás a főhajtás hosszát csökkentette. A legmagasabb K-ellátottság mérsékeltőbb főhajtás növekedést eredményezett mindkét fajtánál.
3. A maximális földfeletti biomassza kialakulásának időszakában a 100 kg/ha-os N- és P-trágyázás eredményezte a legnagyobb leveles szártermést (38,34 t/ha) a Tápiói korai fajtánál. A jelentősen nagyobb leveles szártömeget nevelő Tápiói sima fajtánál a 200 kg/ha-os N-adag P- és K-trágyázással kiegészítve adta a legnagyobb földfeletti biomassza tömeget (78–80 t/ha).
4. A P- és K-trágyázás nélküli N-túltrágyázás a Tápiói korai fajta gumótermését csökkentette. Mindkét csicsóka fajtánál a legkedvezőbb gumótermés hozamot a 200 kg/ha-os N-adaggal érték el P- és K-trágyázással kiegészítve.

**Kulcsszavak:** csicsóka, műtrágyázás, biomassza felhalmozás, termés hozam

## **Fertilisation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) I. – The impact of nutrient supply on the dynamics of biomass accumulation and biomass yield**

<sup>1</sup>Z. IZSÁKI – <sup>2</sup>G. NÉMETHNÉ KÁDI

<sup>1</sup>Szent István University, Faculty of Agricultural and Health Sciences,  
Institute of Environmental Sciences, Szarvas

<sup>2</sup>Syngenta Seeds Ltd. Hungary, Mezőtúr

### **Summary**

The effect of NPK fertilisation on the dynamics of biomass accumulation and the leafy stem and tuber yield was examined in the case of two Jerusalem artichoke cultivars (Tápió korai and Tápió sima) in a fertilisation field experiment.

The fertilisation experiment was established in 2002 on deeply calcareous chernozem meadow soil with two cultivars and 13 fertilisation treatments in a split-



plot design with four replications. The main soil characteristics of the experimental area are as follows: pH(KCl): 5.8, no CaCO<sub>3</sub> content, clayey adobe, humus content: 2.65%, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 121 mg kg<sup>-1</sup>, AL-K<sub>2</sub>O: 278 mg kg<sup>-1</sup>. During the growing season, we took samples on five occasions and measured plant height, the green mass and dry matter weight of the leafy stem, as well as the tuber yield.

The main findings and conclusions of the fertilisation experiment are summarised below:

1. The growth characteristics, biomass accumulation and tuber formation dynamics of the short growing season Tápió korai and the long growing season Tápió sima cultivars significantly differ from each other. The most intensive period of the shoot growth of Tápió korai is between the 85<sup>th</sup>-115<sup>th</sup> day of the growing season, while it is between days 115-155 in the case of the Tápió sima cultivar. Averaged over the fertilisation treatments, both cultivars reached the maximum of their total biomass yield on the 155<sup>th</sup> day of the vegetation period, but there is significant difference in the share of the leafy stem and tuber yield in the total biomass. In this period, the tuber yield of Tápió korai was 56% of the total biomass, while that of Tápió sima was 4%. At the time of harvesting, these values were 87% and 40%, respectively.
2. The separately applied N fertilisation increased the height of the Tápió korai crop stand, while excessive N supply reduced the length of the main shoot in the case of the Tápió sima cultivar. The highest K supply resulted in a more moderate main shoot growth in the case of both cultivars.
3. In the period of forming the maximum above-ground biomass, the highest leafy stem yield (38.34 t ha<sup>-1</sup>) was obtained as a result of the 100 kg ha<sup>-1</sup> N and P fertilisation in the case of the Tápió korai cultivar. As regards the Tápió sima cultivar which forms significantly more leafy stem yield, the highest above-ground biomass (78-80 t ha<sup>-1</sup>) was achieved by applying 200 kg ha<sup>-1</sup> N, P and K fertilisation.
4. Excessive N fertilisation without P and K fertilisation decreased the tuber yield of the Tápió korai cultivar. As regards both Jerusalem artichoke cultivars, the most favourable tuber yield was achieved with the 200 kg ha<sup>-1</sup> N dose, supplemented with P and K fertilisation.

**Key words:** Jerusalem artichoke, mineral fertilisation, biomass accumulation, yield

## Удобрение топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.) I. – Влияние обеспечения питательными веществами на динамику накопления биомассы и на урожайность

<sup>1</sup>З. ИЖАКИ – <sup>2</sup>Г. НЕМЕТНЕ КАДИ

<sup>1</sup>Университет им.Святого Иштвана, Факультет Экономических, Аграрных наук и  
науки о здоровье, Институт Окружающей среды, Сарваш

<sup>2</sup>«Syngenta Seeds» ООО, Hungary, Мезётур

### Резюме

В пашенных опытах искусственных удобрений у двух сортов топинамбура (Тапиои ранний и Тапиои (Тáриóи) гладкий) исследовали влияние удобрений N, P и K на динамику накопления биомассы, а также на урожай клубней и стеблей с листьями.

Опыт искусственных удобрений установили в 2002 году на карбонатной в глубине чернозёмной луговой почве с двумя сортами, с 13 дозами искусственных удобрений, расположенных в отдельных парцеллах, с четырьмя повторениями. Важнейшие характеристики почвы территории опыта: pH(KCl) 5,8, не содержит CaCO<sub>3</sub>, физическая разновидность почвы глинистый суглинок, содержание гумуса 2,65%, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 121 mg/kg, AL-K<sub>2</sub>O 278 mg/kg. За вегетационный период пять раз брали образцы и измеряли высоту растения, зелёную массу стебля с листьями и массу их сухого вещества, а также урожай клубней.

Главнейшие результаты и выводы опыта искусственных удобрений можно обобщить следующим образом:

1. Динамика роста, накопления биомассы и формирования клубней сортов топинамбура короткого вегетационного периода Тапиои раннего и длинного вегетационного периода Тапиои гладкого значительно отличаются. Самый интенсивный период роста главного стебля у раннего сорта Тапиои приходится на 85–115 дни вегетационного периода, а у сорта Тапиои гладкий на 115–155 дни. В средних дозах удобрений оба сорта достигли максимума массы общей биомассы на 155-ый день вегетационного периода, но значительно различие в распределении внутри общей биомассы стебля с листьями и урожая клубней. В этот период урожай клубней раннего сорта Тапиои составил 56%, а урожай клубней гладкого сорта Тапиои составил 4% общей массы биомассы, а во время уборки составил 87% и соответственно 40% этого.

2. Высоту растительного насаждения применённое отдельно N удобрение в случае сорта раннего Тапиои увеличило, а в случае гладкого сорта Тапиои преувеличенное обеспечение N уменьшило длину главного стебля. Самое высокое обеспечение K-ем дало в результате более умеренный рост главного стебля у обоих сортов.
3. В период максимального формирования биомассы над поверхностью земли удобрение N и P по 100 kg/ha дало самый большой урожай стеблей с листьями (38,34 t/ha) у раннего сорта Тапиои. У сорта Тапиои гладкого, дающего значительно большую массу стеблей с листьями, доза 200 kg/ha N, дополненная удобрениями P и K, дала самую большую массу биомассы над поверхностью земли (78–80 t/ha).
4. Без удобрения P и K избыточное удобрение N у раннего сорта Тапиои сократило урожай клубней. У обоих сортов топинамбура самый лучший урожай клубней получили при дозе N 200 kg/ha, которую дополнили P и K удобрениями.

**Ключевые слова:** топинамбур, внесение искусственных удобрений, накопление биомассы, урожайность

## Bevezetés

A csicsóka (*Helianthus tuberosus* L.) – angol nyelvterületen mint Jerusalem arthicoke – világviszonylatban és hazai vonatkozásban is a kisebb jelentőségű növények sorába tartozik. Termőterülete 2006 és 2010 közötti évek átlagában a világon 130 ezer, Európában 78 ezer hektárt tett ki. Európában a legjelentősebb termelők Olaszország (50 ezer ha), Spanyolország (16 ezer ha) és Franciaország (9 ezer ha). Gumótermése az utóbbi öt év átlagában a világon kerekén 11 t/ha, még Európában 10 t/ha volt (FAOSTAT). A csicsóka termőterülete hazánkban csak néhány száz hektárra tehető, pedig sokoldalú hasznosíthatóságának és kiváló gazdasági értékének köszönhetően méltányosabb hely illetné meg gazdasági növényeink rangsorában.

A csicsóka nagy terméspotenciállal rendelkező kultúránk, gumótermése extenzív viszonyok között 10–20 t/ha, közepes termőhelyi adottságoknál 25–40 t/ha, még intenzív termesztésben 45–80 t/ha. Nyári leveles szártömege a hasznosítástól és a termőhelyi viszonyoktól függően 15–50 t/ha, még őszi leveles szártömege 20–50 t/ha. Fiatal leveles szártermése alkalmas zöldtakarmá-

nyozásra, szilázs készítésre. Jó sarjadzó képességének köszönhetően kedvező vízellátottságnál 3–4-szeri kaszálást adhat. Őszi leveles szártermése gyengébb takarmányértéket képvisel, de felhasználható alomanyagként, papíripari alapanyagként, biogáz előállításra és tüzelőanyagként. A csicsóka gumó szénhidrát-tartalma 15–20%, melynek legnagyobb hányada inulin (polifruktozán), kisebb része redukáló cukrok. A szénhidrátok mellett 1,2–2,0% fehérjét, 0,2% zsíradékot és 2,0–2,5% rostot tartalmaz. A gumó felhasználható étkezésre, takarmányozásra, bioetanol gyártásra, és ipari feldolgozásával édesítő, inulindús, diabetikus termékek állíthatók elő belőle (Molnár 1987, Angeli et al. 2000, László és Réczey 2000, Horváth 2004, Izsáki 2005).

A csicsóka földfeletti és földalatti növényi részeinek fejlődését, a biomassza felhalmozásának dinamikáját, a gumó és leveles szártermés hozamát és annak kémiai összetételét az ökológiai adottságok, a fajta tulajdonságok és a termesztéstechnológia alapvetően befolyásolják. Mindezen tényezők között elsősorban meghatározóak a vízellátottság, a fajta termőképessége és tenyészidejének hossza, valamint a tápanyagellátottság.

*Pimsaen et al.* (2010) Thaiföldön 9 termőhelyen, 15 eltérő genotípusú csicsóka klónnál vizsgálták a termőhely × genotípus kölcsönhatást a csicsóka gumótermésére. A leggyengébb termőhelyi feltételek mellett a genotípusok gumótermése 3,0–17,2 t/ha, míg a legjobb termőhelyen 26,1–38,9 t/ha között változott. Ugyanezen genotípusoknál a termőhelyi különbségek (vízellátottság, talajtípus) 15–28 t/ha-os gumótermés különbséget okoztak négy év átlagában.

A csicsóka gumó növekedése július, augusztus hónapokban veszi kezdetét és a lombzat leszáradásáig tart. A rövidebb tenyészidejű fajták gumóképződésének fő időszaka augusztus, míg a hosszabb tenyészidejű fajtáké szeptember és október. A csicsóka viszonylag jó szárazságtűrő-képességű, azonban a gumótermés nagyságát döntően a gumóképződés időszakának vízellátottsága határozza meg. A hosszabb tenyészidejű fajták vízigénye és termés hozama nagyobb. Azonban a nagyobb terméspotenciál csak akkor érvényesül a korábbi érésű fajtákkal szemben, ha a gumónövekedés időszaka jó vízellátottságú és a betakarítás a lehető legkésőbbi időpontban történik (*Dorell és Chubey 1977, Denoroy 1996, Mclaurin et al. 1999, Angeli et al. 2000, Izsáki 2005*).

A csicsóka nagy tömegű biomasszát képes felhalmozni, nagy tápanyagigényű, de jó tápanyaghasznosító képességű. Fajlagos tápanyagigénye 10 tonna

gumó- és a hozzá tartozó leveles szárterméshez (45–50 t/ha-os gumótermés szinten) N-ből 46 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ből 23 kg és K<sub>2</sub>O-ból 100 kg (Németh és Izsáki 2006). A csicsóka jó tápanyaghasznosító képességére utalnak Raso (1990) kísérleti eredményei is. Miszerint jó termékenységű homok talajon 50 kg/ha N-adagnál kapták a legnagyobb (34 t/ha) gumótermést, és a N-trágyázás növekvő dózisa (100, 150, 200 kg/ha) már kismértékű termésnövekedést váltott ki. A K-trágyázás (100, 200 kg/ha) a terméshozamot nem befolyásolta, és nem tapasztaltak N×K kölcsönhatást.

A makro elemek közül a gumótermés nagyságát és annak minőségét, valamint a földfeletti biomaszát elsősorban a N-ellátottság határozza meg. A túlzott N-ellátottság jelentősen növeli a leveles szár tömegét és csökkenti a gumótermést, valamint a harvest indexet. A P- és a K-hiánya a gumóképződést befolyásolja kedvezőtlenül (Soja et al. 1990, Soja és Haunold 1991, Sawicka 2002, Rodriques et al. 2007, Gao et al. 2011).

A csicsóka tápanyag-ellátásának tanulmányozása a hazai növénytermesztési és agrokémiai kutatásoknak egyik mellőzött területe. A dolgozat célja, hogy két csicsóka fajtával végzett trágyázási kísérlet eredményei alapján ismertesse a tápanyagellátottság hatását a csicsóka növekedés dinamikájára és terméshozamára.

### Anyag és módszer

A csicsóka műtrágyázási kísérletet a Növénytermesztéstani Tanszék Kísérleti Telepén Szarvason állítottuk be 2002-ben. A kísérleti terület mélyben karbonátos csernozjom réti talajának néhány fontosabb jellemzője: a humuszos réteg vastagsága 85–100 cm, a művelt réteg pH(KCl)-ja 5,8, humusztartalma 2,65%, CaCO<sub>3</sub>-ot nem tartalmaz, kötöttsége (K<sub>A</sub>) 46, fizikai talajfélesége agyagos vályog. A talajvíz átlagos mélysége 300–350 cm.

A kísérlet beállítása előtt 2001 őszen végzett vizsgálatok szerint a talaj táp-elemtartalma a következő volt a művelt rétegben: AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 121, AL-K<sub>2</sub>O: 278, AL-Na: 119, KCl-Mg: 955, EDTA-Mn: 250, EDTA-Cu: 6,8 és EDTA-Zn: 2,6 mg/kg. A MÉM NAK (1978, 1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján a talaj P-ellátottsága közepes, K-, Cu- és Zn-ellátottsága jó, míg Na-, Mg- és Mn-ellátottsága magas.

A kísérletet két tényezővel, osztott parcellás elrendezésben, négy ismétlésben állítottuk be. „A”-tényezőként két csicsóka fajta szerepelt: Tápiói korai (rö-

vid tenyészidejű), Tápiói sima (hosszú tenyészidejű). „B”-tényezőként a műtrágyázást alkalmaztuk 13 kezeléssel, az 1. táblázat szerint közölt műtrágya-adagokkal. A nagy adagú P- és K-trágyázás célja az volt, hogy három hasznosítási évre adjuk ki a foszfort és a káliumot, valamint jól elkülönülő ellátottsági szinteket alakítsunk ki a talajban. A nitrogént ammónium-nitrát (34% N) formában tavasszal, a foszfort szuperfoszfát (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) és a káliumot kálisó (40% K<sub>2</sub>O) formájában őszelet adtuk ki. Az elővetemény tavaszi árpa volt.

1. táblázat. A kísérletben alkalmazott trágyázási kezelések

Kezelés jele (1)	Alkalmazott műtrágya hatóanyag (kg/ha)		
	(2)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Kontroll (3)	-	-	-
N <sub>1</sub>	100	-	-
N <sub>2</sub>	200	-	-
N <sub>3</sub>	300	-	-
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	100	100	-
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	100	100	300
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	100	500	-
N <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	100	-	600
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	100	500	600
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	200	1000	-
N <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	200	-	1200
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	200	1000	1200
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	300	1000	1200

Table 1. Fertilisation treatments used in the experiment. (1) Treatment code, (2) Applied active ingredient amounts (kg ha<sup>-1</sup>), (3) Control.

A csicsókát 75 cm-es sortávolságra és 60 cm-es tőtávolságra ültettük, parcellánként 72 db, még hektáronként 22 222 db tőszámmal, 2002 március 20-án. Az alparcellák területe 32,4 m<sup>2</sup> (4,5×7,2 m) volt.

A biomassa felhalmozás dinamikájának vizsgálatához a leveles szár tömegét a Tápiói korai fajta esetében négy, még a Tápiói sima esetében öt alkalommal mintáztuk és mértük. A gumó tömegét a Tápiói korai fajtánál két, a Tápiói sima fajtánál három időpontban mértük, figyelemmel a gumóképződésre. A mintavételi időpontok az ültetést követő 85. (06. 12.), 115. (07. 12.), 155. (08.

21.), 195. (09. 30.) és 225. (10. 30.) napon voltak. Egy-egy mintavétel alkalmával 6–6 tövet takarítottunk be (2,7 m<sup>2</sup>), a parcellákat fokozatosan fogyasztva. Az utolsó betakarítási időpontban a parcellák teljes területén (24,3 és 21,6 m<sup>2</sup>) mértük a leveles szártermést és a gumótermést. A mintavétel alkalmával végzett vizsgálatok: növénymagasság, fő- és mellékhajtás szám, a leveles szár zöld- és szárazanyagtömege, a gumótermés friss tömege.

A kísérleti hely időjárás adatait a 2. táblázat tartalmazza. A kísérleti adatok matematika-statisztikai értékelését variancia-analízissel végeztük, fajtánként egy tényezőes kísérletre bontva.

2. táblázat. A kísérleti hely időjárás adatai  
(Szarvas, 1901–1975, 2001–2002)

Hónap (1)	Havi és évi csapadékösszeg (mm)			Havi és évi középhőmérséklet (°C)		
	(2)			(3)		
	1901–1975	2001	2002	1901–1975	2001	2002
I.	30	48	6	-2,0	1,5	-0,6
II.	32	5	28	0,0	2,9	4,9
III.	31	65	6	5,3	8,2	7,7
IV.	44	57	19	11,0	10,8	11,4
V.	59	16	56	16,5	18,1	19,4
VI.	68	132	49	19,8	18,5	21,7
VII.	51	79	118	21,9	22,4	23,8
VIII.	52	54	61	21,1	22,7	21,5
IX.	39	78	50	16,8	15,0	15,8
X.	43	9	26	11,1	13,5	10,7
XI.	49	39	25	5,2	2,6	7,6
XII.	40	30	45	0,5	-5,2	-1,2
Évi (4)	538	612	489	10,6	11,8	11,4
Téli félév (X–III.) (5)	225	190	118	3,4	6,2	3,9
Nyári félév (IV–IX.) (6)	313	416	353	17,9	17,9	18,9

Table 2. Weather data of the experiment location (Szarvas 1901–1975, 2001–2002). (1) Month, (2) Monthly and yearly precipitation sum (mm), (3) Monthly and yearly mean temperature (°C), (4) Yearly, (5) Winter period (months X–III), (6) Summer period (months IV–IX).

## Eredmények

### Növénymagasság

A csicsóka növekedés dinamikája, földfeletti biomassza felhalmozódásának üteme részben jellemezhető a növénymagassággal, melynek adatait a 3. és 4. táblázat tartalmazza.

3. táblázat. A Tápiói korai csicsóka fajta növénymagassága (cm)  
(Szarvas, 2002. 06.12.-09. 30.)

Kezelés jele (1)	Növénymagasság (cm) (2)			
	Tenyészedő napja (3)			
	85.	115.	155.	195.
Kontroll (4)	122	178	187	186
N <sub>1</sub>	114	174	197	200
N <sub>2</sub>	116	181	198	196
N <sub>3</sub>	120	177	198	197
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	110	181	195	195
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	105	169	186	187
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	105	170	189	190
N <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	103	168	190	191
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	95	171	192	190
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	110	168	190	186
N <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	99	156	180	179
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	98	159	186	179
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	96	144	184	180
SzD <sub>5%</sub> (5)	12	14	9	12
Átlag (6)	108	169	190	189
%	57	89	100	100

Table 3. Height of the Tápió korai Jerusalem artichoke cultivar (cm) (Szarvas 12/06/2002-30/09/2002). (1) Treatment code, (2) Crop height (cm), (3) Day of the growing season, (4) Control, (5) LSD<sub>5%</sub>, (6) Mean.



4. táblázat. A Tápiói sima csicsóka fajta növénymagassága (cm)  
(Szarvas, 2002. 06. 12.–10. 30.)

Kezelés jele (1)	Növénymagasság (cm)				
	(2)				
	Tenyészdő napja (3)				
	85.	115.	155.	195.	225.
Kontroll (4)	124	171	309	344	349
N <sub>1</sub>	126	178	304	348	348
N <sub>2</sub>	123	176	286	323	326
N <sub>3</sub>	122	167	271	301	313
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	125	172	293	336	332
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	120	184	295	323	333
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	118	174	288	349	350
N <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	117	168	280	347	347
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	119	176	294	322	345
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	127	157	282	306	340
N <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	108	158	281	306	340
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	110	157	294	325	334
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	103	156	276	316	311
SzD <sub>5%</sub> (5)	11	11	26	30	28
Átlag (6)	118	168	288	326	336
%	35	50	86	97	100

Table 4. Height of the Tápió sima Jerusalem artichoke cultivar (cm) (Szarvas 12/06/2002–30/10/2002). (1) Treatment code, (2) Crop height (cm), (3) Day of the growing season, (4) Control, (5) LSD<sub>5%</sub>, (6) Mean.

A Tápiói korai csicsóka fajta növénymagassága az ültetést követő 85. napon 108 cm volt és a teljes növénymagasság 57%-át érte el a trágyázási kezelések átlagában. A tenyészidő e szakaszában azon parcellák növénymagassága volt szignifikánsan alacsonyabb, mint a trágyázás nélküli kontrollé, amelyek a N mellett P- és K-trágyázásban részesültek. Az önmagában alkalmazott N-trágyázás ekkor a növénymagasságot megbízhatóan nem befolyásolta a kontrollhoz képest. A csicsóka főhajtás növekedésének legintenzívebb periódusa a tenyészidő 85–115. napja közé esett. A tenyészidő 115. napján az átlagmagasság 169 cm-t ért

el, a maximális állománymagasság 89%-át. A kontrollhoz viszonyítva csak a fel-töltő adagú K-trágyázási szinten (K<sub>3</sub>) tapasztaltunk jelentősen kisebb növény-állományt. Az ültetést követő 155. napon a csicsóka elérte maximális növény-magasságát, a kezelések átlagában 190 cm-t. E fejlettségben a P és K nélküli N-trágyázás szignifikánsan magasabb állományt eredményezett. Továbbra is ér-vényesült a magas K-ellátottság (K<sub>3</sub>) növekedést mérséklő hatása. A tenyészidő későbbi szakaszában a növénymagasság érdemi változást már nem mutatott (3. táblázat).

A Tápiói sima csicsóka hosszú tenyészidejű, magasabb állományt nevelő fajta, főhajtásainak hosszanti növekedése szinte a fagyok beköszöntéséig tart. Növénymagassága az ültetést követő 85. napon a trágyázási kezelések átlagá-ban 118 cm-t ért el, a teljes növénymagasság 35%-át. Hasonlóan a Tápiói korai fajtához a legmagasabb K-ellátottsági szint (K<sub>3</sub>) mérsékeltebb főhajtás növeke-dést eredményezett. A tenyészidő 115. napján az állománymagasság átlagérté-ke 168 cm volt, 50%-a a maximális főhajtáshossznak. A túlzott P(P<sub>3</sub>)- és K(K<sub>3</sub>)-ellátottsági szinteken még 200, 300 kg/ha N-trágyázás mellett is a csicsóka ma-gassága megbízhatóan kisebb volt, mint a kontroll kezelésben. Ez a trágyázás hatás kimutatható volt a tenyészidő 195. napjáig. A főhajtás növekedésének legdinamikusabb szakasza a tenyészidő 115. és 155. napja közé esett, amikor a növénymagasság 120 cm-rel gyarapodott és a kezelések átlagában elérte a 288 cm-t. A tenyészidő további szakaszában (155–225. napig) a főhajtás növe-kedése már kismértékű volt, kezelésátlagban 48 cm, ami a teljes növényma-gasság 14%-át tette ki. A túlzott N-ellátás (300 kg/ha) az állománymagasságot szignifikánsan csökkentette (4. táblázat).

#### *Leveles szártermés*

A tápiói korai csicsóka fajta leveles szára zöld- és szárazanyag-tömegének te-nyészidő alatti felhalmozódása az 5. és 6. táblázat adatai alapján értékelhető.

A trágyázási kezelések átlagában a csicsóka összes leveles szár zöldtömegé-nek 60%-a halmozódott fel a tenyészidő 85. napjáig, még a 115. napra a teljes földfeletti biomassa tömeg 84%-a alakult ki. A leveles szár zöldtömegének maximumát a tenyészidő 155. napján érte el. A vegetációs periódus 85. és 155. napja között – 70 nap alatt – a teljes földfeletti zöldtömeg 40%-a képződött. Augusztus 3. dekájától e rövid tenyészidejű fajta leveles szára fokozatosan le-száradt, a levelek lehullottak, és a tenyészidő 195. napjára a földfeletti bio-massa tömegnek csak 22%-a volt betakarítható (5. táblázat).

5. táblázat. A Tápiói korai csicsóka fajta leveles szár zöldtömege (t/ha)  
(Szarvas, 2002. 06. 12.–09. 30.)

Kezelés jele (1)	Leveles szár zöldtömeg (t/ha)			
	(2)			
	Tenyészdő napja (3)			
	85.	115.	155.	195.
Kontroll (4)	15,95	20,36	24,07	6,96
N <sub>1</sub>	16,59	29,72	29,38	6,45
N <sub>2</sub>	19,57	31,57	28,64	6,61
N <sub>3</sub>	20,58	28,43	37,56	6,91
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	20,27	32,05	38,34	7,82
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	21,67	29,64	36,57	6,34
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	17,70	22,06	24,27	6,32
N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	19,59	25,30	30,64	9,08
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	20,35	29,58	33,16	8,37
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	22,26	26,17	37,12	8,25
N <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	22,05	27,62	37,13	8,45
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	22,03	30,34	38,15	7,65
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	21,53	29,34	38,33	8,26
SzD <sub>5%</sub> (5)	1,85	3,63	4,05	1,12
Átlag (6)	20,01	27,86	33,34	7,49
%	60,00	84,00	100,00	22,00

Table 5. Leafy stem green mass (t ha<sup>-1</sup>) of the Tápiói korai Jerusalem artichoke cultivar (Szarvas, 12/06/2002–30/09/2002). (1) Treatment code, (2) Leafy stem green mass (t ha<sup>-1</sup>), (3) Day of the growing season, (4) Control, (5) LSD<sub>5%</sub>, (6) Mean.

A leveles szár szárazanyag-tömegének felhalmozódása eltérő dinamikát mutat a trágyázási kezelések átlagában, mint a zöldtömegé. Ezen eltérés abból ered, hogy a leveles szár szárazanyag-tartalma a tenyészdő előre haladtával fokozatosan növekszik. A tenyészdő 85. napján a leveles szár szárazanyag-tartalma 8% volt, ami a 115., 155. és 195. napra 18, 33 és 38%-ra emelkedett. A vegetációs időszak 85. napjáig az összes földfeletti szárazanyag-tömegnek 15%-a alakult ki, még a 115. napra 46%. A legdinamikusabb szárazanyag-beépülés a tenyészdő 115. és 155. napja közé esett, amikor 40 nap alatt a földfeletti szárazanyag-tömeg 54%-a képződött, s elérte maximális tömegét. A

leveles szár maximális szárazanyagtömegének 26%-a volt betakarítható a tenyészdő 195. napján (6. táblázat).

6. táblázat. A Tápíói korai csicsóka fajta leveles szár szárazanyag tömege (t/ha) (Szarvas, 2002. 06. 12.-09. 30.)

Kezelés jele (1)	Leveles szár szárazanyagtömeg (t/ha)			
	(2)			
	Tenyészdő napja (3)			
	85.	115.	155.	195.
Kontroll (4)	1,27	3,66	7,97	2,54
N <sub>1</sub>	1,33	5,35	9,69	2,57
N <sub>2</sub>	1,56	5,68	9,44	2,56
N <sub>3</sub>	1,64	5,11	12,39	2,53
N.P <sub>1</sub>	1,62	5,77	12,35	2,94
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1,73	5,15	12,06	2,41
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	1,41	3,97	8,01	2,37
N <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	1,56	4,55	10,11	3,52
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1,62	5,32	10,94	3,26
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	1,78	4,71	12,25	3,13
N <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	1,81	4,97	12,25	3,42
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	1,76	5,46	12,59	2,72
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	1,72	5,28	12,64	3,02
SzD <sub>5%</sub> (5)	0,14	0,67	1,33	0,45
Átlag (6)	1,60	5,00	10,97	2,84
%	15,00	46,00	100,00	26,00

Table 6. Leafy stem dry matter weight (t ha<sup>-1</sup>) of the Tápíói korai Jerusalem artichoke cultivar (Szarvas, 12/06/2002-30/09/2002). (1) Treatment code, (2) Leafy stem dry matter weight (t ha<sup>-1</sup>), (3) Day of the growing season, (4) Control, (5) LSD<sub>5%</sub>, (6) Mean.

A Tápíói korai csicsóka fajta leveles szár zöld- és szárazanyag-tömegének maximumát a tenyészdő 155. napján érte el, amikor a trágyázási kezelések átlagában a zöldtömeg kereken 33 t/ha, a szárazanyagtömeg 11 t/ha volt. A trágyázás hatását vizsgálva a maximális földfeletti biomassa kialakulásának időszakában, megállapítható, hogy trágyázás nélkül a zöldtömeg 24,07 t/ha-t ért el, amit az önmagában alkalmazott N-trágyázás szignifikánsan növelt. A

300 kg/ha adagú N-trágyázás ( $N_3$ ) 37,56 t/ha-os zöldtömeg szintjét egyetlen trágyázási kezelés hozama sem múlta felül megbízhatóan. A N-trágyázás 100 kg/ha-os adagját 100 kg/ha P-trágyázással kiegészítve ( $N_1P_1$ ) közel azonos (38,34 t/ha) zöldtermés mutatkozott, mint a N-trágyázás legmagasabb szintjén ( $N_3$ ). A jó K-ellátottságu talajon a 100 kg/ha-os K-trágyázás ( $N_1P_1K_1$ ) a leveles szár zöldtömeget érdemben nem befolyásolta az  $N_1P_1$  kezeléshez képest. A nagy adagú P és K-trágyázás ( $P_2$ , és  $K_2$ ) 100 kg/ha-os N-trágyázási szinten a zöldtömeget szignifikánsan csökkentette az  $N_1P_1$  kezeléssel szemben. A feltöltő szintű P- és K-trágyázás zöldtermést csökkentő hatása 200 és 300 kg/ha-os N-ellátottsági szinten már nem jelentkezett. A tenyészidő korábbi fázisaiban a trágyázási hatások hasonló tendenciát mutattak, mint a maximális zöldtömeg kialakulásának időszakában. A leveles szár maximális szárazanyag-tömegének kialakulása időszakában trágyázás nélkül a földfeletti növényi részek szárazanyag-tömege 7,97 t/ha volt. A trágyázási szintek hatása a leveles szár szárazanyag-tömegére lényegében megegyező a zöldtömegnél leírtakkal (5. és 6. táblázat).

A Tápiói sima csicsóka fajta leveles szára zöld- és szárazanyag-tömegének tenyészidő alatti felhalmozódása a 7. és 8. táblázat adatai alapján értékelhető.

A tápiói sima csicsóka fajta hosszabb tenyészidejű, nagyobb földfeletti biomassza tömeget fejlesztő és kissé eltérő növekedés dinamikájú, mint a Tápiói korai fajta.

A trágyázási kezelések átlagában a tenyészidő 85. napjáig a leveles szár zöldtömegének csak 30%-a halmozódott fel és a 115. napon is a föld feletti biomasszájának csak 40%-a alakult ki. A leveles szár zöldtömegének maximumát a tenyészidő 155. napján érte el. A legdinamikusabb növekedési periódus a vegetációs időszak 115. és 155. napjai közé esett, amikor e 40 nap alatt a teljes földfeletti zöldtömegnek 41%-a képződött. Szeptember elejétől megkezdődött a levélzet lassú leszáradása és október végére (225. nap) a leveles szár zöldtömegének 50%-a volt betakarítható (7. táblázat).

A trágyázási kezelések átlagában a leveles szár szárazanyag-tömegének maximuma a tenyészidő 155. napjára esett. A vegetációs időszak 85. és 115. napján a szárazanyag-felhalmozás csak 7, illetve 21%-os szinten volt, amikor a zöldtömeg szárazanyag-tartalma még csak 8 és 18%-ot ért el. Legdinamikusabb szárazanyag-felhalmozást a 115. és a 155. nap között tapasztaltunk, amikor 40 nap alatt mintegy 18 tonna szárazanyag képződött hektáronként, az összes szárazanyag-tömegnek kerekén 80%-a. Ekkor a leveles szár szárazanyag-tartalma

általában 34% volt, ami október végéig (225. nap) már jelentősen nem változott. A maximális szárazanyagtömegnek általában 46%-a volt betakarítható a tenyészidő végén (8. táblázat).

7. táblázat. A Tápiói sima csicsóka fajta leveles szár zöldtömege (t/ha)  
(Szarvas, 2002. 06. 12.–10. 30.)

Kezelés jele (1)	Leveles szár zöldtömeg (t/ha)				
	(2)				
	Tenyészidő napja (3)				
	85.	115.	155.	195.	225.
Kontroll (4)	16,34	26,29	57,78	51,30	29,37
N <sub>1</sub>	17,12	27,04	56,42	49,43	32,87
N <sub>2</sub>	17,97	25,60	59,45	35,97	24,81
N <sub>3</sub>	19,53	27,35	71,30	37,60	22,59
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	20,02	26,11	61,24	37,59	24,44
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	20,96	30,09	68,34	58,12	36,17
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	19,37	24,50	61,12	55,08	38,64
N <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	19,61	25,88	63,20	41,18	32,87
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	21,53	30,61	73,36	58,77	41,48
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	21,89	27,28	78,38	41,72	38,76
N <sub>2</sub> K <sub>3</sub>	22,45	24,53	80,26	45,71	42,22
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	21,78	28,24	74,48	42,04	33,57
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	21,93	29,05	80,25	42,37	46,17
SzD <sub>5%</sub> (5)	1,59	3,92	7,66	4,68	4,41
Átlag (6)	20,03	27,12	68,12	45,91	34,15
%	29,00	40,00	100,00	67,00	50,00

Table 7. Leafy stem green mass (t ha<sup>-1</sup>) of the Tápiói sima Jerusalem artichoke cultivar (Szarvas, 12/06/2002–30/10/2002). (1) Treatment code, (2) Leafy stem green mass (t ha<sup>-1</sup>), (3) Day of the growing season, (4) Control, (5) LSD<sub>5%</sub>, (6) Mean.

A tápiói sima csicsóka fajta leveles szárának maximális zöld- és szárazanyag-tömege a kezelések átlagában kerekén 68 illetve 23 tonnát ért el hektáronként. A legnagyobb földfeletti biomassza tömeg kialakulásának időszakában (155. nap) vizsgálva a trágyázás hatását megállapítható, hogy trágyázás nélkül a leve-

les szár zöldtömege 57,78 t/ha volt. Az önmagában alkalmazott N-trágyázásnak csak a legnagyobb adagja (300 kg/ha) növelte megbízhatóan a földfeletti zöldtömeget (71,30 t/ha) a kontrollhoz képest. A 100 kg/ha N-trágyázást P- és K-trágyázással kiegészítve ( $N_1P_1K_1$ ) közel azonos zöldtömeget kaptunk, mint a legnagyobb N-adagnál. Az  $N_1P_1K_1$  kezelés leveles szárterméséhez (68,34 t/ha) képest a 200 és 300 kg/ha-os N-trágyázás – P- és K-trágyázással kiegészítve – további szignifikáns földfeletti zöldtömeg gyarapodással járt együtt.

8. táblázat. A Tápiói sima csicsóka fajta leveles szár szárazanyag tömege (t/ha)  
(Szarvas, 2002. 06. 12.–10. 30.)

Kezelés jele (1)	Leveles szár szárazanyagtömeg (t/ha)				
	(2)				
	Tenyészdő napja (3)				
	85.	115.	155.	195.	225.
Kontroll (4)	1,31	4,90	19,07	17,00	9,69
$N_1$	1,37	4,87	18,62	18,27	10,84
$N_2$	1,44	4,61	19,62	14,02	8,18
$N_3$	1,56	4,02	23,52	14,66	7,45
$N_1P_1$	1,61	4,70	20,21	14,65	8,06
$N_1P_1K_1$	1,68	5,52	26,95	21,48	12,74
$N_1P_2$	1,55	4,41	20,17	16,76	8,63
$N_1K_2$	1,57	4,67	20,86	16,05	10,84
$N_1P_2K_2$	1,73	5,51	23,47	18,11	13,69
$N_1P_3$	1,75	4,91	25,86	16,27	12,79
$N_1K_3$	1,80	4,41	29,12	17,83	13,93
$N_1P_3K_3$	1,74	5,08	24,58	15,76	11,23
$N_3P_3K_3$	1,75	5,23	26,02	16,52	10,23
SzD <sub>5%</sub> (5)	0,12	0,69	3,51	3,84	2,41
Átlag (6)	1,60	4,83	22,92	16,72	10,63
%	7.00	21.00	100.00	73.00	46.00

Table 8. Leafy stem dry matter weight (t ha<sup>-1</sup>) of the Tápió sima Jerusalem artichoke cultivar (Szarvas, 12/06/2002–30/10/2002). (1) Treatment code, (2) Leafy stem dry matter weight (t ha<sup>-1</sup>), (3) Day of the growing season, (4) Control, (5) LSD<sub>5%</sub>, (6) Mean.

A tenyészedő korábbi fázisában (115. nap) csak az  $N_1P_1K_1$  trágyázási szint eredményezett szignifikánsan nagyobb zöldtömeget a kontrollhoz képest. A tenyészedő későbbi periódusában (195. nap) a legnagyobb leveles szártömeget az  $N_1P_1K_1$  és  $N_1P_2K_2$  trágyázási kezelésnél kaptuk. A tápanyagellátás hatása a leveles szár szárazanyag-tömegére közel hasonló a zöldtömegnél leírtakkal, itt is az  $N_1P_1K_1$  trágyázási szint tekinthető a legmegfelelőbbnek.

#### *Gumótermés, összes biomassa tömeg*

A két csicsóka fajta gumótermésének és összes biomassa tömegének adatait a 9. és 10. táblázat tartalmazza.

A Tápiói korai csicsóka fajta összes biomassa (leveles szár+gumó) tömegének maximumát (75,80 t/ha friss tömeg, 18,49 t/ha szárazanyag-tömeg) a tenyészedő 155. napján érte el. Ekkor a kezelések átlagában a gumótermés (42,46 t/ha) az összes biomassa tömegnek 56%-át tette ki és a gumótermés/leveles szár arány 1:0,78 volt. A gumótermés maximuma (48,23 t/ha) a tenyészedő 195. napján jelentkezett. Erre az időszakra a leveles szár tömege 7,49 t/ha-ra csökkent le, míg a harvest index 87%-ra növekedett és a gumótermés/leveles szár arány 1:0,16 volt a kezelések átlagában.

Szeptember végén (195. nap) a Tápiói korai csicsóka fajta betakarításakor a gumótermés trágyázás nélkül 40,43 t/ha volt. Az önmagában alkalmazott N-trágyázási kezelések közül 100 kg/ha-os N-adag szignifikáns terméstöbbletet (8,59 t/ha) eredményezett a kontrollhoz képest, míg magasabb N-ellátottsági szinten (200, 300 kg N/ha) a gumóhozam megbízhatóan csökkent a 100 kg/ha-os N-trágyázás termésszintjéhez (49,02 t/ha) viszonyítva. A 100 kg N/ha adagú trágyázás P- és K-kiegészítése további statisztikailag igazolható gumótermés növekedéssel nem járt együtt. A 200 kg/ha-os N-trágyázás a kisebb adagú N-ellátáshoz képest csak P- és K-kiegészítéssel együtt hozott szignifikáns gumótermés gyarapodást. A termésmaximumhoz (60,01 t/ha,  $N_2P_3$ ) viszonyítva a 300 kg/ha N-trágyázás ( $N_3P_3K_3$ ) szignifikáns gumótermés csökkenést okozott.

A trágyázási kezelések átlagában a Tápiói sima csicsóka fajta összes biomassa tömegének maximumát (70,62 t/ha friss tömeg, 23,34 t/ha szárazanyag-tömeg) ugyancsak augusztus második felében (155. nap) érte el. Azonban e hosszabb tenyészidejű fajtának gumóképződési dinamikája jelentősen eltér a Tápiói korai fajtától. A gumóképződés augusztus második felében kezdődött el és a tenyészedő 155. napján a gumótömeg részesedése az összes biomasszából csak 4%, ami szeptember végére (195. nap) 16%-ra növekedett.



Az október végi (225. nap) betakarításkor az átlagos gumóhozam 22,40 t/ha, a harvest index 40% és a gumótermés/leveles szár arány pedig 1:1,52 volt.

9. táblázat. A Tápiói korai és a Tápiói sima csicsóka fajták gumótermése (t/ha)  
(Szarvas, 2002. 08. 21.–10. 30.)

Kezelés jele (1)	Gumótermés (t/ha)				
	(2)				
	Tenyészdő napja				
	(3)				
	155.	195.	155.	195.	225.
	Tápiói korai (4)		Tápiói sima (5)		
Kontroll (6)	30,83	40,43	1,69	8,89	18,92
N <sub>1</sub>	33,52	49,02	2,29	8,96	19,82
N <sub>2</sub>	38,12	41,49	2,94	8,97	21,48
N <sub>3</sub>	33,57	37,74	2,98	9,52	19,17
N.P <sub>1</sub>	40,67	45,03	2,82	9,06	18,51
N.P.K <sub>1</sub>	44,94	49,98	2,69	11,45	18,42
N.P <sub>2</sub>	36,92	41,39	2,18	6,11	20,37
N.K <sub>2</sub>	42,35	48,03	1,94	5,43	18,15
N.P.K <sub>2</sub>	39,39	48,20	2,71	8,38	20,33
N.P <sub>3</sub>	58,09	60,01	2,72	10,32	30,74
N.K <sub>3</sub>	51,86	56,16	1,98	6,87	23,59
N.P.K <sub>3</sub>	49,15	56,04	2,12	8,66	29,38
N.P <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	52,60	53,50	3,45	9,05	32,32
SzD <sub>5%</sub> (7)	5,18	4,60	0,54	1,98	3,94
Átlag (8)	42,46	48,23	2,50	8,59	22,40
%	88,00	100,00	11,00	38,00	100,00

Table 9. Tuber yield (t ha<sup>-1</sup>) of the Tápiói korai and Tápiói sima Jerusalem artichoke cultivars (Szarvas, 21/08/2002–30/10/2002). (1) Treatment code, (2) Tuber yield (t ha<sup>-1</sup>), (3) Day of the growing season, (4) Tápiói korai, (5) Tápiói sima, (6) Control, (7) LSD<sub>5%</sub>, (8) Mean.

A Tápiói sima csicsóka fajta gumóképződésének időszakában (augusztus–október) a sokévi átlagnak megfelelően 137 mm csapadék hullott, de ez nem elégítette ki e fejlődési fázis vízigényét. Ez okozta, hogy e fajta gumótermése kezelésátlagban csak 46%-a volt a Tápiói korai fajtáénak. Az október végi (225. nap) betakarításkor trágyázás nélkül a gumótermés 18,92 t/ha volt. E termés-

szintet szignifikánsan a 200 kg/ha-os N-trágyázás csak P-ral és K-mal kiegészítve múlta felül. A közepes P-ellátottságú és jó K-ellátottságú talajon a P-trágyázás termésmenvelő hatása jelentősebb 200 kg N/ha szinten, mint a K-trágyázásé. A 300 kg/ha-os N-trágyázás P- és K-kiegészítéssel (N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K<sub>3</sub>) további statisztikailag igazolható gumótermés növekedést nem eredményezett.

10. táblázat. *A Tápiói korai és a Tápiói sima csicsóka fajták összes biomaszátömege a trágyázási kezelések átlagában (t/ha)*  
(Szarvas, 2002)

Biomassza (1)	Tenyészdő napja (2)				
	155.	195.	155.	195.	225.
	Tápiói korai (3)		Tápiói sima (4)		
	Friss tömeg (t/ha) (8)				
Leveles szár (5)	33,34	7,49	68,12	45,91	34,15
Gumó (6)	42,46	48,23	2,50	8,59	22,40
Összes (7)	75,80	55,72	70,62	54,50	56,55
	Száranyagtömeg (t/ha) (9)				
Leveles szár (5)	10,97	2,84	22,92	16,72	10,63
Gumó (6)	7,52	10,58	0,42	1,62	5,06
Összes (7)	18,49	13,42	23,34	18,34	15,69

*Table 10.* Total biomass weight of Tápiói korai and Tápiói sima Jerusalem artichoke cultivars, averaged over the applied fertilisation treatments (t ha<sup>-1</sup>). (Szarvas 2002). (1) Biomass, (2) Day of the growing season, (3) Tápiói korai, (4) Tápiói sima, (5) Leafy stem, (6) Tuber, (7) Total, (8) Fresh weight (t ha<sup>-1</sup>), (9) Dry matter weight (t ha<sup>-1</sup>).

### Következtetések

A rövid tenyészidejű Tápiói korai és a hosszú tenyészidejű Tápiói sima csicsóka fajták növekedés, biomaszafelhalmozás és gumóképződés dinamikája jelentősen eltérő. A főhajtás növekedés legintenzívebb periódusa a Tápiói korai fajtának a tenyészidő 85–115. napja, míg a Tápiói sima fajtának a 115–155. napja. A trágyázási kezelések átlagában mindkét fajta összes biomaszátömegének maximumát a vegetációs időszak 155. napján érte el, de jelentős a különbség a leveles szár- és gumótermés összes biomaszában belüli részesezésében. Ebben az időszakban a Tápiói korai fajta gumótermése 56%-ban, míg a

Tápiói sima fajta gumótermése 4%-ban részesedett az összes biomassza tömegből, ami a betakarításkor már 87, illetve 40%-ot tett ki.

A növényállomány magasságát az önmagában alkalmazott N-trágyázás a Tápiói korai fajta esetében növelte, míg a Tápiói sima fajta esetében a túlzott N-ellátás a főhajtás hosszát csökkentette. A legmagasabb K-ellátottság mérsékeltebb főhajtás növekedést eredményezett mindkét fajtánál.

A maximális földfeletti biomassza kialakulásának időszakában a 100 kg/ha-os N- és P-trágyázás eredményezte a legnagyobb leveles szártermést (38,34 t/ha) a Tápiói korai fajtánál. A jelentősen nagyobb leveles szártömeget nevelő Tápiói sima fajtánál a 200 kg/ha-os N-adag P- és K-trágyázással kiegészítve adta a legnagyobb földfeletti biomassza tömeget (78–80 t/ha).

A P- és K-trágyázás nélküli N-túltrágyázás (300 kg N/ha) a Tápiói korai fajta gumótermését csökkentette. Mindkét csicsóka fajtánál a legkedvezőbb gumótermés hozamot a 200 kg/ha-os N-adaggal érték el P- és K-trágyázással kiegészítve.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Széchenyi NKFP 3/012, 2001-2004. támogatásával valósult meg.

### IRODALOM

- Angeli I.–Barta J.–Molnár L.: 2000. A gyógyító csicsóka. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Denoroy, P.: 1996. The crop physiology of *Helianthus tuberosus* L.: a model oriented view. Biomass Bioenerg. 11. 1: 11–32.
- Dorell, D. G.–Chubey, B. B.: 1977. Irrigation, fertilizer, harvest dates and storage on the reducing and fructose concentrations of Jerusalem artichoke tubers. Canadian Journal of Plant Science. 57. 2: 591–596.
- Gao, K.–Zhu, T.–Han, G.: 2011. Water and nitrogen interactively increased the biomass production of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in semi arid area. African Journal of Biotechnology. 10. 34: 6466–6472.
- Horváth L.: 2004. Csicsóka. [In: Izsáki Z.–Lázár L. (szerk.) Szántóföldi növények vetőmagtermesztése és kereskedelme.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 449–455.
- Izsáki Z.: 2005. Csicsóka. (In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztés tan 2., Izsáki Z. (szerk.) Gyökér és gumós növények.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 93–102.
- László E.–Réczey I.-né: 2000. Megújuló nyersanyagok nem élelmiszeripari felhasználása. NF-2000 Magyarország Információ Szolgáltató Rendszer. Budapest.

- Mclaurin, W.J.-Somda, Z. C.-Kays, S.J.:* 1999. Jerusalem artichoke growth, development, and field storage. I. Numerical assesment of plant part development and dry matter acquisiton and allocation. *Journal of Plant Nutrition*. 22. 8: 1303–1313.
- MÉM NAK:* 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerekönyve. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- MÉM NAK:* 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Molnár L.:* 1987. A csicsóka termesztése és hasznosítása. Hosszúhegyi Mezőgazdasági Kombinát.
- Németh, G.-Izsáki, Z.:* 2006. Macro- and micro-element content and uptake of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 597–600.
- Pimsaen, W.-Joglay, S.-Suriharn, B.-Kesmala, T.-Pensuk, V.-Patanothai, A.:* 2010. Genotype by environment (G×E) interactions for yield components of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*. 9. 1: 11–19.
- Raso, E.:* 1990. Jerusalem artichoke. Effect of nitrogen- potassium fertilizing. *Terra e Sole*. 45: 575–576.
- Rodrigues, M. A.-Sousa, L.-Cabanas, J. E.-Arrobas, M.:* 2007. Tuber yield and leaf mineral composition of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) grown under different cropping practices. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 5. 4: 545–553.
- Sawicka, B.:* 2002. Changes in chemical composition of *Helianthus tuberosus* L. under differentiated nitrogen fertilization. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych*. 484: 573–579.
- Soja, G.-Dersch, G.-Praznick, W.:* 1990. Harvest dates fertilizer and varietal effect on yield, concetration and molecular distribution of fructan in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Journal Agron. Crop Science*. 165. 2: 181–189.
- Soja, G.-Haunold, E.:* 1991. Leaf gas exchange and tuber yield in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) cultivars. *Field Crop Research*. 26. 3: 241–252.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Izsáki Zoltán  
Szent István Egyetem  
Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar  
Környezettudományi Intézet  
Szarvas  
Szabadság út 1-3.  
H-5540

Némethné Kádi Gabriella  
Syngenta Seeds Kft.  
Mezőtúr  
Ipari Park  
H-5400

## Mikroelem terhelés hatása a kukoricára (*Zea mays* L.) karbonátos homoktalajon

KÁDÁR IMRE

MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

### Összefoglalás

Karbonátos Duna-Tisza közti homoktalajon vizsgáltuk a 0, 30, 90, 270 kg/ha mikroelem-terhelés hatását a kukoricára. A mikroelemek sóit egy ízben a kísérlet indulásakor 1995 tavaszán szórtuk ki  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{ZnSO}_4$  formájában. A 6 elem $\times$ 4 terhelés=24 kezelés $\times$ 3 ismétlés=72 parcellát jelentett  $7\times 5=35$  m<sup>2</sup> parcellákkal. Termőhely a homoktalajokra jellemzően rossz vízgazdálkodású, aszályérzékeny, és az NPK főbb tápelemekkel gyengén ellátott. A szántott réteg 0,7–1,0% humuszt, 2–3%  $\text{CaCO}_3$ -ot tartalmaz, a talajvíz 5–10 m mélyen található. Alaptrágyaként 100 kg/ha N, 100 kg/ha  $\text{P}_2\text{O}_5$  és 100 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$  hatóanyagot alkalmazunk évente az egész kísérletben. Főbb eredmények:

1. A kukorica 6 hónapos tenyészideje alatt összesen 326 mm csapadékot kapott viszonylag kedvező eloszlásban, így 2002-ben 4,4 t/ha szem és 6,5 t/ha szártermés képződött. A nagyobb 270 kg/ha Se és Zn terhelés 7. éves utóhatása nyomán a szemtermés kevesebb, mint 1/4-ére, illetve felére esett vissza. Toxicitás főként a generatív fázisban volt kifejezett. Egyéb elemek depresszív hatása nem volt igazolható.
2. Mérsékelten emelkedett a Cr, Pb, Cu koncentrációja az aratás kori szártermésben, a szemben azonban a dúsulás nem volt igazolható. A Zn a szárban 4-szeresére, a szemben 20%-kal nőtt a kontrollhoz viszonyítva. A Se hiperakkumulációt mutatott, mind a szárban, mind a szemben több százszorosára dúsult. A kukorica szem- és szártermése takarmányozási célra egyaránt alkalmatlanná vált az extrém Se-akkumuláció miatt. A 11 t/ha aratás kori földfeletti biomasszába 25 g Cr, 27 g Pb, 153 g Cu, 643 g Zn és 1093 g Se épült be. A fitoremediáció hasonló kísérleti körülmények esetén

10 800 Cr-évet, 10 600 Pb-évet, 1765 Cu-évet, 420 Zn-évet és 245 Se-évet igényelne a 270 kg/ha elemfelvételkor.

3. Szennyezetlen talajon a fajlagos, azaz 1 t szem+a hozzátartozó melléktermés átlagos elemtartalma 33-16-17-25-12 =N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg/t volt. A termőhely karbonátos, Ca és Mg elemekben és a 100 kg/ha/év P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> trágyázás nyomán P-ban is gazdag, míg K-ban szegény homoktalaj. Mindez tükröződik az emelkedett fajlagos Ca, Mg, P, illetve viszonylag kisebb K fajlagos mutatóiban.

**Kulcsszavak:** kukorica, mikroelem terhelés, toxicitás, tartamkísérlet, homoktalaj

## **The impact of microelement load on maize (*Zea mays* L.) on calcareous sandy soil**

I. KÁDÁR

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

### **Summary**

We examined the impact of 0, 30, 90, 270 kg ha<sup>-1</sup> microelement load on maize on calcareous sandy soil in the Danube-Tisza mid-region. The microelement salts were applied on one occasion when the experiment was launched in the spring of 1995 in the forms of Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, CuSO<sub>4</sub>, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> and ZnSO<sub>4</sub>. The 6 elements×4 loads represented 24 treatments×3 replications=72 plots with 7×5=35 m<sup>2</sup> plot size. In accordance with the usual characteristics of sandy soils, the production site had bad water management and it was sensitive to drought and weakly supplied with NPK. The ploughed layer contained 0.7–1.0% humus and 2–3% CaCO<sub>3</sub> and the groundwater level is 5–10 m. Each year, we applied basic fertilisation of 100 kg ha<sup>-1</sup> N, 100 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 100 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O in the whole experiment. Main results:

1. During the 6-month-long growing season of maize, the total amount of precipitation was 326 mm in a relatively favourable distribution; therefore, 4.4 t ha<sup>-1</sup> grain yield and 6.5 t ha<sup>-1</sup> stem yield were obtained in 2002. As a result of the higher load of 270 kg ha<sup>-1</sup> Se and Zn in the 7<sup>th</sup> year, the grain yield decreased to less than its quarter.

Toxicity was mostly observed in the generative phase. No other elements had depressive effect.

2. The concentration of Cr, Pb and Cu moderately increased in the stem yield at the time of harvesting, while there was no increase in the grain. The Zn content increased 4 times in the stem and also increased by 20% in the grain in comparison with the control. Se showed hyperaccumulation, as its content increased more than 100 times its previous value both in the stem and the grain. Both the grain and stem yield of maize became useless for foraging purposes due to the extreme Se accumulation. 25 g Cr, 27 g Pb, 153 g Cu, 643 g Zn and 1093 g Se were incorporated into the 11 t ha<sup>-1</sup> above-ground biomass at the time of harvesting. Considering similar experimental conditions, phytoremediation would need 10 800 Cr years, 10 600 Pb years, 1765 Cu years, 420 Zn years and 245 Se years in the case of 270 kg ha<sup>-1</sup> element uptake.
3. On uncontaminated soil, the specific element content, i.e., the average element content of 1 t grain+its secondary yield was 33-16-17-25-12 =N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg t<sup>-1</sup>. The production site is calcareous sandy soil and it is rich in Ca and Mg, as well as P as a result of the 100 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fertilisation, but it is weakly supplied with K. All these observations are shown by the high specific Ca, Mg, P and the relatively lower K parameters.

**Key words:** maize, microelement load, toxicity, field experiment, sandy soil

## Влияние нагрузки микроэлементами на кукурузу (*Zea mays* L.) на карбонатной песчаной почве

И. КАДАР

Институт Почвоведения и Агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

### Резюме

На карбонатной песчаной почве между Дунаем и Тиссой мы исследовали влияние обработок микроэлементами 0, 30, 90, 270 кг/га на кукурузу. Соли микроэлементов один раз в начале опыта весной 1995 года рассыпали в форме Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>,

$\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{ZnSO}_4$ . Эти 6 элементов  $\times 4$  обработки (дозы) = 24 дозы  $\times 3$  повторения = 72 парцеллы означало с  $7 \times 5 = 35 \text{ m}^2$  парцеллами. Место выращивания с характерным для песчаных почв плохим водохозяйством, чувствительно к засухе, и слабо обеспечено главными питательными элементами NPK. Пахотный слой содержит 0,7–1,0% гумуса, 2–3%  $\text{CaCO}_3$ , грунтовые воды расположены на глубине 5–10 м. В качестве основного удобрения ежегодно использовали 100 kg/ha N, 100 kg/ha  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 100 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$  действующего вещества во всём опыте. Главные результаты:

1. За 6 месяцев вегетационного периода кукуруза получила всего 326 mm осадков относительно благоприятного распределения, так в 2002 году получили 4,4 t/ha урожай зерна и 6,5 t/ha урожай стеблей. Вследствии 7-летних последствий больших доз 270 kg/ha Se и Zn урожай зерна снизился меньше, чем на 1/4, и на половину. Токсикация главным образом была выражена в генеративной фазе. Депрессивное влияние прочих элементов невозможно было подтвердить.
2. Умеренно увеличилась концентрация Cr, Pb, Cu в урожае стеблей во время уборки, но в зерне это увеличение не подтвердилось. Zn в стеблях в 4 раза, а в зерне на 20%-ов вырос по сравнению с контролем. Se показал гипераккумуляцию, как в стебле, так и в зерне многократно увеличился. Урожай зерна и стеблей кукурузы стал непригодным для фуражных целей из-за экстремальной аккумуляции Se. Во время уборки в 11 t/ha биомассу над поверхностью земли встроилось 25 g Cr, 27 g Pb, 153 g Cu, 643 g Zn и 1093 g Se. Фиторемедиация в случае похожих на условия опыта потребовала бы 10 800 лет в случае Cr, 10 600 лет в случае Pb, 1765 лет в случае Cu, 420 лет в случае Zn и 245 лет в случае Se при приёме элементов 270 kg/ha.
3. На незагрязненной почве удельное, т.е. 1 t зерна+относящихся к нему побочных продуктов, среднее содержание элементов было 33-16-17-25-12 =N- $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{K}_2\text{O}$ -CaO-MgO kg/t. Место выращивания карбонатное, богатое в элементах Ca и Mg, и в результате внесения удобрения 100 kg/ha/год  $\text{P}_2\text{O}_5$  богата и P, а K бедная песчаная почва. Всё это отражается в увеличенных удельных показателях Ca, Mg, P, и в относительно меньших удельных показателей K.

**Ключевые слова:** кукуруза, нагрузка микроэлементами, токсикация, продолжительный опыт, песчаная почва



### Bevezetés és irodalmi áttekintés

Korábban részletesen áttekintettük a talajszennyezés, illetve tágabb értelemben a tápláléklánc szennyeződésének problémáit és megfogalmazzuk a nehézfémkutatások jelenkori feladatait Magyarországon (*Kádár* 1995, 1999). A mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalajon 13 mikroelemmel beállított szabadföldi tartamkísérletben egy sor szántóföldi kultúra reakcióját kísértük figyelemmel az elmúlt évtizedben. A kísérlet 10. évét követően a mikroelemek talajbani bemosódását is nyomon követtük a talajprofilban (*Kádár és Németh* 2003).

Sajnos a hasonló tartamjellegű kísérletek a nemzetközi irodalomban is szinte hiányoznak. A szennyvíziszapokkal folyó kísérletekben ugyanis nem választható szét szabatosan az egyes komponensek hatása, nem állapíthatók meg toxicitási határértékek az egyes elemekre vagy ionformákra stb. Ehhez tiszta hatásgörbe kísérletekre van szükség elemenként, ahol végigkísérhető a növény fejlődése a mérgezés során, a termés és a növényanalízis adataiból pedig a transzfer-koefficiens is megállapítható. Tenyészedény kísérleteket ugyan nagy számban végeztek fémsókkal, de ezekben a veszélyt túlbecsülik, hiszen a szűk talaj/gyökér arány miatt intenzívebb a felvétel. A kommunális iszapoknál viszont szabadföldön még extrém, 500 t/ha adag felett is ritka a toxicitás, amennyiben a talaj pH értéke 5,5 feletti (*Chang et al.* 1992, *McGrath et al.* 1994, *Bridge* 1995, *Schmidt* 1997, *Kádár és Morvai* 2008).

Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala (USEPA) a Mezőgazdasági Minisztériummal (USDA) egyetértésben újraszabályozta a szennyvíziszapok elhelyezésének előírásait. 1993 óta a USEPA-503 sz. rendelete a talajterhelési határértékeket számos esetben megemelte és olyan mérvű fémakkumulációt engedélyez, mely 1 vagy 2 nagyságrenddel lépi túl a talajok természetes készletét, illetve amely az európai szabályok szerint már szennyezésnek minősül és beavatkozást igényelne. Így pl. 40 kg/ha körüli As és Cd, 100 kg/ha Se, 1500 kg/ha Cu, 3000 kg/ha körüli Zn és Cr terhelés még elfogadható (*Bridge* 1995).

A túl liberális szabályozást számosan megkérdőjelezik. Érvelésük szerint az iszapok adszorpciós tulajdonságai csak átmenetileg gátolják a legtöbb mikroelem extrémebb növényi felvételét a szervesanyagbani megkötődés miatt. Ez a védelem nem állandó és nem effektív minden elemre, növényre, talajra. Az

USEPA főként a kukoricát vette alapul, amelyre sok adat gyűlt össze. Ezzel alábecsülte a többi növény érzékenységét, hiszen a kukorica viszonylag fémtűrő és képes mély gyökereket fejleszteni, áthatolva a szennyezett talajrétegen. Az iszapokkal bevitt fémek idővel felvehetőbbekké válhatnak esetleg a még el nem savanyodott talajban is (amikor az összes elemkészlet határérték alatti), az érzékeny növényeket és talaj-mikroorganizmusokat károsítva.

A mikroelem terhelés hatását 1991-ben vizsgáltuk a kukoricára mészlepedékes mezőföldi csernozjom talajon. Megállapítottuk, hogy a leginkább veszélyesnek ítélt elemek zöme, mint az As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb főként a kukorica gyökerében akkumulálódott és transzportja gátolt volt a földfeletti szervekbe. Az aratáskori szem és szár termésben az extrém Cr-terhelés 80%, a Mo és Se 40–50%, míg az Pb 810 kg/ha adagja 20–30% csökkenést okozott a kísérlet első évében. A kukorica szemtermése emberi vagy állati fogyasztásra alkalmatlanná vált a Mo és Se, míg a szára takarmányozásra a Ba, Cd, Cr, Hg, Mo, Se, Pb elemekkel erősen szennyezett kezelésekben (Kádár *et al.* 2000a, b).

A Duna-Tisza közti karbonátos homokon az első kísérleti évben 1995-ben termett sárgarépára toxikusnak a Cr(VI), Se, Zn kezelések bizonyultak. A második évben termés csökkenéshez csak a nagyobb Se és Zn adagok vezettek a zöldborsó kísérletben. A harmadik évben az őszi búza szintén termésdepresziót jelzett a 270 kg/ha Zn-terhelés és a 90 kg/ha feletti Se-terhelés nyomán. A kísérlet 4. évében termett napraforgóban a termés csökkenés már a 30 kg/ha adagnál igazolható volt, míg a 270 kg/ha terhelésnél gyakorlatilag az állomány kipusztult, a földfeletti biomassza tömege a kontrollon mért 1/10-ére zuhant. Az 5. évben termett sóska növényenél 1 mg/kg feletti  $\text{NH}_4$ -acetát+EDTA oldható Se, illetve 9 mg/kg feletti Zn tartalom esetén már toxicitás lépett fel. A 2 mg/kg Se-tartalmú talajon a sóska termése 1/5-ére, a 19 mg/kg Zn-tartalmú talajon felére esett vissza. A kísérlet 6. évében termett őszi árpára szintén a Se és a Zn 270 kg/ha terhelések utóhatása bizonyult toxikusnak. Depresszió döntően a generatív fázisban jelentkezett, a szemtermések 60–70%-kal csökkentek. A 7. évben termett repce magtermése 45%-kal, a melléktermése 22%-kal esett vissza a kontrollhoz viszonyítva. Egyéb elemek utóhatása nem volt igazolható (Kádár 2009). Jelen munkánk célja Duna-Tisza közti karbonátos homoktalajon tesztelni a kukorica talajszennyező mikroelemekkel szembeni reakcióját a kísérlet 8. évében.

### Anyag és módszer

Kísérletünket 1995 tavaszán állítottuk be az MTA TAKI Órbottyán kísérleti telepén, mely a Duna-Tisza közti homokhátság északi részén, gödöllői dombvidék pereméhez közel helyezkedik el. A talajvíz tükre 5–10 m mélyen található, a talajképződési folyamatokat, illetve a trágyahatásokat nem befolyásolja. Termőhely a homoktalajokra jellemzően rossz vízgazdálkodású, aszály-érzékeny, heterogén és az NPK főbb tápelemekkel gyengén ellátott. A szántott réteg 0,7–1,0% humuszt és 2–3%  $\text{CaCO}_3$ -ot tartalmaz. A humuszos réteg a ráhordásokkal 1 m mélységig terjedhet. A  $\text{CaCO}_3$  mennyisége a 2 m körüli mélységben elérheti a 10%-ot. A  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  7,2–7,3, a  $\text{pH}(\text{KCl})$  7,0 körüli átlagosan a feltalajban, a  $K_A$  25–26.

Az alkalmazott mikroelemek sóit egy ízben, a kísérlet indulásakor 1995 tavaszán juttattuk ki  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{ZnSO}_4$  formájában. Az adagok 0, 30, 90, 270 kg/ha elemterhelést jelentettek. A 6 elem  $\times$  4 terhelési szint=24 kezelést 3 ismétlésben állítottuk be 72 parcellán. A parcellák mérete  $7 \times 5 = 35 \text{ m}^2$ , összes területük  $2520 \text{ m}^2$ . A parcellákat oldalirányban 1–1 m, hosszirányban (művelés iránya) 2–2 m út választja el egymástól a jobb megközelíthetőség és a talajáthordás megakadályozása céljából. Az utak és szegélyek területe  $1736 \text{ m}^2$ , a kísérlet teljes területe  $4256 \text{ m}^2$ .

Alaptrágyaként évente 100 kg N, 100 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  és 100 kg  $\text{K}_2\text{O}$  hatóanyagot alkalmazunk egységesen az egész kísérletben  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , szuperfoszfát, illetve kálisó formájában. A N műtrágyát megosztva felét ősszel a PK műtrágyával együtt szántás előtt szórjuk ki, míg a N másik felét tavasszal vetés előtt (tavaszi növények) vagy fejtrágyaként (őszi vetésű növények) juttatjuk ki. Talajművelés az üzemekben szokásos módon történik. Talajfertőtlenítést és vegyszeres gyomirtást általában nem végzünk. A növényállomány fejlődését, illetve a kezeléshatásokat nyomon követve többszöri bonitálásra is sor kerülhet a tenyészidő során.

A talajok alapvizsgálatait a *MÉM NAK* (1978), illetve *Baranyai et al.* (1987) által ismertetett módon végezzük. A  $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$  feltárással becsült „összes” elemtartalmat az *MSZ 21470-50* (2006) sz. szabvány szerint határozzuk meg. Az  $\text{NH}_4$ -acetát+EDTA oldható elemtartalmakat *Lakanen és Erviö* (1971) módszerével, a N-t  $\text{cc.H}_2\text{SO}_4 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$  feltárással az *ISO 11261* (1995) szerint módosított *Kjeldahl* (1891) eljárással vizsgáljuk. A növénymintákat

szintén  $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$  elegyével roncsoljuk, illetve a N-tartalmat Kjeldahl módszere nyomán határoztuk meg. Rutinszerűen 20–25 elemet vizsgálunk a talajban és a növényi anyagban ICP technikát alkalmazva. A laborvizsgálatokat megelőzően a talaj-és növénytípusok 40–50 °C-on való szárítását és homogenizálását a kísérleti telepen végzik.

A vetés 2002 április 15-én történt vetőpuskával 70×25 cm térállásban, 70 ezer db/ha csíraszámmal és 5–7 cm mélyre, Juventus hibriddel. Állománybonítást végeztünk 4–6 leveles korban, címerhányáskor és éréskor. Betakarításkor megállapítottuk a parcellánként vett mintakévék (20 tő/parcella) feldolgozása alapján az alábbi természetjellemzőket: csövek száma, meddő tövek száma, magtömeg g/cső, morzsolási arány %-a, szár/szem aránya, szem %-os aránya az összes földfeletti termésben (Harvest index). A 7 sor×21 tő nettó parcellák kézi betakarítására október 16-án került sor. A kukorica a kísérletben végzett műveletek és megfigyelések idejéről és módjáról az *1. táblázat* nyújt áttekintést.

A csapadékellátottságot az alábbi adatokkal jellemezzük. Áprilisban 30 mm, májusban 46 mm, júniusban 41 mm, júliusban 52 mm, augusztusban 98 mm, szeptemberben 59 mm eső hullott. A kukorica 6 hónapos tenyészideje alatt 326 mm csapadékot kapott összesen, mely közepes vízellátottságot jelentett. A növény termése is ennek megfelelően alakult: 4,4 t/ha szem, 6,5 t/ha szár, illetve 10,9 t/ha összes földfeletti légszáraz biomassa termett ezen a homokos, nem igazán kukoricatermesztésre alkalmas talajon.

### Eredmények értékelése

A *2. táblázatban* bemutatott eredményeink szerint a Se és a Zn 90 kg/ha és a 270 kg/ha adagú kezeléseik okoztak termésnövekedést, illetve a kukorica állományának fejlődésbeni gátlását a tenyészidő folyamán. Mérséklődött a betakarításkor a növényenkénti átlagos csőszám, többszörösére emelkedett a meddő tövek %-a, visszaesett a morzsolási arány %-a. A toxicitás főképpen a generatív stádiumban volt kifejezett. Ebből adódóan drasztikusan csökkent a szemtermés, tárgult a szár/szem aránya, illetve mérséklődött a szem részaránya a földfeletti betakarított biomasszában. A Zn-terhelés toxicitása a Se-hez viszonyítva mérsékeltebbnek tűnhet annak ellenére, hogy a 2000-ben végzett mélyfúrásaink adatai szerint a Zn a 0–30 cm rétegben maradt, míg a Se  $\text{NH}_4$ -acetát+EDTA oldható készletének nagyobb része már a szántott réteg alá mosódott (Kádár 2009).

1. táblázat. *A kukorica kísérletben végzett műveletek és megfigyelések (Órbottyán, Duna-Tisza köze, karbonátos homoktalaj, 2002)*

Műveletek megnevezése (1)	Év, hónap, nap (2)	Módszertani megjegyzések (3)
Őszi NPK alapműtrágyázás (4)	2001. 09. 11.	Parcellánként kézzel (19)
Őszi ágyszántás (5)	2001. 09. 11.	MTZ-50 + 2 fejű eke (20)
Tavaszi gyomirtó szántás (6)	2002. 03. 19.	MTZ-50 + 2 fejű eke (20)
Szántás elmunkálása (7)	2002. 04. 02.	MTZ-50 + kombinátor (21)
Tavaszi N-műtrágyázás (8)	2002. 04. 02.	Parcellánként kézzel (19)
Kukorica vetése* (9)	2002. 04. 15.	Parcellánként kézzel (19)
Bonitálás (4–6 leveles) (10)	2002. 05. 21.	Parcellánként 1–5 skálán (22)
Gyomfelvételezés (11)	2002. 05. 24.	Parcellánkénti borítottság (23)
Mechanikai gyomirtás (12)	2002. 05. 27.	Parcellánkénti kapálás (24)
Bonitálás címerhányáskor (13)	2002. 07. 04.	Parcellánként 1–5 skálán (22)
Bonitálás érés idején (14)	2002. 09. 10.	Parcellánként 1–5 skálán (22)
Mintakéve vétele nettó parcellán (15)	2002. 10. 08.	Parcellánként 20–20 tő (25)
Betakarítás nettó parcellán (16)	2002. 10. 16.	Parcellánként 7 sor×21 tő (26)
Mintakévek feldolgozása (17)	2002. 10. 30.	Parcellánkénti átlagminta (27)
Növényminták darálása (18)	2002. 11. 15.	Parcellánkénti átlagminta (27)

\*Vetőpuskával 70×25 cm kötésben, 70 ezer db/ha csíraszámmal és Juventus hibriddel 5–7 cm mélyre.

*Table 1.* Operations and observations performed in the maize experiment (Órbottyán, Danube-Tisza mid-region, calcareous sandy soil, 2002). (1) Operations, (2) Year, month, day, (3) Methodological remarks, (4) Autumn NPK basic fertilisation, (5) Autumn bed ploughing, (6) Spring weed control ploughing, (7) Finishing the surface after ploughing, (8) Spring N fertilisation, (9) Maize sowing\*, (10) Classification (4–6 leaves), (11) Weed monitoring, (12) Mechanical weed control, (13) Classification at the time of tasseling, (14) Classification at the time of ripening, (15) Taking sample sheaves on net plot, (16) Harvesting on net plot, (17) Processing the sample sheaves, (18) Grinding crop samples, (19) Manually per plot, (20) MTZ-50 + 2-headed plough, (21) MTZ-50 + combinator, (22), On a scale from 1 to 5 per plot, (23) Coverage per plot, (24) Hoeing per plot, (25) 20–20 stems per plot, (26) 7 rows×21 stems per plot, (27) Mean samples per plot. \*Using a sowing gun and a 70×25 cm pattern, 70 thousand germs per hectare, Juventus hybrid, 5–7 cm depth.

Kezelések hatását a betakarításkori légszáraz kukorica összetételére a 3. táblázatban tanulmányozhatjuk. Látható, hogy a szár Cr-tartalma mérsékelten, de igazolhatóan nő a Cr-terheléssel. A Cr(III) és a Cr(VI) forma között érdemi különbség nem mutatkozik. Az Pb és a Cu mozgása szintén gátolt a talaj-növény rendszerben, a kontrollhoz viszonyított dúsulás mindössze 2–3-szoros.

2. táblázat. *Terméscsökkenést okozó Se és Zn kezelések hatása a kukoricára (Órbottyán, Duna-Tisza köze, karbonátos homoktalaj, 2002)*

Vizsgált időpont és tulajdonság (1)	Se-terhelés 1995 tavaszán (kg/ha) (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	30	90	270		
Bonitálás (1= igen gyengén, 5= igen jól fejlett állomány) (5)						
05. 21-én (6)	4,0	3,3	3,7	2,0	1,6	3,3
07. 04-én (7)	3,3	3,3	2,0	1,0	1,7	2,4
09. 10-én (8)	3,3	4,0	1,7	1,3	1,9	2,6
Termésjellemzők betakarításkor 10. 16-án (9)						
Cső (db/20 növény) (10)	22	15	16	17	5	17
Meddő cső (%) (11)	2	7	16	25	8	13
Mag (g/cső) (12)	96	99	69	32	28	74
Morzsolási arány (%) (13)	81	83	77	74	6	79
Szem (t/ha) (14)	4,4	4,0	2,0	1,0	2,0	2,8
Szár (t/ha) (15)	6,5	6,9	4,5	3,8	2,6	5,4
Együtt (t/ha) (16)	10,9	10,9	6,5	4,8	3,4	8,2
Szár/szem arány (17)	1,5	1,7	2,2	3,8	0,8	2,3
Szem %-ban (18)	40	37	31	21	11	32
Vizsgált időpont és tulajdonság (1)	Zn-terhelés 1995 tavaszán (kg/ha) (19)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	30	90	270		
Bonitálás (1= igen gyengén, 5= igen jól fejlett állomány) (5)						
05. 21-én (6)	4,3	3,7	3,7	3,3	1,6	3,8
07. 04-én (7)	4,3	3,3	2,7	2,3	1,7	3,2
09. 10-én (8)	4,7	3,7	2,7	2,3	1,9	3,3
Termésjellemzők betakarításkor 10. 16-án (9)						
Cső (db/20 növény) (10)	21	21	16	15	5	18
Meddő cső (%) (11)	5	7	5	13	8	7
Mag (g/cső) (12)	106	105	99	61	28	93
Morzsolási arány (%) (13)	84	81	82	74	6	80
Szem (t/ha) (14)	4,5	4,2	3,8	1,9	2,0	3,6
Szár (t/ha) (15)	7,2	6,7	5,6	4,5	2,6	6,0
Együtt (t/ha) (16)	11,7	10,9	9,4	6,4	3,4	9,6
Szár/szem arány (17)	1,6	1,6	1,5	2,4	0,8	1,8
Szem %-ban (18)	38	39	40	34	11	38

*Table 2.* The impact of Se and Zn treatments causing yield reduction on maize (Órbottyán, Danube-Tisza mid-region, calcareous sandy soil, 2002). (1) Examined date and characteristic, (2) Se load in the spring of 1995 (kg ha<sup>-1</sup>), (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Classification (1 = very weakly developed, 5 = very well developed population), (6) on 21<sup>st</sup> May, (7) on 4<sup>th</sup> July, (8) on 10<sup>th</sup> September, (9) Yield characteristics during harvest on 16<sup>th</sup> October, (10) Ear (number per 20 crops), (11) Infertile ear (%), (12) Grain (g per ear), (13) Shelling rate, (14) Grain (t ha<sup>-1</sup>), (15) Stem (t ha<sup>-1</sup>), (16) Stem/grain ratio, (17), In the percentage of the grain, (19) Zn load in the spring of 1995 (kg ha<sup>-1</sup>).

3. táblázat. *Kezelések hatása a légszáraz kukorica összetételére 2002. 10. 08-án (Órbottyán, Duna-Tisza köze, karbonátos homoktalaj)*

Elem és kezelés (1)	Terhelés 1995 tavaszán (kg/ha) (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	30	90	270		
Szár (5)						
Cr(VI)	0,4	1,3	1,8	3,6	1,1	1,8
Cr(III)	0,5	1,2	1,5	3,2	1,1	1,6
Pb	1,4	2,5	3,3	3,9	1,3	2,8
Cu	9,3	11,5	16,1	20,8	3,0	14,5
Zn	31,4	53,1	76,1	131,5	25,4	73,0
Se	0,6	23,9	126,9	252,8	37,1	101,0
Szem (6)						
Cr(VI)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1
Cr(III)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1
Pb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1
Cu	1,7	1,7	1,7	1,7	0,3	1,7
Zn	21,6	21,7	22,8	26,7	2,2	23,2
Se	0,2	15,3	85,0	132,4	28,4	58,2

*Table 3.* The impact of treatments on the air-dry composition of maize on 8<sup>th</sup> October 2002 (Calcareous sandy soil, Órbottyán, Danube-Tisza mid-region). (1) Element and treatment, (2) Load in the spring of 1995 (kg ha<sup>-1</sup>), (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Stem, (6) Grain.

A Zn koncentrációja ellenben több mint 4-szeresére, a Se-é pedig 421-szeresére nőtt a Se-terheléssel. A szemtermésben a Cr és Pb tartalma szennyezett talajon is 0,1 mg/kg méréshatár alatt marad. A Cu-tartalom sem változik igazolhatóan. A Zn koncentrációja maximálisan mintegy 20%-kal nő, míg a Se dúsulása 662-szeresnek adódik a kontrollhoz képest. A Se tehát tömegárammal, a felfelé áramló vízzel akadálytalanul bejuthat a növénybe és a növénybeni transzportja sem gátolt.

A 9/2003. (III.13.) ESZCSM rendelethez az élelmiszerek vegyi szennyezettségének mértékére az alábbi határértékeket közli élelmiszercsoportokra, illetve élelmiszerfajtákra mg/kg szárazanyagra vetítve: liszt, egyéb gabonaőrleményekben Hg 0,02; As 0,1; Cd 0,1; Pb 0,15; Cu 5, Zn 30. Száraz hüvelyesekben Hg 0,02; Cd 0,1; Pb 0,2; As 0,5. A Cu és Zn elemre nincs határérték. Szárított



zöldségben Hg 0,05; Cd 0,5; Pb 1,0; As 2,0. A Cu és Zn elemre nincs határérték. A napraforgó magra adott szennyezettségi határkoncentrációk egyéb olajos magvakra is iránymutatóul szolgálhatnak. A rendelet Cr és Se elemekre nem ad útmutatást.

A 47/2001. (VI.25.) FVM rendelethez takarmány alapanyagokban 0,1 mg/kg Hg, 1 mg/kg Cd, 2 mg/kg As és 10 mg/kg Pb koncentrációt engedélyez 12%-os légszáranyagban. Fűben, szárított lucerna és here lisztben azonban 4 mg/kg As, illetve a zöldtakarmányban 40 mg/kg Pb az engedélyezett maximum. Egyéb szennyező elemekre a rendelet nem ad útmutatást. Chaney (1982) szerint a növényi hajtásban már toxikus lehet 20 mg/kg felett a Cr, 25–40 mg/kg felett a Cu, 100 mg/kg felett a Se és 500 mg/kg felett a Zn. A tömegtakarmányokban és az abrakban az egészségügyi maximum: 2 mg/kg Se; 25 mg/kg Cu a juhokra, 100 mg/kg a marhára, 250 mg/kg a sertésre; Zn 300 mg/kg juhokra, 500 mg/kg a marhára, 1000 mg/kg a sertésre. A Cr elemre nem találtunk útmutatást az egészségügyi maximumra, bár Chaney (1982) feltételezi, hogy az állatok abrakjához akár 3000 mg/kg, azaz 0,3% Cr is adható Cr(III) oxid formában. A fentiek alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy a kezelt talajon termelt kukorica szemtermése élelmezési, illetve hajtása vagy szára takarmányozási célokra egyaránt alkalmatlanná vált az extrém Se-akkumuláció eredményeképpen. A többi kezelésben termelt növényi anyag e tekintetben nem kifogásolható.

Megbecsültük a kukorica betakarításkori tömegével felvett mikroelemek mennyiségét is szennyezett talajokon. A 4. táblázatban összefoglalt eredmények szerint a mikroelemek döntően a szártermésben akkumulálódtak. A Cr és az Pb szemtermésbe épült mennyisége, mint említettük a kimutatási határ alatt maradt, míg a felvett Cu mintegy 5%-a, a Zn 9%-a, Se 14%-a azonosítható a szemben. A legnagyobb 270 kg/ha terhelésnél a Cr 25, Pb 27, Cu 153, Zn 643, Se 1093 g/ha felvételt jelzett. Vajon hasonló termesztési viszonyok között hány „kukorica-év” kellene ahhoz, hogy a talaj 270 kg/ha szennyezése növényi felvétel útján eltűnjön? Nos, adataink szerint 10800 Cr-év, 10600 Pb-év, 1765 Cu-év, 420 Zn-év és 247 Se-év. A fitoremediáció enyhén szennyezett területek tisztításában lehet tehát hatékony, amennyiben megfelelő hiperakkumulátor növényfajjal rendelkezünk. A Se-szennyezés esetén erre a kukorica is alkalmas lehet, de a termés Se-nel erősen szennyeződhet.

A betakarításkori kukorica átlagos összetételének és elemfelvételének adatait az 5. táblázat közli szennyezetlen kontroll talajon. A N és a P elemeket ki-



véve, a szár minden egyéb összetevőben gazdagabb volt, mint a szem. A betakarításkori kukorica szem + szár termésével jelentős mennyiségű tápelem távozott a talajból: N 149 kg, Ca 79 kg, K 64 kg, P 35 kg, Mg 33 kg, S 22 kg, ha-onként. Kombájn betakarításnál azonban a felvett Ca 97%-a, a Mg 82%-a, a K 75%-a, a S 68%-a és a P 60%-a el sem kerül a tábláról, illetve leszántásra kerül.

4. táblázat. *Kezelések hatása a kukorica becsült elemfelvételére 2002. 10. 08-án (Őrbottyán, Duna-Tisza köze, karbonátos homoktalaj)*

Elem jele (1)	Terhelés 1995 tavaszán (kg/ha) (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	30	90	270		
Szár (g/ha) (5)						
Cr	3	9	13	25	7	12
Pb	10	18	23	27	7	19
Cu	65	80	113	146	20	101
Zn	226	356	426	592	132	400
Se	4	165	571	961	174	425
Szem (g/ha) (6)						
Cr	<1	<1	<1	<1	-	<1
Pb	<1	<1	<1	<1	-	<1
Cu	8	8	8	8	2	8
Zn	97	91	87	51	9	81
Se	1	61	170	132	49	91
Együtt (g/ha) (7)						
Cr	3	9	13	25	7	12
Pb	10	18	23	27	7	19
Cu	73	88	120	153	20	109
Zn	323	447	513	643	142	481
Se	5	226	741	1093	199	516

Megjegyzés: a terméscsökkenést nem okozó Cr, Pb, Cu kezeléseknél 7 t/ha leveles szár és 4,5 t/ha átlagos szemterméssel számolták.

*Table 4.* The impact of treatments on the estimated element uptake of maize on 8<sup>th</sup> October 2002 (Őrbottyán, Danube-Tisza mid-region, calcareous sandy soil). (1) Element, (2) Load in the spring of 1995 (kg ha<sup>-1</sup>), (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Stem (g ha<sup>-1</sup>), (6) Grain (g ha<sup>-1</sup>), (7) Together (g ha<sup>-1</sup>). Note: In the Cr, Pb and Cu treatments which did not cause yield reduction, 7 t ha<sup>-1</sup> leafy stem yield and 4.5 t ha<sup>-1</sup> average grain yield were used in the calculation.

5. táblázat. A kukorica átlagos összetétele és elemfelvétele aratáskor szennyezetlen talajon (Őrbottyán, Duna-Tisza köze, karbonátos homoktalaj, 2002)

Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	Elemtartalom (3)		Mérték- egység (2)	Elemfelvétel (4)			
		Szár (5)	Szem (6)		Szár (5)	Szem (6)	Összes (7)	Fajlagos* (8)
N	%	0,80	2,07	kg/ha	56	93	149	33
Ca	%	1,10	0,04	kg/ha	77	2	79	18
K	%	0,68	0,35	kg/ha	48	16	64	14
Mg	%	0,39	0,13	kg/ha	27	6	33	7
P	%	0,30	0,32	kg/ha	21	14	35	8
S	%	0,22	0,15	kg/ha	15	7	22	5
Fe	mg/kg	399	15	g/kg	2793	68	2861	636
Al	mg/kg	340	2	g/kg	2380	9	2389	531
Mn	mg/kg	168	7	g/kg	1176	32	1208	268
Sr	mg/kg	49	<1	g/kg	343	<1	343	76
Zn	mg/kg	31	20	g/kg	217	90	307	68
Na	mg/kg	18	12	g/kg	126	54	180	40
B	mg/kg	13	<1	g/kg	91	<1	91	20
Cu	mg/kg	9	2	g/kg	63	9	72	16
Ba	mg/kg	6	<1	g/kg	42	<1	42	9
Pb	mg/kg	1,4	<1	g/kg	9,8	<1	10	2
Ni	mg/kg	0,6	<1	g/kg	4,2	<1	4	<1
Se	mg/kg	0,6	0,2	g/kg	4,2	0,9	5	1
Cr	mg/kg	0,4	<1	g/kg	2,8	<1	3	<1
Co	mg/kg	0,3	<1	g/kg	2,1	<1	2	<1
Mo	mg/kg	0,2	<1	g/kg	1,4	<1	2	<1

Megjegyzés: A szemben Sr 0,12 mg/kg, B 0,52 mg/kg, Ba 0,10 mg/kg átlagosan. Az As, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Mg 0,1 mg/kg méréshatár körül vagy alatt. A felvétel 7 t/ha leveles szár és 4,5 t/ha légszáras szemterméssel számolva. \*Az 1 szem és a hozzátartozó melléktermés elemtartalma.

Table 5. Average composition and element uptake of maize during harvesting on uncontaminated soil (Őrbottyán, Danube-Tisza mid-region, calcareous sandy soil, 2002). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) Element content, (4) Element uptake, (5) Stem, (6) Grain, (7) Total, (8) Specific\*. Note: Average element contents in the grain: Sr: 0.12 mg kg<sup>-1</sup>, B: 0.52 mg kg<sup>-1</sup>, Ba: 0.10 mg kg<sup>-1</sup>. As, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb and Mg contents were around or below the 0.1 mg kg<sup>-1</sup> measurement level. The uptake values were calculated based on 7 t ha<sup>-1</sup> leafy stem yield and 4.5 t ha<sup>-1</sup> air-dry grain yield. \*1 grain and its associated secondary yield.

A fajlagos, azaz az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés fajlagos elem-tartalma az alábbiak adódik: 33 kg/t N, 25 kg/t CaO, 17 kg/t K<sub>2</sub>O, 16 kg/t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 12 kg/t MgO. A hazai szaktanácsadásban 25-11-22-8-3 = N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-CaO-MgO kg/t fajlagosak az elfogadottak (Antal 1987). A termőhely Ca-ban és Mg-ban gazdag, míg K-ban viszonylag szegény, mely tükröződik a fajlagos mutatókban. A Ca és Mg pótlásáról természetesen karbonátos termőhelyeken egyébként is eltekintünk. Az emelkedett fajlagos P-tartalom a talaj kielégítő P-kínálatáról, illetve az évente adott 100 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> adag talajgazdagító hatásáról tanúskodik.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás a 49042 és 68665 sz. OTKA, valamint a CRO-13/2006 sz. pályázat eredményeként az NKTH és a KPI támogatásával jött létre, mely támogatás forrása a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap.

### IRODALOM

- 9/2003 (III.13.) ESZCSM: 2003. Az egészségügyi, szociális és családügyi miniszter 9/2003. (III.13.) ESZCSM rendelete az élelmiszerek vegyi szennyezettségének megengedhető mértékéről szóló 17/1999. (VI. 16.) EüM rendelet módosításáról. Magyar Közlöny. 25: 1960–1966.
- 47/2001. (VI.25.) FVM rendelet: 2001. FVM rendelet a nemkívánatos anyagok és termékek megengedett mennyiségéről takarmányokban. Magyar Közlöny. 71: 5049–5107.
- Antal J.: 1987. Növénytermesztők Zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.: 1987. A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bridge, M. B.: 1995. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective? J. Environ. Qual. 24: 5–18.
- Chaney, R. L.: 1982. Fate of toxic substances in sludge applied to cropland. Land Application of Sewage Sludge. Intern. Symp. Proc. Tokyo, Japan. 259–324.
- Chang, A. C.–Granato, T. C.–Page, A. L.: 1992. A methodology for establishing phytotoxicity criteria for Cr, Cu, Ni and Zn in agricultural land application of municipal sewage sludges. J. Environ. Qual. 21: 521–536.
- ISO 11261: 1995. Soil Quality. Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl method.

- Kádár I.*: 1995. A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. MTA TAKI. Budapest. 388
- Kádár I.*: 1999. A tápláléklánc szennyeződése nehézfémekkel. *Agrokémia és Talajtan*. 48: 561–581.
- Kádár I.–Gulyás F.–Gáspár L.–Zilahy P.*: 2000a. A kukorica (*Zea mays* L.) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 49: 371–388.
- Kádár I.–Koncz J.–Gulyás F.*: 2000b. Mikroelem terhelés hatása a kukorica összetételére és a talaj könnyen oldható elemtartalmára karbonátos csernozjomon. *Agrokémia és Talajtan*. 49: 205–220.
- Kádár I.–Németh T.*: 2003. Mikroelem-szennyezők kimosódásának vizsgálata szabadföldi terheléses tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 52: 315–330.
- Kádár I.–Radics L.*: 2008. Műtrágyázás hatása a kukoricára karbonátos homoktalajon. *Növénytermelés*. 57. 3: 305–318.
- Kádár I.–Morvai B.*: 2008. Bórgyári szennyvíziszap vizsgálata tenyészedényes kísérletben. A Ca, Na, Cr elemek forgalma. *Növénytermelés*. 57. 1: 35–48.
- Kádár I.*: 2009. Mikroelem terhelés hatása a repcére (*Brassica napus* L. spp. oleifera) karbonátos homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 60. 2: 371–382.
- Kjeldahl, J.*: 1891. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Zeitschr. F. analyt. Chemie*. 22: 366–382.
- Lakanen, E.–Erviö, R.*: 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. *Acta Agr. Fenn*. 123: 223–232.
- MÉM NAK*: 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest. 48.
- McGrath, S. P.–Chang, A. C.–Page, A. L.*: 1994. Land application of sewage sludge: scientific perspectives of heavy metal loading limits in Europe and in the United States. *Environ. Rev*. 2: 1–11.
- MSZ 21470-50*: 2006. Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Az összes és oldható toxikus elem, nehézfém és Cr (VI) tartalmának meghatározása. Magyar Szabványügyi Testület. Budapest. 33.
- Schmidt, J. P.*: 1997. Understanding phytotoxicity thresholds for trace elements in land-applied sewage sludge. *J. Environ. Qual*. 26: 4–10.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

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

## Növekvő NPK műtrágya adagok hatása néhány őszi búza fajta termésére különböző, évjáratokban csernozjom talajon

SZABÓ ÉVA

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

### Összefoglalás

A búzák termését befolyásoló ökológiai hatásokat mérsékelni tudjuk, mivel az őszi búza a trágyázásra pozitívan reagáló növények közé tartozik, így a megfelelő tápanyag ellátottsági szint biztosításával a negatív hatásokat eltérő mértékben csökkenteni tudjuk. Az, hogy milyen mértékben tudjuk csökkenteni a negatív ökológiai hatásokat függ a fajták tápanyag-reakciójától, illetve az ökológiai tényezők hatásának mértékétől.

Hajdúsági csernozjom talajon vizsgáltuk öt eltérő genotípusú őszi búza fajta (GK Öt halom, Lupus, Pannonikus, Mv Toldi, Genius) terméseredményeit, és tápanyag-reakcióját eltérő tápanyagkezelésekben, három eltérő tenyésztésben.

Kutatási eredményeink azt bizonyították, hogy az általunk vizsgált öt búza fajta genetikailag determinált maximális termőképességének a realizálását az általunk vizsgált három eltérő évjárat jelentősen befolyásolta.

A három évjárat közül a 2011. évjárat hatása volt a legkedvezőbb, a 2012. évi aszályos és meleg év kisebb mértékben, de negatív hatást fejtett ki az őszi búzák terméseredményére, míg a legnagyobb és legnegatívabb hatást a 2010-ben lehullott nagy mennyiségű csapadék és hűvösebb időjárás fejtette ki az állományokra. 2011-ben értük el a legnagyobb műtrágya hasznosító képességet a magasabb tápanyag szintek esetén, míg a szárazabb 2012. évben, amikor kisebb mértékű volt a tápanyag hasznosulás a kevesebb csapadék és melegebb időjárás következtében mind kontroll, mind pedig a nagyobb tápanyag ellátottsági szinteken alacsonyabb terméseredményeket kaptunk. A 2011. és 2012. évekhez képest a 2010. extrém csapadékos évjáratban értük el a legkisebb ter-

méseredményeket mind kontroll, mind pedig a nagyobb tápanyag kezelések hatására, ami azt mutatja, hogy míg a 2012. évi szárazabb és melegebb évjárat hatását a fajták jobban tudták tolerálni, és a megfelelő nagyobb mennyiségű tápanyag biztosításával mérsékelni tudtuk, addig a 2010. évi nagymennyiségű csapadék és hűvösebb ökológiai feltételek befolyásoló hatását csak jelentősen kisebb mértékben tudtuk korrigálni.

**Kulcsszavak:** őszi búza, évjárat, termés

## **The impact of increasing NPK fertiliser doses on the yield of certain winter wheat varieties in different crop years on chernozem soil**

É. SZABÓ

University of Debrecen, Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences,  
Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,  
Institute for Plant Sciences, Debrecen

### **Summary**

We can decrease the ecologic impacts on wheat yield, since winter wheat belongs to the group of crops which react positively to fertilisation. Therefore, by providing adequate nutrient supply level, it is possible to reduce the negative effects to a different extent. The extent of this reduction depends on the nutrient reaction of the given variety and the extent of the impact of ecologic factors.

The yield and nutrient reaction of five winter wheat varieties of different genotypes (GK Öt halom, Lupus, Pannonikus, Mv Toldi, Genius) were examined on Hajdúság chernozem soil in different fertilisation treatments and three years.

Our research findings showed that the genetically determined maximum fertility of the five wheat varieties examined by us was significantly influenced by the three examined crop years.

Of the three crop years, the impact of the 2011 crop year was the most favourable, while dry and warm year of 2012 had a slight negative impact on wheat yield. The highest and most negative effect was imposed in 2010 when there was a significant amount of precipitation and the weather was also colder. The highest fertiliser

utilisation ability was obtained in 2011 in the case of higher fertiliser levels, while we obtained lower yields both in the control and the higher fertiliser treatments in the dry year of 2012, when the utilisation of fertiliser by crops was lower and the weather was drier and warmer. In comparison with 2011 and 2012, we obtained the lowest yield both in the control and the higher fertiliser treatments in the extremely rainy year of 2010 which shows that the different varieties can tolerate the impact of the drier and warmer crop year of 2012 more and it could be decreased by providing higher amount of nutrients. On the contrary, the impact of a high amount of rainfall and colder ecologic conditions in 2010 could be reduced only to a significantly lower extent.

**Key words:** winter wheat, crop year, yield

## **Влияние растущей дозы искусственных удобрений NPK на урожай некоторых сортов озимой пшеницы в различные годы выращивания на чернозёмной почве**

Э. САБО

Дебреценский Университет, Институт Ботаники (AGTC MÉK), Дебрецен

### **Резюме**

Мы можем уменьшить влияющие на урожай пшеницы экологические воздействия, поскольку озимая пшеница относится к тем растениям, которые позитивно реагируют на внесение удобрений, так обеспечением соответствующего уровня питательных веществ можем уменьшить в разных размерах негативные влияния. То, что в каком размере можем уменьшить негативные экологические влияния, зависит от реакции сорта на питательное вещество, а также от размера влияния экологических факторов.

На хайдушлагской чернозёмной почве исследовали результаты урожая и реакцию на питательные вещества в различных дозах питательных веществ пяти сортов озимой пшеницы разных генотипов (GK Öt halom, Lupus, Pannonikus, Mv Toldi, Genius), в трёх различных годах выращивания.

Результаты наших исследований доказали, что на реализацию генетически детерминированной, максимальной плодородности исследованных нами пяти сор-

тов пшеницы, значительно повлияли исследованные нами различные три года выращивания.

Среди трёх лет выращивания влияние 2011 года было наиболее благоприятное, засушливый и жаркий 2012 год в небольшом размере, но оказал негативное действие на результат урожая озимых пшениц, но самое большое и самое негативное влияние на насаждения оказало выпавшее в 2010 году большое количество осадков и прохладная погода. В 2011 году мы достигли самый большой уровень отдачи использования искусственных удобрений в случае более высоких уровней питательных веществ, а в более сухом 2012 году, когда отдача от внесения питательных веществ была меньше вследствие меньшего количества осадков и жаркой погоды, как в контрольном, так и с более высокими уровнями обеспечения питательными веществами, получили более низкие результаты урожая. По сравнению с 2011-ым и 2012-ым годами в экстремальном влажном 2010 году мы достигли самые низкие результаты урожая как в контроле, так и при влиянии больших доз питательного вещества, что говорит о том, что если влияние более сухого и тёплого 2012 года сорта могли лучше переносить, и обеспечением соответствующего большего количества питательных веществ могли уменьшить, то влияние экологических условий 2010 года с большим количеством осадков и прохладной погодой только в гораздо меньшем размере могли поправить.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, год выращивания, урожай

## Bevezetés

Az őszi búza tápanyagigényes és a kijuttatott tápanyagokra kiválóan reagáló növényi kultúra. A harmonikus tápanyagellátás (NPK) kedvező tápanyag- és vízgazdálkodású talajtani feltételek mellett (csernozjom talaj) is döntő termésnövelő agrotechnikai elem, kontroll termésszint (3193 kg/ha) az optimális műtrágyaadagok hatására 4 t/ha-ral növekedett (Pepó 2002). Gutierrez et al. (2010) megállapították, hogy a fajták termésátlagai között az eltérő genotípusoknak köszönhetően különbségek vannak mind az öntözött, mind a vízhiány miatti stressz, mind pedig a magas hőmérséklet esetében is. Lásztity és Csathó (1994) tartamkísérletben igazolták, hogy a terméseredmény nagysága a növények genetikai sajátosságai mellett főképpen a talaj tápanyag- és vízellátottsága függvényében változik. Láng és Bedő (1997) szerint a termésátlagokat az év-



járat jelentősen módosítja, egy adott termőhelyen két év termésátlaga között nagy különbség lehet. *Jolánkai et al.* (2009) szerint a különböző évjáratok eltérő időjárási viszonyai jelentősen befolyásolják az őszi búza termését, ugyanakkor az optimális műtrágya használattal szárazabb évben is nagyobb termés-szintet lehet elérni. *Mengistu et al.* (2010) igen szoros szignifikáns interakciót talált a genotípus, a környezet és termés mennyiség tekintetében. *Márton* (2002) kutatásai alapján megállapította, hogy az őszi búza termése csak a teljes NPK és az NPK+Mg kezelések esetében volt fokozható gazdaságosan. Aszályos évben a kontroll területeken a búza szemtermése mintegy 30%-kal volt kevesebb, mint az átlagos évjáratokban. Csapadékos évben az aszálykárt meghaladó mértékben csökkent a termés hozam. A kontroll parcellák több mint 80%-kal termettek kevesebbet, mint az átlagos évjáratban. *Smutná és Ryšková* (2012) eredményeik alapján megállapították, a vizsgált 29 őszi búza fajta termésmennyiségét az aszály 45–81%-kal csökkentette. *Debreczeni és Mihálovics* (2011) szerint, ha a tenyészévben a lehullott csapadék mennyisége nagyobb vagy kisebb, mint az átlagos mennyiség, az szignifikáns csökkenést okoz a termésmennyiségben, különösen a nem műtrágyázott kontroll kezelésekben. *Balla et al.* (2011) szerint a vízhiány okozta termés-csökkenést nem csupán az átlagosnál kevesebb csapadék mennyisége, de a kedvezőtlen csapadékeloszlás is indukálja. *Tóthné* (1999) kutatásai szerint a genotípusnak kisebb, az évjáratnak nagyobb szerepe van a termés-eredmények kialakításában. *Montemurro* (2007) a  $N_{120}+PK$  és az  $N_{180}+PK$  közötti műtrágyakezelésnél már nem tapasztalt különbséget az őszi búza termésében. *Piekarczyk et al.* (2011) kutatásuk során megállapították, hogy laza talajon, mérsékelt csapadék ellátottságú évben az  $N_{80}$  kg/ha feletti műtrágya dózisok nem növelték szignifikánsan a termés mennyiségét. *Geleta et al.* (2002) szerint az őszi búza agronómiai teljesítményét a környezeti tényezők nagymértékben befolyásolják. *Árendás et al.* (2000) szerint a tápanyag-ellátottság adott szintjein a makroelemek közül erdőmaradványos csernozjom talajon is a nitrogén termelés növelő hatása a legki-fejezettebb. *Pethes et al.* (1994) eredményeik szerint egyes évjáratokban a legeredményesebb a nitrogén dózisok tavaszi háromszori kijuttatása, míg más évjáratban a tavaszi kijuttatás hatása nem, csak a többletműtrágya hatása érvényesült. A kezelések hasznosulására az érési időszak csapadékviszonyai mellett a genetikai tényezőknek is fontos hatása van. *Garrido-Lestache et al.* (2008) kutatásuk során azt tapasztalták, hogy a nitrogén dózisok növelése módosító hatással bír a termés mennyiségére. *Harnos és Erdélyi* (2011) szerint a

búza terméseredményeit a hőmérséklet és csapadék nagymértékben meghatározza. Az őszi búza termés nagyságát az áprilistól júniusig terjedő időszak átlaghőmérséklete, illetve a márciustól júniusig lehullott csapadék mennyisége jelentősen befolyásolja.

### Anyag és módszer

A szántóföldi kísérleteket a Debreceni Egyetem AGTC KIT Látóképi Kísérleti Telepén végeztük. A kísérleti telep a Hajdúsági löszháton helyezkedik el. A kísérleti terület talaja löszön képződött középkötött mészlepedékes csernozjom talaj, mely jó kultúrállapotú, mély humuszos réteggel rendelkezik. Talajfizikailag vályog kategóriába tartozik, Arany-féle kötöttségi száma 43, a művelt réteg kémhatása közel semleges (pH-ja 6,3–6,5 (KCl) között változik). A kísérlet talajának humuszos réteg vastagsága 80–90 cm közötti, az egyenletesen humuszosodott réteg 40–50 cm közötti, ahol átlagosan 2,8% a humusztartalom. A szénsavas mészréteg, amely lepedék formájában jelenik meg a talajszemcséken, 75 cm-es mélységtől fordul elő. A mésztartalom ebben a rétegben 10–13% közötti. A kísérlet talajának N-ellátottsága közepes, az össznitrogén koncentrációja 0,12–0,15% közötti a felső 0–50 cm terjedő talajrétegben. A talaj foszfor ellátottsága közepes-jó, 133 mg/kg az AL-oldható  $P_2O_5$  koncentráció, az AL-oldható  $K_2O$  tartalma jó (240 mg/kg) ellátottságú. A terület talaja a Várallyay-féle osztályozási rendszer szerint IV. kategóriába tartozik, amelyet közepes vízbefogadó és jó víztározó képesség jellemez. A diszponzibilis víz a VK-nak mintegy 50%-át teszi ki. A talajvíz mélysége 3–5 m, még csapadékos évjáratban sem emelkedik 2 m fölé. A tartamkísérlet 1983 őszén került beállításra. A bruttó parcellaterület 18,0 m<sup>2</sup> volt. Vizsgálataink a 2009/2010., a 2010/2011. és a 2011/2012. év eredményeit tartalmazzák. A szántóföldi kisparcellás kísérletet 4 ismétlésben állítottunk be osztott sávos elrendezésben. A kísérlet előveteménye mindhárom évben csemegekukorica volt, amely jó előveteménye az őszi búzának. A csemegekukorica elővetemény kísérleti parcelláin, az őszi búza kísérlettel azonos műtrágyadózisokat jutattunk ki minden évben. Az alkalmazott műtrágya Kemira Optima műtrágya komplex (10:15:18) volt, melyet ősszel szórtunk ki a területre, ezáltal a nitrogén 50%-át, valamint a foszfor és a kálium 100%-át jutattuk ki. Tavasszal fejtrágyaként a fennmaradó nitrogén 50%-át ammónium-nitrát (N 34%) formájában adtuk ki az őszi búza állomány számára. A kezelésekből 5 tápanyagszintet vizsgáltunk, a kontroll kezelés mellett

az  $N=30$  kg/ha,  $P_2O_5=22,5$  kg/ha és  $K_2O=26,5$  kg/ha műtrágya dózist, és ennek 2, 3, 4, 5-szörös adagjait. A különböző tápanyagszinteken kijutatott műtrágya dózisokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A kísérletben kijutatott műtrágya dózisok  
(Debrecen, csernozjom talaj)

Tápanyagkezelés (1)	N	$P_2O_5$ kg/ha	$K_2O$
Kontroll (2)	0	0	0
$N_{30}+PK$	30	22,5	26,5
$N_{60}+PK$	60	45,0	53,0
$N_{90}+PK$	90	67,5	79,5
$N_{120}+PK$	120	90,0	106,0
$N_{150}+PK$	150	112,5	132,5

Table 1. Fertiliser doses applied in the experiment (Debrecen, chernozem soil). (1) Fertiliser treatment, (2) Control.

A 2010–2012. év tenyészidőszakában lehullott csapadék mennyiségeket, valamint a hőmérsékleti adatokat a 2. táblázat tartalmazza.

A 2009/2010. vegetációs periódus időjárása rendkívül szélsőségesen alakult az őszi búza állományok vegetatív és generatív fejlődése, termésképződése szempontjából. Október első felének száraz időjárása miatt a búza csak rendkívül lassan kelt ki, kelése heterogén maradt. Október közepétől az átlagot meghaladó csapadék hullott, a hőmérsékleti értékek kedvezőek voltak a búza állományok fejlődése, megerősödése szempontjából. Ez a kedvező időjárás folytatódott novemberben is, a fagymentes, enyhe novemberi időjárás is kedvezett a homogén, megerősödő állományok kialakulásának. A december hónap is az átlagosnál valamivel csapadékosabb és enyhébb hőmérsékletű volt. A zordabb, kifejezetten kemény téli időjárást a búza állományok a megfelelő vastagságú hótakaró miatt kedvezően átvészelték. Január és a február hónapokban a lehullott csapadék mennyisége meghaladta a sokévi átlagot, a közép-hőmérséklet enyhébb volt a sokévi átlagnál. Egyedül a március volt csapadékban szegényebb. A tavaszi hónapok (április és május) jelentős csapadéka és átlagot meghaladó hőmérséklete kifejezetten kedvezett az őszi búza erőteljes vegetatív fejlődésének. A tavaszi és nyári hónapokban lehullott jelentős mennyiségű csapadékot, amely a hőmérséklet emelkedésével együtt járva kedvezett a búza állományok fejlődésének.

nyiségű csapadék már negatív hatású volt az őszi búza generatív folyamataira, termés csökkenés következett be.

2. táblázat. *A tenyészidőszak fontosabb meteorológiai adatai  
(Debrecen, 2010–2012)*

	Hónapok (1)									Össz (2) / Átlag (3)
	Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	
	Csapadék (mm) (4)									
2009/2010	79,3	78,3	54,9	48,8	58,6	14,4	83,9	111,4	100,9	630,5
30 éves átlag (5)	30,8	45,2	43,5	37,0	30,2	33,5	42,4	58,8	79,5	400,9
Eltérés (6)	+48,5	+33,1	+11,4	+11,8	+28,4	-19,1	+41,5	+52,6	+21,4	+229,6
2010/2011	22,8	52,9	104,2	19,2	16,8	35,1	15,6	52,3	22,0	340,9
30 éves átlag (5)	30,8	45,2	43,5	37,0	30,2	33,5	42,4	58,8	79,5	400,9
Eltérés (6)	-8,0	+7,7	+60,7	-17,8	-13,4	+1,6	-26,8	-6,5	-57,5	-60,0
2011/2012	18,1	0	71,1	28,0	17,8	1,4	20,7	71,9	91,7	320,7
30 éves átlag (5)	30,8	45,2	43,5	37,0	30,2	33,5	42,4	58,8	79,5	400,9
Eltérés (6)	-12,7	-45,2	+27,6	-9,0	-12,4	-32,1	-21,7	+13,1	+12,2	-80,2
	Hőmérséklet (°C) (7)									
2009/2010	11,4	7,6	2,3	-1,1	0,5	7,6	11,6	16,6	19,7	8,47
30 éves átlag (5)	10,3	4,5	-0,2	-2,6	0,2	5,0	10,7	15,8	18,8	6,94
Eltérés (6)	+1,1	+3,1	+2,5	+1,5	+0,3	+2,6	+0,9	+0,8	+0,9	+1,53
2010/2011	6,9	7,7	-1,7	-1,2	-2,5	5,0	12,2	16,4	20,5	7,03
30 éves átlag (5)	10,3	4,5	-0,2	-2,6	0,2	5,0	10,7	15,8	18,8	6,94
Eltérés (6)	-3,4	+3,2	-1,5	+1,4	-2,7	0,0	+1,5	+0,6	+1,7	+0,09
2011/2012	8,6	0,6	1,5	-0,6	-5,7	6,3	11,7	16,4	20,9	6,63
30 éves átlag (5)	10,3	4,5	-0,2	-2,6	0,2	5,0	10,7	15,8	18,8	6,94
Eltérés (6)	-1,7	-3,9	+1,7	+2,0	-5,9	+1,3	1,0	+0,6	+2,1	-0,31

Table 2. Main meteorological data of the growing season (Debrecen 2010–2012). (1) Months, (2) Total, (3) Mean, (4) Precipitation (mm), (5) 30-year-average, (6) Difference, (7) Temperature (°C).

A 2010/2011. tenyészévben az őszi búza állományok kelése a hűvösebb októberi időjárás következtében vontatott volt, de a novemberi melegebb időjárás kedvezően hatott az állomány fejlődésére. A hótakaró kellő védelmet nyújtott a téli fagyok ellen a búza állományoknak. A tavaszi csapadékhányt az előző évi csapadéktöbblet miatt a talaj tartalék vízkészlete kompenzálni tudta. A tavaszi kedvező meleg időjárás pozitívan befolyásolta az állományt, melynek növekedése felgyorsult. A csapadékszegény június kedvezőtlenül hatott a szentelítődési folyamatokra. A július eleji csapadékos, hűvös idő elősegítette a tranzlokációs folyamatokat, de késleltette a betakarítást.

A 2011/2012. tenyészév szélsőséges volt az őszi búza termesztés szempontjából. A 2011. októberi és novemberi száraz hónapok miatt a kelés és a kezdeti fejlődés vontatottá vált. A csapadékosabb téli hónapokban az őszi búza fajták képesek voltak megerősödni, de az ezt követő száraz és átlagosnál melegebb tavasz kedvezőtlenül hatott a búza vegetatív fejlődésére. A nyár elején, májusban és júniusban a lehullott csapadék és a kedvező hőmérséklet pozitívan befolyásolta a szentelítődési folyamatokat.

### Eredmények és következtetések

A termésmaximum, amit az őszi búza realizálni képes genotípus által meghatározott tulajdonság, melyet az évjárat hatások és a kijutatott műtrágya mennyisége jelentős mértékben befolyásol. Az őszi búza tápanyag hasznosító képessége jó, az évjárat és a tápanyag hasznosítás közötti interakció termésre gyakorolt hatásnak vizsgálata fontos a jövőbeni termések előrejelzéséhez. Kísérletünkben öt eltérő genotípusú őszi búza fajta (GK Öt halom, Lupus, Pannikus, Mv Toldi, Genius) terméseredményeit, és tápanyag reakcióját vizsgáltuk három eltérő tenyészévben. A 2010. évi extrém csapadékos évjárat hatására kisebb terméseredményeket kaptunk (3. táblázat). A kontroll kezelés eredményei a fajták természetes tápanyag hasznosító képességről adnak tájékoztatást. Kontroll tápanyagkezelésben a fajták termése 2986–4275 kg/ha között változott. Kontroll kezelés estében a Genius (4275 kg/ha), illetve a Pannikus (3850 kg/ha) fajták érték el a legnagyobb terméseredményt. A maximális terméseket a fajták viszonylag alacsony,  $N_{30-60}^{+PK}$  tápanyagszinten mutatták melynek oka, hogy a 2010. évben lehullott jelentős mértékű csapadék hatására, a nagyobb tápanyagkezelésekben a fellépő betegségek és megdőlés hatására termésdepresszió alakult ki.

3. táblázat. A műtrágyázás hatása eltérő genotípusú őszi búza fajták termésére és tápanyag hasznosítására (Debrecen, 2010)

Fajta (1)	Termés (kg/ha) (2)			Átlag (3)	Műtrágya hasznosító képesség (terméstöbblet, kg/ha) (4)	Max. termés NPK adagja (5)	1 kg NPK-ra jutó fajlagos többlet (kg) (6)			
	Kontroll (7)	N <sub>60</sub> +PK	N <sub>60</sub> +PK N <sub>60</sub> +PK							
GK Öthalom	2986	4750	5175	4680	4375	3429	4233	2189	N <sub>60</sub> +PK	13,85
Lupus	3110	5250	5675	5350	5476	5063	4987	2565	N <sub>60</sub> +PK	16,23
Pannonikus	3850	5271	4779	4103	3725	3561	4215	1421	N <sub>60</sub> +PK	17,99
Mv Toldi	3812	4576	5196	5013	4850	4927	4729	1384	N <sub>60</sub> +PK	8,76
Genius	4275	5986	5550	4972	4796	4600	5030	1711	N <sub>60</sub> +PK	21,66
Átlag (3)	3607	5167	5275	4824	4644	4316	-	1854	-	15,70
SzD <sub>5%</sub> (A) (8)				274					*Fajta (1) (A) /Tápanyagszint (B)	
SzD <sub>5%</sub> (B) (8)				139					**Tápanyagszint (8) (B)	
SzD <sub>5%</sub> (A×B) (8)				311						

Table 3. The impact of fertilisation on the yield and nutrient utilisation ability of winter wheat varieties of different genotypes (Debrecen, 2010). (1) Variety, (2) Yield (kg ha<sup>-1</sup>), (3) Mean, (4) Fertiliser utilisation ability (yield surplus, kg ha<sup>-1</sup>), (5) NPK dose of the maximum yield, (6) Specific surplus (kg) of 1 kg NPK, (7) Control, (8) LSD<sub>5%</sub>, \*Variety (1) (A) /Nutrient level (B), \*\*Nutrient level (8) (B)

A vizsgált fajták termés maximumai relative alacsonyok voltak, azaz 5175–5986 kg/ha között mozogtak. A legjobb terméseredményt a Genius (5986 kg/ha), illetve a Lupus (5675 kg/ha) fajták érték el, ugyanezek a fajták mutatták a legjobb terméseredményeket a hat tápanyag szint átlagában is (Genius 5030 kg/ha, Lupus 4987 kg/ha). A műtrágya hatására elért maximális terméstöbblet, azaz a műtrágya hasznosító képesség értékek 1421–2565 kg/ha között mozogtak. A legjobb trágyareakciója a GK Öthalom (2189 kg/ha), illetve Lupus (2565 kg/ha) fajtáknak voltak. Az egységnyi hatóanyagra jutó szemtermés többlet a maximum termésszint estében jól jellemzi a kijutatott tápanyag hatékonyságát. A 2010. évben ezek az értékek viszonylag magasak voltak, 21,66–8,76 kg között mozogtak. A legkedvezőbb fajlagos terméstöbbletet a Pannonikus (17,99 kg), illetve Genius (21,66 kg) fajták mutatták. A 2010. évben a legjobb eredményeket a Genius, illetve Lupus fajták estében kaptuk. A 2011. tenyészév átlagosnak tekinthető a búza termesztés szempontjából. A 2010. évvel összehasonlítva nagyobb terméseredményeket kaptunk a 2011. évben (4. táblázat). Kontroll tápanyagszinten a terméseredmények 3019–4719 kg/ha között változtak. A legjobb termést a Genius (4019 kg/ha), illetve Pannonikus (4719 kg/ha) fajták mutatták. A maximális termésátlagok  $N_{90-150}+PK$  tápanyagszinten realizálódtak. Az optimális tápanyagszinten a legnagyobb terméseredményeket szintén a Pannonikus (8224 kg/ha), illetve a Genius (8462 kg/ha) fajtáknál mértük. A hat tápanyagszint átlagában szintén ez a két őszi búza fajta mutatta a legjobb terméseredményt. A műtrágyázás hatására kapott terméstöbbletek értékei az előző évhez képest jelentősen magasabbak voltak, 3048–4443 kg/ha között mozogtak. A legnagyobb terméstöbbletet adó fajtáknak a Mv Toldi (4304 kg/ha), illetve a Genius (4443 kg/ha) bizonyultak. Az 1 kg NPK tápanyaggal elérhető fajlagos többlet nagysága a Genius (11,25 kg), valamint a Lupus (12,86 kg) esetén volt a legjobb. A fajták összességében kisebb fajlagos terméstöbbletet (9,62–12,86 kg) mutattak az előző évjárathoz képest. 2011-ben a Pannonikus, Genius és Mv Toldi fajták adták a legjobb eredményeket.

A 2012. évben a száraz és meleg őszi és tavaszi időszakok kedvezőtlenül hatottak az őszi búza termésére. Kontroll kezelésben a terméseredmények 3132–4210 kg/ha között változtak (5. táblázat). A fajták közül a kedvező természetes tápanyag hasznosító képességet mutatott az Mv Toldi (3607 kg/ha) a Genius (3610 kg/ha), illetve a Pannonikus (4210 kg/ha) fajta.

4. táblázat. A műtrágyázás hatása eltérő genotípusú őszi búza fajták termésére és tápanyag hasznosítására (Debrecen, 2011)

Fajta (1)	Termés (kg/ha) (2)				Átlag (3)	Műtrágya hasznosító képesség (terméstöbblet, kg/ha) (4)	Max. termés NPK adagja (5)	1 kg NPK-ra jutó fajlagos többlet (kg) (6)		
	Kontroll (7)	N <sub>60</sub> +PK	N <sub>60</sub> +PK	N <sub>60</sub> +PK					N <sub>100</sub> +PK	N <sub>100</sub> +PK
GK Óthalom	3019	4682	5745	6172	6500	6819	5490	3800	N <sub>150</sub> +PK	9,62
Lupus	3102	3814	4873	6150	5902	5718	4927	3048	N <sub>60</sub> +PK	12,86
Pannonikus	4719	5927	7072	8123	8224	7692	6960	3505	N <sub>120</sub> +PK	11,09
Mv Toldi	3316	4542	6119	6526	6938	7620	5844	4304	N <sub>150</sub> +PK	10,90
Genius	4019	5436	6717	7105	7736	8462	6579	4443	N <sub>150</sub> +PK	11,25
Átlag (3)	3635	4880	6105	6815	7060	7262	-	3820	-	11,14
SzD <sub>5%</sub> (A) (8)				387					*Fajta (1) (A) /Tápanyagszint (B)	
SzD <sub>5%</sub> (B) (8)				178					**Tápanyagszint (8) (B)	
SzD <sub>5%</sub> (A×B) (8)				398					-	

Table 4. The impact of fertilisation on the yield and nutrient utilisation ability of winter wheat varieties of different genotypes (Debrecen, 2011). (1) Variety, (2) Yield (kg ha<sup>-1</sup>), (3) Mean, (4) Fertiliser utilisation ability (yield surplus, kg ha<sup>-1</sup>), (5) NPK dose of the maximum yield, (6) Specific surplus (kg) of 1 kg NPK, (7) Control, (8) LSD<sub>5%</sub>. \*Variety (1) (A) /Nutrient level (B), \*\*Nutrient level (8) (B)



5. táblázat. A műtrágyázás hatása eltérő genotípusú őszi búza fajták termésére és tápanyag hasznosítására (Debrecen, 2012)

Fajta (1)	Termés (kg/ha) (2)					Átlag (3)	Műtrágya hasznosító képesség (terméstöbbllet, kg/ha) (4)	Max. termés NPK adagja (5)	1 kg NPK-ra jutó fajlagos többllet (kg) (6)
	Kontroll (7)	N <sub>0</sub> +PK	N <sub>60</sub> +PK	N <sub>120</sub> +PK	N <sub>180</sub> +PK				
GK Óthalom	3176	4513	5360	5548	5810	6175	5097	2999	N <sub>150</sub> +PK 7,59
Lupus	3132	4610	5427	5688	6129	6408	5232	3276	N <sub>150</sub> +PK 8,29
Pannonikus	4210	5303	6650	6925	7880	8139	6518	3929	N <sub>150</sub> +PK 9,95
Mv Toldi	3607	5676	6163	6307	6509	6868	5855	3261	N <sub>150</sub> +PK 8,26
Genius	3610	5751	6642	6804	7127	7209	6191	3599	N <sub>150</sub> +PK 9,11
Átlag (3)	3547	5171	6048	6254	6691	6960	-	3413	- 8,64
SzD <sub>5%</sub> (A) (8)				381					*Fajta (1) (A) /Tápanyagszint (B)
SzD <sub>5%</sub> (B) (8)				193					**Tápanyagszint (8) (B)
SzD <sub>5%</sub> (A×B) (8)				433					

Table 5. The impact of fertilisation on the yield and nutrient utilisation ability of winter wheat varieties of different genotypes (Debrecen, 2012). (1) Variety, (2) Yield (kg ha<sup>-1</sup>), (3) Mean, (4) Fertiliser utilisation ability (yield surplus, kg ha<sup>-1</sup>), (5) NPK dose of the maximum yield, (6) Specific surplus (kg) of 1 kg NPK, (7) Control, (8) LSD<sub>5%</sub>. \*Variety (1) (A) /Nutrient level (B), \*\*Nutrient level (8) (B)

A maximumterméshez szükséges optimális tápanyagszint 2012-ben minden fajta esetében az  $N_{150}+PK$  kezelés volt. A legnagyobb termést adó fajták a Genius (7209 kg/ha), illetve Pannonikus (8139 kg/ha) voltak. A legkedvezőbb műtrágya-hasznosító képességet ismételten a Genius (3599 kg/ha) és Pannonikus fajták esetében kaptuk. A fajlagos terméstöbblet 7,55–9,55 kg között, azaz előző évekhez képest alacsonyabb szinten mozgott. Ezek az alacsony értékek nagy valószínűséggel az őszi és tavaszi csapadék hiány okozta mérsékeltebb tápanyag feltáródásnak, illetve hő stressznek volt köszönhető. A fajlagos terméstöbblet értékek közül szintén a fent említett Genius (9,11 kg) és Pannonikus (9,95 kg) fajták emelkedtek ki.

A három tenyészévet együttesen értékelve (6. táblázat) a fajták átlagában megállapítható, hogy a fajták természetes tápanyag hasznosító képessége 2011-ben volt a legjobb (3547 kg/ha), míg a legkisebb termésátlagokat (3547 kg/ha) a kontroll kezelés estében 2012-ben kaptuk.

6. táblázat. A műtrágyázás hatása eltérő genotípusú őszi búza fajták termésére és tápanyag hasznosítására a fajták átlagában (Debrecen, 2010–2012)

Év (1)	Kontroll (kg/ha) (2)	Termés maximum (kg/ha) (3)	Műtrágya hasznosító képesség (terméstöbblet, kg/ha) (4)	Max. termés NPK adagja (5)	1 kg NPK-ra jutó fajlagos többlet (kg) (6)
2010	3607	5461	1854	$N_{30-60}+PK$	15,70
2011	3635	7455	3820	$N_{90-150}+PK$	11,14
2012	3547	6960	3413	$N_{150}+PK$	8,64
Átlag (7)	3596	6625	3029	–	11,82

Table 6. The impact of fertilisation on the yield and nutrient utilisation if winter wheat varieties of different genotypes in the average of varieties (Debrecen, 2010–2012). (1) Year, (2) Control (kg ha<sup>-1</sup>), (3) Maximum yield (kg ha<sup>-1</sup>), (4) Fertiliser utilisation ability (yield surplus, kg ha<sup>-1</sup>), (5) NPK dose of the maximum yield, (6) Specific yield surplus (kg) of 1 kg NPK, (7) Mean.

A legkisebb termésmaximumot (5461 kg/ha) a 2010. csapadékos évben érték el a fajták, míg a legjobb terméseredményeket (7455 kg/ha) ismételten a 2011. évben mértük. A fajták műtrágya hasznosító képessége 2010-ben volt a leggyengébb (1854 kg/ha), 2012-ben közepes (3413 kg/ha), míg 2011-ben volt a legnagyobb (3820 kg/ha). Az optimális tápanyag ellátottsági szint 2010-ben

alacsonyan mozgott ( $N_{30-60}+PK$ ), köszönhetően az extrém csapadékos időjárásnak, 2011-ben  $N_{90-150}+PK$  szintek között változott, míg 2012-ben ez a szint az  $N_{150}+PK$  volt feltehetően a szárazság okozta kisebb feltáródásnak és vízhiány okozta tápanyag felvételi zavaroknak. Ezzel szemben az 1 kg NPK hatóanyagra jutó fajlagos termésteoblet a 2010. évben volt a legmagasabb 15,70 kg, 2011-ben közepes (11,14 kg) volt, és a 2012. évben kaptuk a legalacsonyabb (8,64 kg) értékeket.

A fajták természetes tápanyag-hasznosító képességét és műtrágya-hasznosító képességét együttesen vizsgálva (1. ábra) megállapítható, hogy a 2010. évben a csapadékos évjáratban a fajták a következő tápanyag-reakciót mutatták.

1. ábra. A vizsgált őszi búza genotípusok tápanyag-reakciójának típusai (Debrecen, 2010)

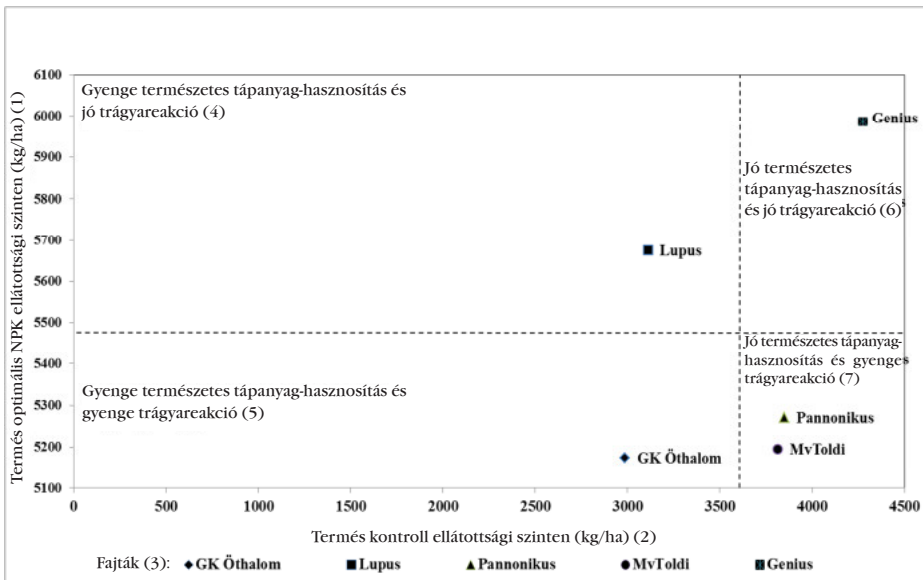


Figure 1. Types of nutrient reaction of the examined winter wheat genotypes (Debrecen, 2010). (1) Yield at the optimum NPK supply level ( $kg\ ha^{-1}$ ), (2) Yield at the control supply level ( $kg\ ha^{-1}$ ), (3) Varieties, (4) Weak natural nutrient utilisation and good fertiliser reaction, (5) Weak natural nutrient utilisation and weak fertiliser reaction, (6) Good natural nutrient utilisation and good fertiliser reaction, (7) Good natural nutrient utilisation and weak fertiliser reaction.

Az extrém csapadékos évjárat hatására a kontroll és az optimális tápanyag-szinten mutatott termésmaximumok mind az öt vizsgált fajta esetében alacsonyan mozgott. A GK Öthalom gyenge természetes tápanyag-hasznosítást és

gyenge tápanyag-reakciót mutatott az optimális ellátottság esetében is. A Lupus fajta gyenge természetes trágyareakciót viszont jó trágyareakciót adott az optimális tápanyagszinten, tehát a nagyobb csapadék hatására feltáródó tápanyagot jól tudta hasznosítani. A Pannonikus és Mv Toldi fajták kitűnő természetes tápanyag-hasznosítást mutattak, viszont kevésbé jó volt a tápanyag-reakciójuk a műtrágyázás hatására. A legjobb eredményt a Genius fajta esetében kaptuk, amely még az extrém évjárat hatására mind a kezeletlen kontroll esetében, mind az optimális tápanyagszinten kiemelkedő terméseredményt mutatott. A 2011. évben azaz őszi búza termesztés szempontjából átlagos évjáratban a fajták a következő trágyareakciókat (2. ábra) mutatták. A Lupus fajta gyenge természetes tápanyag-hasznosítás és gyenge trágyareakciót adott. A GK Öthalom és Mv Toldi fajták a 2011. évjáratban gyenge természetes tápanyag-hasznosítást adtak, ezzel szemben jó volt a trágyareakciójuk a magasabb tápanyagkezelések esetében.

2. ábra. A vizsgált őszi búza genotípusok tápanyag-reakciójának típusai (Debrecen, 2011)

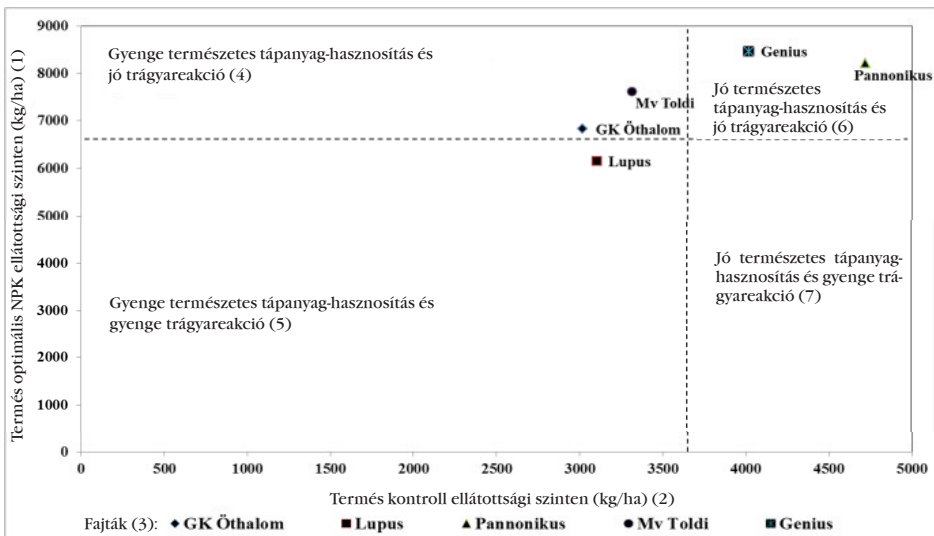


Figure 2. Types of nutrient reaction of the examined winter wheat genotypes (Debrecen, 2011). (1) Yield at the optimum NPK supply level (kg ha<sup>-1</sup>), (2) Yield at the control supply level (kg ha<sup>-1</sup>), (3) Varieties, (4) Weak natural nutrient utilisation and good fertiliser reaction, (5) Weak natural nutrient utilisation and weak fertiliser reaction, (6) Good natural nutrient utilisation and good fertiliser reaction, (7) Good natural nutrient utilisation and weak fertiliser reaction.

A 2011. év a Genius és Pannonikus fajták számára volt a legkedvezőbb évjárat hatása, mind két fajta kitűnő természetes, illetve az optimális tápanyag szinten is kiváló tápanyag-reakciót realizált.

A 2012. száraz és meleg évjárat hatására az előző két év tendenciái módosultak (3. ábra). A sokéves átlaghoz képest kevesebb csapadék és meleg okozta stressz hatására a GK Öthalom és Lupus fajták mérsékelt trágyareakciót mutatnak mind kontroll, mind az optimális tápanyag szint esetén.

Míg az Mv Toldi és a Genius fajták jó természetes tápanyag-hasznosítást, de gyenge trágyareakciót adtak. A legjobb eredményt a Pannonikus fajta mutatta mind jó természetes trágyahasznosítással, mind pedig kiváló műtrágya-reakciójával.

3. ábra. A vizsgált őszi búza genotípusok tápanyag-reakciójának típusai (Debrecen, 2012)

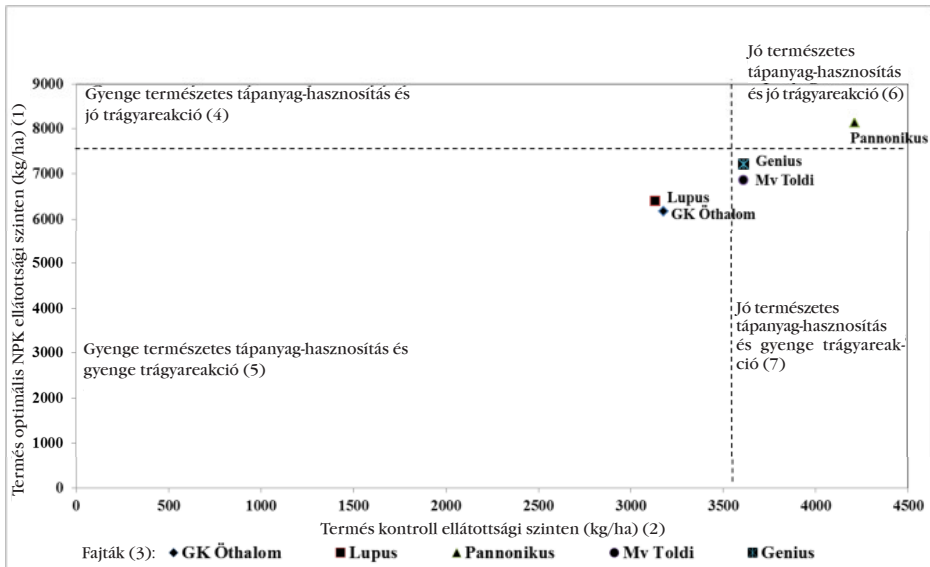


Figure 3. Types of nutrient reaction of the examined winter wheat genotypes (Debrecen, 2012). (1) Yield at the optimum NPK supply level ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), (2) Yield at the control supply level ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), (3) Varieties, (4) Weak natural nutrient utilisation and good fertiliser reaction, (5) Weak natural nutrient utilisation and weak fertiliser reaction, (6) Good natural nutrient utilisation and good fertiliser reaction, (7) Good natural nutrient utilisation and weak fertiliser reaction.

A fajták tápanyag-reakcióját három év átlagában vizsgálva (4. ábra) megállapítható, hogy a fajták két csoportba sorolhatóak.

4. ábra. A vizsgált őszi búza genotípusok tápanyag-reakciójának típusai  
a három tenyésztés átlagában  
(Debrecen, 2010–2012)

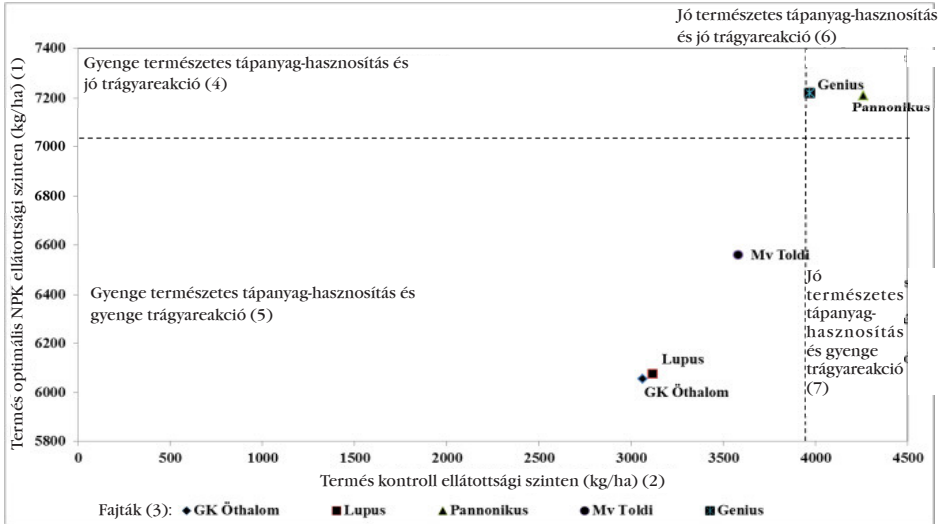


Figure 4. Types of nutrient reaction of the examined winter wheat genotypes in the average of the three years (Debrecen 2010–2012). (1) Yield at the optimum NPK supply level ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), (2) Yield at the control supply level ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), (3) Varieties, (4) Weak natural nutrient utilisation and good fertiliser reaction, (5) Weak natural nutrient utilisation and weak fertiliser reaction, (6) Good natural nutrient utilisation and good fertiliser reaction, (7) Good natural nutrient utilisation and weak fertiliser reaction.

A GK Öthalom, a Lupus és az Mv Toldi az évjáratok eltérő és szélsőséges voltára rosszul reagáltak, gyenge természetes tápanyag-hasznosítást, illetve gyenge műtrágya hasznosító képességet mutattak. Ezzel szemben a Genius és Pannonikus fajták jó természetes tápanyag-hasznosító képességgel és jó trágya-reakcióval jellemezhetőek mindhárom évben, a változékonny évjáratok hatásakkal ellentétben.

Ha a fajták termésstabilitását vizsgáljuk megfigyelhető (5. ábra), hogy a stabilnak mondható fajták a GK Öthalom ( $b=0,607$ ), Lupus ( $b=0,0197$ ), valamint az Mv Toldi ( $b=0,5997$ ) fajták, melyek bár alacsonyabb terméseredményeket mutatnak mind a kontroll kezeletlen, mind pedig a magasabb tápanyag dózisok hatására, de az eltérő, olykor szélsőségesnek is mondható ökológiai feltételek mellett hasonló terméseredményeket produkáltak.

5. ábra. Az őszi búza fajták termésének stabilitása a vizsgált tenyészévekben (Debrecen, 2010–2012)

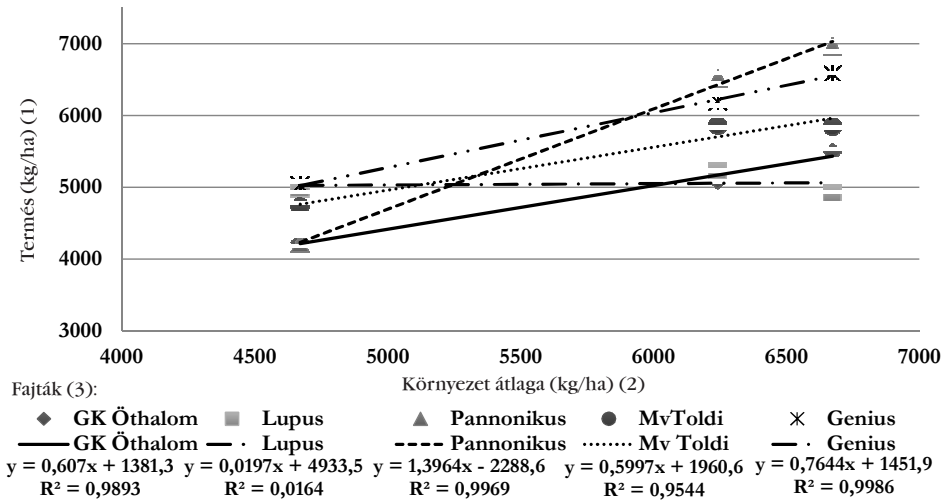


Figure 5. Yield stability of winter wheat varieties in the examined years (Debrecen, 2010–2012). (1) Yield (kg ha<sup>-1</sup>), (2) Environmental mean (kg ha<sup>-1</sup>), (3) Varieties.

Ezzel szemben a Genius közepesen ( $b=0,7644$ ) stabil eredményt mutatott, amely azt jelenti, hogy a terméseredményei jobbak minden tápanyagkezelésben, mint az előbb említett három fajta, de az évjáratok hatások jobban befolyásolják a terméseredményeit. A legkevésbé stabilnak ( $b=1,3964$ ) a Pannonikus fajta bizonyult, melyből az következik, hogy a kedvezőtlenebb évjáratokban alacsonyabb terméseredményeket tudott csak elérni, de kedvezőbb ökológiai feltételek mellett magas terméseredményeket kaptunk ezen fajta esetében.

Kutatási eredményeink azt bizonyították, hogy az általunk vizsgált öt búza fajta genetikailag determinált maximális termőképességének a realizálását az általunk vizsgált három eltérő évjárat jelentősen befolyásolta. A három évjárat közül a 2011. évjárat hatása volt a legkedvezőbb, a 2012. évi aszályos és meleg év kisebb mértékben, de negatív hatást fejtett ki az őszi búzák terméseredményére, míg a legnagyobb és legnegatívabb hatást a 2010-ben lehullott nagy mennyiségű csapadék és hűvösebb időjárás fejtette ki az állományokra. A búzák termését befolyásoló ökológiai hatásokat mérsékelni tudjuk, mivel az őszi búza a trágyázásra pozitívan reagáló növények közé tartozik, így a megfelelő

tápanyag-ellátottsági szint biztosításával a negatív hatásokat eltérő mértékben csökkenteni tudjuk. Az hogy milyen mértékben tudjuk a csökkenteni a negatív ökológiai hatásokat függ a fajták tápanyag-reakciójától, illetve az ökológiai tényezők hatásának mértékétől. A 2011. évben (ahol a legkisebb volt az negatív ökológiai hatások mértéke) volt a legjobb a fajták természetes tápanyag-hasznosítása a kontroll kezeletlen parcellák esetében, így ezek az értékek állnak legközelebb a fajták genotípus által meghatározott természetes tápanyag-hasznosító képességéhez. Valamint a 2011. évben értük el a legnagyobb műtrágya hasznosító képességet a magasabb tápanyag szintek esetén, amely tájékoztatást nyújt a fajták trágyareakciójának maximumairól. Míg a szárazabb 2012. évben, amikor kisebb mértékű volt a tápanyag-hasznosulás a kevesebb csapadék és melegebb időjárás következtében mind kontroll, mind pedig a nagyobb tápanyag ellátottsági szinteken alacsonyabb terméseredményeket kaptunk. A 2011. és 2012. évekhez képest a 2010. extrém csapadékos évjáratban értük el a legkisebb terméseredményeket mind kontroll, mind pedig a nagyobb tápanyag kezelésekre hatására, ami azt mutatja, hogy míg a 2012. évi szárazabb és melegebb évjárat hatását a fajták jobban tudták tolerálni, és a megfelelő nagyobb mennyiségű tápanyag biztosításával mérsékelni tudtuk, addig a 2010. évi nagymennyiségű csapadék és hűvösebb ökológiai feltételek befolyásoló hatását csak jelentősen kisebb mértékben tudtuk korrigálni. Az őszi búza fajták külön-külön is eltérően reagáltak a különböző évjárat hatásokra. A régebbi genotípusú, kevésbé korszerű fajták minden évjáratban alacsonyabb termés maximumokat mutattak, és tápanyag-reakciójuk is jelentősen gyengébb volt, addig az újabb, korszerűbb genotípusok még szélsőségesebb ökológiai feltételek mellett is jobb eredményeket mutattak, valamint az optimális feltételek biztosítása mellett kiemelkedő eredményeket értek el. A legjobb fajtának eredményeink alapján a Genius bizonyult.

### **Köszönetnyilvánítás**

A publikáció elkészítését a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.



## IRODALOM

- Árendás T.–Sarkadi J.–Bónis P.: 2000. Műtrágyák hatása az őszi búza méret szerint frakcionált mennyiségére és néhány minőségi jellemzőjére. *Növénytermelés*. 49. 5: 519–525.
- Balla, I.–Szentpétery, Zs.–Jolánkai, M.: 2011. The impact of precipitation on crop yield in a small-plot winter wheat (*Triticum aestivum* L.) trial series. *Növénytermelés*. Suppl. 60: 309–312.
- Debreczeni, K.–Mihálovics, M.: 2011. Optimal nutrition of winter wheat in different agro-ecological conditions in long-term fertilization experiments. *Növénytermelés*. Suppl. 60: 231–234.
- Garrido-Lestache, E.–Lopez-Bellido, R. J.–Lopez-Bellido, L.: 2008. Effect of N rate, timing and splitting and N type on bread-making quality in hard red spring wheat under rainfed Mediterranean conditions. *Field Crops Research*. 85. 2–3: 213–236.
- Geleta, B.–Atak, M.–Baenziger, P. S.–Nelson, L. A.–Baltensperger, D. D.–Eskridge, K. M.–Shipman, M. J.–Shelton, D. R.: 2002. Seeding rate and genotype effect on agronomic performance and end-use quality of winter wheat. *Crop science*. 42. 3: 827–832.
- Gutierrez, M.–Reynolds, M. P.–Raun, W. R.–Stone, M. L.–Klatt, A. R.: 2010. Spectral water indices for assessing yield in elite bread wheat genotypes under well-irrigated, water-stressed, and high-temperature conditions. *Crop Science*. 50. 1: 197–213.
- Harnos, N.–Erdélyi, É.: 2011. Sustainable wheat production in a changing climate. *Acta Agronomica Hungarica*. 59. 3: 261–266.
- Jolánkai P.–Tóth Z.–Kismányoky T.–Farkas I.: 2009. Az agrokémiai kezelések hatása az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) monokultúrában. *Növénytermelés*. 58. 1: 39–50.
- Láng L.–Bedő Z.: 1997. Mit várhatunk a búzafajtáktól. *Gyakorlati Agroforum*. 8: 29–31.
- Lásztity B.–Csathó P.: 1994. A tartós NPK műtrágyázás hatásának vizsgálata búza kukorica dikultúrában. *Növénytermelés*. 43. 2: 157–167.
- Márton L.: 2002. A csapadék-, a tápanyagellátás és az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termése közötti kapcsolat. *Növénytermelés*. 51. 5: 529–543.
- Mengistu, N.–Baenziger, P. S.–Nelson, L. A.–Eskridge, K. M.–Klein, R. N.–Baltensperger, D. D.–Elmore, R. W.: 2010. Grain yield performance and stability of cultivar blends vs. component cultivars of hard winter wheat in Nebraska. *Crop Science*. 50. 2: 617–623.
- Montemurro, F.–Convertini, G.–Ferri, D.: 2007. Nitrogen application in winter wheat grown in Mediterranean conditions: effects on nitrogen uptake, utilization efficiency, and soil nitrogen deficit. *Journal of Plant Nutrition*. 30. 10: 1681–1703.

- Pepó P.*: 2002. Őszibúza-fajták trágyareakciója eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 51. 2: 189–198.
- Pethes J.–Kiss E.–Debreczeni B.-né.*: 1994. A N-fejtrágya megosztásának hatása a szemterméssel kivont N mennyiségére. *Növénytermelés*. 43. 4: 333–340.
- Piekarczyk M.–Jaskulski D.–Galezewski L.*: 2011. Effect of nitrogen fertilization on yield and grain technological quality of some winter wheat cultivars grown on light soil. *Acta Scientiarum Polonorum – Agricultura*. 10. 2: 87–95.
- Smutná, P.–Ryšková, T.*: 2012. Evaluation of stress susceptibility in winter wheat varieties using drought tolerance indices. *Növénytermelés. Suppl.* 61: 41–44.
- Tóthné Lőkös K.*: 1999. Az évjárat hatása a hagyományos és a DH eredetű búzapopulációk termésstabilitására. *Növénytermelés*. 48. 3: 261–268.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Szabó Éva  
Debreceni Egyetem AGTC MÉK  
Növénytudományi Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032

## A hazai őszi búza termőterületek klímaérzékenységének megye szintű vizsgálata

TÓTHNÉ LŐKÖS KLÁRA-IFJ. LŐKÖS LÁSZLÓ

Szent István Egyetem GTK Közgazdaságtudományi és Módszertani Intézet, Gödöllő

### Összefoglalás

A bemutatásra kerülő szántóföldi termelés stabilitását elemző alternatív módszer hazánk őszi búza termőterületeit értékeli és hasonlítja össze a klímaváltozásra adott válaszreakcióik alapján. Az egyes évek megyénkénti termésátlagainak átlag és relatív szórás értékei között egy szoros negatív lineáris kapcsolatot találtunk ( $r=-0,86$ ) a 2000–2011. éves időszakot vizsgálva. A vizsgálatba vont éveket megyénkénti termésátlag értékeik alapján 5 egymástól szignifikánsan eltérő csoportba soroltuk. A varianciaanalízis eredménye alapján az évjárat 58%-ban, míg a termőhely 28%-ban magyarázta a termésátlagok ingadozását. A megyék klímaérzékenységét különböző termésstabilitási paraméterekkel jellemeztük és ez alapján végeztük el a csoportosításuk klaszter-analízissel. Az így kapott 4 csoport termésstabilitási mutatók szerinti elkülönülését boxplottal szemléltettük, valamint terméseredmény és termésbiztonság szempontjából minősítettük. Ez egyben az egyes megyék búzatermelés hozamához köthető kockázat nagyságát is mutatta. A különböző mértékű termésstabilitást mutató csoportok területi elhelyezkedését térképen szemléltettük. Az egyes megyék termésstabilitásának ismerete elősegítheti a klímaváltozás kedvezőtlen hatásaival szembeni hatékonyabb termelési eljárások kialakítását is.

**Kulcsszavak:** klímaérzékenység, termésstabilitás, termőhelyhatás, évjárathatás, búza termésátlag

## County-level examination of the climate sensitivity of the Hungarian winter wheat production areas

K. TÓTHNÉ LŐKÖS-L. LŐKÖS JR.

Szent István University, Faculty of Economics and Social Sciences,  
Institute for Economics and Methodology, Gödöllő

### Summary

The presented alternative method which aims at evaluating the stability of field crop production assesses and compares the Hungarian winter wheat production areas based on the response reactions to climate change. We obtained a close negative linear correlation ( $r=-0.86$ ) between the mean and relative standard deviation values of the average yields per county in each year during the period between 2000–2011. Based on the average yield values of each county, the years involved in the examination were classified into five groups which significantly differed from each other. Based on the result of the analysis of variance, crop year had a 58% impact and production site had a 28% impact on the fluctuation of mean yield. The climate sensitivity of the examined counties were characterised by different yield stability parameters and their grouping was performed with cluster analysis based on these parameters. The separation of the four groups obtained this way based on yield stability parameters was illustrated with a box plot and evaluated from the aspect of yield and yield safety. This evaluation also showed the extent of risk related to the wheat production yield of each county. The geographical location of the groups showing various extents of yield stability was shown on a map. Knowing the yield stability of each county could contribute to the development of production procedures that are more effective against the adverse impacts of climate change.

**Key words:** climate sensitivity, yield stability, production site effect, crop year effect, wheat mean yield

## Исследование на областном уровне чувствительности к климату плодородных территорий озимой пшеницы в Венгрии

К. ТОТХНЕ ЛЁКЁШ–Л. ЛЁКЁШ (младший)

Университет Святого Иштвана, Институт Экономических Наук  
и Методики Экономического факультета, Гёдёллё

### Резюме

Показываемый анализирующий стабильность пашенного производства альтернативный метод оценивает плодородные территории озимой пшеницы Венгрии и сравнивает их на основе ответных реакций на изменения климата. Среди показателей общего и релятивного разброса средних урожаев по областям в некоторые годы мы обнаружили тесную негативную линейную связь ( $r=-0,86$ ), исследовав период за 2000–2011 годы. На основе включенных в исследование показателей средних урожаев по областям мы распределили годы на 5 значительно различных друг от друга групп. На основе результата дисперсионного (вариантного) анализа год выращивания в 58%-ах, а место произрастания в 28%-ах объяснили колебания средних урожаев. Охарактеризовали различными параметрами стабильности урожая климатическую чувствительность областей и на основании этого провели их группирование кластерным анализом. Полученную так дифференциацию показателей стабильности урожая 4-х групп изобразили с боксплотом (boxplot), квалифицировали с точки зрения результата урожая и безопасности урожая. Это одновременно показывало и величину риска, связанного с урожаем пшеницы некоторых областей. Территориальное распределение групп, показывающих различного размера стабильность урожая, изобразили на карте. Знание стабильности урожаев отдельных областей может помочь в формировании более эффективных производственных приёмов против неблагоприятных влияний изменения климата.

**Ключевые слова:** чувствительность к климату, стабильность урожаев, влияние места выращивания, влияние года выращивания, средний урожай пшеницы

## Bevezetés

A termőhelyek növénytermesztési szempontból való értékelésével régóta és sokan foglalkoztak (*Szabó et al.* 1987, *Tóth és Győri* 2004, *Kajdi* 2006) elsősorban fajta összehasonlító kísérletek értékelése során, így ebben a témában ma már nagy mennyiségű hazai és külföldi irodalmi forrás áll az érdeklődők rendelkezésére. Ezekben a leírt kísérletekben meghatározó szerepet játszik a megfigyelt fajták alkalmazkodóképességének vizsgálata is, amelyet általában termőhelyekhez kötnek, így az eltérő környezetben elért eltérő hozamok alapján ítélik meg a fajták alkalmazkodóképességét (*Bedő és Balla* 1977, *Pepó és Győri* 2005, *Williams et al.* 2008). Ennek a tulajdonságnak a mérésében másik fontos vizsgálat lehet az eltérő időjárási viszonyokhoz való adaptálódás ismerete. Irodalmi adatok alapján az tűnik ki, hogy az évjárat nagyobb hatást gyakorol a termésátlag kialakulására, mint a termőkörzet vagy a fajta, így az időjárási viszonyokhoz való alkalmazkodás vizsgálata egyre erőteljesebben került előtérbe (*Tóthné* 1999, *Jolánkai et al.* 2004, *Pepó* 2004, *Ágoston és Pepó* 2005).

A klímaváltozás mezőgazdasági termelésre gyakorolt hatásával kapcsolatosan is számos cikk jelent meg (*Rosenberg* 1992, *Easterling et al.* 1993, *Seino* 1993). Vizsgálták már a talajok (*Makó et al.* 2009, *Sisák et al.* 2009), a természetes vizek (*Késmárki et al.* 2007), a talajművelési eljárások és termesztési rendszerek (*Birkás et al.* 2007) klímaérzékenységét, de kimondottan a régiók klímaérzékenységét elemző cikkel nem találkoztunk.

Jelenlegi tanulmányunk a termőkörzetek klímaérzékenységét vizsgálja és jellemzi, ahol a termőkörzetek komplex környezeti hatást képviselnek. Érvényesül bennük a talaj, az éghajlat, a fajta összetétel, az alkalmazott agrotechnika (talajművelés, trágyázás, növényvédelem) hatása. Mindezen tényezők vélhető együttes meghatározó jellegét vizsgáljuk a termőhelyek termésstabilitásának megítélésében.

Feltételezve, hogy egy-egy adott termőhelyen a termőhelyi adottságoknak leginkább megfelelő fajtákat vontak termelésbe és azok termesztése során megfelelő termesztési technológiát alkalmaztak, első megközelítésben a stabilitást, a terméseredményt legnagyobb mértékben meghatározó tényező szerint, az évjáráthatásra adott válaszreakció szerint vizsgáljuk. Ezzel az emberi beavatkozással közvetlenül nem kontrolálható évjáráthatás szerepét határozzuk meg a termésátlag alakulásában.

Célunk a búza termőterületeinek – mint sajátos természeti és termelési erőforrásnak – megye szintű jellemzése és csoportosítása, idősoros termésadatok figyelembevételével, amely egyben meg is alapozza a klímaváltozással szemben érzékeny búzatermő területek azonosítását.

### Anyag és módszer

A rendelkezésre álló KSH adatokhoz igazodva az elemzés alapját 19 megye (és 20. megfigyelési egységként Budapest) búza termésátlag adatai adták. A klímaváltozás hatását 2000–2011 közötti időintervallumban vizsgáltuk. A képzett kiinduló adatmátrix lehetőséget adott mind a megyék (területsoros adatok), mind pedig az évjáráthatás (idősoros adatok) kimutatására, illetve ezek kölcsönhatásának grafikus vizsgálatára is. Az adatok elemzéséhez a leíró statisztikai módszereken túl egytényezős variancia analízist – az évek és régiók átlagainak összehasonlítására - illetve regresszió analízist – az adaptálódó képesség méréséhez - alkalmaztunk. A regresszióanalízis során az egyes megyék átlaga (függő változó) és a megyék együttes átlaga (független változó) közötti lineáris összefüggéseket vizsgáltuk, vagyis azt, hogy az egyes megyék évenkénti búzatermés átlagai mennyire követik az évenkénti együttes megyeátlagok alakulását. A megyék termésstabilitásának meghatározásában a növények adaptálódó képességének értékelése során használt elvet alkalmaztuk (*Eberhart és Russel* 1966), amely szerint stabilnak tekinthető az adott fajta, ha regressziós együttműködési együtthatója kisebb, mint egy ( $b < 1$ ), átlagos stabilitású, ha egy ( $b = 1$ ) és instabil, ha ez az érték nagyobb, mint egy ( $b > 1$ ). A megyéket több stabilitási paraméterrel ( $s$ ,  $s\%$ ,  $b$ ,  $r^2$ ) is jellemeztük, melyek a megyék klaszter-analízissel történő csoportosításának az alapját adták. A szórást ( $s$ ), az adott megye évenkénti búzatermésátlagának idősoros adataiból képeztük. A relatív szórás ( $s\%$ ), az adott megye évenkénti búzatermésátlagának relatív szórása, azaz, az adott megye szórás értéke az adott megye átlagának %-ában kifejezve. A lineáris regressziós együttható ( $b$ ), az adott megye évenkénti átlaga és a megyék együttes évenkénti átlaga közötti lineáris kapcsolatot leíró függvény regressziós együtthatója (amely megmutatja, hogy ha a megyeátlag ( $x$ ) érték hektáronként 1 kg-mal nő, akkor az adott megye esetében ( $y$ ) várhatóan átlagosan hektáronként hány kg termésátlag növekedés várható). A korrelációs együttható ( $r$ ), az adott megye átlaga és a megyék együttes átlaga közötti lineáris kapcsolat szorosságát

jelzi. A determinációs együttható ( $r^2$ ), azt mutatja, hogy a megyeátlagok változása milyen mértékben magyarázzák az adott megye átlagainak évenkénti ingadozását.

A klasszteranalízis dendrogramja alapján képzett megye csoportokat boxplottal hasonlítottuk össze és elhelyezkedésüket térképen szemléltettük. A számítások elvégzéséhez és az adatok szemléltetéséhez az Excel és a Minitab programokat használtuk.

## Eredmények

### *A búza termésátlagok alakulása megyénként*

A búza termésátlagok megyénkénti alakulását a vizsgált időszakban az *1. ábra* szemlélteti.

A vonaldiagramok együttese egy ingadozó, mérsékelt termésátlag növekedést mutat. Az ábrán látható, hogy az évjáráthatásnak meghatározó szerepe van a termésátlag alakulásában, mely mellett a termőhely hatása is jelentős. Ezen kívül kölcsönhatás is megfigyelhető az évjárat és a termőhely között, amit a megyénkénti búzatermesátlagok évenkénti eltérő sorrendje jelez. Továbbá megfigyelhető, hogy bizonyos években a termőhely hatása erőteljesebben érvényesül, ezt jelzi az *1. ábrában* látható nyilak hossza.

A búzatermesztés szempontjából kedvezőtlenebb évek (2002–2003 évek) esetén a megyék szerinti termésátlagok nagyobb relatív szórást mutattak, mint kedvező (2004, 2008) évjáratokban (*2. ábra*), vagyis a termőhely puffer hatásának a kedvezőtlen évjáratokban lehet nagyobb szerepe.

Adott termőhelyen vizsgálva viszont *Pepó* (2002) a kedvezőbb évjáratokban talált nagyobb eltéréseket a fajták termésátlagai között.

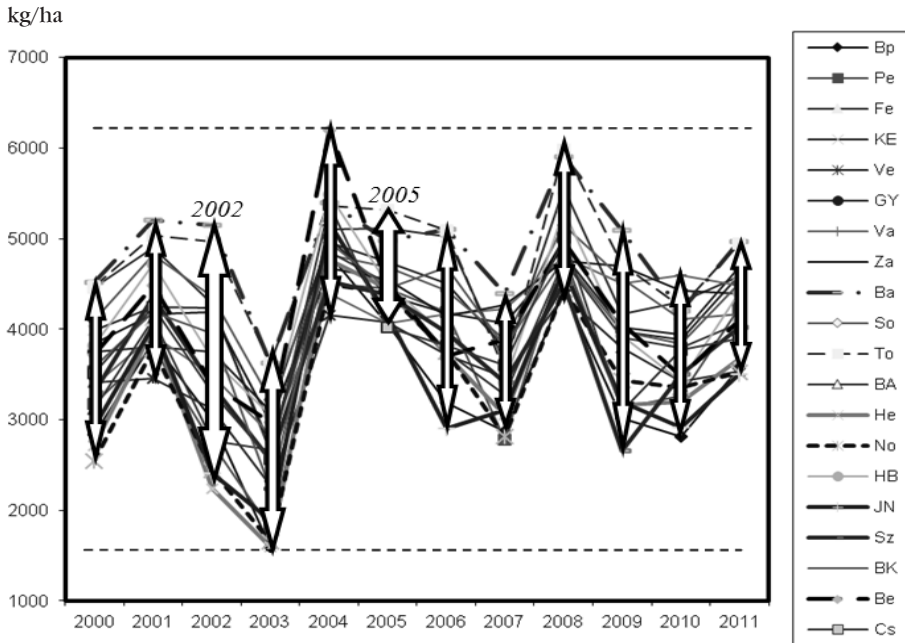
### *Az évek hatásának vizsgálata varianciaanalízissel*

Az évjárat hatás vizsgálatakor az egyes évek termésátlagait hasonlítjuk össze megyeszintű adatok alapján. A kiinduló adatok leíró statisztikai összefoglalását az *1. táblázat* mutatja. Az *1. táblázat* adatai ugyancsak alátámasztják az előzőekben tett megállapításunkat, hogy kedvező évjáratokban kisebb a termőhelyek átlagainak relatív szórása (9,4% és 9,2% 2004. és 2008. évben), míg kedvezőtlen évjáratok esetén az értékek jóval magasabbak (23,4% és 24,4% 2002. és 2003. év). A termésátlag és a relatív szórásérték között egy negatív szoros lineáris kapcsolat mutatható ki ( $r=-0,86$ ). A megyénkénti termésátlagok



évenkénti terjedelmének alakulása nem köthető egyértelműen kedvező vagy kedvezőtlen évjáráthoz. A kedvező 2004-es és kedvezőtlen 2003-as év egyaránt megközelítőleg 2 ezer kg/ha termésátlag terjedelmet mutat. A 2002. kedvezőtlen évjáratú évben találjuk a legnagyobb megyeátlag különbséget (2910 kg/ha) a vizsgált időszakban, vagyis ez az év mutatott legnagyobb eltéréseket (differenciákat) a megyék termésátlagában. A 2005. év viszont kedvező évjáratnak tekinthető és itt tapasztalható a legkisebb eltérés a megyeátlagok között. A megyeátlagok terjedelme ebben az évben 1300 kg/ha (1. és 3. ábra).

1. ábra. A búza termésátlag megyénkénti alakulása (2000–2011)



Jelölések: Bp - Budapest, Pe - Pest, Fe - Fejér, KE - Komárom-Esztergom, Ve - Veszprém, Gy - Győr-Moson-Sopron, Va - Vas, Za - Zala, Ba - Baranya, So - Somogy, To - Tolna, BA - Borsod-Abaúj-Zemplén, He - Heves, No - Nógrád, HB - Hajdú-Bihar, JN - Jász-Nagykun-Szolnok, Sz - Szabolcs-Szatmár-Bereg, BK - Bács-Kiskun, Be - Békés, Cs - Csongrád.

Figure 1. Wheat mean yield per county ( $\text{kg ha}^{-1}$ , 2000–2011). Marking: Bp - Budapest, Pe - Pest, Fe - Fejér, KE - Komárom-Esztergom, Ve - Veszprém, Gy - Győr-Moson-Sopron, Va - Vas, Za - Zala, Ba - Baranya, So - Somogy, To - Tolna, BA - Borsod-Abaúj-Zemplén, He - Heves, No - Nógrád, HB - Hajdú-Bihar, JN - Jász-Nagykun-Szolnok, Sz - Szabolcs-Szatmár-Bereg, BK - Bács-Kiskun, Be - Békés, Cs - Csongrád.

2. ábra. A megyék termésátlagainak évenkénti relatív szórás értékei  
(2000–2011)

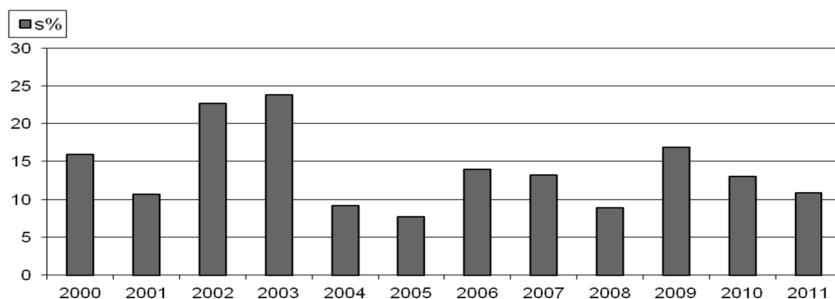


Figure 2. Relative standard deviation of the mean yields per county (2000–2011)

1. táblázat. A vizsgálatba vont évek búzatermésátlagának leíró statisztikai jellemzői megyesoros adatok alapján  
(kg/ha, 19 megye+Budapest)

Évek (1)	Átlag (kg/ha) (2)	Szórás (kg/ha) (3)	Relatív szórás (%) (4)	Minimum (kg/ha) (5)	Maximum (kg/ha) (6)	Terjedelem (kg/ha) (7)
2000	3557	581,1	16,3	2540	4520	1980
2001	4258	468,5	11,0	3460	5200	1740
2002	3541	827,1	23,4	2240	5150	2910
2003	2579	630,3	24,4	1600	3620	2020
2004	4949	466,5	9,4	4150	6190	2040
2005	4488	350,5	7,8	4020	5320	1300
2006	4098	587,3	14,3	2900	5100	2200
2007	3565	485,0	13,6	2780	4390	1610
2008	4933	452,2	9,2	4370	5980	1610
2009	3856	666,0	17,3	2660	5090	2430
2010	3724	498,9	13,4	2810	4600	1790
2011	4192	467,1	11,1	3500	4970	1470

Table 1. Descriptive statistic characteristics of the mean wheat yields of the years involved in the examination based on county serial data (kg ha<sup>-1</sup>, 19 counties+Budapest). (1) Years, (2) Mean (kg ha<sup>-1</sup>), (3) Standard deviation (kg ha<sup>-1</sup>), (4) Coefficient of variation, (5) Minimum (kg ha<sup>-1</sup>), (6) Maximum (kg ha<sup>-1</sup>), (7) Range (kg ha<sup>-1</sup>).

3. ábra. A megye szintű búza termésátlagok terjedelme évente (2000–2011)

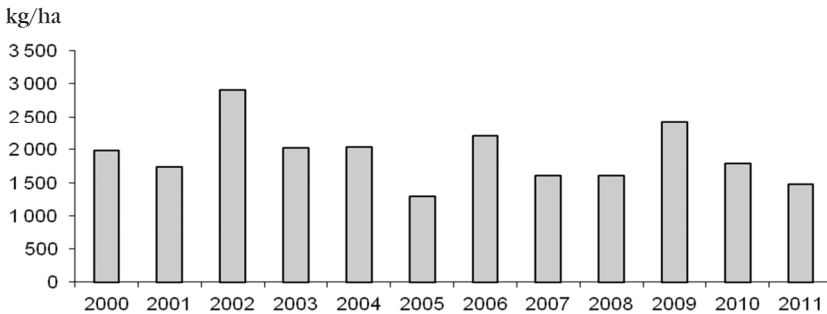


Figure 3. Wheat mean yield per county each year (2000–2011)

Míndez kiemeli a szélsőségesebb időjárási viszonyokhoz jobban alkalmazkodó fajták jelentőségét, melyek eltérő évjáratok mellett is stabilan magas terméshozamot adnak.

Az évenkénti termésátlagok különbségeinek vizsgálatához meggyesoros adatokon alapuló varianciaanalízist alkalmaztunk, ahol az évek alkották a kezeléseket és a megyék az ismétléseket (2. táblázat).

2. táblázat. A varianciaanalízis eredménye az évjáráthatás elemzéshez

Tényezők (1)	SS	Df	MS	F
Csoportok között (2)	96 585 228	11	8 780 475	29
Csoporton belül (3)	69 810 690	228	306 187	
Összesen (4)	166 395 918	239		

Table 2. Analysis of variance results of the crop year impact analysis. (1) Factors, (2) Between groups, (3) Within the group, (4) Total.

A variancia táblázat alapján megállapítható, hogy az évjáráthatás 58%-ban magyarázza ( $H^2=0,58$ ) a megyeszintű búzatermésátlagok ingadozását, vagyis a klímátényezők alakulásának meghatározó szerepe van.

A búza termésátlag szerint növekvő rangsorban rendezett évek egymástól többnyire jól elkülönülő, a búzatermés átlagban szignifikáns különbséget mutató 5 csoportba sorolható:

- 1. csoport: 2003;
- 2. csoport: 2002, 2000, 2007, 2010, 2009;
- 3. csoport: 2006, 2011, 2001;
- 4. csoport: 2005;
- 5. csoport: 2008, 2004.

A legnagyobb termésátlagot az 5. csoport (2008 és 2004) adta, amely a búzatermesztés szempontjából optimálisnak tekinthető, míg a legalacsonyabbat az 1. csoport (2003) száraz, aszályos évjáratával.

Az egyes csoportokon belül az évek termésátlagai nem mutatnak szignifikáns különbségeket. A különböző csoportba tartozó évek termésátlagai szignifikánsan eltérnek. Ez alól kivétel a 3. csoport két szélső tagja (2006 és 2001), melyek a más csoportba tartozó, de közvetlen rangsor szomszédaiktól (2009, illetve 2005) nem térnek el szignifikánsan. Az egyes évek között a legkisebb szignifikáns termésátlag különbség 345 kg/ha-nak ( $\alpha=5\%$ ), illetve 289 kg/ha-nak ( $\alpha=10\%$ ) adódott.

#### *A megyék hatásának vizsgálata varianciaanalízissel*

A varianciaanalízis során a megyék 2000–2011 közötti termésátlagra vonatkozó adatait elemeztük (3. táblázat). Most a megyék alkotják a kezeléseket és az évek az ismétléseket.

3. táblázat. A varianciaanalízis eredménye régióhatás vizsgálatához

Tényezők (1)	SS	Df	MS	F
Csoportok között (2)	46 723 052	19	2 459 108	4,52
Csoporton belül (3)	119 672 867	220	543 968	
Összesen (4)	166 395 918	239		

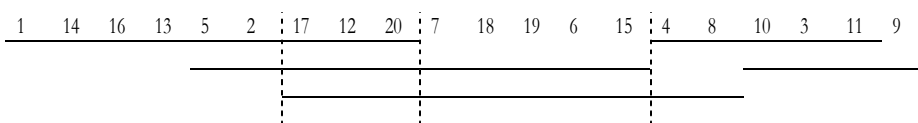
Table 3. Analysis of variance results of the region impact analysis. (1) Factors, (2) Between groups, (3) Within the group, (4) Total.

A varianciaanalízis eredménye is megerősíti, hogy a régióknak kisebb meghatározó szerepe van ( $H^2=28\%$ ), mint az évjáratnak ( $H^2=58\%$ ) a termésátlag alakításában.

Ebből is következik, hogy a régiók nem mutattak olyan egyértelmű elkülönülő csoportképződést, mint az évek, mert a régiókon belüli évjáratthatás okoz-

ta variancia nagyobb, mint egy adott évben a termőhelyhatás okozta variancia (4. ábra). Ez indokolja azt is, hogy a megyék közötti legkisebb szignifikáns különbség értéke (SzD=662,7 kg/ha,  $\alpha=5\%$ ) csaknem kétszerese az évek összehasonlításánál kapott értéknek.

4. ábra. A varianciaanalízis eredményeképpen kapott csoportképződések



Jelmagyarázat: a megyéket jelölő sorszámok az 1. ábránál megfelelően vannak (a szaggatott vonalak határolják le az egyes képzett megyecsoportokat).

Figure 4. Group formations obtained as a result of analysis of variance. Legend: the numbers marking each county conform to Figure 1 (the broken lines delineate each formed county group).

A közös egyenesre rendeződő csoportok megyéinek termésátlaga nem tér el szignifikánsan egymástól, a közös vonallal nem rendelkező csoportok megyéi szignifikáns eltéréseket mutatnak.

A variancia-analízis eredménye alapján 4 csoportot képeztünk (a 4. ábrán a szaggatott vonalak jelzik) a termésátlagok hasonlóságának figyelembevételével, melynek helyességét újabb varianciaanalízissel ellenőriztük.

- 1. csoport: Budapest, Nógrád, Jász-Nagykun-Szolnok, Heves, Pest, Veszprém;
- 2. csoport: Szabolcs-Szatmár-Bereg, Borsod-Abaúj-Zemplén, Csongrád;
- 3. csoport: Vas, Bács-Kiskun, Békés, Győr-Moson-Sopron, Hajdú-Bihar;
- 4. csoport: Komárom-Esztergom, Zala, Somogy, Fejér, Tolna, Baranya.

Az 1. csoport a legalacsonyabb termésátlagú, míg az 4. csoport a legmagasabb termésátlagú megyéket tartalmazza.

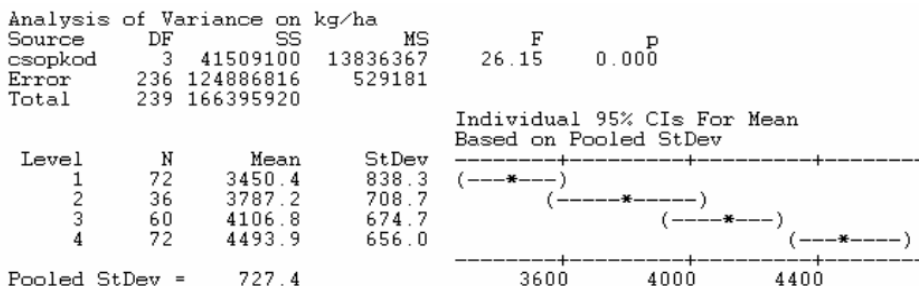
A varianciaanalízis eredménye igazolja a 4 csoportképzés helyességét, a képzett csoportok átlagai egymástól szignifikánsan eltérnek, amely az egyes csoportok középérték intervallumainak elkülönülésén is megfigyelhető (4. táblázat).

#### Régiók termésstabilitásának vizsgálata

A következőben a megyéket főbb stabilitási paramétereik alapján, az évjárat-hatásra adott reakciójuk szerint jellemeztük (5. táblázat). A klaszteranalízissel

kapott megyecsoportokat a csoportok átlag stabilitási paramétereivel írtuk le (6. táblázat) és elkülönülésüket boxplottal szemléltettük (5. ábra).

4. táblázat. A varianciaanalízis a képzett 4 csoport elkülönülésének vizsgálatához a középértékek konfidencia intervallumának ábrázolása



Forrás: Minitab statisztika programmal készített elemzés outputja.

Table 4. Displaying the mean value confidence intervals of the variance analysis in order to examine the separation of the four formed groups. Source: Output of the analysis performed with Minitab.

A megyéket klaszteranalízis felhasználásával csoportosítottuk főbb standardizált stabilitási paramétereik (szórás, relatív szórás, regressziós együttható, determinációs együttható) alapján (6. ábra).

A dendrogram alapján képzett 4 megyecsoport a termésstabilitási paramétereik alapján jól elkülönül egymástól. Kivételt képez ez alól a termésátlag szerinti összehasonlítás eredménye, ahol csak az első „A” csoport mutat szignifikáns elkülönülést a másik háromtól.

Az első csoportnál (A csoport) a megyék alacsony termésátlagához alacsony termésstabilitás társul, ezt a magas relatív szórás és regressziós együttható értékek is jelzik (5–6. táblázat, 7. ábra). A második csoport (B csoport) magasabb terméseredménnyel és közepes stabilitással jellemezhető (8. ábra).

A harmadik csoport (C csoport) termésátlag szempontjából heterogénebb, melynek oka, hogy ide tartozik az alacsonyabb termésátlaggal rendelkező Veszprém megye és a magas termésátlagú Somogy és Baranya megye is (5–6. táblázat, 9. ábra).

A közös csoportba való kerülésüket a kedvező stabilitási mutatóik indokolják ( $b < 0,8$  és  $s\% < 15\%$ ). Búzatermesztés szempontjából az ide tartozó stabilan nagy termésátlagot biztosító megyék a kedvezőbbek. Végül a 4. csoportban

(D csoport), a magas, de nem kiemelkedő termésátlagú megyéket látjuk elkülönülni (10. ábra).

5. táblázat. A megyék főbb termésstabilitási paramétereit 2000–2011 időszakra vonatkozóan

Megyék (1)	Átlag (kg/ha) (2)	Szórás (kg/ha) (3)	Relatív szórás (4)	Regressziós együttható (5)	Determinációs együttható (6)
Bp	3337	864	26	1,28	0,96
Pe	3573	903	25	1,30	0,91
Fe	4479	778	17	1,09	0,86
KE	4220	628	15	0,90	0,90
Ve	3567	545	15	0,77	0,87
GY	4126	533	13	0,73	0,82
Va	4073	576	14	0,64	0,54
Za	4256	486	11	0,60	0,68
Ba	4876	603	12	0,78	0,75
So	4360	512	12	0,70	0,83
To	4773	713	15	0,92	0,74
BA	3798	723	19	1,02	0,88
He	3438	974	28	1,43	0,94
No	3383	885	26	1,29	0,93
HB	4136	760	18	1,07	0,87
JN	3405	944	28	1,34	0,88
Sz	3713	687	18	0,91	0,78
BK	4079	722	18	1,02	0,87
Be	4121	851	21	1,13	0,77
Cs	3851	770	20	1,07	0,85

Jelölések: Bp – Budapest, Pe – Pest, Fe – Fejér, KE – Komárom-Esztergom, Ve – Veszprém, Gy – Győr-Moson-Sopron, Va – Vas, Za – Zala, Ba – Baranya, So – Somogy, To – Tolna, BA – Borsod-Abaúj-Zemplén, He – Heves, No – Nógrád, HB – Hajdú-Bihar, JN – Jász-Nagykun-Szolnok, Sz – Szabolcs-Szatmár-Bereg, BK – Bács-Kiskun, Be – Békés, Cs – Csongrád.

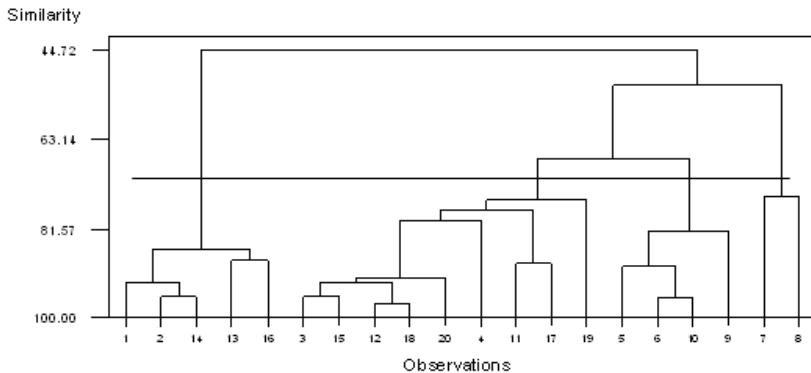
Table 5. Main yield stability parameters of the counties for 2000–2011. (1) Counties, (2) Mean (kg ha<sup>-1</sup>), (3) Standard deviation (kg ha<sup>-1</sup>), (4) Coefficient of variation, (5) Regression coefficient, (6) Determination coefficient. Legend: Bp – Budapest, Pe – Pest, Fe – Fejér, KE – Komárom-Esztergom, Ve – Veszprém, Gy – Győr-Moson-Sopron, Va – Vas, Za – Zala, Ba – Baranya, So – Somogy, To – Tolna, BA – Borsod-Abaúj-Zemplén, He – Heves, No – Nógrád, HB – Hajdú-Bihar, JN – Jász-Nagykun-Szolnok, Sz – Szabolcs-Szatmár-Bereg, BK – Bács-Kiskun, Be – Békés, Cs – Csongrád.

6. táblázat. A klaszteranalízissel kapott 4 megyecsoporthat stabilitási paramétereinek az átlaga

Stabilitási paraméterek (1)	A csoport (2)	B csoport (3)	C csoport (4)	D csoport (5)
Csoportok termésátlaga (kg/ha) (6)	3427	4130	4232	4165
Termésátlagok szórása (s) (7)	914	737	548	531
Termésátlagok relatív szórása (s%) (8)	26,60	17,90	13,00	12,50
Regressziós együttható (b) (9)	1,33	1,02	0,75	0,62
Determinációs együttható ( $r^2$ ) (10)	0,93	0,84	0,82	0,61

Table 6. Mean values of the stability parameters of the four county groups obtained with cluster analysis. (1) Stability parameters, (2) Group A, (3) Group B, (4) Group C, (5) Group D, (6) Mean yield of groups (kg ha<sup>-1</sup>), (7) Standard deviation of mean yields (s), (8) Coefficient of variation of mean yields (s%), (9) Regression coefficient (b), (10) Determination coefficient ( $r^2$ ).

5. ábra. A megyék csoportosulása főbb stabilitási mutatóik alapján 2000–2011 évek intervallumára vonatkozóan



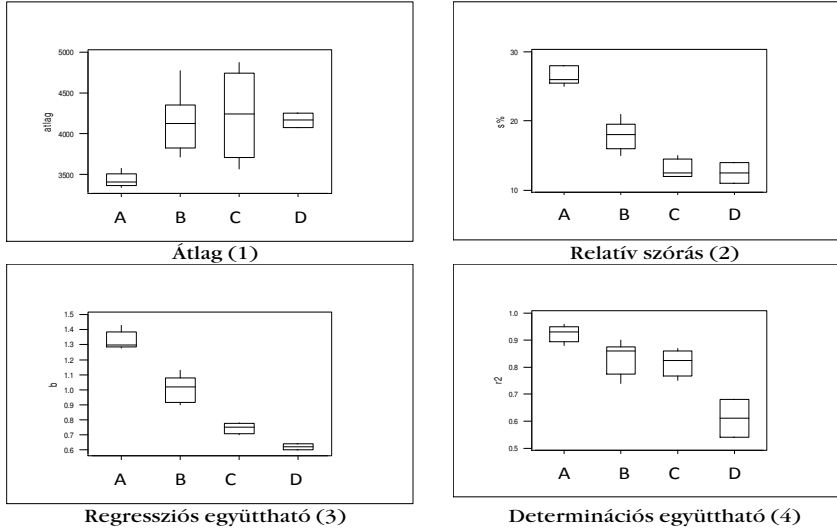
Forrás: Minitab statisztika programmal készített elemzés outputja.

Megjegyzés: A csoport: (1) Budapest, (2) Pest, (14) Nógrád, (13) Heves, (16) Jász-Nagykun-Szolnok; B csoport: (3) Fejér, (15) Hajdú-Bihar, (12) Borsod-Abaúj-Zemplén, (18) Bács-Kiskun, (20) Csongrád, (4) Komárom-Esztergom (11) Tolna, (17) Szabolcs-Szatmár-Bereg, (19) Békés; C csoport: (5) Veszprém, (6) Győr-Moson-Sopron, (10) Somogy, (9) Baranya; D csoport: (7) Vas, (8) Zala.

Figure 5. Grouping of counties based on the main stability indexes in 2000–2011. Note: Group A: (1) Budapest, (2) Pest, (14) Nógrád, (13) Heves, (16) Jász-Nagykun-Szolnok; Group B: (3) Fejér, (15) Hajdú-Bihar, (12) Borsod-Abaúj-Zemplén, (18) Bács-Kiskun, (20) Csongrád, (4) Komárom-Esztergom (11) Tolna, (17) Szabolcs-Szatmár-Bereg, (19) Békés; Group C: (5) Veszprém, (6) Győr-Moson-Sopron, (10) Somogy, (9) Baranya; Group D: (7) Vas, (8) Zala. Source: Output of the analysis performed with Minitab.



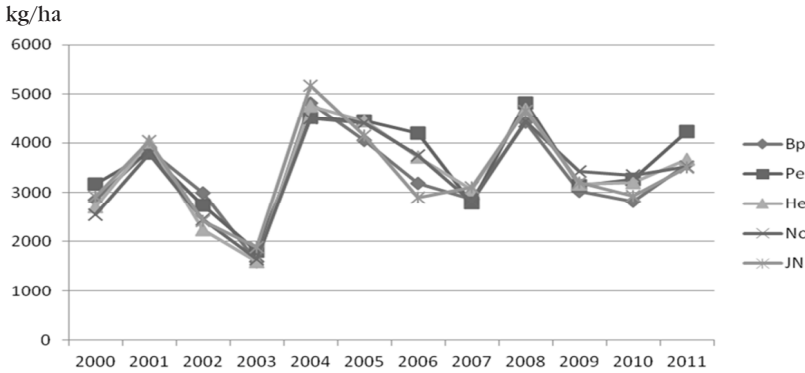
6. ábra. A klaszteranalízissel kapott 4 csoport grafikus jellemzése stabilitási paraméterekkel



Forrás: Minitab statisztika programmal készített elemzés outputja.

Figure 6. Graphic analysis of the four groups obtained with cluster analysis with stability parameters. (1) Mean, (2) Coefficient of variation, (3) Regression coefficient, (4) Determination coefficient. Source: Output of the analysis performed with Minitab.

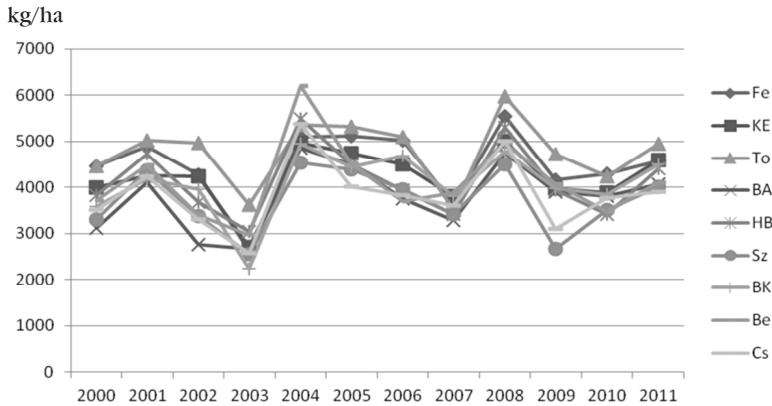
7. ábra. A búzatermés átlagának alakulása az „A” csoport megyéiben (2000–2011)



Megjegyzés: A csoport: Budapest – Bp, Pest – Pe, Heves – He, Nógrád – No, Jász-Nagykunszolnok – JN.

Figure 7. Mean wheat yield in the counties of group "A" (2000–2011). Note: Group A: Budapest – Bp, Pest – Pe, Heves – He, Nógrád – No, Jász-Nagykunszolnok – JN.

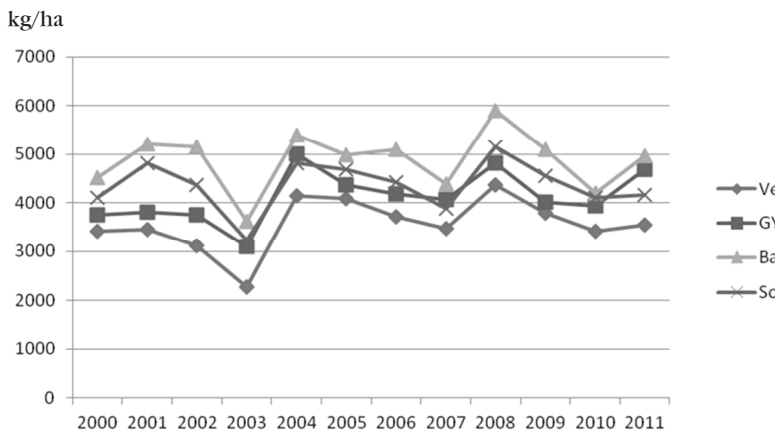
8. ábra. A búzatermés átlagának alakulása a „B” csoport megyéiben (2000–2011)



Megjegyzés: B csoport: Fejér - Fe, Komárom-Esztergom - KE, Tolna - To, Borsod-Abaúj-Zemplén - BA, Hajdú-Bihar - HB, Szabolcs-Szatmár-Bereg - Sz, Bács-Kiskun - BK, Békés - Be, Csongrád - Cs.

Figure 8. Mean wheat yield in the counties of group "B" (2000–2011). Note: Group B: Fejér - Fe, Komárom-Esztergom - KE, Tolna - To, Borsod-Abaúj-Zemplén - BA, Hajdú-Bihar - HB, Szabolcs-Szatmár-Bereg - Sz, Bács-Kiskun - BK, Békés - Be, Csongrád - Cs.

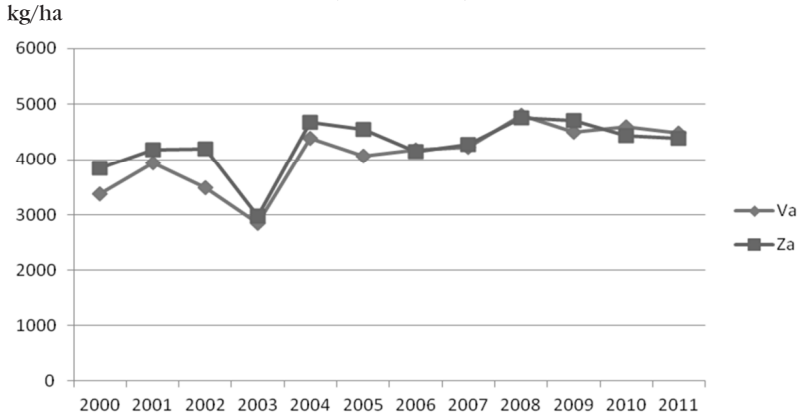
9. ábra. A búzatermés átlagának alakulása a „C” csoport megyéiben (2000–2011)



Megjegyzés: C csoport: Veszprém - Ve, Győr-Moson-Sopron - GY, Baranya - Ba, Somogy - So.

Figure 9. Mean wheat yield in the counties of group "C" (2000–2011). Note: Group C: Veszprém - Ve, Győr-Moson-Sopron - GY, Baranya - Ba, Somogy - So.

10. ábra. A búzatermés átlagának alakulása a „D” csoport megyéiben (2000–2011)



Megjegyzés: D csoport: Vas – Va, Zala – Za.

Figure 10. Mean wheat yield in the counties of group "D" (2000–2011). Note: Group D: Vas – Va, Zala – Za.

Ehhez egyrészt kedvezően alacsony regressziós együtthatók társulnak (0,64 és 0,6), amely az abszolút stabilitás jellemzője, másrészt a kedvezőtlen alacsony determinációs együtthatók (0,54 és 0,68) is, ami arra utal, hogy e két megye (Vas és Zala megye) esetében az évenkénti termésátlagok a megyék együttes átlagának alakulásától meglehetősen eltérnek.

Ez alapján e két megyét országos szinten puffertartásának is tekinthetjük, vagyis, ha országos búzatermésátlag magas e két megyében a termésátlag alacsonyabb, illetve, ha az országos termésátlag alacsonyabb, akkor itt attól magasabb termésátlag várható.

A megyék két szempont szerinti, azaz a termésátlagot és a termésstabilitást is figyelembevevő csoportosítását a 7. táblázat foglalja össze.

A termésátlag és termésstabilitás együttes figyelembevételével képezhető megye-csoportosítások, illetve azok területi elhelyezkedését a 11. ábra karterogramja szemlélteti.

### Következtetés

Az őszi búza termésátlagok alakulásában jelentős szerepet játszanak az időjárási viszonyok. A szélsőséges időjárási viszonyok ellenére – mely a termés-

átlagok varianciájának növekedését is feltételezi – a megyék termésátlagainak szórásában nem tapasztaltunk egyirányú növekedést az évek folyamán. A megyék termésátlagainak szórás ingadozása a termésátlag alakulásának 4–5 éves ciklusának megfelelően változott. Szélsőséges időjárás nagy termésingadozást okoz az egyes megyék között, míg egy a búzatermesztés szempontjából kedvező évjárat esetén kisebb relatív különbségek tapasztalhatók a megye szintű termésátlagokban.

7. táblázat. A megyék két szempontú csoportosítása

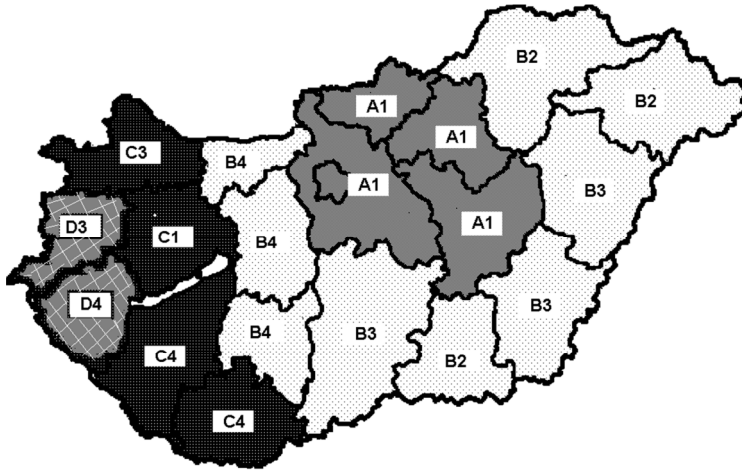
Termésstabilitás szerinti csoportok (1)	Termésátlag szerinti csoportok (2)			
	1. gyenge (3)	2. átlag alatti (4)	3. átlag feletti (5)	4. kedvező (6)
A (érzékeny) (7)	Bp, Pe, No, He, JN			
B (relatív stabil) (8)		Sz, BA, Cs	BK, Be, HB	KE, Fe, To
C (stabil) (9)	Ve		Gy	So, Ba
D (stabil) (10)			Va	Za

Table 7. Classification of counties from two aspects. (1) Groups of yield stability, (2) Groups of mean yield, (3) Weak, (4) Below the average, (5) Above the average, (6) Favourable, (7) Sensitive, (8) Relatively stable, (9) Stable.

Ez nem feltétlenül ellentétes Pepó megállapításával – miszerint „*a termés-különbségek a kedvezőtlen évjáratokban relatíve mérsékeltebbek, míg kedvező évjáratokban a genotípusbeli különbségek lényegesen megnőnek*”, mert ő egy adott termőhelyen a fajták közötti, mi pedig a megye átlagok közötti különbségeket vizsgáltuk. Így a megfelelő fajtaszerkezet pufferoló hatása mérsékelheti a megyék között megfigyelhető termésátlagokban jelentkező különbségeket, időjárási szempontból kedvezőtlen évjárat esetén pedig a megye klímaérzékenysége kap nagyobb szerepet.

Magyarország búzatermő területének megközelítően 22%-a igen érzékeny (az ország három régióját is magába foglaló megyetársulás, nevezetesen Nógrád, Jász-Nagykun-Szolnok, Heves, Pest megye és Budapest), 54%-a átlagosan érzékeny (az ország keleti és a Dunántúl keleti része), és közel 24%-a (az ország nyugati része – Nyugat-Dunántúl és Dél-Dunántúl) viszonylag stabilnak tekinthető a klimatikus hatásokkal szemben (11. ábra).

11. ábra. A megyék csoportosítása a búzatermés átlaga és a termésstabilitási értékszám alapján



Jelmagyarázat: a 7. táblázat oldalléce és fejléce alapján.

Figure 11. County classification based on mean wheat yield and yield stability value. Legend: based on the sidebar and heading of Table 7.

A bemutatott termésstabilitási vizsgálati módszer és annak eredménye a stabilitási indikátorok képzésének segítségével lehetőséget ad a megyék egymáshoz viszonyított klímaérzékenységének jellemzésére. Bizonyosnak tűnik, hogy a kedvezőtlen termésstabilitással jellemezhető területeken a jobb termésbiztonság eléréséhez nagyobb figyelmet kell fordítani a fajtaszerkezet és az alkalmazott agrotechnika megválasztására.

Ez az előzetes tanulmány egy nagyobb project része, melynek célja a természeti erőforrások feltérképezése és értékelési rendszerének kidolgozása. A megjelenített elemzés csupán a termőterületnek és az éghajlatnak, mint sajátos természeti erőforrásnak az összehasonlítását és a búza terméseredményeire gyakorolt hatásának bemutatását tűzte ki célként, így azt mintegy a természeti erőforrások vizsgálatának egy sajátos alternatív módszerének is tekinthetjük.

A továbbiakban a klímaváltozás jellemző indikátorainak (hőmérséklet, csapadék, talaj, napfényes órák száma stb.) idősoros adatai alapján a termőterületek klaszterezését és az így kapott eredmények összehasonlítását kívánjuk összevetni az előzőekben kapott csoportképződéssel. Feltehetően – de nem

feltétlenül – a két csoportképzés között erős, módszertani elemzéseken nyugvó összhang kimutatása várható. Ebben az esetben a termésátlagok változása egyértelműen visszavezethetővé válik a klimatikus változásokra. Abban az esetben, ha a kétféle csoportképzés egyezőségének hiánya bizonyosodna be egyéb tényezők (talajviszonyok, fajtaszerkezet, művelési mód, műtrágyázás, öntözés stb.) vizsgálatba való bevonása válik szükségessé.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatást a TAMOP-4.2.1./B-11/2/KMR-2011-0003 project támogatta, melyért utólag is köszönetünket fejezzük ki.

### IRODALOM

- Ágoston T.–Pepó P.: 2005. Évjáráthatás vizsgálata őszi búzafajták termésére és termésstabilitására. Agrártudományi Közlemények. Különszám. 16: 62–67.
- Bedő Z.–Balla L.: 1977. Őszi búzafajták termőképesség stabilitása különböző ökológiai viszonyok között. Növénytermelés. 26. 6: 443–449.
- Birkás M.–Bencsik K.–Stingli A.: 2007. A talajminőség jelentősége a klímaváltozásokkal összefüggésben. Acta Agronomica Ovariensis. 49. 2: 135–140.
- Easterling III., W. E.–Crosson, P. R.–Rosenberg, N. J.–McKenney, M. S.–Katz, L. A.–Lemon, L.: 1993. Agricultural impacts of and responses to climate change in the Missouri-Iowa-Nebraska-Kansas (MINK) region. Climatic Change. 24: 23–61.
- Eberhardt, S. A.–Russel, W. A.: 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 6: 36–40.
- Jolánkai M.–Szöllősi G.–Szentpétery Zs.: 2004. Az őszi búza termésének és minőségének változása különböző évjáratokban. Gyakorlati Agroforum Extra. 6: 6–9.
- Kajdi F.: 2006. A minőségi búzatermesztés fajta, termőhelyi és termesztés-technológiai összefüggései. Agro Napló. 10. 9: 17–21.
- Késmárki I.–Szalay F.–Petróczki F.: 2007. Természetes vizeink klímaérzékenysége. TSF Tudományos Közlemények. 7. 1–2: 449–460.
- Makó A.–Máté F.–Szász G.–Tóth G.–Sisák I.–Hernádi H.: 2009. A talajok klímaérzékenységének vizsgálata a kukorica termésreakciói alapján. „Klíma-21” Füzetek. 56: 8–35.
- Pepó P.: 2002. A hazai őszi búzatermesztés helyzete és fejlesztési lehetőségei. Gyakorlati Agroforum. 13. 9: 2–5.
- Pepó P.: 2004. Az évjárat hatása az őszi búza termésmennyiségére tartamkísérletben. Növénytermelés. 53. 4: 339–350.

- Pepó, P.–Győri, Z.:* 2005. A study of the yield stability of winter wheat varieties. *Cereal Res. Commun.* 33. 4: 769–776.
- Rosenberg, N. J.:* 1992. Adaptation of agriculture to climate change. *Climatic Change.* 21: 385–405.
- Seino, H.:* 1993. Impacts of climatic warming on Japanese agriculture. [In: Shuzo, N. et al. (eds.) *The Potential Effects of Climate Change in Japan.* Environment Agency of Japan.] Tokyo. 15–35.
- Sisák I.–Máté F.–Makó A.–Szász G.–Hausner Cs.:* 2009. A talajok klímaérzékenysége. „Klíma-21” Füzetek. 57: 31–42.
- Szabó M.–Ángyán J.–Forgács M.–Tirczka I.:* 1987. Magyarország klimatikus adottságainak biometriai elemzése az őszi búza termésátlaga és minősége szempontjából. *Növénytermelés.* 36. 1: 17–30.
- Tóth Á.–Győri Z.:* 2004. A termőhely hatása a 2002/2003-as őszi búzafajták minőségére. *Agrártudományi Közlemények.* 13: 100–107.
- Tóthné Lőkös K.:* 1999. Az évjárat hatása hagyományos és a DH eredetű búzapolulációk termésstabilitására. *Növénytermelés.* 48. 3: 261–268.
- Williams, C. L.–Liebman, M.–Edwards, J. W.–James, D. E.–Singer, J. W.–Arritt, R.–Herzmann, D.:* 2008. Patterns of Regional Yield Stability in Association with Regional Environmental Characteristics. *Crop Science.* 48: 1546–1559.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Tóthné Dr. Lőkös Klára – Dr. ifj. Lőkös László  
Szent István Egyetem  
Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar  
Közgazdaságtudományi és Módszertani Intézet  
Gödöllő  
Páter K. u. 1.  
H-2103





## KÖNYVISMERTETÉS

### Book reviews

Kádár Imre „A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet első évtizedének tanulságai”  
(Akaprint, Budapest, 2012, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet,  
177 p. 99 táblázattal)

Kádár Imre „A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet tanulságai 1984–2000”  
(Akaprint, Budapest, 2013, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet,  
356 p. 210 táblázattal)

Eötvös Lóránd 1889. június 24-én tartott Akadémiai Elnöki megnyitó beszédében arra utalt, hogy az MTA alapvető feladata a tudomány és az irodalom magyar nyelven való művelése és terjesztése. Megállapítja: „*Legháttrább állunk a tudományos kézikönyvek dolgában. A színvonalas magyar nyelvű kézikönyv ritka. Főként azok a szakkönyvek fontosak, melyek hazánkra vonatkoznak.*”

A 124 évvel ezelőtt megfogalmazottak mit sem veszítettek időszerűségükből. A természeti erőforrásokhoz, mint a talaj, víz, éghajlat, illetve az agronómiai-gazdálkodási-környezeti viszonyokhoz kapcsolódó kutatások bizonyos specifikummal rendelkeznek és a nemzeti tudományok (Hungaricum) körébe tartoznak. Létezik ugyanis magyar talaj, valamint földtani, hidrológiai, éghajlati, agronómiai, gazdálkodási környezet. Eltérő a csapadék mennyisége, részben a minősége, a hőmérséklet, a napsütéses órák száma, a talajok és növények minősége, vizeink összetétele stb. Részben már növényeket termesztünk, és másképpen gazdálkodunk.

Az eltérő természeti, talajtani, vízrajzi, éghajlati és gazdálkodási körülmények között nyert összefüggések és kutatási eredmények közvetlenül nem vihetők át más helyre, mert adataik részlegesen érvényüket veszítik, illetve

félrevezetők. A természeti erőforrásokhoz kapcsolódó hazai kutatások helyettesíthetetlenek, mert másutt és mások által el nem végezhetők. Eredményeire gazdasági döntések, hazai szabványok, környezetvédelmi előírások, hasznosítással összefüggő szaktanácsadási és gazdálkodási eljárások épülnek. E kutatások mélysége, és mennyisége határozza meg végső soron a gazdálkodás és irányítás hatékonyságát és ezzel az ország jólétét. Adataik nem évülnek el.

A növénytáplálási, műtrágyázási és általában a talajtermékenységi alapkutatásokkal szembeni igény ugrásszerűen megnőtt a '70-es évek elejére. Nem lehet tájakra, régiókra vagy talajtípusokra úgynevezett „optimális NPK adatokat/arányokat” javasolni. Mint azt az 1950-es, 1960-as években gondoltuk. Az adagarány NPK tartamkísérletek informatikai ereje csökkent idővel. A szaktanácsadás táblaszinten folyik. A tapasztalat-átvitel eszköze az agronómiailag és élettanilag értelmezhető növény-és talajvizsgálat.

A szerző 1973 őszén állította be műtrágyázási tartamkísérletét az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete Nagyhörcsök Telepén, mészlepedékes csernozjom talajon. A kísérlet új kutatási irányzatot honosított meg, új szemléletet teremtett. Tápláltsági szituációkat hozott létre: gyenge, közepes, kielégítő, túlzott vagy káros. Mindhárom meghatározó fő tápelem tekintetében, az összes lehetséges változót beállítva. Ezzel képes volt reprezentálni mindazon minőségileg eltérő tápláltsági viszonyokat, melyek az üzemek gyakorlatában előfordulnak, illetve előfordulhatnak a jövőben.

Lehetővé vált egyidejűleg vizsgálni mind a hiányos vagy túlzott, egyoldalú vagy kiegyensúlyozott stb. tápelemkínálat hatását a talajra és a növényre. Számszerű összefüggéseket állapítottak meg a növények termése, makro- és mikroelem tartalma, minőségi jellemzői, betegség-ellenállósága, gyomosodási viszonyai között a tápláltság függvényében. Az eredményeiket részletes talajvizsgálati és növénydiagnosztikai adatokhoz kötötték, határértékeket kidolgozva a műtrágyázási szaktanácsadás számára. A kísérlet lehetővé tette a főbb ionantagonizmusok és szinergizmusok feltárását szabadföldi viszonyok között, értelmezésüket és beépítésüket a trágyahatások magyarázatába és ezzel a szaktanácsadásba. Az elmúlt 4 évtized folyamán a szerző munkatársaival 24 szántóföldi növényfajra és telepített gyepre állapított meg talajvizsgálati és növénydiagnosztikai optimum, hiány és túlsúly ellátottsági határkoncentrációkat.

A kísérlet sikeresen integrálta a rokontudományok képviselőit: talajbiológia, gyomtudomány, növénykórtan, takarmányozástan, élelmiszeripar (söripar,

növényolajipar, kenderipar, cukoripar, alkaloida-ipar minőségvizsgáló laboratóriumai és szakemberei). Ezzel lehetővé vált a jelenségeket és folyamatokat úgy megismerni összetettségükben, ahogy azok a természetben megjelennek. Rendszeresen folytak talajkémiái és időnként speciális talajbiológiai vizsgálatok. A szántott réteg elemzésén túl 6 m-ig terjedő mélységi mintavételekre is sor került, hogy az egyes elemek kimosódását, talajvízbe jutását nyomon kövessék. Az alkalmazott ICP technika segítségével 20–25 elemet határoztak meg rutinszerűen. Emellett vizsgálták az oldhatósági formákat, elemfrakciókat.

A kísérletek első évtizedének tanulságait összefoglaló kiadvány 2012-ben 177, míg a következő 17 év eredményeit bemutató kiadvány 356 oldalon 2013-ban jelent meg az Akaprint Nyomda kiadásában, fóliázott kötésben. Az előszót követően kerül sor a termőhely, valamint a kísérleti körülmények leírására. Az eredmények évenként, a vizsgált növények sorrendjében vannak bemutatva. Az első 10 évben búza (2 éven át), kukorica (2 éven át), burgonya, őszi árpa, zab, cukorrépa, napraforgó, mák. A következő 17 évben: őszi repce, mustár, sörárpa, olajlen, szója, rostkender, borsó tritikále, szemescirok, silókukorica, sárgarépa, rozs, köles, bab, olaszperje (2 éven át), spenót.

Az évente kapott tízezres nagyságú adattömeget statisztikailag precízen értékelve az első évtizedben 99, a második 17 évben 210 táblázat foglalja össze. A szerző és munkatársai minden év főbb tanulságait külön is megfogalmazzák magyar és angol nyelven. Közlik a megjelent tudományos cikkek táblázat címeinek angol fordításait, hogy az eredményeket az idegen nyelvű olvasók számára is elérhetővé tegyék.

Az első 10 év kutatásairól 52, a következő 17 évről 87 saját közlemény számol be. Az egyes közlemények általában nagyívű történeti és nemzetközi áttekintést adnak a vizsgált növényfaj szakirodalmából. A munka külön értékét képezi az ismeretek ilyenén összegzése, német/orosz/angol/magyar források értékelése évszázados áttekintéssel. Az első 10 év kultúráit tárgyalva 125, a másik 17 évet érintve 223 szakirodalmi hivatkozás történik.

A kiadványok borítóján feltüntették az alapul szolgáló közlemények társszerzőit. A lista 34 nevet tartalmaz a kísérlet 4 évtizedét, az utóbbi 13 évben telepített gyep közléseit is tekintetbe véve. Számosan már nincsenek velünk. De tovább élnek munkáinkban, melyre épülhet egy szakszerűbb gazdálkodás. A könyveket végül az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet által 1980–2013 között publikált kiadványok címjegyzéke zárja 26 tételt felsorolva.

Az ismertetett munkák ajánlhatók a kutatás, oktatás, szaktanácsadás és tá-  
gabban minden, a téma iránt érdeklődő számára. Letölthetők a korábbi kiad-  
ványokkal együtt az MTA ATK TAKI honlapjáról: [www.mta-taki.hu](http://www.mta-taki.hu), illetve  
ingyen hozzáférhetők, míg a készlet tart.

Németh Tamás



**NAGY JÁNOS** főszerkesztő

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

---

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika

---