

Crop  
Production



# NÖVÉNYTERMELÉS

61. kötet | 4. szám | 2012. december

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Funkcionális  
élelmiszerek előállítása  
étkezési csírákból  
molibdénnel, illetve  
szelén kezeléssel

Talajállapot-vizsgálatok  
értékelése szántóföldi  
kísérletekben

Összefüggés a talaj  
K-ellátottsága,  
a kukorica K-tápláltsága  
és terméshozama között  
műtrágyázási  
tartamkísérletben

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

# Növénytermelés

## CROP PRODUCTION

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

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

### **Szerkesztőség:**

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

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

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

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

ISSN 0546-8191  
Növényterm 61 (2012) 4  
Printed in Hungary

# Növénytermelés

CROP PRODUCTION

61. kötet, 4. szám, 2012. december

*Főszerkesztő/Editor-in-Chief:*

JÁNOS NAGY

*Szerkesztőbizottság/Editorial Board:*

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

VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM

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

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

Felelős szerkesztő: Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Sulyok Dénes

Megjelent: 8,75 (A/5) ív terjedelemben

ISSN 0546-8191

## TARTALOM

<i>Bódi Éva–Peles Ferenc–Andrási Dávid–Fekete István–Kovács Béla:</i> Funkcionális élelmiszerek előállítása étkezési csírákból molibdénnel, illetve szelén kezeléssel .....	5
<i>Földesi Petra–Gyuricza Csaba:</i> Talajállapot-vizsgálatok értékelése szántóföldi kísérletekben .....	35
<i>Izsáki Zoltán:</i> Összefüggés a talaj K-ellátottsága, a kukorica K-tápláltsága és termés hozama között műtrágyázási tartamkísérletben .....	55
<i>Jolánkai Péter–Farkas Ildikó–Bjørn Utgård:</i> Elemi amorf szén hatása a kukorica biomassza tömegére és hajtáshosszára tenyészedeny kísérletben .....	73
<i>Kádár Imre–Ragályi Péter:</i> Vágóhídi hulladékok hatása a növények termésére karbonátos homoktalajon .....	81
<i>Makleit Péter–Nagy Antal–Székács András–Fónagy Adrien:</i> Pioneer kukorica hibridek ciklikushidroxámsav-tartalmának összehasonlítása .....	107
SZEMLE	
<i>Kakuszi Zoltán–Birkás Márta:</i> A tarló újbungonya termesztés a hazai szakirodalom tükrében .....	119
KÖNYVISMERTETÉS .....	137

## CONTENTS

<i>É. Bódi–F. Peles–D. András–I. Fekete–B. Kovács:</i> Production of functional foods from sprouts with molybdenum and selenium treatment .....	5
<i>P. Földesi–Cs. Gyuricza:</i> Evaluation of soil condition analyses in field experiments .....	35
<i>Z. Izsáki:</i> Correlation between the K supply of the soil, the level of K nutrition of maize and maize yield in a long-term fertilisation experiment .....	55
<i>P. Jolánkai–I. Farkas–B. Utgård:</i> Effect of amorphous charcoal on maize in a pot experiment .....	73

<i>I. Kádár–P. Ragályi: The effect of slaughterhouse waste on crop yield on calcareous sandy soil .....</i>	81
<i>P. Makleit–A. Nagy–A. Székács–A. Fónagy: Comparison of Pioneer maize hybrids' cyclic hydroxamic acid contents.....</i>	107
REWIEV	
<i>Z. Kakuszi–M. Birkás: Summer sown potato from the aspect of the Hungarian specialised literature .....</i>	119
BOOK REWIEV .....	137

### СОДЕРЖАНИЕ

<i>Е. Боди–Ф. Пелеш–Д. Андраши–И. Фекете–Б. Ковач: Изготовление функциональных продуктов из пищевых ростков с обработкой молибденом и селеном .....</i>	5
<i>П. Фёлдеш–Ч. Дьюрица: Оценка исследований состояния почвы в пахотных опытах .....</i>	35
<i>З. Ижаки: Взаимосвязь между обеспеченностью К-ем почвы, упитанностью кукурузы К-ем и урожайностью в продолжительном опыте искусственного удобрения .....</i>	55
<i>П. Ёланкаи–И. Фаркаи–Б. Утгадр: Влияние элементарного аморфного угля на биомассу кукурузы и длину побега в опытах с вегетационными сосудами .....</i>	73
<i>И. Кадар–П. Рагайи: Влияние отходов скотобойни на урожай растений на карбонатной песчаной почве .....</i>	81
<i>П. Маклеит–А. Надь–А. Секач–А. Фонадь: Сравнение содержания циклических гидроксамовых кислот кукурузных гибридов «Пионер» .....</i>	107
ОБЗОР	
<i>З. Какуси–М. Биркаи: Выращивание пожнивного картофеля в обзоре специальной литературы .....</i>	119
РЕЦЕНЗИЯ КНИГИ.....	137

## **Funkcionális élelmiszerek előállítása étkezési csírákból molibdénnel, illetve szelén kezeléssel**

BÓDI ÉVA-PELES FERENC-ANDRÁSI DÁVID-FEKETE ISTVÁN-KOVÁCS BÉLA  
Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma,  
Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet, Debrecen

### **Összefoglalás**

Az elmúlt évtizedekben számos tanulmány számolt be arról, hogy a csírák eleget tesznek a modern táplálkozástudomány teljes értékű élelmiszer előírásának, így az étkezési csírák fogyasztásának kiemelt szerepük lehet az egészségünk fenntartásában, és bizonyos betegségek megelőzésében is.

Kísérleteinkben a csíráztatáshoz bio búzát (*Triticum aestivum* L.) és zöldborsót (*Pisum sativum* L.) használtunk fel.

Kutatásunk céljaként a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Milyen koncentrációban képesek a csírák felvenni a vizsgált elemeket (Se és Mo), hogyha növekvő koncentrációjú Mo (molibdenát), valamint Se (szelenit, szelenát) oldatokkal kezeljük?
- Jelentkezik-e eltérés a búzacsíra (egyszikű) és a zöldborsó csíra (kétszikű) molibdén és szelén koncentrációjában, hiszen a két növénytípus tápanyagfelvételében jelentős különbségek vannak?
- A csírákból a napi ajánlott mennyiséget (15 g) elfogyasztva, hány százalékban tudjuk fedezni molibdén vagy szelén szükségletünket, ha a csírákat e két mikroelemmel külön-külön kezeljük?
- Hogyan változik az összcsíraszám, a coliformszám, valamint az élesztő- és penészgombaszám a magvak áztatása előtt, a 12 órás áztatást követően, valamint a csíráztatás egyes napjain?

Kísérleteink eredményeként megállapítottuk, hogy a molibdén, illetve a szelén kezelése hatásosnak bizonyultak a búza- és borsócsírák esetében. Molibdén kezelésnél a borsócsíránál tapasztaltunk intenzívebb növekedést. Szelenit, illetve szelenát kezelés eseté-

ben pedig arra a következtetésre jutottunk, az egyszikű (búza) növények számára a szelenit, a kétszikű (borsó) növények számára a szelenát a jobban hasznosuló szelénforma.

Mikrobiológiai vizsgálataink arra hívták fel a figyelmünket, hogy a magvak áztatásának és csíráztatásának körülményei (hőmérséklet, vízáktivitás, pH), valamint a csírák magas tápanyagtartalma ideális körülményeket teremtenek a mikroorganizmusok felzaporodásához. A csírák magas mikrobaszáma élelmiszerronlást és ezzel összefüggő ételmérgezést okozhat, így a szakirodalomban szereplő javaslatokkal összhangban arra a megállapításra jutottunk, hogy a csíráztatás előtt a magvakat mindenképpen fontos olyan kezeléseknek alávetni, melyek segítségével a kórokozók eliminálhatók.

**Kulcsszavak:** molibdén, szelenit, szelenát, mikrobiológia, búza- és borsó csíra

## **Production of functional foods from sprouts with molybdenum and selenium treatment**

É. BÓDI-F. PELES-D. ANDRÁSI-I. FEKETE-B. KOVÁCS

University of Debrecen, Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences,  
Institute for Food Sciences, Quality Assurance and Microbiology, Debrecen

### **Summary**

In the last decade, several studies showed that sprouts comply with the requirement of modern nutritional science concerning nutritionally complete foods; therefore, the consumption of sprouted foods can play an important role in maintaining our health and also in preventing certain diseases.

In our experiments, we used organic wheat (*Triticum aestivum* L.) and pea (*Pisum sativum* L.).

As an objective of our research, we were looking for answers to the following questions:

- At what concentration can sprouts take up the examined elements (Se and Mo) if they are treated with increasing concentrations of Mo (molybdate) and Se (selenite, selenate)?
- Will there be any difference in the molybdenum and selenium concentration of wheat sprout (monocotyledonous) and green pea sprout (dicotyledonous) as there are significant differences in the nutrient uptake of the two crops?



- If one consumes the recommended daily intake of the sprouts (15 g), what percentage of the molybdenum and selenium demand is covered if we treat the sprouts with these two microelements separately?
- How do the total colony count, the number of coliform bacteria and the yeast and mould change before steeping the seeds, after the 12-hour-long steeping and on each day of germination?

As a result of the research, it was concluded that the molybdenum and selenium treatments were proved to be effective in the case of wheat and pea sprouts. During the molybdenum treatment, intensive growth was observed in the case of the pea sprouts. During the selenite and selenate treatments, it was concluded that monocotyledonous crops (wheat) use the selenite form of selenium better, while dicotyledonous (pea) crops use selenate better.

The performed microbiological analyses showed that the circumstances (temperature, water activity, pH) of the steeping and germination of seeds and the high nutrient content of germs provide ideal conditions for the propagation of microorganisms. The high microbe number of the sprouts could result in food spoilage and; therefore, food intoxication. For this reason, in accordance with the recommendations in the specialised literature, it was concluded that the seeds have to be treated before germination in order to be able to eliminate the pathogens.

**Key words:** molybdenum, selenite, selenate, microbiology, wheat and pea sprouts

## **Изготовление функциональных продуктов из пищевых ростков с обработкой молибденом и селеном**

Е. БОДИ–Ф. ПЕЛЕШ–Д. АНДРАШИ–И. ФЕКЕТЕ–Б. КОВАЧ

Центр Аграрных и Прикладных Экономических Наук Дебреценского Университета,  
Институт Науки о продуктах питания, Гарантии качества и Микробиологии,  
Дебрецен

### **Резюме**

В прошедшие десятилетия многочисленные исследования рассказали и том, что ростки/проростки соответствуют требованиям изготовления полноценных продуктов современной науки о питании, так потребление пищевых ростков может играть

важную роль в сохранении здоровья, а также в профилактике некоторых болезней. В наших опытах для прорастания использовали био пшеницу (*Triticum aestivum* L.) и зелёный горошек (*Pisum sativum* L.).

Целью нашего исследования было найти ответы на следующие вопросы:

- В какой концентрации способны ростки принять исследуемые элементы (Se и Mo), если обрабатываем растворами растущей концентрации Mo (молибденат), или Se (селенит, селенат)?
- Появляется-ли разница в концентрации молибдена и селена ростка пшеницы (однодольный) и ростка зелёного гороха (двудольные), ведь в приёме питательных веществ двумя типами растений есть значительная разница?
- Употребляя предлагаемое дневное количество ростков (15 г), на сколько процентов можем обеспечить потребность в молибдене или селене, если обрабатываем ростки этими двумя микроэлементами отдельно?
- Как изменяется общее число ростков, число coliform, а также число дрожжевых грибков и грибов плесени до замачивания семян, через 12 часов после замочки, и в каждый день прорастания?

В результате наших опытов мы установили, что обработки молибденом или селеном оказались эффективными в случае ростков пшеницы и зелёного гороха. При обработке молибденом у ростка зелёного гороха обнаружили более интенсивный рост. А в случае обработки селенитом, или селенатом пришли к выводу, что для однодольных растений (пшеница) селенит оказался лучше использованной формой, а для двудольных растений (горох) -селенат.

Наши микробиологические исследования обратили внимание на то, что обстоятельства замачивания и прорастания семян (температура, активность воды, pH), а также высокое содержание питательного вещества ростков создают идеальные условия для размножения микроорганизмов. Высокое число микробов ростков может причинить порчу продуктов и связанное с этим пищевое отравление, так в соответствии с предлагаемыми в специальной литературе рекомендациями мы пришли к такому заключению, что до прорастания семена в любом случае надо подвергнуть таким обработкам, с помощью которых можно избежать вредителей.

**Ключевые слова:** молибден, селенит, селенат, микробиология, ростки пшеницы и гороха

## Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben táplálkozási szokásaink jelentősen megváltoztak. Jellemző lett, hogy rendszertelenül táplálkozunk a felgyorsult életritmus miatt. Tény, hogy az elfogyasztott élelmiszereink tápanyagban szegényebbek, és ennek eredményeként szervezetünk hatékony működéséhez szükséges mikroelemek felvétele a népesség jelentős hányadánál alacsonyabb, mint a táplálkozási szakemberek által ajánlott napi szükséglet. A mikroelemhiány következményeivel nap, mint nap szembesülünk, az ún. civilizációs betegségek elterjedése révén (cukorbetegség, magas vérnyomás, csontritkulás, elhízás).

Ezen negatív irányú tendenciák megfigyelése indította arra a táplálkozáskutató szakembereket, hogy megnövelt mikroelemtartalmú speciális élelmiszereket, úgynevezett funkcionális élelmiszereket fejlesszenek ki, hogy megelőzhetőek legyenek a táplálkozási egyensúly zavaraihoz vezető betegségek (Hegóczky és Vereczkey 2000).

## Szakirodalmi áttekintés

Bár a szakirodalomban meglehetősen kevés adat található az étkezési csíranövények elemekkel történő dúsításáról, a rendelkezésre álló kutatási eredmények azt igazolják, hogy az étkezési csírák különböző elemekkel történő kezelése kiváló lehetőséget nyújthat szervezetünk mikroelem szükségletének fedezéséhez. A következőkben e tanulmányok közül kívánunk néhányat ismertetni.

*Hsu et al.* (2008) több mint 80 mikroelemet tartalmazó vizes oldatban csíráztattak hajdina magvakat. Megállapították, hogy a hajdina csírák kiváló alanyok a mikroelem felvétel szempontjából. Szignifikáns növekedést elsősorban Cu, Zn, Se, Mn és Fe esetében mutattak ki. Hasonló eredményekre jutottak *Liu et al.* (2007), akik szintén hajdina magvakat csíráztattak. *Kestwal et al.* (2011) kutatómunkájuk során káposzta, brokkoli és retek csírákat termesztettek és vizsgáltak. Kísérletükben a csírákat nátrium-tioszulfáttal kezelték a glükozinolat tartalmuk növelése érdekében, ugyanis ez a vegyület kéntartalmából adódóan antioxidáns tulajdonsággal rendelkezik. Vizsgálatuk alapján igazolták, hogy a kén hatékonyan beépül a csírákba, így érdemes a csírákat nátrium-tioszulfáttal kezelni.

*Lintschinger et al.* (1997) búza, hajdina és libatop csírákat dúsítottak nyomelemekkel (Li, V, Cr, Fe, Mn, Co, Cu, Zn, Sr, Mo, As és Se) a csírák biológiai értékének növelése érdekében. Kutatómunkájuk arra mutat rá, hogy az alkalmazott csírák közül leginkább a libatopcsíra alkalmas elemdúsításra, és ezt követi csökkenő sorrendben a hajdina- és a búzacsíra. Legnagyobb koncentráció-növekedést a Co, a Sr és a Li esetében mutattak ki.

Az étkezési csírák elemekkel történő kezelését, és ezáltal funkcionális bioelemiszer előállítását a hatékony elemfelvételi mechanizmusukon kívül egyéb tényezők is indokolják.

Az egyik legfontosabb tényező a következő: A csírákat összehasonlítva a gabonamagvakkal megállapítható, hogy a bennük található nyomelemek lényegesen nagyobb hatásfokkal hasznosulnak a szervezetünkben. A magvak egyes összetevői, például a fitinsav és a csersav csökkentik az ásványi anyagok felszívódását, így annak ellenére, hogy a magok nagy mennyiségben tartalmaznak ásványi anyagokat, elfogyasztásukkal csak ennek töredékét juttatjuk be a szervezetünkbe (*Harmuth-Hoene* 1987, *Fretzdorf* 1993). Viszont *Oluyemisi Latunde-Dada* (1991), *Vidal-Valverde et al.* (1994) és *Udayasekhara* (1995) kutatásai mind az a tényt erősítik meg, hogyha kicsiráztatjuk a magvakat, az ásványianyag-vesztés jelentéktelen mértékű lesz, mivel a csírázás alatt folyamatosan felbomlanak a nyomelemek és a fitinsav, illetve a csersav közötti kötések.

A csírák elemekkel történő kezelése mellett szól az is, hogy a számunkra nélkülözhetetlen makro- és mikroelemeket szerves kötésben, úgynevezett kelátok formájában tartalmazzák. A szerves kötés jelentőségét az alábbi tény emeli ki: A legtöbb ásványi sókban található nyomelemeket a szervezetünk csak csekély mértékben képes felvenni, viszont ha élelmiszereinkben szerves kötésben vannak jelen, a felvétel sokkal nagyobb arányú (*DeWayne Ashmead* 1991).

A csírák dúsítása mellett szóló harmadik érvként megemlíthető, hogy a csíra már önmagában is kiváló táplálék, így dúsításukkal nemcsak mikroelem szükségletünket tudjuk fedezni, hanem egyéb értékes tápanyagokhoz juttathatjuk szervezetünket (*Márton et al.* 2010).

A magvak csírázásakor a bennük található enzimek aktiválódnak, melynek eredményeként a poliszacharidok részben oligo- és monoszacharidokká, a zsírok szabad zsírsavakká, a fehérjék pedig oligopeptidekké és szabad aminosavakká bomlanak le. Ezek a lebontó folyamatok az emésztés szempontjából egy úgynevezett előemésztést jelentenek számunkra, így szervezetünk könnyebben tudja ezeket hasznosítani (*Sangronis és Machado* 2007, *Mbithi-Mwikya et al.* 2000).

Kutatómunkánk során a csírák szelénnel, illetve molibdénnel történő dúsításával foglalkoztunk. A kezeléshez szükséges mikroelemek kiválasztásánál azt a ténytet vettük figyelembe, hogy a mindennapi élelmiszereink fogyasztásával a szervezetünkbe juttatható szelén mennyisége csekély. Ennek következtében a szelénhiány számos európai ország, köztük Magyarország lakosságát is érinti (*Bogye et al.* 1998). Általánosságban elmondható, hogy a növényi nyersanyagok szeléntartalmát leginkább a termőtalaj szelénellátottsága szabja meg (*Terry et al.* 2000). A magyarországi talajok azonban szelénben meglehetősen szegények, így a növényi eredetű termékekből származó szelénpótlás csak töredéke a szükségesnek.

Itt fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a magasabb szeléntartalmú talajoknál sem garantált a növényi nyersanyagok magas szeléntartalma, ugyanis a szelén mobilitását a talajban számos tényező befolyásolja. Ilyen faktor a talaj hőmérséklete, víztartalma, szerves anyag tartalma, az évszaki jellemzők, illetve a talajban lejátszódó mikrobiális tevékenységek is (*Skinner* 1999). Ezenkívül azt sem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy az élelmiszeripari és konyhatechnológiai feldolgozás során a nyersanyagok szeléntartalmában jelentős csökkenés következhet be, így a belőlük készített élelmiszerek fogyasztásával a szervezetünk eredeti szeléntartalmuknak gyakran már csak a töredékéhez juthat hozzá. Ezt a ténytet erősíti meg *Bankhofer* (1994) kutatása is. A teljes búzaszem őrlésekor 50%-os szelén veszteséget mutatott ki. Számításai alapján a búzaszem külső rétegét eltávolítva 75%-os, főzéskor 45%-os, míg a fehér liszt ipari előállításakor a teljes szeléntartalom 80%-os csökkenésével kell számolni. *Gergely és Kontraszti* (1998) közleménye alapján konyhatechnikai eljárások során 0–44%-os szelénveszteség várható. A gomba főzésénél például 44%-os, a sertés- és marhahúsok esetében 9–14%-os veszteséget állapítottak meg.

A szelénhiány önmagában általában nem okoz megbetegedést, de közvetlen vagy közvetett módon, a szelénhiány számos betegség kialakulásában vagy kórképének súlyosbodásában játszhat szerepet, mint például a felnőttkori cukorbetegség, szürkehályog, cisztás fibrózis, agyérkatasztrófa, vastagbél fekélyesedés, különféle ráktípusok, valamint szív- és érrendszeri betegségek (*Navarro-Alarcón és López Martínez* 2000).

Viszont számos tanulmány számol be arról, hogy a szelénpótlás csökkenti bizonyos betegségek kialakulásának valószínűségét, és növeli szervezetünk ellenállóképességét. Például kielégítő szelénpótlás esetén kisebb mértékű a daganatos betegségek előfordulása (prosztata- és tüdőrák, gastrointestinalis tumorok), csökken a neutrofil-aktivitás és megemelkedik a monocita kemo-

attraktáns protein koncentrációja idős korban, fokozódik a védelem a hepatitis B-vírus- (HBV-) fertőzés következtében létrejövő hepatomával (májrák) szemben, a spermiumok motilitása (mozgékonyosság) növekedést mutat, valamint csökken az UV fény hatására létrejövő lipidperoxidáció (*Beck és Levander 1997, Thilly et al. 1993*). A szelén jelentőségét az a tény is kiemeli, hogy a szelén hatástalanítja a nehézfémek (Cd, Hg) mérgező hatását a szervezetünkben (*Sasakura és Suzuki 1998*). Azonban a legjelentősebb kutatások a szelén rákmegelőző hatására fókuszálnak (*Combs és Gray 1998*).

A szelén mellett a molibdén is létfontosságú nyomelem a szervezetünk számára. A molibdén fontos alkotója többek között a xantin-oxidáznak, amely a húgysav-termelésben játszik szerepet, az aldehid-oxidáznak, amely az alkohol-anyagcsere kulcsenzime, valamint a szulfit-oxidáznak (*Reilly 1991, Van Gennip et al. 1994*). *Kolesarova et al.* (2011) kutatásai igazolják, hogy a molibdén jelenléte a sejtek működéséhez is nélkülözhetetlen. A fogak egészségi állapotára is hatással van, beépül a fogzománcba és kielégítő ellátottság esetén csökkenti a fogszuvasodás veszélyét (*Curzon et al. 1971*). Ezenkívül kimutatták, hogy a molibdén bevitelle több rákos elváltozás kezelésében is pozitív hatást eredményezett (*Van Rensburg et al. 1985*).

A molibdenhiány elsősorban parentálisan táplált betegeknél jelentkezik. Ebben az esetben csökken a szulfit-oxidáz aktivitása, aminek eredményeként a betegeknél légzésgyorsulás, fokozott szívverés lép fel, és a molibdén hiánya farkasvakságot, valamint kómát is okozhat (*Gray et al. 1990, Johnson et al. 1991, Yoshida et al. 2006*).

Kísérletünkben a csírák molibdénnel, illetve szelénnel történő dúsítása mellett mikrobiológiai vizsgálatokat is végeztünk. Ezt azért tartottuk fontosnak, mert a csíráztatással a baktériumok száma is növekszik. Mivel a magvakat először több órán keresztül áztatjuk vízben, majd ezt követően meleg, és nedves környezetben csíráztatjuk 3–7 napon keresztül, ideális feltételeket biztosítunk a mikroorganizmusok számára a szaporodáshoz. Számuk a csírázás folyamán exponenciálisan növekszik (*NACMCF 1999*).

Például *Ghandi és Matthews (2003)* és *Peñas et al. (2008)* kutatómunkájuk során azt tapasztalták, hogy már a magvak mikrobiológiai terheltsége is magas, általában  $10^3$ – $10^6$  tke/g (telepképző egység/g), de a csíráztatás közben ezeknek a mikroorganizmusoknak a száma még tovább emelkedhet, elérheti akár a  $10^8$ – $10^{11}$  tke/g csíraszámot is. Hasonló eredményekre jutott *Patterson és Woodburn (1980)*, valamint *Prokopowich és Blank (1991)* aerob baktériumok

csíraszámának megállapításakor lucerna- és mungóbabcsíra esetén. E magas mikrobaszám felelős a csírák rövid minőségmegőrzési idejéért és az ezzel összefüggő ételmérgezésekért (Robertson *et al.* 2002).

## Anyag és módszer

### *Magvak csíráztatása és elemtartalmuk meghatározása*

Kísérleteinkben a csíráztatáshoz biotermesztésből származó, kereskedelmi forgalomban kapható búzát (*Triticum aestivum* L.) és zöldborsót (*Pisum sativum* L.) használtunk fel. Több tényező is indokolta, hogy a csíráztatáshoz ezeket a magvakat választottuk. A csíráztatott magvak közül a búza és a borsó kiemelkedő biológiai és élvezeti értékkel rendelkezik, valamint a csíráztatásuk is egyszerűbb az apróbb magvakhoz viszonyítva. A kiválasztott magvakkal végzett kísérlet arra is lehetőséget adott, hogy megtudhassuk, jelentkezik-e eltérés az egyszikű (búza) és a kétszikű (zöldborsó) csírák molibdén és szelén koncentrációjában, hiszen az egy- és kétszikű növények tápanyagfelvételében számos különbség van.

A magvak csíráztatását, valamint a minták előkészítését és mérését a Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézetében végeztük el.

Csíráztatás előtt eltávolítottuk a törött és repedt magvakat, majd mindegyik edénybe 20–20 g magot mértünk be. A bemért magvakat 12 órán keresztül áztattuk, így a magvak az eredeti méretük többszörösére duzzadtak.

Az alkalmazott áztató oldatokat három csoportra különíthetjük el: molibdént, illetve kétféle szelénmódosulatot, szelenitet és szelenátot tartalmazó oldat. A molibdént ammónium-paramolibdenát  $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}]$  (Sigma-Aldrich, Steinheim, Németország), a szelént nátrium-szelenit ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ) (Fluka, Buchs, Svájc) és nátrium-szelenát ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ) (Sigma-Aldrich, Steinheim, Németország) formájában, csapvízben feloldva alkalmaztuk. A kétféle szelénmódosulatot tartalmazó oldatok elkészítéséhez a szükséges koncentrációt szelénre vonatkoztatva számoltuk ki. A kísérletben molibdén esetén 0,01; 0,1; 1  $\mu\text{M}$  (0,96; 9,6 és 96  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ ) molibdén, szelenit esetén 0,1; 1; 10  $\text{mg}/\text{dm}^3$  szelén, szelenát esetén pedig 0,1; 1  $\text{mg}/\text{dm}^3$  szelén koncentrációt, továbbá kontroll kezelést (csapvíz) alkalmaztunk.

A csíráztatásnál arra is odafigyeltünk, hogy biztosítsuk a búzák és a zöldborsók csíráztatásához az ideális 20 °C csírázási hőmérsékletet. A csírák öblí-

tését naponta kétszer megismételtük, így elkerültük a magvak kiszáradását, illetve a felületi nyálkaképződést. A csírák elemtartalom szempontjából történő vizsgálatára búzacsíránál a csíráztatás 5. napján, a zöldborsónál a 4. napon került sor. Az 1  $\mu\text{M}$  molibdén és az 1  $\text{mg}/\text{dm}^3$  szelenit, illetve szelenát oldaton nevelt csírákból viszont naponta 3–3 g átlagmintát vettünk, hogy nyomon követhessük, hogyan változnak a koncentrációk a csírázás egyes napjain. A csírák a kiértékeléskor 3,5 ( $\pm 1,0$ ) cm-es csírarüggyel és 3,5 ( $\pm 1,0$ ) cm-es gyökérkezdeménnyel rendelkeztek.

A csírákat MEMMERT UIM 400 típusú szárítószekrényben 105 °C-on tömegállandóságig szárítottuk. A tömegállandóságig szárított mintákat szobahőmérsékletre történő visszahűlésük után analitikai mérlegen (OHAUS) mértük le.

Szárítószekrényben történő szárítás és homogenizálást követően a *Kovács et al.* (1996) által kidolgozott  $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ -os nedves roncsolásos mintaelőkészítési módszert alkalmaztuk. A megfelelően előkészített minta bemért tömege 1 g ( $\pm 0,01$  g) volt. A mintákhoz 10  $\text{cm}^3$   $\text{HNO}_3$ -at (65 m/m%, Scharlau Chemie, Spanyolország) adtunk és 60 °C hőmérsékleten 45 percen keresztül előroncsoltuk. A főroncsolás előtt 3  $\text{cm}^3$  30%-os  $\text{H}_2\text{O}_2$ -ot (Darmstadt, Merck, Németország) adagoltunk hozzá, majd az elektromos blokkroncsolóban 90 percig 120 °C-on tartottuk a roncsolmányt. Ezt követően, amikor a leroncsolt minta lehűlt, a roncsolmányt 50  $\text{cm}^3$ -re egészítettük ki desztillált vízzel és FILTRAK 388-as szűrőpapíron keresztül szűrtük. A minták feltárásánál roncsolási vakpróbát is készítettünk.

Az elemtartalmi méréseket egy OPTIMA 3300 DV típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel (ICP-OES) (*Kovács et al.* 1998), illetve egy X7-es típusú, Thermo Elemental gyártmányú induktív csatolású plazma tömegspektrométerrel (ICP-MS) végeztük. A poliatomos zavaró hatások kiküszöbölésére az utóbbi műszernél CCT üzemmódot (7%  $\text{H}_2$ +93% He) alkalmaztunk. A csírák kémiai összetételére vonatkozó paramétereket minden esetben a minta szárazanyagtartalmára vonatkoztatva adtuk meg. Kísérletünket búzacsíra esetében három, borsócsíra esetében két ismétlésben végeztük el.

### *Mikrobiológiai vizsgálatok*

Mikrobiológiai vizsgálataink során az összcsíraszámot, a coliformszámot, valamint az élesztő- és penészgombaszámot határoztuk meg a búzaszemek áztatása



előtt, a 12 órás áztatást követően, valamint a csíráztatás egyes napjain. A búza-szemek csíráztatása ebben a kísérletünkben 3 napig tartott. A minták előkészítésében az *MSZ EN ISO 6887-1:2000* szabvány nyújtott számunkra útmutatást. A csírák összcsíraszámának vizsgálatához az *MSZ EN ISO 4833:2003* szabvány-nak megfelelően TGE (tripton-glükóz-élesztő) agar táptalajt használtunk. A táptalaj összetevőit az *1. táblázatban* foglaltuk össze. Az inkubálás aerob körülmények között 30 °C hőmérsékleten, 72±3 óra időtartamig tartott.

1. táblázat. A TGE agar táptalaj összetétele

Enzimesen emésztett kazein (1)	5,0 g
Élesztőkivonat (2)	2,5 g
Glükóz (3)	1,0 g
Agar (4)	10,0 g
Víz (5)	1000 cm <sup>3</sup>

*Table 1.* Composition of TGE agar. (1) Enzyme digested casein, (2) Yeast extract, (3) Glucose, (4) Agar, (5) Water.

A csírák coliformszámának meghatározásához VRBL (Violet Red Bile Lactose) agar táptalajt használtunk az *ISO 4832:2006* szabványnak megfelelően. Az inkubálás 30 °C hőmérsékleten, 24±2 óra időtartamig aerob körülmények között történt. A táptalaj összetételét a *2. táblázatban* tüntettük fel.

2. táblázat. A VRBL agar táptalaj összetétele

Enzimesen emésztett kazein (1)	7,0 g
Élesztőkivonat (2)	3,0 g
Laktóz (3)	10,0 g
NaCl	5,0 g
Epesó (4)	1,5 g
Neutrálvörös (5)	0,03 g
Kristályibolya (6)	0,002 g
Agar (7)	15,0 g
Víz (8)	1000 cm <sup>3</sup>

*Table 2.* Composition of VRBL agar. (1) Enzyme digested casein, (2) Yeast extract, (3) Lactose, (4) Bile salt, (5) Neutral red, (6) Crystal violet, (7) Agar, (8) Water.

A csírák élesztő- és penészgombaszámának vizsgálatához az *MSZ ISO 7954:1999* szabványt követve élesztő-glükóz-chloramphenicol agar táptalajt alkalmaztunk, amelynek összetevőit a 3. táblázatban ismertetjük. Vizsgálatunknál az inkubálás aerob körülmények között 25 °C hőmérsékleten, 3–5 napig tartott.

3. táblázat. Az élesztő-glükóz-chloramphenicol agar táptalaj összetétele

Élesztőkivonat (1)	5,0 g
Glükóz (2)	20,0 g
Chloramphenicol (3)	0,1 g
Agar (4)	13,0 g
Víz (5)	1000 cm <sup>3</sup>

Table 3. The composition of yeast-glucose-chloramphenicol agar. (1) Yeast extract, (2) Glucose, (3) Chloramphenicol, (4) Agar, (5) Water.

A szabványokban meghatározott inkubálási idő elteltével a lemezeken kifejlődött telepeket megszámoztuk. Azokat a Petri-csészéket vettük figyelembe, melyeknél a telepek száma 15 és 300 között volt.

### *Statisztikai módszer*

Az eredmények statisztikai kiértékeléséhez GraphPad Prism 3.02 statisztikai programot alkalmaztunk. A paraméterek és az egyes tényezők közötti összefüggés statisztikai vizsgálatához egytényezős varianciaanalízist és Tukey-tesztet használtunk. 5%-os P-érték alatt tekintettük a próbákat szignifikánsnak.

## **Eredmények és értékelésük**

### *Csírák elemtartalmának vizsgálata*

Kísérletünkben búza- és borsócsírák molibdén koncentrációjának változását követtük nyomon növekvő koncentrációjú molibdén kezeléseknél. A kontroll kezelés közönséges csapvízen való csíráztatást foglalt magában.

A molibdénnel kezelt csírák vizsgálatának az eredményét a 4. táblázatban foglaltuk össze. A borsócsíra esetében az egyes kezeléseknél mért molibdén koncentráció jól láthatóan növekvő tendenciát mutat. A tízszeres és a százszo-

ros kezelés közötti koncentráció növekedésének intenzitása nagyobb volt, mint az egyszeres és tízszeres kezelésnél. Búzacsíra esetében szintén növekedést figyelhattunk meg az egyes kezeléseknél, bár a növekedés üteme elmaradt a borsócsírától.

4. táblázat. Molibdént tartalmazó oldaton nevelt 4 napos borsócsíra és 5 napos búzacsíra Mo koncentrációja (mg/kg)

Molibdén-kezelések (1)	Mo-koncentráció (átlag±szórás) (2)	
	Borsócsíra (3)	Búzacsíra (4)
Kontroll (5)	1,18±0,30	1,90±0,04
1×Mo	1,56±0,09	2,14±0,09
10×Mo	3,19±0,28	2,26±0,09
100×Mo	10,30±4,82	3,75±0,83

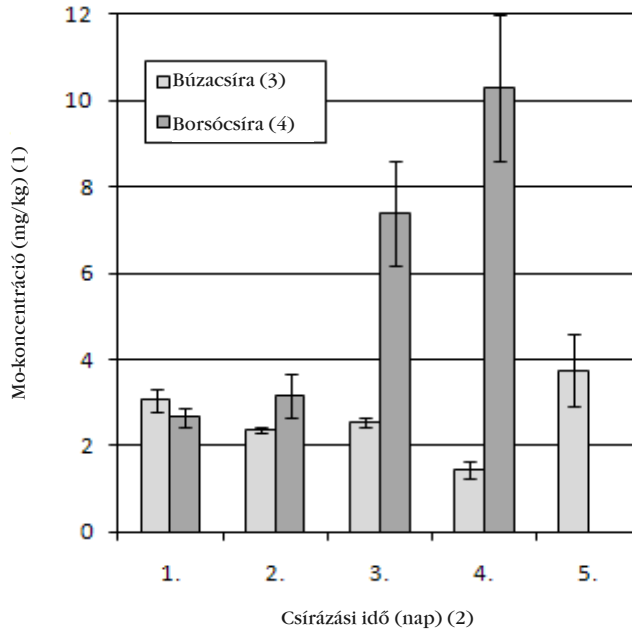
Megjegyzés: kontroll, 1×Mo (0,01 μM), 10×Mo, 100× Mo kezelések esetén (borsócsíránál n=2, búzacsíránál n=3).

Table 4. Mo concentration (mg kg<sup>-1</sup>) of a 4-day-old pea sprout and a 5-day-old wheat sprout grown on molybdenum-containing solution in the case of control. (1) Molybdenum treatments, (2) Mo concentration (mean±standard deviation), (3) Pea sprout, (4) Wheat sprout, (5) Control, Note: 1×Mo (0.01 μM), 10×Mo and 100× Mo treatments (pea sprout: n=2, wheat sprout: n=3).

A csírák molibdén koncentrációját statisztikailag elemezve, a borsócsíránál nem tapasztaltunk szignifikáns ( $p>0,05$ ) különbséget, viszont szignifikáns ( $p<0,05$ ) különbséget figyeltünk meg a búzacsíránál a kontroll és a százszoros, az egyszeres és a százszoros, valamint a tízszeres és a százszoros kezelések között.

Kísérletünket egy másik aspektusból is elvégeztük. Napokra lebontva vizsgáltuk, hogy az 1,00 μM-os koncentrációjú oldaton nevelt csírákban hogyan változott a molibdén koncentráció. A kapott eredményeinket az 1. ábra reprezentálja. A búzacsíra esetében számunkra is meglepő eredményeket kaptunk, ugyanis az 1–4. napok között az egységnyi tömeghez viszonyított molibdén koncentráció csökkent és növekedést csak a csíráztatás utolsó napján figyeltünk meg. Az 1. ábra alapján az is megállapítható, hogy a borsócsíránál – a búzacsírával ellentétben – a molibdén koncentrációk a csíráztatás egyes napjain folyamatosan növekedtek. A növekedés mértéke az 1–2. nap között rendkívül minimális volt, viszont a 2–4. nap között már egy intenzívebb koncentráció-növekedést tapasztaltunk.

1. ábra.  $1 \mu\text{M}$  molibdént tartalmazó oldaton nevelt borsócsíra és búzacsíra Mo koncentrációja (mg/kg)



Megjegyzés: a csírázási idő függvényében (borsócsíránál  $n=2$ , búzacsíránál  $n=3$ ).

Figure 1. Mo concentration ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) of the pea sprout and wheat sprout grown on a solution containing  $1 \mu\text{M}$  molybdenum. (1) Mo concentration, (2) Germination time (days), (3) Wheat sprout, (4) Pea sprout, Note: depending on the germination time (pea sprout:  $n=2$ , wheat sprout:  $n=3$ ).

Az  $1 \mu\text{M}$  koncentrációjú molibdént tartalmazó oldaton nevelt borsó- és búzacsíra eredményeink statisztikai elemzése során, a csíráztatás egyes napjai között nem tapasztaltunk szignifikáns ( $p>0,05$ ) különbséget.

Kísérletünkben a molibdén koncentráció mellett a szelén koncentráció-változását is megvizsgáltuk növekvő koncentrációjú szelénit, illetve szelenát kezelések esetén. Mérési eredményeinket az 5–6. táblázatokban rögzítettük.

Az 5. táblázatból kitűnik, hogy a csapvízen nevelt borsó- és búzacsírák csak csekély szelén koncentrációval rendelkeztek, viszont az egyes szelénit-kezelések hatására jelentősen megemelkedett a szelén koncentrációjuk. Ez a növekedés a búzacsíra esetében szembetűnőbb volt, hiszen a kontroll kezelés mérési eredményét összehasonlítva a százszoros kezelés eredményével, 187-szeres növekedést figyelhettünk meg.

5. táblázat. Szelenitet tartalmazó oldaton nevelt 4 napos borsócsíra és 5 napos búzacsíra Se (mg/kg) koncentrációja

Szelen-kezelések (1)	Se-koncentráció (átlag±szórás) (2)	
	Borsócsíra (3)	Búzacsíra (4)
Kontroll (5)	0,251±0,078	0,319±0,070
1×Se	0,553±0,062	1,500±0,040
10×Se	4,920±0,480	7,000±1,840
100×Se	23±2	59,7±3,7

Megjegyzés: koncentrációja kontroll, 1×Se (0,1 mg/dm<sup>3</sup>), 10×Se, 100×Se kezelések esetén (borsócsíránál n=2, búzacsíránál n=3).

Table 5. Se concentration (mg kg<sup>-1</sup>) of a 4-day-old pea sprout and a 5-day-old wheat sprout grown on selenite-containing solution. (1) Selenium treatments, (2) Se concentration (mean±standard deviation), (3) Pea sprout, (4) Wheat sprout, (5) Control, Note: in the case of control, 1×Se (0.1 mg dm<sup>-3</sup>), 10×Se and 100×Se treatments (pea sprout: n=2, wheat sprout: n=3).

6. táblázat. Szelenátot tartalmazó oldaton nevelt 4 napos borsócsíra és 5 napos búzacsíra Se (mg/kg) koncentrációja

Szelenát-kezelések (1)	Se-koncentráció (átlag±szórás) (2)	
	Borsócsíra (3)	Búzacsíra (4)
Kontroll (5)	0,251±0,078	0,319±0,070
1×Se	2,250±0,270	1,690±0,150
10×Se	19,3±3,54	4,30±0,64

Megjegyzés: kontroll, 1×Se (0,1 mg/dm<sup>3</sup>) és 10×Se kezelések esetén (borsócsíránál n=2, búzacsíránál n=3).

Table 6. Se concentration (mg kg<sup>-1</sup>) of a 4-day-old pea sprout and a 5-day-old wheat sprout grown on selenate-containing solution. (1) Selenate treatments, (2) Se concentration (mean±standard deviation), (3) Pea sprout, (4) Wheat sprout, (5) Control, Note: in the case of control, 1×Se (0.1 mg dm<sup>-3</sup>) and 10×Se treatments (pea sprout: n=2, wheat sprout: n=3).

Feltételezéseink szerint a borsó és a búzacsíra szelénfelvételében azért tapasztaltunk eltérést, mert a két növénytípus tápanyagfelvételében jelentős különbségek vannak.

Az eredmények statisztikai elemzése során szignifikáns ( $p < 0,05$ ) különbséget fedeztünk fel az egyes kezelések között. Az 5. táblázatban a borsócsíra és a búzacsíra esetében is csak a kontroll és az egyszeres kezelés értékei nem különböznek szignifikánsan ( $p > 0,05$ ) egymástól.

A 6. táblázat alapján megállapíthatjuk, hogy a szelenát-kezelések hatására a borsó- és búzacsírák szelén tartalma szintén emelkedett a koncentráció függvényében, de a növekedésük intenzitásában itt is eltérés figyelhető meg. A búzacsíra csak csekély mértékben vett fel szelént az oldatból, a tízszeres kezelés is csak 2,5-szeres szelén koncentráció növekedést eredményezett az egyszeres kezeléshez viszonyítva. A borsócsíránál ez az érték több mint 8,5-szeres volt.

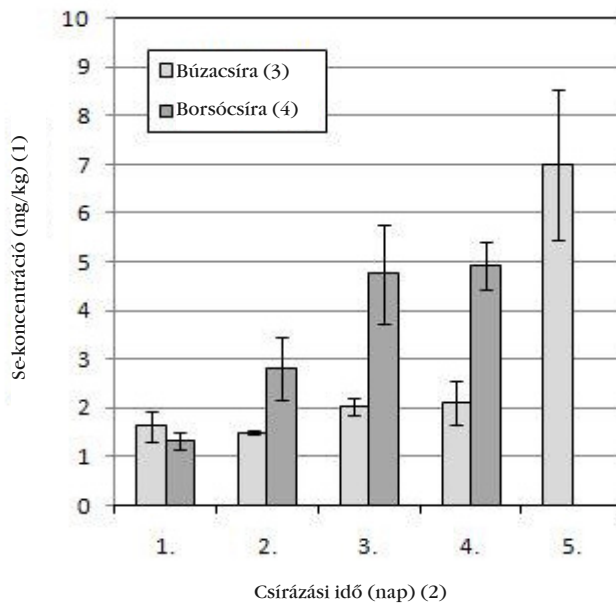
Hasonló eredményekre jutottak *Lintschinger et al.* (1997) búzacsírák szelenáttal történő kezelése során. Az általuk elkészített szelenát oldatok koncentrációi megegyeztek a kísérletünkben alkalmazottakkal, viszont ők a mi kísérletünkötől eltérően 3 napig csíráztatták a magvakat. Megállapították, hogy csírákban a szelénkoncentráció a kontroll (csapvíz), illetve a  $0,1 \text{ mg/dm}^3$  kezelésnél  $0,3 \text{ mg/kg}$  érték alatt volt, az  $1 \text{ mg/dm}^3$ -es kezelésnél viszont  $1,7 \text{ mg/kg}$ -ra emelkedett. A kísérletünkben ezek az értékek az alábbiak voltak:  $0,319$ ;  $1,69$ ; és  $4,30 \text{ mg/kg}$ . Mivel az általunk mért szelén koncentrációk mindkét kezelés esetében meghaladták a *Lintschinger et al.* (1997) által publikált értékeket, megállapíthatjuk, hogy érdemes az 5. nap végéig folytatni a csíráztatást, a csírák emelkedettebb szelén koncentrációjának elérése érdekében.

A kísérletünk végzése közben a szelenit- és szelenát-kezelések esetében is fontosnak tartottuk annak vizsgálatát, hogy hogyan változnak a szelén koncentrációk a csírázás egyes napjain, ezért az  $1 \text{ mg/dm}^3$  szelenit, illetve szelenát oldaton nevelt csírákból naponként vettünk mintát. Vizsgálati eredményeinket a 2–3. ábrák szemléltetik. Mivel a sziklevelek számát tekintve különböző csírák szerepeltek a kísérletben, várható volt, hogy az  $1 \text{ mg/dm}^3$  szelenittel és szelenáttal való kezelésre is másként reagálnak a molibdénrel való kezeléseknél tapasztaltakhoz hasonlóan.

A 2. ábrán jól látható, hogy a borsócsíra egyenletes ütemben vette fel a szelenitet a 2. és a 3. nap folyamán, míg a 4. napon nem változott lényegesen a koncentrációja. A búzacsíra kezdetben alig reagált a szelenittel való kezelésre, majd az 5. nap exponenciálisan nőtt a szelén koncentrációja, ami azzal magyarázható, hogy a csírák gyökérfelülete jelentős mértékben megnőtt, így felvevőképessége többszörösére emelkedett.

A 2. ábra mérési eredményeit statisztikailag elemezve a következő megállapításra jutottunk: az 1 mg/kg koncentrációjú szelenittel kezelt borsócsíra esetében szignifikáns ( $p < 0,05$ ) különbség van az 1. nap és a 3. nap, illetve az 1. nap és a 4. nap között. Az 1 mg/kg koncentrációjú szelenittel-kezelt búzacsíra esetén az 1. és az 5. nap, a 2. és az 5. nap, a 3. és az 5. nap és a 4. és az 5. nap értékei között tapasztaltunk szignifikáns ( $p < 0,05$ ) eltérést.

2. ábra. 1 mg/dm<sup>3</sup> szelenitet tartalmazó oldaton nevelt borsócsíra és búzacsíra Se koncentrációja (mg/kg)

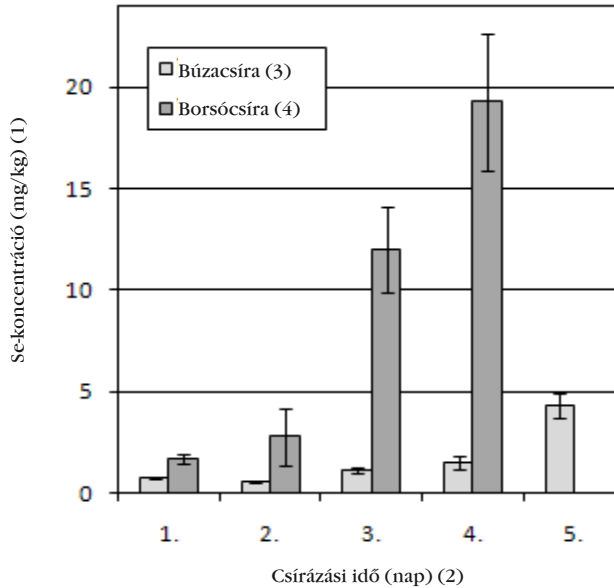


Megjegyzés: a csírázási idő függvényében (borsócsíránál  $n=2$ , búzacsíránál  $n=3$ ).

Figure 2. Se concentration ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) of the pea sprout and wheat sprout grown on a solution containing 1  $\text{mg dm}^{-3}$  selenite. (1) Se concentration, (2) Germination time (days), (3) Wheat sprout, (4) Pea sprout, Note: depending on the germination time (pea sprout:  $n=2$ , wheat sprout:  $n=3$ ).

A 3. ábra azt mutatja, hogy a szelenáttal kezelt borsócsíra esetén a felvétel szempontjából hatásosabb ez a szelénmódosulat, hiszen a 4. nap végére majdnem négyszer annyi szelenátot vett fel a borsócsíra, mint szelenitet. A szelenát-felvétel a 2. nap alig változott, a 3. és 4. nap viszont ugrásszerűen megnövekedett.

3. ábra.  $1 \text{ mg/dm}^3$  szelenátot tartalmazó oldaton nevelt borsócsíra és búzacsíra Se koncentrációja (mg/kg)



Megjegyzés: a csírázási idő függvényében (borsócsíránál  $n=2$ , búzacsíránál  $n=3$ ).

Figure 3. Se concentration ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) of the pea sprout and wheat sprout grown on a solution containing  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  selenate. (1) Se concentration, (2) Germination time (days), (3) Wheat sprout, (4) Pea sprout, Note: depending on the germination time (pea sprout:  $n=2$ , wheat sprout:  $n=3$ ).

$1 \text{ mg/kg}$  koncentrációjú szelenáttal kezelt borsócsíra koncentrációit statisztikailag elemezve az 1. és a 4. nap, illetve a 2. és a 4. nap között tapasztaltunk szignifikáns ( $p < 0,05$ ) eltérést, az  $1 \text{ mg/kg}$  koncentrációjú szelenáttal kezelt búzacsíra esetén pedig szignifikáns ( $p < 0,05$ ) különbséget fedezhettünk fel az 1. és az 5. nap, a 2. és az 5. nap, a 3. és az 5. nap, valamint a 4. és az 5. nap értékei között.

#### *Mérési eredményeink gyakorlati alkalmazása*

Az egyes szakirodalmak szerint a csírákból a napi fogyasztásra ajánlott mennyiség két-három evőkanálnyi, ami kb.  $15 \text{ g}$ -nak felel meg. Ezzel az értékkel számolva határoztuk meg a növekvő molibdén, illetve szelén koncentrációval kezelt borsó- és búzacsírák esetén, hogy e mennyiség molibdén, illetve szelén



tartalma hány százalékban fedezi a napi ajánlott molibdén- és szelénszükségletünket. Eredményeinket a 7–9. táblázatokban foglaltuk össze.

7. táblázat. *Napi fogyasztásra ajánlott csíramennyiség (15 g) Mo-tartalma ( $\mu\text{g}$ ) és Mo-tartalmának napi szükséglethez viszonyított aránya (%)*

Molibdén- kezelések (1)	15 g csíra Mo-tartalma ( $\mu\text{g}$ ) (2)		15 g csíra Mo-tartalmának napi szükséglethez viszonyított aránya (%) (3)
	Száraz anyagra számolt (4)	Nedves tömegre számolt (5)	
	Borsócsíra (7)		
Kontroll (6)	17,7	4,90	7,84
1×Mo	23,4	6,48	10,40
10×Mo	47,8	13,20	21,20
100×Mo	155,0	42,80	68,50
Búzacsíra (8)			
Kontroll (6)	28,5	8,92	14,3
1×Mo	32,1	10,00	16,1
10×Mo	33,9	10,60	17,0
100×Mo	56,3	17,60	28,2

Megjegyzés: a kontroll, 1×Mo (0,01  $\mu\text{M}$ ), 10×Mo, 100×Mo kezelések függvényében.

*Table 7.* Mo content ( $\mu\text{g}$ ) of the sprout quantity recommended for daily consumption (15 g) and the ratio (%) of Mo content compared to the daily need. (1) Molybdenum treatments, (2) Mo content ( $\mu\text{g}$ ) of 15 g sprout, (3) The ratio (%) of the Mo content of 15 g sprout compared to the daily need, (4) Calculated for dry matter, (5) Calculated for wet weight, (6) Control, (7) Pea sprout, (8) Wheat sprout, Note: depending on the control, 1×Mo (0,01  $\mu\text{M}$ ), 10×Mo and 100×Mo treatments.

A számításnál A *Magyar Élelmiszerkönyv 1-1-90/496* számú előírásában megtalálható, a felnőttek számára ajánlott napi molibdén és szelén szükségletünkre (RDA) vonatkozó értékeket vettük figyelembe. A *Magyar Élelmiszerkönyv* (2001) molibdén esetében 50  $\mu\text{g}/\text{nap}$ , szelén esetében pedig 55  $\mu\text{g}/\text{nap}$  értékben határozza meg azt a mennyiséget, amelyet jól felszívódó formában, egy egészséges embernek magához kell vennie.

Az értékek meghatározásánál tekintettel voltunk arra is, hogy a csírák által a szervezetünkbe bevitt molibdén, illetve szelén nem hasznosul 100%-ban.

Külföldi szerzők által írt szakirodalmakat tanulmányozva megtudhattuk, hogy a szervezetünkben a bevitt szerves kötésű molibdénnek és szelénnek megközelítőleg 80%-a szívódik fel (*Navarro-Alarcón és Cabrera-Vique 2008, Rayman et al. 2008, Reilly 1991*).

Viszont ez is csak egy megközelítő érték, mivel e két elem hasznosulását szervezetünkben több tényező is meghatározza. A fogyasztó egészségi állapota, kora, neme, étrendje például hatással van a hasznosulásuk arányára, valamint szelén esetében a szelénmódosulatok megoszlása is. Például a szervezetbe juttatott szelenit mennyiségének kb. csak a fele szívódik fel, de ha már a szervezet felvette, akkor a szelénnek ez a formája jobban tud hasznosulni, mint a szelenát. A szelenát humán biológiai felvehetősége csupán 25% a szelenithez képest. Az élelmiszerekben leggyakrabban a szelén egyik szerves formája, a szelenometionin (SeMet) fordul elő, amely megközelítőleg 90%-ban képes metabolizálódni (*Gómez et al. 1998, Kobayashi et al. 2001, Food and Nutrition Board 2000*).

A 7. táblázatban reprezentált értékek alapján elmondható, hogyha a borsószemeket 1  $\mu\text{M}$ -os molibdénnel kezelt oldaton csíráztatjuk, már 15 g borsócsíra elfogyasztása több mint háromnegyedét fedezi napi molibdén szükségletünknek.

A 7. táblázatból az is nyilvánvalóvá vált számunkra, hogy a búzacsírákat érdemes a kísérletünkben alkalmazott legnagyobb molibdén koncentrációjú (1  $\mu\text{M}$ ) oldattal kezelni, ugyanis ez a kezelés eredményezett jelentősebb molibdén felvételt a csírákban. Ezekből a napi ajánlott mennyiséget elfogyasztva, napi molibdén szükségletünk megközelítőn 30%-át tudjuk fedezni. Fontosnak tartjuk továbbá megjegyezni, hogy a kontroll csíranövények molibdén koncentrációja lényegesen alacsonyabb volt, mint az oldatokkal kezeltké. Mivel ezekből irreális mennyiség elfogyasztása volna szükséges, indokolt lehet a molibdén-tartalmú oldatokon történő csíráztatás.

Viszont a csíráztatás során a számunkra legmegfelelőbb molibdén-kezelés megválasztásánál mindenképpen szükséges figyelembe vennünk, hogy más élelmiszerek révén mennyi molibdént juttatunk be szervezetünkbe. Például a hüvelyesek és teljes kiőrlésű lisztből készült barna kenyér fogyasztása jelentős molibdénnel látja el szervezetünket. Oroszországban például a napi molibdén-felvétel kb. 70–80%-a cereáliákból származik. A kevesebb kenyeret fogyasztó népeknél ez az arány viszont lényegesen kevesebb. Az állati belsőségek – különösen a máj – szintén magas molibdén tartalommal rendelkeznek (*Szabó et al. 1987*).

Az 8. táblázatban lévő adatok segítenek megbecsülni, hogy az ajánlott borsó- és búzacsíra bevitel esetén milyen szelenit-koncentrációval érdemes kezelni a csírákat, szem előtt tartva a napi szelénszükségletünket.

Borsó csíráztatásánál a tízszeres szelenit-kezelést javasoljuk, mert a százszoros kezelés már meghaladná a napi szelénszükségletünket. Búzacsíránál az 1 mg/dm<sup>3</sup>-es koncentrációjú szelenit-kezelést tartjuk célszerűnek, mert ha a hozzáadott szelenit mennyisége további tízszeresére változna, akkor a napi szelénszükségletünk 408%-át tenné ki, amely már közelíti a toxikus mennyiséget.

8. táblázat. *Napi fogyasztásra ajánlott csíramennyiség (15 g) Se-tartalma (µg) és Se-tartalmának napi szükséglethez viszonyított aránya (%)*

Szelenit- kezelések (1)	15 g csíra Se-tartalma (µg) (2)		15 g csíra Se-tartalmának napi szükséglethez viszonyított aránya (%) (3)
	Száraz anyagra számolt (4)	Nedves tömegre számolt (5)	
	Borsócsíra (7)		
Kontroll (6)	3,77	1,04	1,52
1×Se	8,30	2,30	3,34
10×Se	74,00	20,50	29,80
100×Se	345,00	95,60	139,00
Búzacsíra (8)			
Kontroll (6)	4,79	1,50	2,18
1×Se	22,40	7,03	10,20
10×Se	105,00	32,90	47,80
100×Se	896,00	280,00	408,00

Megjegyzés: a kontroll, 1×Se (0,1 mg/dm<sup>3</sup>), 10×Se, 100×Se kezelések függvényében, a Se-t szelenit-kezelésként alkalmazva.

Table 8. Se content (µg) of the sprout quantity recommended for daily consumption (15 g) and the ratio (%) of Se content compared to the daily need. (1) Selenite treatments, (2) Se content (µg) of 15 g sprout, (3) The ratio (%) of the Se content of 15 g sprout compared to the daily need, (4) Calculated for dry matter, (5) Calculated for wet weight, (6) Control, (7) Pea sprout, (8) Wheat sprout, Note: depending on the control, 1×Se (0,1 mg dm<sup>-3</sup>), 10×Se and 100×Se treatments, using Se as selenite treatment.

A 9. táblázatban szereplő értékek arra mutatnak rá, hogy a búzacsírákat célszerű a kísérletünkben alkalmazott legnagyobb szelenát-koncentrációjú ol-

dattal ( $1 \text{ mg/dm}^3$ ) kezelni, ugyanis ez a kezelés eredményezett jelentősebb szelénfelvételt a csírákban. Ezekből az ajánlott mennyiséget elfogyasztva, napi szelénszükségletünk 30%-át fedezhetjük. A 9. táblázat alapján az is megállapítható, hogy egy kiegyensúlyozott, változatos étrendet követő személynek viszont elegendő lehet a  $0,1 \text{ mg/dm}^3$ -es szelenát-kezelést alkalmaznia a borsó csíráztatása során, ez a kezelés ugyanis 14%-ban fedezné a napi szelénszükségletet.

9. táblázat. *Napi fogyasztásra ajánlott csíramennyiség (15 g) Se-tartalma ( $\mu\text{g}$ ) és Se-tartalmának napi szükséglethez viszonyított aránya (%)*

Szelenát- kezelések (1)	15 g csíra		15 g csíra Se-tartalmának napi szükséglethez viszonyított aránya (%) (3)
	Se-tartalma ( $\mu\text{g}$ ) (2)		
	Száraz anyagra számolt (4)	Nedves tömegre számolt (5)	
Borsócsíra (7)			
Kontroll (6)	3,77	1,04	1,52
1×Se	33,80	9,35	13,60
10×Se	290,00	80,20	117,00
Búzacsíra (8)			
Kontroll (6)	4,79	1,50	2,18
1×Se	25,30	7,93	11,50
10×Se	64,50	20,20	29,40

Megjegyzés: a kontroll, 1×Se ( $0,1 \text{ mg/dm}^3$ ), 10×Se kezelések függvényében, a Se-t szelenát-kezelésként alkalmazva.

*Table 9.* Se content ( $\mu\text{g}$ ) of the sprout quantity recommended for daily consumption (15 g) and the ratio (%) of Se content compared to the daily need. (1) Selenite treatments, (2) Se content ( $\mu\text{g}$ ) of 15 g sprout, (3) The ratio (%) of the Se content of 15 g sprout compared to the daily need, (4) Calculated for dry matter, (5) Calculated for wet weight, (6) Control, (7) Pea sprout, (8) Wheat sprout, Note: depending on the control, 1×Se ( $0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ) and 10×Se treatments, using Se as selenate treatment.

A táblázatból az is kitűnik, hogy a kontroll kezelésű csírák szelén tartalmának napi szükségletünkhöz viszonyított aránya rendkívül alacsony (3–5%), így különösen a szelénhiányos területeken élőknek javasoljuk a szelenátot tartalmazó oldaton történő csíráztatást. Ezenkívül vegetáriánus személyeknek is

hasznos lehet a szelenittel, illetve szelenáttal dúsított csírák fogyasztása, mivel főként a hazai előállítású zöldségek és gyümölcsök szelén koncentrációja rendkívül alacsony, *Takács* (2001) feljegyzése szerint 0,01  $\mu\text{g/g}$ . A húsokban, halakban, kagylókban ez az érték sokkal nagyobb, 0,3  $\mu\text{g/g}$ . Az állati belsőségek közül különösen a máj, a vese szelén koncentrációja magas.

Mindezek mellett fontosnak tartjuk még megjegyezni, hogy egyes esetekben viszont szükséges lehet, hogy a szelénből a napi szelénszükségletünket meghaladó mennyiséget vigyünk be a szervezetünkbe. Például kutatások igazolják, hogy a szelén akkor használható fel rák megelőzésére, illetve kezelésére, ha biztosítjuk, hogy a szervezetünkben az átlagos táplálkozási szintet meghaladó mennyiségben legyen jelen (*Clark et al.* 1996, *Bonelli et al.* 1998).

#### *Mikrobiológiai vizsgálatok eredményei*

Mikrobiológiai vizsgálataink során az összcsíraszámot, a coliformszámot, valamint az élesztő- és penészgombaszámot határoztuk meg a magvak áztatása előtt, a 12 órás áztatást követően, valamint a csíráztatás egyes napjain. Eredményeinket a 4. ábra szemlélteti.

A 4. ábra adatai szerint a búzaszem összcsíraszámát 4,9  $\log_{10}$  tke/g volt. Az áztatást követően ez az érték több mint tízszeresére (1  $\log_{10}$  tke/g) emelkedett meg. A csíráztatás során az összcsíraszám napról napra nőtt, viszont a növekedés intenzitásában eltérést fedeztünk fel. A legnagyobb növekedést az áztatást követő 24. órában tapasztaltuk. A magvak áztatásától a csíráztatás befejezéséig összesen 3  $\log_{10}$  tke/g növekedést állapítottunk meg, amely összhangban van más szerzők megfigyeléseivel. Például *Piernas és Gutraud* (1997) rizs csíráztatása során 2,3  $\log_{10}$  tke/g, *Weiss és Hammes* (2003) búzaszem csíráztatása során 2,3  $\log_{10}$  tke/g, *Andrews et al.* (1982) lucerna csíráztatás során 3,0  $\log_{10}$  tke/g növekedést jegyzett fel.

Az eredmények statisztikai elemzése során az figyelhető meg, hogy a szemek és az áztatás utáni szemek összcsíraszámát szignifikánsan különböztetik meg ( $p < 0,05$ ) a többi minta összcsíraszámától. Az 1., 2. és 3. napos csírák összcsíraszámát viszont nem különböztetik szignifikánsan ( $p > 0,05$ ) egymástól.

A 4. ábra adatai alapján az is megállapítható, hogy a csíráztatás körülményei (hőmérséklet, vízaktivitás, pH) valamint a csírák magas tápanyagtartalma a coliform baktérium szaporodásának is kedvez. A coliform mennyisége a búzaszem áztatása alatt növekedett a legintenzívebben, hiszen ebben az időinter-

vallumban  $3,9 \log_{10}$  tke/g-ról  $6,0 \log_{10}$  tke/g-ra emelkedett. E növekedés intenzitását összevetve az összcsíraszámnál tapasztaltakkal megállapíthatjuk, hogy áztatás során a coliform baktériumok számának az emelkedése nagyobb mértékű volt, mint amit az összcsíraszám esetén tapasztaltunk.

4. ábra. Az összcsíraszám, a coliformszám, valamint az élesztő- és penészgombaszám változása a csírázás során ( $\log_{10}$  tke/g)

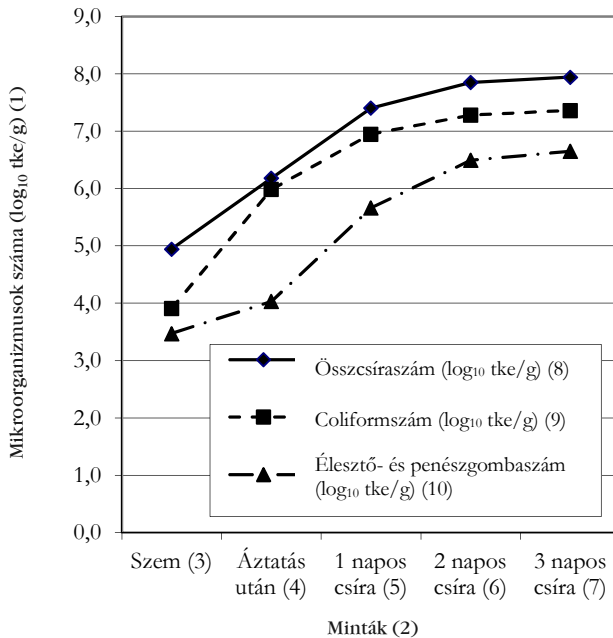


Figure 4. Change of the total colony count, the number of coliform bacteria and the yeast and mould during germination ( $\log_{10}$  tke  $g^{-1}$ ). (1) Number of microorganisms, (2) Samples, (3) Seed, (4) After steeping, (5) 1-day-old sprout, (6) 2-day-old sprout, (7) 3-day-old sprout (8) Total colony count ( $\log_{10}$  tke  $g^{-1}$ ), (9) Number of coliform bacteria ( $\log_{10}$  tke  $g^{-1}$ ), (10) Number of yeast and mould fungi ( $\log_{10}$  tke  $g^{-1}$ ).

A 4. ábrából azt is megtudhatjuk, hogy az 1–3. napok között a coliformszámban már csak kismértékű növekedés következett be. A számuk 2 nap alatt csupán  $0,5 \log_{10}$  tke/g-mal emelkedett meg. A csíráztatás befejezésekor  $7,4 \log_{10}$  tke/g coliformszámot állapítottunk meg, amely összhangban van Gabriel et al. (2007) feljegyzéseivel. Gabriel et al. (2007) a Fülöp-szigeteken 25 különböző piacról származó mungóbabcsíra mintát értékelt mikrobiológiai szempont-

ból. A vizsgálatából kiderült, hogy a csírák coliformszáma 5,11–8,33  $\log_{10}$  tke/g között változott.

Az eredmények statisztikai elemzése során a coliformszám esetében ugyanazt tapasztaltuk, mint az összcsíraszám esetén. A szemek és az áztatás utáni szemek coliform baktérium száma szignifikánsan ( $p < 0,05$ ) kisebb, mint a többi minta esetében. Az 1., 2. és 3. napos csírák coliformszáma nem különbözik szignifikánsan ( $p > 0,05$ ) egymástól.

A 4. ábrán a csírázás során bekövetkező élesztő- és penészgombaszám változását is feltüntettük. Az élesztő- és penészgomba esetében az áztatás időintervallumában csak mérsékeltebb, míg az áztatást követően a csíráztatás 2. napjáig egy meglehetősen intenzív növekedést tapasztaltunk. A csíráztatás 2–3. napja között viszont az élesztő- és penészgombaszám már csak 0,1  $\log_{10}$  tke/g-mal emelkedett, a coliformszámhoz és az összcsíraszámhoz hasonlóan.

Az eredmények statisztikai elemzése során szignifikáns különbség ( $p < 0,05$ ) figyelhető meg a búzaszem, valamint az áztatás utáni szem és az 1., 2. és 3. napos csírák, valamint az 1. és a 3. napos csírák élesztő- és penészgombaszáma között.

### Következtetések és javaslatok

Molibdénnel kezelt csírák esetében megállapítottuk, hogy azokon a területeken, ahol a természetes molibdénforrások fogyasztásával (pl. teljes kiőrlésű gabonafélék, hüvelyesek, zeller, cékla, foghagyma) nem biztosítható az ember számára a szükséges napi molibdén-bevitel, érdemes lehet a csírákat molibdénnel dúsítani. Mivel a borsócsíránál intenzívebb koncentrációnövekedést tapasztaltunk, mint a búzacsíránál, ezért a két növény közül a nagyobb molibdén-bevitel szempontjából inkább a borsócsíra molibdénnel történő dúsítását javasoljuk.

A szelenit- és szelenátkezelések hatására a csírák szelén koncentrációja szintén emelkedett, de feltételezhetően a két növénytípus eltérő tápanyagfelvételi mechanizmusából adódóan, a két szelénmódosulat felvételének intenzitásában eltérést tapasztaltunk. Az ugyanolyan koncentrációjú szelenit, illetve szelenát kezelések során, a búzacsírák a szelenitből, a borsócsírák viszont a szelenátból vettek fel több szelént. Ebből arra a következtetésre jutottunk, hogy az egyszikű növények számára a szelenit, a kétszikű növények számára viszont a szelenát a jobban hasznosuló szelénforma, amit érdemes figyelembe venni csíráztatásnál.

Mikrobiológiai vizsgálati eredményeinket tanulmányozva azt a konklúziót vontuk le, hogy a magvak áztatásának, valamint csíráztatásának körülményei (pH, hőmérséklet, páratartalom) igen kedvezőnek tűntek a mezofil aerob és a coliform baktériumok, továbbá az élesztő- és penészgombák szaporodásához egyaránt. Mivel a csírák magas mikrobiológiai szennyezettsége csökkenti a csírák minőségmegőrzési idejét és épségét, a mikrobiológiai terheltségét kontrollálni kell annak érdekében, hogy a kontamináció esélye csökkenjen. A jövőben élelmiszerbiztonsági szempontból pedig mindenképpen fontos olyan technológiák kidolgozása, mely csökkenti a mikrobiális kontaminációt, többek között azért is, mert a kontaminált magvak lehetnek az elsődleges forrásai a csíranövények fogyasztásából származó megbetegedéseknek. A szakirodalomban szereplő javaslatokkal összhangban arra a megállapításra jutottunk, hogy a csíráztatás előtt a magvakat mindenképpen fontos olyan kezelésnek alávetni, melyek segítségével a kórokozók eliminálhatók.

### Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a TÁMOP 4.2.1./B-09/1/KONV 2010-0007 és 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

- Andrews, W. H.–Mislivec, P. B.–Wilson, C. R.–Bruce, V. R.–Polema, P. L.–Gibson, R.–Trucksess M. W.–Young K.:* 1982. Microbial hazards associated with bean sprouting. *Journal of Association of Official Analytical Chemists.* 65: 241–248.
- Bankhofer H.:* 1994. Bio-szelén. Golden Book Kiadó. Budapest.
- Beck, M. A.–Levander, O. A.:* 1997. Effects of nutritional antioxidants and other dietary constituents on coxsackievirus-induced myocarditis. *Coxsackie B Viruses.* 223: 81–96.
- Bogye, G.–Alfthan, G.–Machay, T.–Zubovics, L.:* 1998. Enteral yeast-selenium supplementation in preterm infants. *Archives of Disease in Childhood Fetal and Neonatal Edition.* 78: F225–F226.
- Bonelli, L.–Camorino, A.–Reavelli, P.–Missale, G.–Bruzzi, P.–Aste H.:* 1998. Reduction of the incidence of metachronous adenomas of the large bowel by means of antioxidants. [In: Palmieri, Y. (ed.) *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Selenium Tellurium Development Association.*] Scottsdale. Arizona. 91–94.



- Clark, L. C.–Combs, Jr. G. F.–Turnbull, B. W.–Slate, E. H.–Chalker, D. K.–Chow, J.–Davis, L. S.–Glover, R. A.–Graham, G. F.–Gross, E. G.–Krongrad, A.–Lesher, Jr. J. L.–Park, H. K.–Sanders, Jr. B. B.–Smith, C. L.–Taylor, J. R.: 1996. Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin. A randomized controlled trial. Nutritional Prevention of Cancer Study Group. The Journal of the American Medical Association. 276: 1957–1963.
- Combs, G. F.–Gray, W. P.: 1998. Chemopreventive agents: selenium. Pharmacology and Therapeutics. 79: 179–192.
- Curzon, M. E. J.–Kubota, J.–Bibby, B. G.: 1971. Environmental Effects of Molybdenum on Caries. Journal of Dental Research. 50: 74–77.
- De Wayne Ashmead, H.: 1991. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metal salts. [In: Subramanian, K. S.–Iyengar, G. V.–Okamoto, K. (eds.) Biological trace element research multidisciplinary perspectives.] Washington D. C. American Chemical Society. 306–319.
- Food and Nutrition Board, Institute of Medicine (eds.): 2000. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Washington D. C. National Academy of Sciences Press.
- Fretzdorf, B.: 1993. Phytinsaeure in Getreidenährmitteln und Backwaren. AID Verbraucherdienst. 38: 3–12.
- Gabriel, A. A.–Berja, M. C.–Estrada, A. P.–Lopez, M. A.–Nery, J. B.–Villaflor, E. B.: 2007. Microbiology of retail mung bean sprouts vended in public markets of National Capital Region, Philippines. Food Control. 18: 1307–1313.
- Gergely A.–Kontraszti M.: 1998. Szelénbevitel élelmiszerekkel. [In: Cser M. Á.–Sziklai-László I. (szerk.) A szelén szerepe a környezetben és egészségvédelemben.] Frag Bt. Budapest.
- Ghandi, M.–Matthews, K. R.: 2003. Efficacy of chlorine and calcinated calcium treatment of alfalfa seeds and sprouts to eliminate Salmonella. International Journal of Food Microbiology. 87: 301–306.
- Gómez, M. M.–Gasparic, T.–Palacios, M. A.–Cámara, C.: 1998. Determination of five selenium compounds in urine by liquid chromatography with focused microwave assisted digestion and hydride generation-atomic absorption spectrometric detection. Analytica Chimica Acta. 374: 241–251.
- Gray, R. G. F.–Green, A.–Basu, S. N.–Constantine, G.–Condie, R. G.–Dorche, C.–Vianey-Liaud, C.: 1990. Antenatal diagnosis of molybdenum cofactor deficiency. American Journal of Obstetrics and Gynecology. 163: 1203–1204.
- Harmuth-Hoene, A. E.: 1987. Dietary fiber and the bioavailability of essential trace elements, a controversial topic. [In: Braetter, P.–Schrammel, P. (eds.) Trace element analytical chemistry in medicine and biology.] Berlin. Walter de Gruyter. 107–126.

- Hegóczky J.–Vereczkey G.: 2000. Mikroelemek szerepe a funkcionális élelmiszerek előállításában. Az MTA Élelmiszertudományi Komplex Bizottsága a Magyar Élelmiszeripari Tudományos egyesület és a Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet által a 300. Tudományos Kollokviumon elhangzó előadások rövid kivonata. Központi élelmiszeripari Kutató Intézet. Budapest. 273. füzet.
- Hsu, C. K.–Chiang, B. H.–Chen, Y. S.–Yang, J. H.–Liu, C. L.: 2008. Improving the antioxidant activity of buckwheat (*Fagopyrum tataricum Gaertn*) sprout with trace element water. Food Chemistry. 108: 633–641.
- ISO 4832:2006: 2006. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of coliforms – Colony-count technique.
- Johnson, J. L.–Rajagopalan, K. V.–Lanman, J. T.–Schutgens, R. B. H.–van Gennip, A. H.–Sorensen, P.–Applegarth, D. A.: 1991. Prenatal diagnosis of molybdenum cofactor deficiency by assay of sulphite oxidase activity in chorionic villus samples. Journal of Inherited Metabolic Disease. 14: 932–945.
- Kestwal, R. M.–Lin, J. C.–Bagal-Kestwal, D.–Chiang, B. H.: 2011. Glucosinolates fortification of cruciferous sprouts by sulphur supplementation during cultivation to enhance anti-cancer activity. Food Chemistry. 126: 1164–1171.
- Kobayashi, Y.–Ogra, Y.–Suzuki, K. T.: 2001. Speciation and metabolism of selenium injected with <sup>82</sup>Se-enriched selenite and selenate in rats. Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications. 760: 73–81.
- Kolesarova, A.–Capcarova, M.–Sirotkin, A. V.–Medvedova, M.–Kalafova, A.–Filipejova, T.–Kovacic, J.: 2011. In vitro assessment of molybdenum-induced secretory activity, proliferation and apoptosis of porcine ovarian granulosa cells. Journal of Environmental Science and Health. Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering. 46. 2: 170–175.
- Kovács, B.–Dániel, P.–Győri, Z.–Loch, J.–Prokisch, J.: 1998. Studies on Parameters of Inductively Coupled Plasma Spectrometer. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 29. 11–14: 2035–2054.
- Kovács, B.–Győri, Z.–Prokisch, J.–Loch, J.–Dániel, P.: 1996. A study of plant sample preparation and inductively coupled plasma emission spectrometry parameters. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 27. 5–8: 1177–1198.
- Lintschinger, J.–Fuchs, N.–Moser, H.–Jäger, R.–Hlebeina, T.–Markolín, G.–Gossler, W.: 1997. Uptake of various trace elements during germination of wheat, buckwheat and quinoa. Plant Foods for Human Nutrition. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 50: 223–237.
- Liu, C. L.–Chen, Y. S.–Yang, J. H.–Chiang, B. H.–Hsu, C. K.: 2007. Trace element water improves the antioxidant activity of buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*). Journal of Agriculture and Food Chemistry. 55: 8934–8940.
- Magyar Élelmiszerkönyv: 2001. 1-1-90/496 számú előírás. Az élelmiszerek tápértékének jelölése. Módosított kiadás.
- Márton, M.–Mándoki, Zs.–Csapó-Kiss, Zs.–Csapó, J.: 2010. The role of sprouts in human nutrition. A review. Acta Universitatis Sapientiae. Alimentaria. 3: 81–117.

- Mbithi-Mwikya, S.–Van Camp, J.–Yiru, Y.–Huyghebaert, A.*: 2000. Nutrient and Antinutrient Changes in Finger Millet (*Eleusine coracana*) During Sprouting. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 33: 9–14.
- MSZ EN ISO 4833:2003* 2003. Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. Horizontális módszer a mikroorganizmusok számlálásához. Telepszámlálási technika 30 °C-on.
- MSZ EN ISO 6887-1:2000* 2000. Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. A vizsgálati minták, az alapsuszpenzió és a decimális hígítások elkészítése mikrobiológiai vizsgálathoz. 1. rész: Az alapsuszpenzió és a decimális hígítások elkészítésének általános szabályai.
- MSZ ISO 7954:1999* 1999. Mikrobiológia. Általános útmutató élesztők és penészek számlálásához. Telepszámlálási technika 25 °C-on.
- NACMCF (National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods)*: 1999. Microbiological safety evaluations and recommendations on sprouted seeds. *International Journal of Food Microbiology*. 52: 123–153.
- Navarro-Alarcón, M.–Cabrera-Vique, C.*: 2008. Selenium in food and the human body: A review. *The Science of the Total Environment*. 400: 115–141.
- Navarro-Alarcón, M.–López-Martínez, M. C.*: 2008. Essentiality of selenium in the human body: relationship with different diseases. *The Science of the Total Environment*. 249: 347–371.
- Oluyemisi Latunde-Dada, G.*: 1991. Some physical properties of ten soyabean varieties and effects of processing on iron levels and availability. *Food Chemistry*. 42: 89–98.
- Patterson, J. E.–Woodburn, M. J.*: 1980. Klebsiella and other bacteria on alfalfa and bean sprouts at the retail level. *Journal of Food Science*. 45: 492–495.
- Peñas, E.–Gómez, R.–Frías, J.–Vidal-Valverde, C.*: 2008 Application of high pressure treatment on alfalfa (*Medicago sativa*) and mung bean (*Vigna radiata*) seeds to enhance the microbial safety of their sprouts. *Food Control*. 19: 698–705.
- Piernas, V.–Guiraud, J. P.*: 1997. Disinfection of rice seeds prior to sprouting. *Journal of Food Science*. 62: 611–615.
- Prokopowich, D.–Blank, G.*: 1991. Microbiological evaluation of vegetable sprouts and seeds. *Journal of Food Protection*. 54: 560–562.
- Rayman, M. P.–Infante, H. G.–Sargent, M.*: 2008. Food-chain selenium and human health: spotlight on speciation. *British Journal of Nutrition*. 100: 238–253.
- Reilly, C.*: 1991. Metal contamination of food. Elsevier Science Publisher Ltd. 225–229.
- Robertson, L. J.–Johannesen, G. S.–Gjerde, B. K.–Loncarevic, S.*: 2002. Microbiological analysis of seed sprouts in Norway. *International Journal of Food Microbiology*. 75: 119–126.
- Sangronis, E.–Machado, C. J.*: 2007. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *Learning with Technologies*. 40: 116–120.

- Sasakura, C.-Suzuki, K. T.*: 1998. Biological interaction between transition metals (Ag, Cd and Hg), selenide/sulfide and selenoprotein P. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 71. 3-4: 159-162.
- Skinner, C. P.*: 1999. Environmental Chemistry of Selenium. *Soil Science Society of America Journal*. 164: 70-72.
- Szabó S. A.-Regiusné M. Á.-Győri D.-Szentmihályi S.*: 1987. Mikroelemek a mezőgazdaságban I. (Esszenciális mikroelemek). Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Takács S.*: 1991. Környezet, ember, mikroelemek. Triorg Kft. Budapest.
- Terry, N.-Zayed, A. M.-Desouza, M. P.-Tarun, A. S.*: 2000. Selenium in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 51: 401-432.
- Thilly, C. H.-Swennen, B.-Bourdoux, P.-Ntambue, K.-Morenories, R.-Gillies, J.-Vanderpas, J. B.*: 1993. The Epidemiology of Iodine-Deficiency Disorders in Relation to Goitrogenic Factors and Thyroid-Stimulating-Hormone Regulation. *American Journal of Clinical Nutrition*. 57. 2: S267-S270.
- Udayasekhara Rao, P.*: 1995. Effect of germination on tannin, mineral and trace element composition of groundnut varieties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 72: 477-480.
- Van Gennip, A. H.-Abeling, N. G.-Stroomer, A. E. M.-Overmars, H.-Bakker, H. D.*: 1994. The detection of molybdenum cofactor deficiency: Clinical symptomatology and urinary metabolite profile. *Journal of Inherited Metabolic Disease*. 17: 142-145.
- Van Rensburg, S. J.-Hall, J. M.-du Bruyn, D. B.*: 1985. Effects of various dietary staples on esophageal carcinogenesis induced in rats by subcutaneously administered Nnitrosomethylbenzylamine. *Journal of the National Cancer Institute*. 75: 561-566.
- Vidal-Valverde, C.-Frias, J.-Estrella, I.-Gorospe, M. J.-Ruiz, R.-Bacon, J.*: 1994. Effect of processing on some antinutritional factors of lentils. *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 42: 2291-2295.
- Weiss, A.-Hammes, W. P.*: 2003. Thermal seed treatment to improve the food safety status of sprouts. *Journal of Applied Botany*. 77: 152-155.
- Yoshida, M.-Hattori, H.-Ota, S.-Yoshihara, K.-Kodama, N.-Yoshitake, Y.-Nishimuta, M.*: 2006. Molybdenum balance in healthy young Japanese women. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 20: 245-252.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Bódi Éva - Dr. Peles Ferenc - Andrási Dávid - Fekete István - Dr. Kovács Béla  
Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma  
Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032

## Talajállapot-vizsgálatok értékelése szántóföldi kísérletekben

FÖLDESI PETRA–GYURICZA CSABA

Szent István Egyetem Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

### Összefoglalás

Három éven keresztül (2004–2006) hat gazdaságban beállított szántóföldi kísérletben vizsgáltuk a hagyományos talajművelés hatását a talaj fizikai állapotára. Jelen dolgozatban a talaj agronómiai szerkezetét, a talaj ellenállását és nedvességtartalmát az évjárat-hatás szempontjából értékeltük. Az agronómiai szerkezet vizsgálatokor három év eltérő időjárási viszonyai mellett nem találtunk szignifikáns különbséget a vizsgált évek között. A talajellenállás vizsgálatokor minden mélységben szignifikáns eltérést találtunk az évek között, ( $SzD_{5\%0-10}=0,2$ ;  $SzD_{5\%10-20}=0,2$ ;  $SzD_{5\%20-30}=0,2$ ;  $SzD_{5\%30-40}=0,2$ ;  $SzD_{5\%40-50}=0,2$ ) tehát az évjárat nagymértékben befolyásolta a talajellenállás-értékeket. A 0–30 cm-es mélységben mindegyik vizsgált évben kellően lazultnak bizonyult a talaj állapota. A talajellenállás legnagyobb értékeit (3,2 MPa) a B, C és D kísérletnél mértük 2004-ben, a 40–50 cm-es mélységben. A 2005 és 2006. évben káros tömörödést nem tapasztaltunk. Az évjárat nem csak a talajellenállásra, hanem a talaj nedvességtartalmára is hatással volt. A vizsgálatok évek közötti összehasonlításakor a 10–20 cm-es mélység kivételével minden mélységben szignifikáns különbséget tapasztaltunk ( $SzD_{5\%0-10}=0,8$ ;  $SzD_{5\%20-30}=1$ ;  $SzD_{5\%30-40}=1$ ;  $SzD_{5\%40-50}=0,9$ ), tehát az évjárat-hatás ezekben a mélységekben igazolható. A kísérletek között szignifikáns különbséget csak a 10–20 cm-es mélységben tapasztaltunk ( $SzD_{5\%10-20}=1,7$ ). A talaj nedvességtartalma ebben a mélységben nem az évjárat-hatástól függött, hanem az alkalmazott agrotechnikától. Tehát a talajművelés hatása a nedvességtartalomra a 10–20 cm-es rétegben mutatkozott meg. A talaj nedvességtartalma a 2005. és 2006. évben a 40 cm-es mélység elérése után mindegyik kísérletben csökkent. Összességében megállapítható, hogy a vizsgált talaj- és termőhelyi viszonyok között a hagyományos talajművelés a vizsgálat utolsó évére nem eredményezte a talaj fizikai állapotának leromlását.

**Kulcsszavak:** talajállapot, hagyományos talajművelés, agronómiai szerkezet, talaj-ellenállás, talajnedvesség

## Evaluation of soil condition analyses in field experiments

P. FÖLDESI-CS. GYURICZA

Szent István University, Institute of Crop Production, Gödöllő

### Summary

The effect of conventional tillage on the physical condition of the soil was examined on six farms for three years (2004–2006) in field experiments. In this study, the agronomic structure of the soil, the soil penetration resistance and the moisture content were examined from the aspect of the crop year effect. When examining the agronomic structure, it was revealed that no significant differences were observed between the examined three years under different weather conditions. During the examination of soil penetration resistance, significant differences were found between the years concerned at all depths ( $LSD_{5\%}0-10=0.2$ ,  $LSD_{5\%}10-20=0.2$ ,  $LSD_{5\%}20-30=0.2$ ,  $LSD_{5\%}30-40=0.2$ ,  $LSD_{5\%}40-50=0.2$ ). Consequently, the crop year effect largely influenced the soil penetration resistance. At depths of 0–30 cm the soil structure proved to be sufficiently loose throughout the examined years. The highest soil penetration resistance values (3,2 MPa) were observed in experiments B, C and D in 2004 at depths of 40–50 cm. No adverse compaction was recorded in years 2005 and 2006. The year effect influenced not only the soil penetration resistance, but also the soil humidity. When comparing the examinations of the certain years, significant differences were observed at all depths, except for depths of 10–20 cm ( $LSD_{5\%}0-10=0.8$ ,  $LSD_{5\%}20-30=1$ ,  $LSD_{5\%}30-40=1$ ,  $LSD_{5\%}40-50=0.9$ ). Consequently, the crop year effect can be proved at these depths. Significant differences were observed between the experiments ( $LSD_{5\%}10-20=1.7$ ) only at depths of 10–20 cm. At this depth, the moisture content of the soil depended not on the crop year effect, but also on the applied agrotechnology. Accordingly, the effect of the cultivation on the soil moisture content appeared at depths of 10–20 cm. In years 2005 and 2006, the moisture content of the soil decreased in all experiments below the tillage depth of 40 cm. Altogether, it

can be concluded that under the examined soil and location circumstances, traditional tillage did not result in physical soil degradation by the last year of the experiment.

**Key words:** soil condition, conventional tillage, agronomic structure, penetration resistance, soil moisture

## Оценка исследований состояния почвы в пахотных опытах

П. ФЁЛДЕШИ–Ч. ДЬЮРИЦА

Институт Растениеводства Университета им. Св. Иштвана, Гёдёллэ

### Резюме

В течении трёх лет (2004–2006) в установленном в шести хозяйствах пахотном опыте исследовали влияние традиционной обработки почвы на физическое состояние почвы. В данной работе оценивали агрономическую структуру почвы, сопротивление почвы и содержание влаги с точки зрения влияния года выращивания. При исследовании агрономической структуры при различных климатических условиях этих трёх лет не обнаружили значительные различия в разные годы исследования. При исследовании сопротивления почвы на каждой глубине обнаружили значительное различие за годы, ( $SzD_{5\%}0-10=0,2$ ;  $SzD_{5\%}10-20=0,2$ ;  $SzD_{5\%}20-30=0,2$ ;  $SzD_{5\%}30-40=0,2$ ;  $SzD_{5\%}40-50=0,2$ ) значит, год выращивания в большой мере влияет на величину сопротивления почвы. На 0–30 см глубине в каждый год исследования состояние почвы было достаточно рыхлым. Самые большие величины сопротивления почвы (3,2 МПа) в опытах В, С и Д измерили в 2004 году, на глубине 40–50 см. В 2005 и в 2006-ом году не обнаружили вредного уплотнения почвы. Год выращивания оказал влияние не только на сопротивление почвы, но и на содержание влаги почвы. При сравнении исследований за годы опыта кроме 10–20 см глубины на каждой глубине обнаружили значительную разницу ( $SzD_{5\%}0-10=0,8$ ;  $SzD_{5\%}20-30=1$ ;  $SzD_{5\%}30-40=1$ ;  $SzD_{5\%}40-50=0,9$ ), значит влияние года выращивания на этих глубинах можно доказать. Среди опытов обнаружили значительную разницу только на 10–20 см глубине ( $SzD_{5\%}10-20=1,7$ ). Содержание влаги почвы на этой глубине зависело не от года выращивания, а от применённой агротехники.

Таким образом, влияние обработки почвы на содержание влаги почвы проявилось в 10–20 см слое. Содержание влаги почвы в 2005–2006 годы после достижения 40 см глубины уменьшилось в каждом опыте. В целом можно установить, что в исследованных почвах и условиях места выращивания традиционная обработка почвы к последнему году исследования не привела к ухудшению физического состояния почвы.

**Ключевые слова:** состояние почвы, традиционная обработка почвы, агрономическая структура, сопротивление почвы, влажность почвы

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A mezőgazdasági termelés során a fenntartható növénytermesztésre és talajhasználatra való törekvés az utóbbi évtizedek elsődleges céljává vált. *Pepó* (2004) megfogalmazása szerint a fenntartható növénytermesztés alapvetően az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők összhangjára épül. A talajaink fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak megőrzése, illetve lehetőség szerinti javítása a fenntartható növénytermesztés alapfeladata. A jó talajállapot előfordulási gyakorisága 1980–1984. évek között 54% volt, amely 1991–1997 között 9%-ra csökkent, alapvetően az egyoldalú talajhasználat, a helytelen művelőeszköz és művelési idő megválasztása, a mélyművelés elmaradása miatt (*Birkás és Gyuricza 2004a, Pepó 2005*).

*Birkás és Gyuricza (2004b)* szerint a talajművelés során a kedvező talajállapot fenntartása, illetve javítása komplex feladat, kiterjed a talaj természetes fizikai, kémiai és biológiai jellemzőinek, termékenységének védelmére és lehetőség szerinti javítására. A talajművelés akkor alapozza meg biztonságosan a növény termesztését, ha kíméli a talaj szerkezetét, szerves anyag- és nedveségkészletét. A talajt nem kímélő termesztéstechnológiák miatt ma már a legtöbb országban, hazánkban is, a fokozottan porosabbá váló talajállapot, valamint a növénytermesztési szempontból káros talajtömörödés – visszatömörödés – mértékének és ütemének növekedése a jellemző. Ez maga után vonja a talaj vízbefogadó képességének, valamint levegő- és hőgazdálkodásának, biológiai tevékenységének romlását, a talaj, a víz és a szél általi pusztulásának felgyorsulását, végső soron a termések csökkenését (*Nyíri 1993*).



*Tóth* (2001) vizsgálatai alátámasztják, hogy a jó talajszerkezet mellett, hogy a nagy termések elérésének alapja, meghatározó fontosságú a növénytermesztés termelési színvonalának fenntarthatóságában is, mivel a jó szerkezetű talajok egyúttal jobban ellenállnak a talajpusztulást kiváltó tényezőknek, hosszútávon garantálva ezzel a termelés biztonságát. *Keller et al.* (2007) négy különböző talajnál vizsgálták a művelt talaj szerkezetét a talajnedvesség tartalom és a talaj fizikai állapotának szempontjából. Megállapították, hogy azok a talajok rögzesebbek, amelyeknél a talaj fizikai állapota kedvezőtlenebb.

*Rátonyi* (1999) szerint gazdaságossági megfontolásból mellőzött a talajok mélyművelése, ugyanakkor elterjedt a több éven keresztül azonos mélységben végzett tárcsás, sekély alpművelésre épülő művelési rendszer, amely miatt már az első években károsan tömörödik a feltalaj.

*László* (2007) szerint a talajművelési rendszerek talajállapotra történő hatásának vizsgálatok a fizikai minősítés önmagában nem elegendő. Vizsgálatai során azt tapasztalta, hogy az évjáráthatásnak, különösen a csapadékmennyiségnek nagy szerepe volt a művelési rendszerek talajtulajdonságokra kifejtett hatásában. A talajállapotot egyes esetekben az időjárás erőteljesebben befolyásolta, mint maga a talajművelés, emiatt interakció lépett fel a kezelések között.

A külföldi és a hazai szakirodalomban megfogalmazottak alapján megállapítható, hogy a helyi viszonyok (talaj, domborzat, klíma) figyelembevétele mellett a jó talajszerkezet ellenállóbb a talajpusztulással, valamint a környezeti károk túlnyomó többségével szemben. A kívánt talajállapot, valamint a hosszútávon fenntartható növénytermesztés a szakszerű talajművelés megválasztásával, optimális műtrágyaadagok kijuttatásával, talajvédő eljárások alkalmazásával (pl. védőnövények, bakhátas művelés) elérhető (*Földesi és Gyuricza* 2011a).

A beállított hat szántóföldi kísérletünkben a talaj agronómiai szerkezetét, ellenállását és nedvességtartalmát vizsgáltuk hagyományos talajművelési körülmények között. Jelen dolgozatban az évjáráthatás szempontjából értékeljük a 2004–2006. évi eredményeket.

## Anyag és módszer

### *Földrajzi fekvés*

A kísérleteket 2004-ben Közép-Magyarországon, a Nagykátai kistérségben Pánd (É. Sz. 47°21'01"; K. H. 19°38'00"; tengerszint feletti magasság: 129 m) és Káva (É. Sz. 47°21'04"; K. H. 19°34'44"; tengerszint feletti magasság: 157 m) települések között elhelyezkedő szántóterületeken állítottuk be hat gazdaságban (*Google earth* 2012). A völgyben fekvő tájat több domb határolja, de a beállított kísérletek sík területen helyezkednek el.

### *Éghajlati viszonyok*

A kísérleti terület egzakt éghajlati adottságairól az Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Szolgáltató Osztálya biztosított adatokat a vizsgált évekre vonatkozóan. A havi középhőmérsékleti adatokat (*1. ábra*) a kísérleti területhez legközelebb elhelyezkedő, Tápiószelén működő automata meteorológiai állomás mérései alapján vettük figyelembe (az állomás meta adatai: Tápiószele Agrobotanikai Intézet, hosszúság: 19°53'22", szélesség: 47°21'18", magasság: 96,2 m). Az évi középhőmérséklet három éves átlaga 10,09 °C (három éves havi átlag: maximum júliusban 21,43 °C; minimum januárban -1,97 °C). Az évi középhőmérséklet a 2005. évben volt a legalacsonyabb a térségben (9,81 °C).

A csapadékmennyiségre vonatkozó adatoknál Nagykáta térségére vonatkozóan a helyben működő csapadékmérő állomás méréseit vettük alapul (az állomás meta adatai: Nagykáta, hosszúság: 19°45', szélesség: 47°25', magasság: 116 m). A havi csapadékmennyiség (*2. ábra*) három éves átlagát tekintve augusztus (99,43 mm) és június (71,20 mm) hónapban hullott a legtöbb csapadék, míg október (19,50 mm) hónapban esett a legkevesebb csapadék. Az agrometeorológiai adatokat alapul véve megállapítható, hogy a három vizsgálati év közül a csapadékmennyiség szempontjából a 2005. év bizonyult a legcsapadékosabbnak (évi csapadékmennyiség: 702,1 mm).

1. ábra. A havi középhőmérséklet alakulása a kísérleti területeken  
(2004–2006, °C)

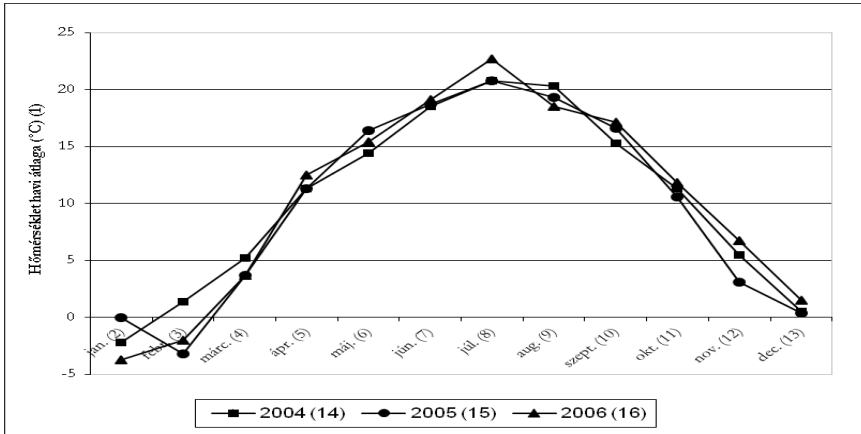


Figure 1. The changes in monthly mean temperature on the experimental area in 2004–2006 (°C). (1) Monthly average temperature (°C), (2) January, (3) February, (4) March, (5) April, (6) May, (7) June, (8) July, (9) August, (10) September, (11) October, (12) November, (13) December, (14) Year 2004, (15) Year 2005, (16) Year 2006.

2. ábra. A havi csapadékmennyiség alakulása a kísérleti területen  
(2004–2006, mm)

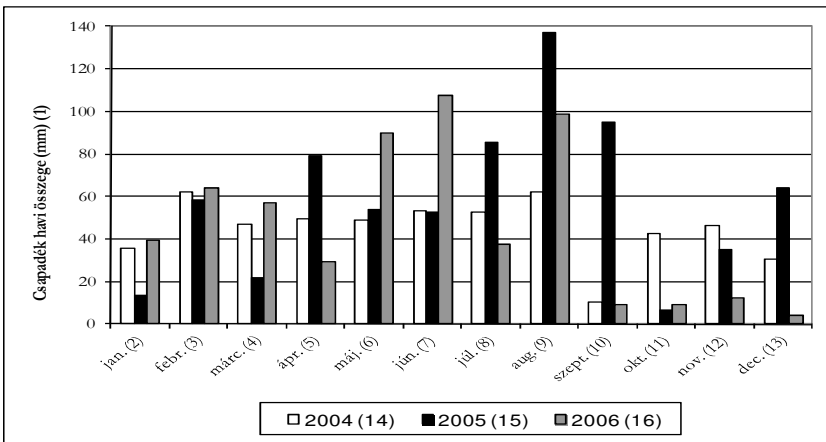


Figure 2. The monthly amount of precipitation on the experimental area in 2004–2006 (mm). (1) Monthly amount of precipitation (mm), (2) January, (3) February, (4) March, (5) April, (6) May, (7) June, (8) July, (9) August, (10) September, (11) October, (12) November, (13) December, (14) Year 2004, (15) Year 2005, (16) Year 2006.

### Talajadottság

A vizsgált területek a Tápió-mente Gödöllői-dombságra eső települések (Káva és Pánd) határában találhatóak, ahol a magasabban fekvő, eróziós-deráziós völgyekkel erősen tagolt löszös dombhátakon és lejtőkön közepes termőképességű csernozjom barna erdőtalaj az uralkodó (Dusek 2007). A szántóföldi kísérletek beállításáig a vizsgált gazdaságokban korábban sohasem került sor talajvizsgálatra, ezért 2004–2006. év között a betakarítást követően átlagmintákat vettünk a talaj 0–20 és 20–40 cm-es rétegéből. A kevert talajmintákat minden egyes gazdaság esetében homogén területről gyűjtöttük úgy, hogy képzeletbeli átlók mentén haladva a vizsgált területről több ponton vettünk azonos tömegű talaj-részmintát, melyet összekeverés után beszállítottunk a laboratóriumba. A begyűjtött talajminták elemzése alapján az Arany-féle kötöttség, a talajok pH-ja, a kalcium-karbonát tartalom, a humusz %, valamint a foszfor és kálium ellátottság került kiértékelésre (1. táblázat).

1. táblázat. A talajvizsgálat eredménye az A, B, C, D, E és F gazdaságokban (2004–2006)

	K <sub>A</sub> (1)	pH <sub>KCl</sub> (2)	Humusz (%) (3)	CaCO <sub>3</sub> (%) (4)	Al-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg) (5)	Al-K <sub>2</sub> O (mg/kg) (6)
A	37	6,74	2,61	5,54	220	161
B	38	7,22	1,26	15,38	66	62
C	38	6,85	2,46	2,73	107	141
D	39	6,66	2,18	2,58	114	139
E	38	6,85	2,46	2,73	107	141
F	38	5,70	2,75	0	230	234

Table 1. Data of soil analysis in farms A, B, C, D, E and F in 2004–2006. (1) Arany plasticity index, (2) pH, (3) Humus (%), (4) CaCO<sub>3</sub> (%), (5) Al-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (mg kg<sup>-1</sup>), (6) Al-K<sub>2</sub>O (mg kg<sup>-1</sup>).

A fizikai talajféleség laboratóriumi meghatározása során az Arany-féle kötöttségi szám K<sub>A</sub>=37–39 között változott. Mivel a talaj fizikai féleségének megállapításához további jellemzőket nem vizsgáltunk (pl. higroszkóposság, 5 órás kapilláris vízemelés), így a K<sub>A</sub>-értékből csak megközelítőleg következtethetünk a vizsgált gazdaságok fizikai talajféleségére, mely a fenti értékek

alapján vályog. A vizsgált gazdaságok talajainak kémhatása gyengén savanyú és semleges kémhatás között váltakozott (pH=5,70–7,22). A szénsavas mésztartalom jelentősen eltért a hat gazdaságban (0–15,38%). Az adott termőhelyi adottságokhoz viszonyítva a humusztartalom alapján igen gyenge (B kísérlet), közepes (C, D és E kísérlet), valamint jó (A, F kísérlet) a vizsgált területek humuszellátottsága. Az oldható foszfor- és káliumtartalom szintén jelentősen eltért a gazdaságokban.

A beállított szántóföldi kísérletekben hagyományos talajművelés során tanulmányoztuk a rög-, morzsa- és porfrakció arányát. A hagyományos művelést jellemzi a nagy menetszám, valamint az idő- és energiaigényes beavatkozások. A művelés mélysége gyakrabban igazodik a növények igényéhez és a rendelkezésre álló eszközökhöz, mint a talaj nedvességtartalmához vagy tömörségéhez. A tarlómaradványokat a tenyészidőn kívüli időszakban nem használják fel a talajfelszín takarására, védelmére és a nedvességveszteség csökkentésére. Hagyományos talajműveléskor a tarlómaradványoktól mentes, aprómorzás magágy kialakítására törekednek. A beállított szántóföldi kísérletek során a talajművelési rendszerek a növények betakarítása után mindhárom évben azonosak voltak: a feltalaj tárcsázása után az őszi szántás következett (30 cm). A műtrágya kijuttatása ősszel és tavasszal történt. Tavasszal, a vetés előtt a talajt kultivátorral lazították. A vizsgált gazdaságokban a három év alatt kukoricát és napraforgót termesztettek. Az egyes kísérleteknél a növényi sorrend a következőképpen alakult:

- Az A-kísérlet növényi sorrendje 2004–2006 között: kukorica-napraforgó-kukorica.
- A B-kísérlet növényi sorrendje 2004–2006 között: kukorica-napraforgó-kukorica.
- A C-kísérlet növényi sorrendje 2004–2006 között: kukorica-kukorica-napraforgó.
- A D-kísérlet növényi sorrendje 2004–2006 között: kukorica-kukorica-kukorica.
- Az E-kísérlet növényi sorrendje 2004–2006 között: kukorica-kukorica-napraforgó.
- A F-kísérlet növényi sorrendje 2004–2006 között: kukorica-kukorica-kukorica.

### *A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálata*

A vizsgált gazdaságokban a talaj agronómiai szerkezetét száraz szitálással határoztuk meg. A hat gazdaságban évente három alkalommal háromszori ismétlésben mértük a rögfrakciót. Vizsgálataink során a területről begyűjtött mintákat légszárzóra szárítás után 7 különböző lyukbőségű szitán (20, 10, 5, 3, 1, 0,5 és 0,25 mm) átrostálva 8 mérettartomány szerinti frakcióra osztottuk. A frakciók tömegét megmértük, és mennyiségüket a minta tömegszázalékában kifejezve megállapítottuk a talaj százalékos rög-, morzsa- és porösszetételét. *Stefanovits* (1992) szerint az agronómiai szerkezet megítélésakor nem vagyunk tekintettel a szerkezeti elemek alakjára, kizárólag a méretük alapján osztályozzuk a szerkezeti elemeket, és a különböző mérettartományokba tartozó aggregátumok arányát határozzuk meg. Így ennek alapján a 10 mm (illetve ettől nagyobb) lyukátmérőjű szitán fennmaradt részt rögfrakcióba (10 mm<), az 5 és 0,25 mm közötti lyukbőségű szitákon fennmaradt részt a morzsafrakcióba (0,25–10 mm), míg a 0,25 mm lyukátmérőjű szita alatti porfelfogó edényben lévő részt a porfrakcióba soroljuk (0,25 mm>).

### *Talajellenállás és talajnedvesség-tartalom vizsgálata*

A tömörödött rétegek vizsgálatára az egyik leggyakrabban alkalmazott módszert, a talajellenállás mérését alkalmaztuk. A talaj fizikai állapotában bekövetkező térbeli és időbeli változásokat jól szemlélteti, ha a talaj ellenállásához a talaj nedvességtartalmát is figyelembe vesszük. A szántóföldi kísérletek során a talajellenállást mechanikus elven működő rugós penetrométerrel mértük a vegetációs időszakban három alkalommal 10 cm-enként, 50 cm-es mélységgig (*Daróczy és Lelkes* 1999). A talaj nedvességtartalmának meghatározása a talajellenállás mérésével egy időben történt. A talajminták nedvességtartalmát szárítószekrényes eljárással, tömegállandóságig 105 °C-on történő szárítással határoztuk meg. A talajellenállás méréséhez hasonlóan a talaj nedvességtartalmának meghatározásakor is 10 cm-enként vettünk mintát 50 cm-es mélységgig, háromszori ismétléssel.

A talaj agronómiai szerkezetét, a talaj ellenállását és nedvességtartalmát az Excel program segítségével értékeltük. Statisztikai értékelésre egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk (*Sváb* 1981, *Baráth et al.* 1996).

## Eredmények és megvitatásuk

### *Az agronómiai szerkezet vizsgálata*

A vegetációs időszak folyamán a 2004. évben két, a 2005–2006. évben három alkalommal, háromszori ismétlésben, száraz szitalással határoztuk meg a talaj agronómiai szerkezetét. A három év alatt azt vizsgáltuk, hogy hagyományos talajműveléskor hogyan alakul a rög-, morzsa- és porfrakció aránya szántóföldi körülmények között. Egy korábbi dolgozatban (Földesi és Gyuricza 2011a) már részletesen ismertettük az egyes frakciók egymáshoz viszonyított arányát a vizsgált kísérletek között. Megállapítottuk, hogy 2004-ben a rögfrakció, valamint a talajművelés szempontjából legkedvezőbb morzsafrakció esetében volt igazolható statisztikai eltérés az egyes kísérletek között ( $SzD_{5\%}$  rög=10,2;  $SzD_{5\%}$  morzsa=10,8). A por frakciók között nem volt szignifikáns különbség. A 2005. és 2006. évben egyik frakcióméretnél sem találtunk szignifikáns eltérést a hat beállított kísérlet között. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálatakor a hagyományos művelés során nem tapasztaltuk a talajszerkezet károsodását. A növénytermesztés szempontjából kedvező morzsafrakció aránya a vizsgálat harmadik évére sem csökkent 70% alá. Jelen tanulmányban az agronómiai szerkezet értékelését kiegészítjük az évek közötti vizsgálatok összehasonlításával. A vizsgált évek közötti különbségek statisztikai igazolására az egytényezős varianciaanalízis szolgált, amelynek alkalmazása során az egyes frakcióméreteknel a vizsgált évben mért adatok átlagát vettük figyelembe. A statisztikai elemzés eredményét a 2. táblázatban foglaltuk össze. Egyik frakcióméretnél sem találtunk szignifikáns eltérést az évek között. A 2004. évben bizonyult a legnagyobbnak a rögfrakció aránya, nagymértékű rögösödést azonban nem tapasztaltunk. A vizsgált években az agronómiai szempontból kedvező morzsafrakció legnagyobb arányát (a kísérleteknél mért értékek átlaga) a 2005. évben tapasztaltuk. A térségben 702,1 mm csapadék hullott, ami 20–23%-kal jelentett több csapadékot a két másik vizsgált évhez képest. Bár a három vizsgált év közül ez az év bizonyult a legcsapadékosabbnak, a vizsgált évek összehasonlítása során nem találtunk statisztikai különbséget. Vélhetően ennek az az oka, hogy a talajhasználat hosszabb időszak alatt befolyásolja az agronómiai szerkezetet. Birkás *et al.* (2004a) tíz éven keresztül vizsgálták a rög-, morzsa- és porfrakció arányát kisebb szerves anyag tartalmú gödöllői talajon. Megállapították, hogy az agronómiai szerkezet és a talajhasználat között összefüggés van. A szántással, tár-

csázással sokszor bolygatott talajban kevesebb morzsafrakció található, ezzel szemben nagyobb a por és a rög aránya. Az egyoldalú talajhasználat hosszútávon a degradációs folyamatok felerősödéséhez vezethet, amely a talajszerkezet romlását idézi elő. A porfrakció arányánál kis eltérés mutatkozott az egyes kísérletek között, de az évek közötti eltérés nem volt szignifikáns.

2. táblázat. Az agronómiai szerkezet alakulása az egyes kísérleteknél a vizsgált években (2004–2006)

Agronómiai szerkezet									
(1)									
Frakciók (%)		Kísérlet							
(2)		(3)							
		Mérés éve	A	B	C	D	E	F	SzD <sub>5%</sub> kísérletek között
		(4)							(6)
Rög (>10 mm) (8)	2004		35	17	17	31	14	33	
	2005		18	16	16	17	17	20	n. sz. (7)
	2006		26	25	23	17	23	27	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)		n. sz. (7)						
Morzsa (0,25–10 mm) (9)	2004		63	76	82	67	84	64	
	2005		80	81	82	80	81	79	n. sz. (7)
	2006		72	73	75	81	75	71	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)		n. sz. (7)						
Por (<0,25 mm) (10)	2004		3	6	3	2	2	3	
	2005		2	3	2	2	3	2	n. sz. (7)
	2006		2	2	2	1	2	2	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)		n. sz. (7)						

Table 2. The changes of the agronomic structure in farms in 2004–2006. (1) Agronomic structure, (2) Fractions, (3) Experiment, (4) Year of examination, (5) LSD<sub>5%</sub> between years, (6) LSD<sub>5%</sub> between treatments, (7) Non significant, (8) Clod, (9) Crumb, (10) Dust.



*A talajellenállás és a talajnedvesség vizsgálata*

A vegetációs időszak folyamán – az agronómiai szerkezet vizsgálatával azonos időben – a 2004. évben két, a 2005–2006. évben három alkalommal, háromszori ismétlésben határoztuk meg a talaj ellenállását és nedvességtartalmát. A talajellenállás vizsgálatokor egy korábbi dolgozatban (*Földesi és Gyuricza* 2011b) megállapítottuk, hogy a 2004. évben a 20–30 cm közötti mélységben találtunk szignifikáns eltérést a kísérletek között ( $SzD_{5\%20-30}=1,2$ ). Az alapművelés mélysége alatt három kísérlet esetében tapasztaltunk károsan tömör réteget. A vizsgálat második évében (2005) a 30–40 cm közötti mélységben ( $SzD_{5\%30-40}=0,3$ ) találtunk szignifikáns eltérést a kísérletek között, ugyanakkor károsan tömör réteget egyetlen mélységben és egyetlen kísérletnél sem tapasztaltunk. A talajellenállás-mérések során kapott kedvező értékek feltehetően az optimális nedvességtartománynál végzett talajmunkáknak és a megfelelő minőségű művelésnek köszönhetőek. Bár a kísérlet utolsó évében (2006) a kísérletek között szignifikáns különbséget találtunk a 0–10 és 10–20 cm közötti mélységben, ebben az évben sem tapasztaltunk káros talajtömörödést. Összességében megállapítható, hogy a hat vizsgált szántóföldi kísérletnél a talajellenállás vizsgálatokor az első évben a művelés mélységében, a második évben a művelés mélysége alatt, a harmadik évben a talaj felső 0–20 cm-es mélységében találtunk szignifikáns eltérést a kísérletek között.

A talajellenállás éveken belüli, kísérletek közötti vizsgálatát jelen dolgozatban kívánjuk kiegészíteni a vizsgált évben mért adatok átlagának évek közötti összehasonlításával. A statisztikai elemzés eredményét a 3. táblázatban foglaltuk össze. Minden mélységben szignifikáns eltérést találtunk az évek között ( $SzD_{5\%0-10}=0,2$ ;  $SzD_{5\%10-20}=0,2$ ;  $SzD_{5\%20-30}=0,2$ ;  $SzD_{5\%30-40}=0,2$ ;  $SzD_{5\%40-50}=0,2$ ), tehát az évjárat nagymértékben befolyásolta a talajellenállás-értékeket. A kísérletek között ugyanakkor szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk. A mért adatok átlagát tekintve a 0–10; 10–20 és 20–30 cm-es mélységben mindegyik vizsgált évben kellően lazultnak bizonyult a talaj állapota, tehát a talajfelszíni rétegben a nedvességforgalmat és a növényi gyökerek növekedését tömör réteg nem akadályozta. A 30–40 cm-es mélységben a vizsgálat első évében (2004) egy kísérletnél haladta meg a talajellenállás a 3 MPa értéket (D kísérlet). A vizsgálat második és harmadik évében ugyanebben a mélységben már nem tapasztaltunk tömör állapotot.

3. táblázat. A talajellenállás alakulása az egyes kísérleteknél a 0–50 cm-es mélységben (2004–2006)

Talajellenállás (MPa) (1)								
Talajmélység (cm) (2)	Kísérlet (3)							SzD <sub>5%</sub> kísérletek között (6)
	Mérés éve (4)	A	B	C	D	E	F	
0–10	2004	1,4	1,4	1,5	1,8	0,8	1,6	n. sz. (7)
	2005	0,9	0,8	0,5	0,6	0,8	0,7	
	2006	1,6	0,6	0,8	0,4	0,8	1,0	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)				0,2			
10–20	2004	1,7	1,8	2,0	2,5	1,0	1,7	n. sz. (7)
	2005	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	1,1	
	2006	1,6	0,9	1,2	0,6	1,2	1,8	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)				0,2			
20–30	2004	2,5	1,8	1,5	2,6	1,0	1,7	n. sz. (7)
	2005	1,2	1,1	1,0	1,4	1,0	1,6	
	2006	2,0	1,7	1,5	1,6	1,4	2,5	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)				0,2			
30–40	2004	2,8	2,5	2,8	3,4	1,8	2,1	n. sz. (7)
	2005	1,6	1,5	1,5	2,1	1,2	1,3	
	2006	2,2	2,3	2,0	2,0	1,6	2,6	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)				0,2			
40–50	2004	2,5	3,2	3,2	3,2	2,1	2,1	n. sz. (7)
	2005	1,6	2,2	1,7	2,0	1,7	2,0	
	2006	2,7	2,2	2,0	2,4	2,5	2,6	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)				0,2			

Table 3. Changes in the penetration resistance (MPa) at depths of 0–50 cm in farms in 2004–2006. (1) Penetration resistance (MPa), (2) Depth (cm), (3) Experiment, (4) Year of examination, (5) LSD<sub>5%</sub> between years, (6) LSD<sub>5%</sub> between treatments, (7) Non significant.

A 40–50 cm-es mélységben a talajellenállás legnagyobb értékeit (3,2 MPa) a vizsgálat első évében három kísérletnél mértük (B, C és D kísérlet). A 2005 és 2006. évben káros tömörödést nem tapasztaltunk.

A talaj fizikai állapotának vizsgálatához a talajellenállás-mérésekkel azonos időben a talaj nedvességtartalmát is meghatároztuk. A talaj ellenállását leginkább befolyásoló tényező a talaj lazultsága, vagy tömörsége mellett az aktuális nedvességtartalma (*Gyuricza* 2001). A talaj nedvességtartalma térben és időben egyaránt jelentős mértékben változik (*Stefanovits* 1992). A talajnedvesség kísérletek közötti vizsgálatáról egy korábbi dolgozatban már beszámoltunk (*Földesi és Gyuricza* 2011b). A kísérletek közötti vizsgálat első évében (2004) a 10–20 (SzD<sub>5%</sub>10–20=8), a 20–30 (SzD<sub>5%</sub>20–30=7,8), a 30–40 (SzD<sub>5%</sub>30–40=7,3) és a 40–50 cm-es mélységben (SzD<sub>5%</sub>40–50=3,9) is szignifikáns különbséget találtunk. A 20–30 cm-es talajréteg kivételével az egyes mélységekben a hat kísérlet közül mindig a B kísérletnél volt legalacsonyabb a talaj nedvességtartalma. Feltehetően a 30–40 és 40–50 cm-es mélységben mért alacsony nedvességtartalom eredményezhette a penetrációs ellenállás növekedését. A 2005. évben a 20–30 cm-es (SzD<sub>5%</sub>20–30=1,7) és a 30–40 cm-es (SzD<sub>5%</sub>30–40=1,9) mélységben találtunk szignifikáns különbséget a kísérletek között. A 2006. évben egyik mélységben sem találtunk szignifikáns eltérést a kísérletek között a nedvességtartalom vizsgálatokor.

Jelen dolgozatban a vizsgált éveken belüli, kísérletek közötti vizsgálatot kívánjuk kiegészíteni a vizsgált évben mért adatok átlagának évek közötti összehasonlításával. A statisztikai elemzés eredményét a 4. táblázatban foglaltuk össze. A vizsgálatok évek közötti összehasonlításakor a 10–20 cm-es mélység kivételével minden mélységben szignifikáns különbséget tapasztaltunk (SzD<sub>5%</sub>0–10=0,8; SzD<sub>5%</sub>20–30=1; SzD<sub>5%</sub>30–40=1; SzD<sub>5%</sub>40–50=0,9), tehát az évjáráthatás ezekben a mélységekben igazolható. Az évjárat nem csak a talajellenállásra, hanem a 10–20 cm-es mélység kivételével a talaj nedvességtartalmára is hatással volt. *Beke et al.* (2007) talajállapot-vizsgálataik során 3T penetrométerrel vizsgálták a talaj nedvességtartalmát és penetrációs ellenállását. Vizsgálati eredményeikből azt a következtetést vonták le, hogy adott termőhelyen, azonos művelés esetén a penetrációs ellenállás szoros összefüggést mutat a felszínre érkező csapadék mennyiségével és ezzel összefüggésben a talaj nedvességtartalmával. A kísérletek között szignifikáns különbséget csak a 10–20 cm-es mélységben tapasztaltunk (SzD<sub>5%</sub>10–20=1,7).

4. táblázat. A talajnedvesség alakulása az egyes kísérleteknél a 0–50 cm-es mélységben (2004–2006)

		Talajnedvesség (t%) (1)						
Talajmélység (cm) (2)	Kísérlet (3)							
	Mérés éve (4)	A	B	C	D	E	F	SzD <sub>5%</sub> kísérletek között (6)
0–10	2004	14,0	9,2	10,3	15,4	11,1	14,2	
	2005	7,4	5,2	7,4	5,0	6,2	6,4	n. sz. (7)
	2006	7,5	6,2	6,7	6,2	6,7	7,5	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)	0,8						
10–20	2004	16,1	11,8	11,5	13,3	16,5	16,6	
	2005	15,6	13,7	15,6	10,9	15,7	15,5	1,7
	2006	15,9	14,0	14,0	14,4	14,4	16,3	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)	n. sz. (7)						
20–30	2004	14,2	13,5	12,6	12,4	15,3	19,3	
	2005	11,9	9,6	9,4	7,9	9,0	9,1	n. sz. (7)
	2006	9,8	12,5	7,7	12,1	11,3	13,0	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)	1						
30–40	2004	15,4	11,8	12,6	12,3	16,8	16,2	
	2005	18,1	16,0	16,6	13,2	15,3	16,0	n. sz. (7)
	2006	18,7	18,3	14,2	17,9	16,2	19,2	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)	1						
40–50	2004	14,1	10,4	12,8	12,9	16,8	15,8	
	2005	10,6	9,8	11,7	7,7	10,2	10,1	n. sz. (7)
	2006	13,5	13,2	10,8	12,9	13,0	14,8	
	SzD <sub>5%</sub> évek között (5)	0,9						

Table 4. Changes in the soil moisture content at depths of 0–50 cm in farms in 2004–2006. (1) Soil moisture (m/m%), (2) Depth (cm), (3) Experiment, (4) Year of examination, (5) LSD<sub>5%</sub> between years, (6) LSD<sub>5%</sub> between treatments, (7) Non significant.

A talaj nedvességtartalma ebben a mélységben nem az évjáráthatástól függött, hanem az alkalmazott agrotechnikától. Tehát a talajművelés hatása a nedvességtartalomra a 10–20 cm-es rétegben mutatkozott meg. A talaj nedvességtartalma a 2005. és 2006. évben a 40 cm-es mélység elérése után mindegyik kísérletben csökkent. Bár a 2005. év bizonyult a legcsapadékosabbnak a vizsgált évek közül, a 0–10 cm-es mélység legnagyobb átlagos nedvességtartalmát a 2004. évben mértük. A 40–50 cm-es mélységben is a 2004. évben tapasztaltuk az átlagos nedvességtartalom maximumát (16,8 t%).

Eredményeink összhangban állnak a szakirodalomban közöltekkel (*Beke* 2006, *László* 2007, *Mikó* 2009), amely szerint a talajellenállás és a talajnedvesség értékét nagymértékben befolyásolja az évjárat .

### Következtetések

Talajállapot-vizsgálataink éveken belüli, kísérletek közötti részletes eredményeiről már egy korábbi dolgozatban beszámoltunk. Jelen dolgozatban a statisztikai elemzésünket azért bővítettük ki hogy megvizsgáljuk, a hat szántóföldi kísérletünkben az évjárat hatással volt-e a hagyományosan művelt talaj fizikai állapotára. Az agronómiai szerkezet vizsgálatakor egyik frakciónál sem találtunk szignifikáns eltérést az évek között. A 2004. évben bizonyult a legmagasabbnak a rögfракció aránya, nagymértékű rögösödést azonban nem tapasztaltunk. Az agronómiai szempontból kedvező morzsafrakció legnagyobb arányát (a kísérleteknél mért értékek átlaga) a 2005. évben tapasztaltuk. Bár a három vizsgált év közül ez az év bizonyult a legcsapadékosabbnak, a vizsgált évek összehasonlítása során nem találtunk statisztikai különbséget. Megállapítottuk, hogy három év eltérő időjárási viszonyai mellett az agronómiai szerkezet vizsgálatakor nem találtunk szignifikáns különbséget a vizsgált évek között, valamint a hagyományos művelés során nem károsodott a talajszerkezet. Vélhetően ennek az az oka, hogy az alkalmazott talajhasználat hosszabb időszak alatt befolyásolja az agronómiai szerkezetet.

A talajellenállás vizsgálatakor minden mélységben szignifikáns eltérést találtunk az évek között, tehát az évjárat nagymértékben befolyásolta a talajellenállás-értékeket. A vizsgált években a 0–30 cm-es mélységben nedvességforgalmat gátló tömör réteget nem tapasztaltunk. Az évjárat nem csak a talajellenállásra, hanem a 10–20 cm-es mélység kivételével a talaj nedvességtartalmára is hatással volt. A talaj 10–20 cm-es mélységében az évek között nem tapasztal-

tunk szignifikáns különbséget, a kísérletek között viszont igen. Tehát ebben a mélységben a talaj nedvességtartalmát az alkalmazott agrotechnika befolyásolta.

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a vizsgált talaj- és termőhelyi viszonyok között a hagyományos talajművelés a vizsgálat utolsó évére nem eredményezte a talaj fizikai állapotának leromlását.

## IRODALOM

- Baráth Cs.-né-Ittész A.–Ugrósd Gy.*: 1996. Biometria. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Beke D.*: 2006. Talajtömörödés és nedvességtartalom vizsgálat szántóföldi tartamkísérletekben. Keszthely. Doktori (Ph.D) értekezés.
- Beke D.–Schmidt R.–Szakál P.*: 2007. Talajállapot-vizsgálat kukorica monokultúra tartamkísérletben. Acta Agronomica Óváriensis. 49. 2: 575–579.
- Birkás M.–Gyuricza Cs. (szerk.)*: 2004a. Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség. Quality-Press Nyomda és Kiadó Kft. 177.
- Birkás M.–Gyuricza Cs.*: 2004b. Agroökoszisztéma elemek kölcsönhatásainak vizsgálata művelési kísérletben. Agro21 Füzetek. 37: 97–110.
- Daróczy S.–Lelkes J.*: 1999. A szarvasi PENETRONIK talajvizsgáló nyomószonda alkalmazása. Gyakorlati Agrofórum. 10. 7: 16–18.
- Dusek L.*: 2007. A Tápió-mente. Pende Print Nyomdaipari Kft.
- Földesi P.–Gyuricza Cs.*: 2011a. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálata szántóföldi körülmények között. Tájökológiai Lapok. 9. 1: 191–201.
- Földesi, P.–Gyuricza, Cs.*: 2011b. A survey on the soil penetration resistance and soil moisture content in field experiments. Acta Agronomica Hungarica. 59. 4: 349–359.
- Gyuricza Cs.*: 2001. A szántóföldi talajhasználat környezetvédelmi vonatkozásai. [In: Gyuricza Cs.–Birkás M.–Percze A.–Schmidt R.–Vincze M. A szántóföldi talajhasználat alapjai.] Akaprint Nyomdaipari Kft. 175–180.
- Keller, T.–Arvidsson, J.–Dexter, A. R.*: 2007. Soil structures produced by tillage as affected by soil water content and the physical quality of soil. Soil & Tillage Research. 92: 45–52.
- László P.*: 2007. A direktvetéses és bakhátas gazdálkodási rendszerek hatása a talaj fizikai és biológiai állapotára. Gödöllő. Doktori (Ph.D) értekezés.
- Mikó P.*: 2009. A zöldtrágyázás talajállapotra és utóveteményre gyakorolt hatásainak vizsgálata. Gödöllő. Doktori (Ph.D) értekezés.
- Nyíri L. (szerk.)*: 1993. Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 68.
- Pepó P.*: 2004. Őszi búza tápanyagellátása a Hajdúságban. MTA doktori értekezés. Budapest. 228.

- Pepó P.*: 2005. A fenntartható növénytermesztés elemei, lehetőségei és feladatai. [In: Iszállyné Tóth J. (szerk.) Tartamkísérletek a mezőgazdaság szolgálatában: 80 éves a Westsik vetésforgó.] Nyíregyháza. Debreceni Egyetem Kutató Központja. 14.
- Rátonyi T.*: 1999. A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. Debrecen. Doktori (PhD) értekezés.
- Stefanovits P.*: 1992. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Sváb J.*: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Tóth Z.*: 2001. A talajtermékenység vizsgálata vetésforgóban és monokultúrában. Keszthely. Doktori (Ph.D) értekezés.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Földesi Petra - Dr. Gyuricza Csaba  
Szent István Egyetem  
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar  
Növénytermesztési Intézet  
Gödöllő  
Páter K. u. 1.  
H-2103





## Összefüggés a talaj K-ellátottsága, a kukorica K-tápláltsága és termés hozama között műtrágyázási tartamkísérletben

IZSÁKI ZOLTÁN

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

### Összefoglalás

Kukorica műtrágyázási tartamkísérletben vizsgáltuk a talaj K-ellátottságának hatását a kukorica szemtermésére és K-tápláltsági állapotára, és határoztuk meg a diagnosztikai célú növényanalízis számára kielégítő K-ellátottsági határértéket a kukoricalevél K-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés alapján.

A műtrágyázási tartamkísérletet 1989-ben állítottuk be mélyben karbonátos csernozjom réti talajon, 4-4 N-, P- és K-ellátottsági szinten, teljes kezeléskombinációban, 64 kezeléssel. A talaj főbb jellemzői: a humuszos réteg vastagsága 85-100 cm, humusztartalom 2,8-3,2%, a művelt réteg pH(KCl)-ja 5,0-5,2, kötöttsége ( $K_A$ ) 50, agyagtartalma 32%, az AL-K<sub>2</sub>O-tartalma a K-trágyázástól függően 200-550 mg/kg.

Jelen dolgozatban az 1996 és 2008 között, a tartamkísérlet 7-19. éveiben végzett kísérletek K-trágyázási eredményei szerepelnek, melyek alapján az alábbi főbb következtetések tehetők:

1. A kísérlet beállításakor 1989-ben a talaj művelt rétegének AL-K<sub>2</sub>O-tartalma 322 mg/kg volt, ami K-trágyázás nélkül a kísérlet 16-19. évére 200-235 mg/kg értékre csökkent le. A K-trágyázás szintjétől függően a 13 éves kísérleti időszak alatt a talaj K-ellátottsága 200 és 550 mg/kg között változott.
2. A 13 éves kísérleti periódusban egyszer sem tudunk szignifikáns terméstöbbletet kimutatni a K-trágyázásból eredő jobb K-ellátottság hatására. Öt évben a termésmaximumot K-trágyázás nélkül értük el. K-trágyázás nélkül az évjáratról függően a száraz szemtermés 3,28 és 11,01 t/ha között változott. A túlzott K-ellátottság (380-550 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O) csak csekély mértékben, tendencia jelleggel csökkentette a termés hozamot.

3. A kukorica 5–6 leveles fejlettségében és a címerhányás kezdetén végzett levél-analízis eredményei szerint a jobb K-ellátottságot a levél nagyobb K-koncentrációja kísérte. A kukoricalevél K-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés-vizsgálatok alapján meghatározott kielégítő K-ellátottsági határérték a 10–14 t/ha szemtermés-szinten 5–6 leveles fejlettségben 2,3–4,3%, címerhányás kezdetén 1,5–2,6% K-koncentrációhoz kötődik.

**Kulcsszavak:** K-trágyázás, K-tápláltság, kukorica, tartamkísérlet

### **Correlation between the K supply of the soil, the level of K nutrition of maize and maize yield in a long-term fertilisation experiment**

Z. IZSÁKI

Szent István University, Faculty of Economic, Agricultural and Medical Sciences,  
Institute for Environmental Sciences, Szarvas

#### **Summary**

We examined the impact of the potassium supply of the soil on the grain yield and K supply level of soil in a long-term maize fertilisation experiment and we also determined the K supply level limit values which are satisfactory for plant analysis for diagnostic purposes based on the correlation between the K concentration of the maize leaf and grain yield.

The basic fertilisation experiment was established on chernozem meadow soil with deep calcareous layers in 1989. 4–4 N, P and K supply levels were used and 64 treatments were performed in a full treatment combination. Main soil characteristics: thickness of the humus layer: 85–100 cm; humus content: 2.8–3.2%; pH(KCl) of the cultivated soil layer: 5.0–5.2; plasticity ( $K_A$ ): 50; clay content: 32%; AL- $K_2O$  content depending on K fertilisation: 200–550 mg/kg.

This study deals with the K fertilisation results of the experiments carried out in years 7–19 (between 1996 and 2008) of the long-term experiment. Consequently, the following conclusions can be drawn:

1. In 1989, at the time of establishing the experiment, the AL- $K_2O$  content of the cultivated soil layer was 322 mg  $kg^{-1}$  which decreased to 200–235 mg  $kg^{-1}$  by the

- 16<sup>th</sup>–19<sup>th</sup> years of the experiment. Depending on the level of K fertilisation, the level of the K supply of the soil changed between 200 and 550 mg kg<sup>-1</sup> over the 13-year-long experimental period.
2. There was not any occasion when significant yield surplus was detected as a result of better K supply due to K fertilisation over the 13-year-long experimental period. Without K fertilisation, the dry grain yield changed between 3.28 and 11.01 t ha<sup>-1</sup>, depending on the crop year. Abundant K supply (380–550 mg kg<sup>-1</sup>) decreased yield only slightly as a tendency.
  3. Based on the maize leaf analysis results performed at the 5-6-leaf development stage and at the early tasseling stage, better K supply was accompanied by higher K concentration in the leaf. The satisfactory K supply limit value determined on the basis of the correlation analyses between the K concentration of the maize leaf and the grain yield is reached at 2.3–4.3% K concentration at 10–14 t ha<sup>-1</sup> grain yield and 5–6-leaf development stage, and at 1.5–2.6% K-concentration at the early tasseling stage.

**Key words:** K fertilisation, K supply, maize, long-term experiment

## **Взаимосвязь между обеспеченностью К-ем почвы, упитанностью кукурузы К-ем и урожайностью в продолжительном опыте искусственного удобрения**

З. ИЖАКИ

Университет им.Св.Иштвана, Факультет Экономики, Аграрной и Санитарной науки, Институт Окружающей среды, Сарваш

### **Резюме**

В продолжительном опыте искусственного удобрения кукурузы мы исследовали влияние обеспеченности К-ем почвы на урожай зерна кукурузы и на состояние её упитанности К-ем, и определили для анализа растения в диагностических целях предельные показатели удовлетворительной обеспеченности К-ем на основе взаимосвязи концентрации К кукурузного листа и урожая зерна.

Продолжительный опыт заложили в 1989 году на чернозёмной, в глубине карбонатной, луговой почве, 4 по 4 уровня обеспеченности N-, P- и К-ем, в полной

комбинации обработок, 64 обработки. Главные характеристики почвы: толщина слоя гумуса 85–100 см, содержание гумуса 2,8–3,2%, рН(KCl) обработанного слоя 5,0–5,2, его связанность ( $K_A$ ) 50, содержание глины 32%, содержание AL- $K_2O$  в зависимости от удобрения K 200–550 mg/kg.

В данной работе представлены результаты опытов удобрения K-ем, проведённых в период 1996–2008 годах, в 7–19 годы продолжительного опыта, на основании которых можно сделать следующие главные выводы:

1. Во время начала опыта в 1989 году содержание AL- $K_2O$  обработанного слоя почвы было 322 mg/kg, что без удобрения K к 16–19 году уменьшилось до показателя 200–235 mg/kg. В зависимости от уровня удобрения K за 13 летний период опытов обеспеченность почвы K-ем изменялась между 200 и 550 mg/kg.
2. В 13-летнем периоде опытов ни разу не смогли показать значительную прибавку урожая под влиянием лучшей обеспеченности K-ем в результате удобрения K-ем. В пяти годах максимум урожая достигли без удобрения K. Без удобрения K в зависимости от года выращивания урожай сухого зерна изменялся в пределах от 3,28 до 11,01 t/ha. Чрезмерная обеспеченность K-ем (380–550 mg/kg AL- $K_2O$ ) только в малом размере, как тенденция уменьшила урожай.
3. Согласно результатам анализа листьев, проведённого в 5–6 листовой фазе развития кукурузы и в начале выбрасывания метёлки лучшую обеспеченность K-ем сопровождала большая концентрация K листа. На основе исследований взаимовлияний между концентрацией K кукурузного листа и урожаем зерна установленная достаточная предельная величина обеспеченности K-ем на уровне урожая зерна 10–14 t/ha в фазе развития 5–6 листьев 2,3–4,3%, в начале выброса метёлки привязана к 1,5–2,6% концентрации K.

**Ключевые слова:** удобрение K-ем, питанность K-ем, кукуруза, продолжительный опыт

## Bevezetés

A kukorica K-ellátottságra igényes, jó K-reakciójú növény, 10–12 t/ha-os szemterméssel mintegy 250–300 kg káliumot vesz fel. Nagy K-igénye ellenére a kukorica K-trágyázása hazánkban viszonylag szerény mértékű az utóbbi két évtizedben. Békés és Csongrád megyék mintegy 100 mezőgazdasági üzemében végzett felmérésünk (Izsáki *et al.* 2011) szerint 2009-ben a kukorica vetésterületének 34%-a részesült K-trágyázásban, és az átlagos  $K_2O$ -hatóanyag fel-

használás 54 kg/ha volt. A kukorica K-igényéhez viszonyított alacsony szintű K-trágyázása részben annak tulajdonítható, hogy a kukorica termőterületek jelentős hányada természetes állapotban is jó K-szolgáltatású, továbbá, hogy az 1970-es és 1980-as évek talajgazdagító K-trágyázásának eredményeként 1987-re a kukoricaterületek 65%-a K-ból a jó és igen jó ellátottságúvá vált (*Baranyai et al.* 1987, *Buzásné et al.* 1988). Magyarország talajainak K-mérlege 1990-től az utóbbi évekig negatív és az egy hektár mezőgazdasági területre jutó K-műtrágya hatóanyag-felhasználás 5–17 kg K<sub>2</sub>O között változott évente (*Kádár* 1997, *Izsáki és Iványi* 2002, *Csathó és Radimszky* 2005, *KSH* 2010). E tartósan negatív K-mérleg talajaink K-ellátottságát és K-szolgáltató képességét csökkenti. Műtrágyázási tartamkísérletben végzett vizsgálataink szerint csernozjom réti talajon K-műtrágyázás nélkül, ha a szalma és szártermést a talajba nem dolgozzuk be, akkor évente átlagosan 7–8 mg/kg-mal csökken a talaj AL-K<sub>2</sub>O-tartalma (*Izsáki* 2009). *Szell et al.* (2010) műtrágyázási tartamkísérletükben szintén azt mutatták ki, hogy a kukorica nem kielégítő K-ellátása a talaj AL-K<sub>2</sub>O-tartalmát csökkentette.

A kukorica K-trágyázása szempontjából fontos a környezetkímélő, gazdaságos termésszint elérésére törekvő trágyázási szaktanácsadás számára, hogy talajtípusonként ismerje azt a K-ellátottsági határértéket, ahol a kukorica K-trágyázása még hatékony. *Csathó* (2005) az 1960–2000 között publikált hazai szabadföldi kukoricakísérletek adatbázisának értékelésével azt mutatta ki, hogy a K-hatások akkor csökkennek minimálisra, illetve szűnnek meg, amikor a talaj AL-K<sub>2</sub>O-tartalma a 180–260 mg/kg-ot meghaladja. *Kádár és Márton* (2007) csernozjom talajon folytatott kukoricakísérleteikben ugyancsak azt tapasztalták, hogy 200 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O ellátottság felett a K-hatások már általában nem igazolhatók. Ezzel egyező megállapítást tesz *Csathó* (1997) réti csernozjom és réti talajok vonatkozásában. Korábban közölt (*Izsáki* 2008) kísérleti eredményeink szerint a kukorica 10 éves vizsgálati periódusa alatt a talaj 206–549 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O ellátottsági tartományában egyszer sem tudtunk szignifikáns terménynövekedést kimutatni a K-trágyázásból eredően. Fenti eredményekkel szemben pozitív K-hatásokról számol be *Boros és Sárvári* (2011) csernozjom talajon, ahol 355 mg/kg AL-K<sub>2</sub>O ellátottságnál a 100 kg/ha adaggal végzett K-trágyázás a kukorica termés hozamát szignifikánsan növelte.

A kukorica szakszerű K-trágyázásához nemcsak az egyes talajtípusok K-szolgáltatásának kalibrációja szükséges, hanem növénydiagnosztikai szempontból a K-tápláltság határértékeinek meghatározása is. A kukorica K-tápláltságá-

nak megítéléséhez több szerző (Jones 1967, Kádár 1992, Reuter és Robinson 1977, Izsáki 2005, 2006) is közöl tápelem-koncentráció határértékeket a kukorica egyes fejlődési fázisaira. Azonban a genetikai előrehaladás, a termőképesség növekedése és az agrotechnika fejlődése igénylik a tápláltsági állapotot jellemző tápelem-koncentráció határértékek ellenőrzését, pontosítását és szükség szerinti módosítását.

A dolgozat célja, hogy műtrágyázási tartamkísérlet eredményei alapján ismertesse a K-ellátottság hatását a kukorica terméshozamára és K-tápláltsági állapotára, valamint a kukorica 5–6 leveles és címerhányás kezdetekori fejlettségi fázisára közöljön K-koncentráció határértékeket.

### Anyag és módszer

A műtrágyázási tartamkísérletet a Szent István Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Kara Növénytermesztéstani Tanszéke Kísérleti Telepén, Szarvason állítottuk be 1989-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 5,0–5,2; humusztartalma 2,8–3,2%, CaCO<sub>3</sub>-ot nem tartalmaz, kötöttsége (K<sub>A</sub>) 50, agyagtartalma 32%.

A kísérlet beállítása előtt 1989 őszén a talaj elemtartalma a következő volt a kísérleti terület átlagában: AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 156 mg/kg, AL-K<sub>2</sub>O: 322 mg/kg, AL-Na: 212 mg/kg, KCl-Mg: 765 mg/kg, EDTA-Mn: 386 mg/kg, EDTA-Cu: 5,4 mg/kg és EDTA-Zn: 3,0 mg/kg. A *MÉM NAK* (1978, 1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján a talaj foszfor-, kálium- és réz-ellátottsága jó, Mg- és Mn-ellátottsága magas, míg Zn-ellátottsága kielégítő volt. A 2001. évi talajvizsgálatok szerint a talaj művelt rétegének Mg-, Mn-, Cu- és Zn-tartalma ugyanabba az ellátottsági kategóriába esett, mint a kísérlet beállításakor. A talajvíz átlagos mélysége 300–350 cm.

A trágyakezeléseket 4–4 N-, P- és K-szinten alakítottuk ki, teljes kombinációban, azaz 64 kezeléssel, kétszeresen osztott parcellás elrendezésben, három ismétlésben. A kísérletben alkalmazott trágyakezelések: nitrogénből: N<sub>0</sub>=0; N<sub>1</sub>=80; N<sub>2</sub>=160; N<sub>3</sub>=240 kg N/ha/év; foszforból: P<sub>0</sub>=0; P<sub>1</sub>=100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/év; P<sub>2</sub>=500 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben, P<sub>3</sub>=1000 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben; káliumból: K<sub>0</sub>=0; K<sub>1</sub>=300 kg K<sub>2</sub>O/ha/év 1989 és 1992 között; 1993-tól 100 kg K<sub>2</sub>O/ha/év; K<sub>2</sub>=600 kg K<sub>2</sub>O/ha 1989-ben és

2001-ben, 1000 kg  $K_2O$ /ha 1993-ban;  $K_3=1200$  kg  $K_2O$ /ha 1989-ben és 2001-ben, 1500 kg  $K_2O$ /ha 1993-ban.

A nagyadagú foszfor és kálium feltöltő trágyázás célja az volt, hogy jól elkülönülő ellátottsági szinteket alakítsunk ki a talajban a tápláltsági szintek tanulmányozására. A 2001–2008-as kísérleti ciklus alatt a trágyázási kezelésektől függően a P-ellátottság 120–360 mg  $P_2O_5$ /kg és a K-ellátottság 200–465 mg  $K_2O$ /kg között változott. A nitrogént ammónium-nitrát (34%), a foszfort szuperfoszfát (18%), a káliumot kálisó (40–60%) formájában őszelel juttattuk ki. A kísérletben évente 4 növény szerepelt kiterített vetésgörbőben,  $4 \times 192$  db parcellán, ahol a másodrendű alparcellák mérete  $4 \times 5$  m = 20 m<sup>2</sup> volt.

A kukoricakísérleteket 1994-től végezzük. Jelen dolgozatban az 1996–2008 között FAO 300-as hibriddel végzett kísérletek eredményei szerepelnek. A kukorica előveteménye 1996 és 1999 között rostkender, 2000 és 2006 között silócirok, valamint 2007 és 2008 között őszi árpa volt. A vetést 75 cm sortávolságra, 75 ezer csíra/ha-ral végeztük.

Az egyes kísérleti évek vízellátottságát a tenyészidő alatt lehullott csapadék mennyiségével és eloszlásával jellemezve megállapítható, hogy 1997, 2001, 2005 és 2008 a legkedvezőbb évek voltak; 1996, 1998, 1999, 2002, 2004 és 2006 a kevésbé jó csapadék eloszlású, de a sokévi átlagot meghaladó tenyészidő alatti vízellátottságú évek voltak; míg 2000, 2003 és 2007 száraz, aszályos évek voltak (1. táblázat).

A talaj tápelem-vizsgálatokat évente, őszelel az elővetemény betakarítása után, a 0–60 cm-es talajrétegből vett mintákból végeztük el. A talaj  $K_2O$ -tartalmát ammónium-laktát (AL) módszerrel határoztuk meg, és az eredmények értékelésekor a talaj K-ellátottságának jellemzésére a szántott réteg értékeit használtuk.

A kukorica tápláltsági állapotának vizsgálatához parcellánként 15 növényről gyűjtöttük be a leveleket 5–6 leveles fejlettségben és a címerhányás kezdetén. A levélmintákat 8 kísérleti évben (2001–2008) vizsgáltuk a következő tápelemekre: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn és Cu. A nitrogén, foszfor és kálium meghatározását a minták kénsavas, majd hidrogén-peroxidos roncsolása után a nitrogén és foszfor vonatkozásában fotometriásan, a kálium esetében lángfotométerrel végeztük az MSZ-08-1-1783-6 (1983) és az MSZ-08-1783-28-29 (1985) szabványok szerint. A Ca-, Mg-, Fe-, Mn-, Zn- és Cu-tartalmat sósavas (2 mol/dm<sup>3</sup>) hidrolízis után atomabszorpciós (AAS) készülékkel határoztuk meg az MSZ-08-1783-26-34 (1985) szabvány szerint.

1. táblázat. A csapadék mennyisége és megoszlása a vizsgálati időszak alatt (mm)  
(Szarvas 1995–2008)

Év (1)	Nyári félév (IV–IX.) (2)	Téli félév (X–III.) (3)	Évi összes (4)
Átlag (1901–1975) (5)	313	225	538
1995	299	169	548
1996	475	241	663
1997	318	143	460
1998	430	185	615
1999	496	230	847
2000	216	291	339
2001	416	190	612
2002	353	118	489
2003	96	213	350
2004	389	252	659
2005	518	268	721
2006	364	204	537
2007	317	159	550
2008	375	200	464
Átlag (1995–2008) (5)	362	205	561

Table 1. Quantity and distribution of rainfall over the period of examination, (mm) Szarvas 1995–2008). (1) Year, (2) Summer period (April–September), (3) Winter period (October–March), (4) Year total, (5) Average (1995–2008).

A kukoricalevél tápelem-koncentráció értékei szárazanyagra vonatkoznak. A K-trágyázás tápelem-koncentrációra és termés hozamra gyakorolt hatásának elemzésekor csak a K-főhatások eredményei kerülnek bemutatásra a N- és P-kezelések átlagában. A kukorica szemtermése szárazanyagban van megadva.

A kukorica K-tápláltsági határértékének megállapításához a szemtermést és a levél K-koncentráció értékeit koordináta rendszerben grafikusán ábrázoltuk és a pontthalmazt burkoló görbével határoztuk meg. A kielégítő K-ellátottság K-koncentráció határértékét a kukorica maximális szemtermésének 95%-os szintjére, valamint a 10–14 t/ha szemterméshozamra határoztuk meg.



### Eredmények és következtetések

#### *A K-trágyázás hatása a talaj AL-K<sub>2</sub>O tartalmára*

A talaj K-ellátottságának alakulását a K-trágyázástól függően az egyes kísérleti években a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat. *A talaj K-ellátottsága a kísérleti években  
(Szarvas 1996–2008)*

Év (1)	Kiadott K <sub>2</sub> O (mg/kg) (1990–2008) (2)			
	K <sub>0</sub> =0	K <sub>1</sub> =2700	K <sub>2</sub> =2200	K <sub>3</sub> =3900
AL-K <sub>2</sub> O (mg/kg)				
1996	269	400	471	549
1997	272	408	446	479
1998	260	373	403	433
1999	290	401	445	490
2000	248	360	403	428
2001	232	354	352	373
2002	229	334	394	465
2003	215	347	394	465
2004	206	321	367	453
2005	211	323	330	395
2006	199	320	324	377
2007	211	322	301	340
2008	235	345	322	375
Átlag (3)	236	354	380	432

Table 2. K supply of the soil in the years of experiment (Szarvas 1996–2008). (1) Year, (2) Applied K<sub>2</sub>O mg kg<sup>-1</sup>, (3) Average.

A kísérlet beállításakor 1989-ben a talaj művelt rétegének AL-K<sub>2</sub>O-tartalma 322 mg/kg volt, ami K-trágyázás nélkül a tizenhatodik kísérleti év őszére 199 mg/kg szintre esett le. A fokozatos K-kiürülési trend 2001-ig – az évjáratok befolyásoló hatása mellett is – egyértelműen érvényesült, azonban 2002 és 2008 között a talaj K-ellátottságában egyértelmű változás már nem volt kimutatható, mert az AL-oldható K<sub>2</sub>O-tartalom 200 és 235 mg/kg között változott.

A  $K_1$  kezelésben 1993 óta évente 100 kg/ha  $K_2O$  hatóanyagot juttattunk ki, és a talaj K-ellátottsága a 400 mg/kg szintről 320–345 mg/kg AL- $K_2O$ -ra csökkent le. A K-ellátottság csökkenő tendenciáját részben az magyarázza, hogy kísérletünkben a melléktermést (szár+levélzet) nem dolgoztuk be a talajba, és a 100 kg/ha-os K-trágyázás nem fedezte a terméssel kivont K-mennyiségét. Az időszakosan végzett feltöltő jellegű, melioratív adagú K-trágyázás ( $K_2$ ,  $K_3$  szintek) esetén a K-lekötődés nem-AL-oldható frakciókba jelentősebb mértékű volt, és a létrehozott K-ellátottsági szintek fenntartó trágyázás nélkül gyorsan sülyedtek.

E K-trágyázási rendszerrel a talaj K-ellátottságának széles skáláját tudtuk kialakítani a tápanyagellátás, terméshozam és tápláltsági állapot tanulmányozására.

#### *A K-ellátottság hatása a terméshozamra*

A K-ellátottság terméshozamra gyakorolt hatását a 3. táblázat adatai alapján értékelhetjük.

A 13 éves vizsgálati periódusban, a 7–19. kísérleti években K-trágyázás nélkül, a talaj 200–290 mg/kg AL- $K_2O$  ellátottsági intervallumban a kukorica szemtermése az évjáráttól függően 3,28–11,01 t/ha között változott, átlagértéke 7,47 t/ha volt. Az adatokból kitűnik, hogy egy száraz, aszályos és egy jó vízellátottságú év terméshozama között közel 8 t/ha-os különbség adódott. Számos kísérleti eredmény (Nagy és Huzsvai 1995, Lente és Pepó 2009, Ványiné et al. 2010, Sárvári és Boros 2010) igazolta, hogy az évjárat nagyobb terméskülönbséget képes okozni, mint egy adott éven belül az egyes agrotechnikai tényezők.

A 13 éves kísérleti időszak alatt a talaj 200–550 mg/kg AL- $K_2O$  ellátottsági tartományában egyszer sem tudtunk szignifikáns terméstöbbletet kimutatni a K-trágyázásból eredő jobb K-ellátottság hatására. A 13 évből 5 évben a termésmaximumot K-trágyázás nélkül értük el, míg 7 évben a relatív termés ( $K_0$ -termésszint a termésmaximum %-ában) 95–98% között alakult és egy évben 90%-os szinten volt. A túlzott K-ellátottság ( $K_3$  kezelés) egy évben okozott szignifikáns terméshozam csökkenést. Kísérleti eredményeinkhez hasonló tapasztalatokról számolnak be Árendás et al. (2010), miszerint 18 évből egy évben érvényesült szignifikáns K-hatás az igen jó és közepes K-ellátottságú parcellák kukoricaállományának terméskülönbségei között.

Az 1989-ben csernozjom réti talajon beállított trágyázási kísérletünk két évtizede alatt K-trágyázás nélkül a talaj AL-oldható K-tartalma csökkent, de még

mindig jó K-ellátottsági szinten (200–235 AL-K<sub>2</sub>O mg/kg) maradt, amit az utolsó négy év 8,78 t/ha termésátlaga is fémjelez. Csathó (2005) a káliumra igényes növények talaj AL-K<sub>2</sub>O ellátottsági határértékét a jó kategóriában agyagos vályog talajon 191–250 mg/kg és agyagtalajon 201–260 mg/kg értékben adja meg, ami egybeesik vizsgálati eredményeinkkel. Kísérletünkben a kukorica jó K-ellátottságának alsó határát még nem tudtuk kimérni.

3. táblázat. A K-ellátottság hatása a kukorica szemtermésére, szárazanyag (t/ha) (Szarvas 1996–2008)

Év (1)	Szemtermés (t/ha) (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)	Relatív termés (%) (5)
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>			
1996	6,94	6,88	7,29	6,80	NS	6,97	95
1997	9,36	9,54	9,61	9,27	NS	9,44	97
1998	5,65	5,71	5,82	5,71	NS	5,72	97
1999	7,59	7,01	7,18	6,86	NS	7,16	100
2000	4,57	4,99	5,10	4,97	NS	4,90	90
2001	11,01	10,40	10,75	10,47	NS	10,65	100
2002	6,39	6,57	6,47	6,22	NS	6,41	97
2003	3,28	2,94	3,20	2,99	NS	3,10	100
2004	7,30	7,19	7,05	7,05	NS	7,14	100
2005	10,51	10,36	10,13	10,25	NS	10,31	100
2006	8,23	8,38	8,06	7,82	0,37	8,12	98
2007	5,48	5,50	5,74	5,73	NS	5,61	95
2008	10,90	11,03	11,34	11,35	NS	11,15	96
Átlag (4)	7,47	7,42	7,51	7,34	-	7,43	97

Megjegyzés: K-kezeléseket lásd a 2. táblázatban.

Table 3. The impact of K supply on the grain yield of maize, dry matter (t ha<sup>-1</sup>) (Szarvas 1996–2008). (1) Year, (2) Grain yield, (3) LSD5%, (4) Average, (5) Relative yield (%). Note: for K treatments see Table 2.

#### A K-ellátottság és K-tápláltság kapcsolata

A kukorica K-tápláltsági állapotának meghatározásához a kukoricalevél K-koncentrációját a tenyészidő alatt kétszer – 5–6 leveles fejlettségben és címerhárnyás kezdetén – vizsgáltuk, melynek adatait a K-ellátottság függvényében a 4. és 5. táblázatok tartalmazzák.

4. táblázat. A K-ellátottság hatása a kukoricalevél K-koncentrációjára a kukorica 5–6 leveles fejlettségében (%)  
(Szarvas 2007–2008)

Év (1)	K-kezelések (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>		
2007	2,61	3,04	3,21	3,25	0,13	3,02
2008	2,64	3,77	3,78	4,08	0,14	3,56
Átlag (4)	2,62	3,40	3,49	3,66	-	3,29

Megjegyzés: K-kezeléseket lásd a 2. táblázatban.

Table 4. The impact of K supply on the K concentration of the maize leaf at the 5–6-leaf development stage (%) (Szarvas 2007–2008). (1) Year, (2) K treatments, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Average. Note: for K treatments see Table 2.

5. táblázat. A K-ellátottság hatása a kukoricalevél K-koncentrációjára a címerhányás kezdetekor (%)  
(Szarvas 2001–2008)

Év (1)	K-kezelések (2)				SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>		
2001	1,92	2,05	2,16	2,12	0,06	2,06
2002	2,11	2,56	2,61	2,61	0,13	2,47
2003	1,70	1,92	1,80	1,76	0,12	1,79
2004	1,77	1,97	1,96	1,97	0,07	1,92
2005	1,65	1,82	1,82	1,85	0,07	1,78
2006	1,95	2,33	2,18	2,25	0,12	2,17
2007	2,28	2,45	2,57	2,56	0,06	2,46
2008	1,83	2,16	2,27	2,38	0,09	2,16
Átlag (4)	1,90	2,15	2,17	2,18	-	2,10

Megjegyzés: K-kezeléseket lásd a 2. táblázatban.

Table 5. The impact of K supply on the K concentration of the maize leaf at the early tasseling stage (%) (Szarvas 2007–2008). (1) Year, (2) K treatments, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Average. Note: for K treatments see Table 2.

A kukorica fiatalkori K-tápláltságát két évben vizsgáltuk és K-trágyázás nélkül a levél K-koncentrációja mindkét évben azonos, 2,6% volt. Az évenkénti

100 kg/ha adagú K-trágyázás ( $K_1$ ) a levél K-koncentrációját szignifikánsan növelte. A legmagasabb K-ellátottsági szint ( $K_3$ ) további megbízható, de már kisebb mértékű K-beépülést eredményezett. A 2007-es kísérleti évben a K-trágyázott kezelésekben, a talaj 300–340 mg/kg AL- $K_2O$  ellátottságánál, az 5–6 leveles kukorica levelének K-koncentrációja 3,04–3,25% volt, még 2008-ban, 320–375 mg/kg K-ellátottságnál, 3,77–4,08%-ot ért el. Az alacsonyabb K-koncentrációt 2007-ben elsősorban a növénymintavételt megelőzően, májusban lehullott 90 mm csapadék, és az azt kísérő tápelem-hígulás okozhatta (4. táblázat).

A kukorica címerhányás kezdetekori K-tápláltságát nyolc kísérleti évben vizsgáltuk. K-trágyázás nélkül a levél K-tartalma 1,65 és 2,28% között változott, átlagértéke 1,90% volt. Az évenkénti 100 kg/ha adagú K-trágyázás ( $K_1$ ) a levél K-koncentrációját minden évben szignifikánsan növelte és a K-tápláltság intervalluma 1,82–2,56% közé esett, átlagértéke 2,15% volt. A feltöltő adagú K-trágyázás ( $K_2$ ,  $K_3$ ) az évek többségében érdemben nem befolyásolta a K-koncentrációt a  $K_1$  kezeléshez képest.

A kukorica K-tápláltsági határértékének meghatározásához vizsgáltuk a kukoricalevél K-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggést. A K-koncentráció és a szemtermés adatpárokat koordináta rendszerben ábrázoltuk és a ponthalmazt burkoló görbével határoltuk. A burkoló görbe mentén elhelyezkedő értékek azt az esetet reprezentálják, amikor a termést befolyásoló tényezők optimumban vannak és a hozamot csak a K-koncentráció befolyásolja. A burkoló görbe alatt elhelyezkedő értékek esetében egyes termés-meghatározó tényezők nincsenek optimumban és a termésszint nemcsak a K-tápláltságtól függ.

A kukorica levél 5–6 leveles fejlettségben mért K-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés alapján a kielégítő K-ellátottsági határérték a maximális szemtermés 95%-os szintjén 2,7–3,7%, míg a 10–14 t/ha hozamszinten 2,3–4,3% K-koncentráció (1. ábra).

A 4–6 leveles kukorica kielégítő K-ellátottsági határértékére vonatkozóan eltérő adatokkal találkozunk a szakirodalomban: Walker és Peck (1975) 3,4–4,4%, Bergmann és Neubert (1976) 3,0–4,0%, Szemes *et al.* (1984) 3,45–4,23%, Jones *et al.* (1991) 2,5–4,0%, Reuter és Robinson (1997) 3,0–4,5% intervallumban adták meg a legnagyobb terméshez kötődő K-koncentráció értékeket. Kísérleti körülményeink között a 10–14 t/ha szemtermés eléréséhez kötődő kielégítő K-koncentráció (2,3–4,3%) magába foglalja a hazai és nemzetközi szakirodalomban publikált K-tápláltsági optimumokat.

A címerhányás kezdetén a kukoricalevél K-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés alapján a kielégítő K-ellátottsági határérték a maximális szemtermés 95%-os szintjén 1,6–2,4%, míg a 10–14 t/ha hozamszinten közel azonos, 1,5–2,6% K-koncentráció (2. ábra). Kísérletünk eredményeként meghatározott kielégítő K-tápláltsági határértékek jó egyezőséget mutatnak a korábbi vizsgálati eredményekkel, melyek az egyes közlemények szerint a következők: Walker és Peck (1975) 1,6–2,0%, Bergmann és Neubert (1976) 1,7–3,0%, Szemes *et al.* (1984) 1,5–2,5%, Jones *et al.* (1991) 1,6–3,0%, Reuter és Robinson (1997) 1,7–2,7% K-koncentráció.

A levélanalízis vizsgálatok kísérleti időszaka (2001–2008) alatt a talaj AL-K<sub>2</sub>O-ellátottsága 200–465 mg/kg volt. A K<sub>0</sub> kontroll parcellában 1989 óta K-trágyázást nem végeztünk. Ezen kísérleti körülmények sem tették lehetővé, hogy biztonsággal meg tudjuk határozni a hiányos és túlzott K-ellátottsági tartományt.

1. ábra. Kapcsolat az 5–6 leveles fejlettségű kukorica levelének K-koncentrációja és a szemtermés között (Szarvas 2007–2008)

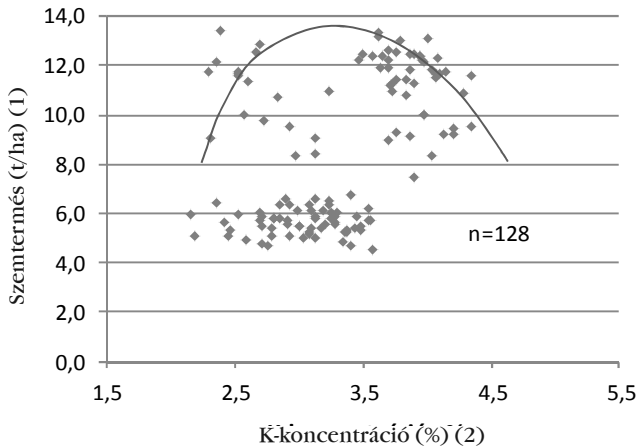


Figure 1. Correlation between the K concentration of the maize leaf at the 5–6-leaf development stage and grain yield (Szarvas 2007–2008). (1) Grain yield (t ha<sup>-1</sup>), (2) K concentration (%).

2. ábra. Kapcsolat a kukoricalevél címerhányás kezdetekori K-koncentrációja és a szemtermés között (Szarvas 2001–2008)

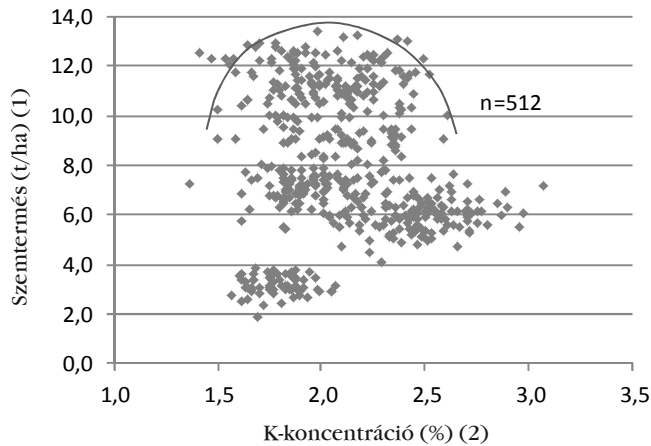


Figure 2. Correlation between the K concentration of the maize leaf at the early tasseling stage and grain yield (Szarvas 2007–2008). (1) Grain yield ( $t\ ha^{-1}$ ), (2) K concentration (%).

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás részben az OTKA (T-020578, T-034436, T-048816) támogatásával valósult meg.

### IRODALOM

- Árendás, T.–Bónis, P.–Csathó, P.–Molnár, D.–Berzsenyi, Z.: 2010. Fertiliser responses of maize and winter wheat as a function of year and forecrop. *Acta Agronomica Hungarica. Supplementum*. 1: 1–6.
- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.: 1987. A magyarországi talajtápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bergmann, W.–Neubert, P.: 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fisher Verlag. Jena.
- Boros B.–Sárvári M.: 2011. A kálium műtrágyázás hatása a kukorica hibridek bioetanol termelésére. *Növénytermelés*. 60. 1: 7–25.

- Búzás I.-né-Karkalíkné H. Zs.-Tihanyi L.:* 1988. A műtrágyázási szaktanácsadás és a műtrágyázás gyakorlatának összehasonlítása az 1987. évi kukoricatermesztési adatok alapján. *Hungarochem '88.* 183–189.
- Csathó P.:* 1997. Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és lucerna K-hatások között a hazai szántóföldi kísérletekben, 1960–1990. *Agrokémia és Talajtan.* 46. 1–4: 327–346.
- Csathó P.:* 2005. Kukorica K-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Növénytermelés.* 54. 4: 447–465.
- Csathó P.-Radímszky L.:* 2005. A magyar mezőgazdaság környezetvédelmi és agronómiai megközelítésű NPK tápelem mérlege 1901 és 2000 között. *Agrokémia és Talajtan.* 54. 1–2: 217–234.
- Izsáki Z.:* 2008. Hatások és kölcsönhatások vizsgálata NPK műtrágyázási tartamkísérletben kukorica (*Zea mays* L.) jelzőnövényvel. *Növénytermelés.* 57. 3: 275–289.
- Izsáki Z.-Iványi I.:* 2002. Csernozjom réti talaj AL-oldható foszfor- és káliumtartalmának változása műtrágyázási tartamkísérletben. 51. 6: 703–712.
- Izsáki Z.-Iványi I.:* 2009. Műtrágyázási tartamkísérlet P- és K-mérlege csernozjom réti talajon. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Keszthely. Akadémiai Kiadó. 101–104.
- Izsáki Z.-Iványi I.-Otta E.:* 2011. Környezetkímélő agrotechnikák meghonosítása a talajvédelem érdekében. *Östermelő Gazdálkodók Lapja.* 15. 2: 41–43.
- Izsáki, Z.:* 2005. Limit value of nutritional status of maize (*Zea mays* L.) for plant analysis. *Cereal Res. Commun.* 33. 1: 101–104.
- Izsáki, Z.:* 2006. Relationship between potassium supplies of the soil and the nutrient concentration of maize (*Zea mays* L.) leaves. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 501–504.
- Jones, J. B.:* 1967. Integration of plant analysis for several agronomic crops. [In: Dinauer R. C. (ed.) *Soil testing and plant analysis, part II: Plant analysis.*] Madison. Wisc. SSSA. 49–58.
- Jones, J. B. Jr.-Wolf, B.-Mills, H. A.:* 1991. *Plant analysis handbook.* Micro-Macro Publishing Inc. Athens.
- Kádár I.:* 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszere. Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Kádár I.:* 1997. Talajaink tápelem-gazdálkodása az ezredfordulón. *Növénytermelés.* 46. 1: 73–83.
- Kádár I.-Márton L.:* 2007. Kukorica utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1970–2006 között. *Növénytermelés.* 56. 3: 307–319.
- KSH:* 2010. STADAT. Értékesített műtrágya mennyisége hatóanyagban.
- Lente Á.-Pepó P.:* 2009. Az évjárat és néhány agrotechnikai tényező hatása a kukorica termésére csernozjom talajon. *Növénytermelés.* 58. 3: 39–51.
- MÉM NAK:* 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszertan- és módszertan- és Agrokémiai Központ. Budapest.



- MÉM NAK*: 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Nagy J.–Huzsvai L.*: 1995. Az évjárat hatás értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. Növénytermelés. 44. 4: 385–393.
- Reuter, D. J.–Robinson, J. B.*: 1997. Plant analysis: An interaction manual. CSIRO. Australia.
- Sárvári M.–Boros B.*: 2010. A vetésváltás és az NPK tápanyagellátás hatása a kukorica termésére. Növénytermelés. 59. 3: 37–52.
- Széll E.–Búza L.-né–Győri Z.*: 2010. Négy különböző talajtípuson végzett kukorica műtrágyázási kísérletek eredményei. Növénytermelés. 59. 4: 41–61.
- Szemes I.–Lásztity B.–Kádár I.*: 1984. A talaj K-ellátottsága és termékenysége közötti összefüggés vizsgálat kukorica monokultúrában. Agrokémia és Talajtan. 33: 253–260.
- Ványiné Széles A.–Megyes A.–Nagy J.*: 2010. Vetésidő és az évjárat hatása a kukorica-hibridek teméshozamára és minőségére. Növénytermelés. 59. 4: 63–88.
- Walker, W. M.–Peck, T. R.*: 1975. Relationship between corn yield and plant potassium. Agronomy Journal. 67: 445–448.

A szerző levelezési címe – Adress of the author:

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



## Elemi amorf szén hatása a kukorica biomassza tömegére és hajtáshosszára tenyészedény kísérletben

<sup>1</sup>JOLÁNKAI PÉTER–<sup>2</sup>FARKAS ILDIKÓ–<sup>3</sup>BJØRN UTGÅRD

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

<sup>2</sup>Szent István Egyetem, Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

<sup>3</sup>AgroPlas AS, Oslo

### Összefoglalás

Üvegházban beállított tenyészedényes kísérletben vizsgáltuk az amorf szénpor hatását a kukorica növény növekedésére két műtrágyázási szinten. A kísérletben alkalmazott termesző közeg rostált Ramann-féle barna erdőtalaj volt. A szénpor kis mértékben csökkentette a kukorica biomassza tömegét, és kis mértékben növelte a növények hajtáshosszát. Ezek a hatások nem voltak szignifikánsak.

**Kulcsszavak:** amorf szénpor, kukorica, műtrágyázás

## Effect of amorphous charcoal on maize in a pot experiment

<sup>1</sup>P. JOLANKAI–<sup>2</sup>I. FARKAS–<sup>3</sup>B. UTGÅRD

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

<sup>2</sup>Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Gödöllő

<sup>3</sup>AgroPlas AS, Oslo, Norway

### Summary

The effect of amorphous pure carbon powder was examined in an experiment on two levels of mineral fertilisation. The test crop was maize and the pot experiment was set up in a greenhouse with four replications using a soil originated from a brown forest

soil site. The carbon powder had a negative, but non-significant effect on the maize biomass, and a positive, but also non-significant effect on plant height.

**Key words:** amorphous black carbon powder, maize, fertilisation

## Влияние элементарного аморфного угля на биомассу кукурузы и длину побега в опытах с вегетационными сосудами

<sup>1</sup>П. ЙОЛАНКАИ–<sup>2</sup>И.ФАРКАШ–<sup>3</sup>Б. УТГАРД

<sup>1</sup>Университет Паннон, Факультет Георгикон, Кестхей

<sup>2</sup>Университет им. Св.Иштвана, Институт Растениеводства, Гёдёллэ

<sup>3</sup>AgroPlas AS, Oslo

### Резюме

В теплице в опыте с вегетационными сосудами исследовали влияние аморфной угольной пыли на рост кукурузного растения на двух уровнях искусственного удобрения. Используемая в опыте среда выращивания – просеянная бурая лесная почва типа Раманн. Угольная пыль в малом размере сократила массу биомассы кукурузы, и в малом размере увеличило длину побегов. Эти влияния были незначительными.

**Ключевые слова:** аморфная угольная пыль, кукуруза, искусственные удобрения

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A talaj széntartalma a humuszanyagokban, és az egyéb szerves anyagokban tárolódik. A talajba jutó szerves anyag egy része humifikálódik, másik része pedig mineralizálódik. A humifikálódó szerves anyagok alkotják a humuszt. A humusz frakciók közül a magas széntartalmúak tekinthetők a leginkább időtállóknak. Keszthelyi szabadföldi tartamkísérletek eredményeiből sok információ van a talaj szervesanyag tartalma, valamint az alkalmazott mű- és szervestrágyák kapcsolatáról (*Kismányoky és Tóth 2010, Debreczeniné és Németh 2009*). Ugyanakkor a szénporról, mint lehetséges termésmenővelő anyagról meglehe-

tősen keveset tudunk. A faszén termésmenvelő hatását már a fejlett indián civilizációk felfedezték, a faszén talajba keverésével a talaj szerves- és ásványi anyag tartalma megnőtt, ugyanakkor a bevitt amorf szénvegyületek a talajban maradtak, és hosszú távon a talaj termőképességét és szervesanyag tartalmát javították (Mann 2007). Az így létrehozott talajt „Terra Preta”-nak, azaz fekete földnek nevezték (Factura et al. 2010). Ez a termésmenvelő hatás napjainkban is kimutatható. A faszén a talajba dolgozva szén raktárként szolgál, ezért a légkör széndioxid tartalmának csökkentésével az éghajlat változás lassításának egyik eszköze lehet (Bruges 2009). A tűzifa hamutartalma 0,5–3,8%, a lágyszárú növényeké pedig 2,2–8,8% között változhat (Németh 2011). A növényi faszén és a kísérletünkben alkalmazott amorf szén között a legnagyobb különbség, hogy az utóbbi nagytisztaságú szénpor, hamutartalom, tehát PK és mikroelemek nélkül. Ezáltal tanulmányozni tudjuk az elemi szénpor hatását kukoricára, valamint össze tudjuk hasonlítani a műtrágyázásával.

### Anyag és módszer

A tenyészedényes kísérletet a Pannon Egyetem Georgikon Karán, a Növénytermesztési és Talajtani Tanszék Földműveléstudományi csoportjának a tenyészházában állítottuk be 2011. május 19-én. Az alábbi négy kezelést alkalmaztuk: 1: kontroll, 2: NPK, 3. szénpor, 4. szénpor+NPK. A tenyészedényekbe az alábbi műtrágya hatóanyag adagokat juttattuk ki a tervezett 9 t/ha-os kukoricatermeszhez: 288 kg/ha N, 216 kg/ha  $P_2O_5$  kg 288  $K_2O$  kg/ha (Antal 2000), illetve a szénpor adagja 10 t/ha. A tenyészedényekbe egyenként 40 kg száraz, szitált Ramann-féle barna erdőtalajt adagoltunk, a szénport, illetve a műtrágyát a talaj felső, 1/8 részében kevertük el. A kísérletben alkalmazott amorf szénpor egy ipari eljárás egyik terméke. A biogáz eredetű metánt mikrohullámmal bontva hidrogén gáz és amorf szénpor keletkezik. A technológia a norvég AgroPlas As bejegyzett Cold Plasma és Vortex Gringing eljárása (Stoknes 2011). Az alkalmazott műtrágyák: 27% N tartalmú mésszammón salétrom, 18%  $P_2O_5$  tartalmú szuperfoszfát, és 60%  $K_2O$  tartalmú kálium klorid (1. táblázat).

A négy ismétlésben beállított kísérletet 2011. május 19-én vetettük el, és október 12-én takarítottuk be. Tenyészedényenként 2 kukoricánövényt neveltünk. A kukorica hibrid a PR32D12 volt. A növények hajtáshosszát hetente feljegyeztük, a lebontásnál pedig a növények föld feletti biomassza tömegét mértük.

1. táblázat. A kísérleti talaj fontosabb jellemzői  
(Keszthely 2011)

Humusztartalom (1)	1,585%
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	17,35 mg/kg
AL-K <sub>2</sub> O	99,9 mg/kg
Arany-féle kötöttségi szám (2)	38,5
Szénsavas mész (3)	0 m/m%

Table 1. Soil properties (Keszthely 2011). (1) Humus content (with potassium-dichromate humus content determination method), (2) Arany plasticity index, (3) CaCO<sub>3</sub> content.

A kísérleti eredmények statisztikai feldolgozását Sváb (1973) módszere alapján egytényezős varianciaanalízissel végeztük Microsoft Office 2003 programmal.

### Kísérleti eredmények

A növénymagasságban nagy eltérést a műtrágyázott (2, 4), illetve a műtrágya nélküli kezelések között mértünk (1, 3). A szénpor hatására a növénymagasság nem változott lényegesen. Mivel a talaj tápanyagellátó képessége humusztartalma gyenge volt, foszforból igen gyenge, káliumból pedig gyengén ellátott, a 2: NPK és 4: NPK+szénpor kezelés gyors kezdeti növekedést eredményezett, valamint a növények három héttel korábban érték végleges magasságukat a műtrágya nélküli kezelésekhöz képest (1. ábra). A műtrágyakezelés a kukorica átlagos növénymagasságát 50, illetve 54 cm-rel növelte meg (legnagyobb átlagos növénymagasság 1: 251 cm, 2: 301 cm, 3: 259 cm, 4: 313 cm).

A szénpor hatására a mért hajtáshosszok az egyes időpontokban hosszabbak voltak. Ugyanakkor a kísérlet lebontásakor mért végleges biomassza tömegben a kezelések szerint ettől eltérő tendenciát találtunk. A négy kezelés között szignifikáns eltérést csak a műtrágya hatásánál találtunk, a szénporkezelések hatása kis mértékben, de csökkentette a kukorica biomassza tömegét. A szénpor és a műtrágyakezelések között statisztikailag igazolható kölcsönhatást nem találtunk (2. táblázat).

1. ábra. A szénpor és a műtrágyakezelések hatása a kukorica növénymagasságára  
(Keszthely 2011)

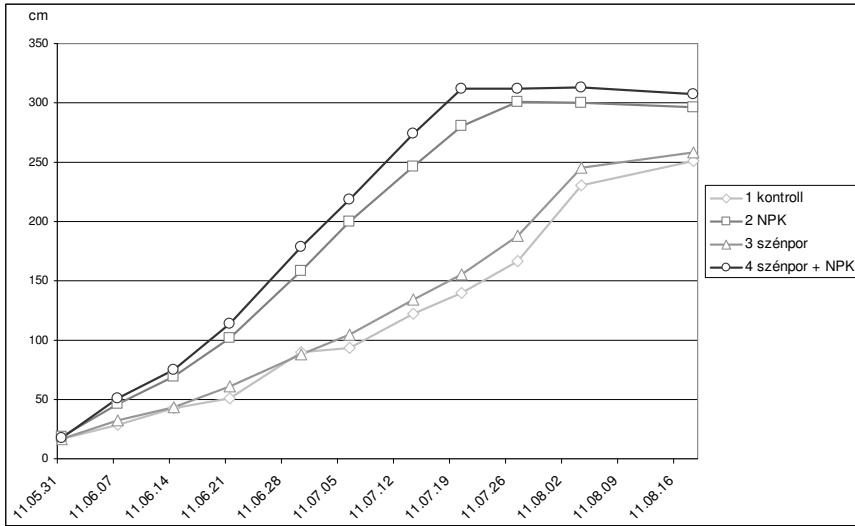


Figure 1. Effect of carbon powder and NPK fertiliser treatment on maize plant height (Keszthely 2011). (Axes: x - time (weeks), y - plant height (cm), Treatments: 1: control, 2: NPK, 3: carbon powder, 4: carbon powder+NPK.)

2. táblázat. A szénpor és a műtrágyakezelések hatása a kukorica biomassza  
tömegére  
(Keszthely 2011)

Kezelések (1)	Kukorica biomassza (g/tenyészedény) (2)
1	544
2	1070
3	492
4	848
SzD <sub>5%</sub> (3)	245,5

Kezelések: 1: kontroll, 2: NPK, 3: szénpor, 4: szénpor+NPK

Table 2. Effect of carbon powder and NPK fertiliser treatment on maize biomass (Keszthely 2011). (1) Treatments, (2) Maize biomass (g/pot), (3) LSD<sub>5%</sub>. Treatments: 1: control, 2: NPK, 3: carbon powder, 4: carbon powder+NPK.

### Következtetések

A szénpor mint talajjavító, termésmenvelő anyag a Keszthelyen beállított, egy vegetációs időszakot vizsgáló tenyészedényes kísérlet eredménye alapján a kukorica biomassza tömegét és hajtáshosszát nem változtatta meg szignifikánsan. A műtrágyázáshoz képest a hatása sokkal kisebb. A szénpor hatását célszerű lenne hosszabb időtávon szabadföldi tartamkísérlet keretén belül vizsgálni többféle növénykultúrában.

### Köszönetnyilvánítás

Jelen cikk a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0003 és a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0025 projektek keretében készült. A projektek a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósulnak meg.

### IRODALOM

- Antal J.*: 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. 99.
- Bruges, J.*: 2009. The Biochar Debate: Charcoal's Potential to Reverse Climate Change and Build Soil Fertility. Chelsea Green Publishing Company. White River Junction. VT. 120.
- Debreczeni B.-né-Németh T. (szerk.)*: 2009. Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967–2001). Agrokémia és Talajtan. 179–182.
- Factura, H.-Bettendorf, T.-Buzie, C.-Pieplow, H.-Reckin, J.-Otterpohl, R.*: 2010. Terra Preta sanitation: re-discovered from an ancient Amazonian civilisation – integrating sanitation, bio-waste management and agriculture. Water Science and Technology. 61. 10: 2673–2679.
- Kismányoky, T.-Tóth, Z.*: 2010. Effect of mineral and organic fertilisation on soil fertility as well as on the biomass production and N utilization of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in a long-term cereal crop rotation experiment (IOSDV). Archives of Agronomy and Soil Science. 56. 4: 473–481.
- Mann, C. C.*: 2007. The Terra Preta revolution: a new look at an ancient soil management technique. Acres U.S.A. April. 56–63.



- Németh K.:* 2011. Dendromassza-hasznosításon alapuló decentralizált hőenergia-termelés. Doktori (PhD) értekezés. 130.
- Stoknes, P. E.:* 2011. GasPlas AS report Power production with CCU. Gassnova Project no. 212034. Report.
- Sváb J.:* 1973. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 107.

A szerzők levelezési címe - Adress of the authors:

Dr. Jolánkai Péter  
Pannon Egyetem Georgikon Kar  
Keszthely  
Festetics u. 7.  
H-8360

Farkas Ildikó  
Szent István Egyetem  
Növénytermesztési Intézet  
Gödöllő  
Páter K. u. 1.  
H-2100

Bjørn Utgård  
AgroPlas AS  
Oslo  
Engbrets vei 3.  
N-0218



## Vágóhídi hulladékok hatása a növények termésére karbonátos homoktalajon

KÁDÁR IMRE-RAGÁLYI PÉTER

MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

### Összefoglalás

Duna-Tisza közti karbonátos homoktalajon, az MTA ATK Örbottyáni Kísérleti Telepén vizsgáltuk az eltérő minőségű komposztok és a húsliszt hatását a kukorica, mustár és tritikálé termésére. A heterogén talaj 0-8% közötti  $\text{CaCO}_3$  és 1,0-1,5% humusz készlettel rendelkezett. A humuszos szint vastagsága 60-80 cm, a  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  6,8-7,5, a  $\text{pH}(\text{KCl})$  6,3-7,3 közötti értékeket mutatott. Az agyagfrakció mennyisége 10-15%-ot tett ki. A termőhely felvehető foszforral közepesen, nitrogénnel és káliummal gyengén ellátott volt.

A kísérleteket 2002-ben és 2003-ban állítottuk be egyenként 5 kezeléssel és 4 ismétléssel, azaz 20-20 parcellával. Az egyes parcellák területe  $5 \times 8 = 40 \text{ m}^2$  volt, a kísérletek elrendezése véletlen blokk. A kezelések 0, 25, 50, 100, 200 t/ha friss komposztot, vagy 0, 2,5, 5, 10, 20 t/ha húslisztet jelentettek a kísérletek beállításakor. Tehát egyszeri terhelést alkalmaztunk 2002-ben. A további években a komposztok és a húsliszt trágyaszerek utóhatásait figyeltük meg. Kísérleti növényként 2002-ben kukoricát, 2003-ban mustárt, majd 2004-től tritikálét vetettünk monokultúrában.

A vágóhídi hulladékok vizsgálataink szerint viszonylag koncentrált szervestrágyának minősülhetnek, amennyiben a N, P, Ca, Zn, Cu készletük többszöröse lehet az istállótrágyáénak. A kísérlet első két évében, 2002-ben és 2003-ban szárazság uralkodott, a trágyahatások elmaradtak a kukoricában és a mustárban az érett komposzt alkalmazásakor. Az éretlen komposzt nagyobb adagjai már fejlődésben gátlást, a kukorica 20-50%-os pusztulását, a földfeletti zöld tömeg 30-60%-ának elvesztését okozta.

A kedvező csapadék ellátottságú 2004. évben az érett és éretlen komposzt 200 t/ha adagjának 3. éves utóhatása sorrendben 1,6 és 9 t/ha összes földfeletti terméstöbbletet

adott. A félérett komposzt és a csontos húsliszt 2. éves utóhatásaként a tritikále biomasszája 1,5–2,0-szeresére nőtt. A további években az utóhatások mérséklődtek. Az érett komposzt és a csontos húsliszt hatása ezen a talajon 3 éven át, a félérett komposzt hatása 5–6 éven át, míg az éretlen komposzt utóhatása 7–8 éven át nyomon követhető volt. A vizsgált vágóhídi trágyaszerek koncentrált, lassan ható szervestrágyáknak minősülnek.

A maximális 200 t/ha komposzt, illetve a 20 t/ha csontos húsliszt kereken 20–120 t/ha szárazanyag, 12–48 t/ha szervesanyag, 0,6–6,8 t/ha zsír bevitelét jelentette. Az ásványi elemek maximuma elérte a 13,5 t/ha Ca (33,7 t/ha  $\text{CaCO}_3$ ), illetve a 11,6 t/ha P (26,6 t/ha  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) mennyiséget. A K, Mg, Na, S bevitel is több száz kg/ha-nak adódott a komposztok esetén. A Zn kereken 42, Mn 21, Sr 18, Ba 12, Cu 8, Cr 2 kg/ha maximális terhelést jelzett. Az éretlen komposztban a mérgező  $\text{NH}_4\text{-N}$  forma 275 kg/ha, a félérettben 113 kg/ha mennyiséget ért el. Az érett komposzttal ugyanakkor maximálisan 193 kg/ha műtrágya-egyenértékű  $\text{NO}_3\text{-N}$ -t szántottunk alá.

Összefoglalva arra a következtetésre juthatunk, hogy javasolható a sterilizált vágóhídi érett komposztok minél kiterjedtebb felhasználása termőföldön. Összetételük és hatékonyságuk alapján kifejezetten növelhetik főként a savanyú homoktalajok termékenységét.

**Kulcsszavak:** vágóhídi hulladék komposzt, tartamkísérlet, termés hozam, karbonátos homoktalaj

## The effect of slaughterhouse waste on crop yield on calcareous sandy soil

I. KÁDÁR–P. RAGÁLYI

Hungarian Academy of Sciences, Centre for Agricultural Research, Budapest

### Summary

The effect of different quality composts and meat meal on maize, mustard and triticale yield was examined in the Órbottyán Experiment Site of HAS CAR on Danube-Tisza mid-region calcareous sandy soil. The heterogeneous soil contained 0–8%  $\text{CaCO}_3$  and 1.0–1.5% humus. The thickness of the humus layer was 60–80 cm, the  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  was

between 6.8–7.5 and  $\text{pH}(\text{KCl})$  was 6.3–7.3. The quantity of the clay fraction was 10–15%. The production site was moderately supplied with available phosphorus and weakly supplied with nitrogen and potassium.

The experiments were established in 2002 and 2003 individually with 5 treatments and 4 replications, that is with 20–20 plots. The size of each plot was  $5 \times 8 = 40 \text{ m}^2$  with randomised block design. The treatments were 0, 25, 50, 100, 200  $\text{t ha}^{-1}$  fresh compost or 0, 2.5, 5, 10, 20  $\text{t ha}^{-1}$  meat meal at the time of the establishment of the experiments. Therefore, a one-time load was imposed in 2002. In the subsequent years, the after-effects of composts and meat meal were observed. In 2002, maize was sown in monoculture as an experimental crop, while it was mustard in 2003 and triticale from 2004 on.

According to our examinations, slaughterhouse waste could be considered a relatively concentrated organic matter if their N, P, Ca, Zn and Cu stocks are several times higher than those of farmyard manure. There was drought in the first two years of the experiment (2002 and 2003) and no fertiliser effect was observed in maize and mustard after the application of the ripe compost. However, larger doses of unripe compost caused blocked development and 20–50% perishing of the maize population, as well as 30–60% loss of the above-ground green mass.

In the adequately rainy year of 2004, the third year after-effect of the 200  $\text{t ha}^{-1}$  dose of the ripe and unripe compost resulted in 1.6 and 9  $\text{t ha}^{-1}$  above-ground yield surplus, respectively. The second year after-effect of the semi-ripe compost and the bony meat meal resulted in the biomass of triticale increasing 1.5–2 times. In the subsequent years these after-effects became more moderate. The effect of ripe compost and bony meat meal could be tracked on this soil for three years, that of the semi-ripe compost could be tracked for 5–6 years and the unripe compost had its effect for 7–8 years. The examined slaughterhouse waste products are considered to be concentrated, slow-acting organic manure.

The highest amount of compost (200  $\text{t ha}^{-1}$ ) and bony meat meal (20  $\text{t ha}^{-1}$ ) resulted in the incorporation of 20–120  $\text{t ha}^{-1}$  dry matter, 12–48  $\text{t ha}^{-1}$  organic matter and 0.6–6.8  $\text{t ha}^{-1}$  fat. The highest peak of mineral elements was 13.5  $\text{t ha}^{-1}$  Ca (33.7  $\text{t ha}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$ ) and 11.6  $\text{t ha}^{-1}$  P (26.6  $\text{t ha}^{-1}$   $\text{P}_2\text{O}_5$ ). The K, Mg, Na and S intake amounted to several hundred  $\text{kg ha}^{-1}$  in the case of the composts. Zn showed a maximum load of 42  $\text{kg ha}^{-1}$  and other elements' maximum loads were the following: Mn 21, Sr 18, Ba 12, Cu 8, Cr 2. In the unripe compost the toxic  $\text{NH}_4\text{-N}$  form reached 275  $\text{kg ha}^{-1}$ , while it reached 113  $\text{kg ha}^{-1}$  in the semi-ripe compost. At the same time, the incorporation of ripe compost with ploughing represented a maximum of 193  $\text{kg ha}^{-1}$   $\text{NO}_3\text{-N}$ .

To sum it up, we can arrive at the conclusion that the widespread use of sterilised, ripe slaughterhouse composts could be recommended in the field. Based on their composition and efficiency, they can especially increase the fertility of acidic sandy soils.

**Key words:** composted slaughterhouse waste, long-term field experiment, yield, calcareous sandy soil

## Влияние отходов скотобойни на урожай растений на карбонатной песчаной почве

И. КАДАР–П. РАГАЙИ

Институт Почвоведения и Агрохимии Центра Аграрных Наук  
Венгерской Академии Наук, Будапешт

### Резюме

На карбонатной песчаной почве междуречья Дуная и Тиссы, на опытной станции Центра Аграрных Наук Венгерской Академии Наук Орботьяни (Órbottyáni) исследовали влияние разного качества компоста и мясной муки на урожай кукурузы, горчицы и тритикале. Гетерогенная почва располагала 0–8%  $\text{CaCO}_3$  и 1,0–1,5% гумусом. Толщина слоя гумуса 60–80 см, и показывала величины  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  6,8–7,5, и  $\text{pH}(\text{KCl})$  6,3–7,3. Количество глинистой фракции составляло 10–15%. Место выращивания было среднеобеспечено усвояемым фосфором, и слабо азотом и калием.

Опыты проводили в 2002 и в 2003 годах в каждом по 5 вариантов с 4 повторениями, т.е. по 20 парцелл в каждом. Площадь одной парцеллы  $5 \times 8 = 40 \text{ m}^2$  была, расположение опытов было в случайных блоках. Варианты представляли собой 0, 25, 50, 100, 200 т/га свежего компоста, или 0, 2,5, 5, 10, 20 т/га мясной муки во время приложения опыта. Таким образом применяли одноразовую нагрузку в 2002 году. В следующие годы исследовали последствия удобрения компостом и мясной мукой. В качестве опытной культуры в 2002 году сеяли кукурузу, в 2003 горчицу, а с 2004 года сеяли тритикале в монокультуре.

Согласно нашим исследованиям отходы скотобойни можно квалифицировать относительно концентрированным органическим удобрением, в котором запас N,

P, Ca, Zn, Cu может быть во много раз больше, чем в навозе. В первые два года опыта, в 2002 и в 2003 годах господствовала засуха, влияния удобрений были меньше в кукурузе и в горчице при применении зрелого компоста. Применение больших доз незрелого компоста уже замедляло развитие, 20–50%-ное – погибание кукурузы, потери 30–60%-ов надземной зелёной массы.

В благоприятно обеспеченном осадками 2004 г последствия доз зрелого и незрелого компоста в 200 t/ha в 3-х летнем периоде дали общую прибавку в 1,6 и 9 t/ha надземного урожая. В результате влияния полужрелого компоста и костной мясной муки на 2-ой год биомасса тритикале выросла в 1,5–2,0 раза. В дальнейшие годы влияния уменьшились. Влияния зрелого компоста и костной мясной муки на этой почве заметно было в течении 3-х лет, влияние полужрелого компоста в течении 5–6 лет, а влияние незрелого компоста в течении 7–8 лет можно было проследить. Исследованные удобрительные средства со скотообойни квалифицируются концентрированными, медленно действующими органическими удобрениями.

Максимально 200 t/ha компоста, а также 20 t/ha костной мясной муки означали доход 20–120 t/ha сухого вещества, 12–48 t/ha органического вещества, 0,6–6,8 t/ha жира. Максимум минеральных элементов достигло количества 13,5 t/ha Ca (33,7 t/ha CaCO<sub>3</sub>), а также 11,6 t/ha P (26,6 t/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Внесение K, Mg, Na, S также дало многокилограммовую прибавку на гектар в случае компостов. Zn ровно 42, Mn 21, Sr 18, Ba 12, Cu 8, Cr 2 kg/ha означало максимальную нагрузку. В незрелом компосте ядовитая форма NH<sub>4</sub>-N достигла 275 kg/ha, в полужрелом 113 kg/ha. Со зрелым компостом в то же время максимально запахали 193 kg/ha NO<sub>3</sub>-N равному искусственному удобрению.

В заключении мы пришли к выводу, что можно рекомендовать максимально широкое использование стерилизованных зрелых компостов скотообойни на почве. На основе их состава и эффективности убедительно могут увеличить, главным образом на кислых песчаных почвах урожайность.

**Ключевые слова:** компост отходов скотообойни, долголетний опыт, урожай, карбонатная песчаная почва

## Bevezetés és irodalmi áttekintés

Újrahasznosíthatók azok a káros anyagokkal nem terhelt kommunális és ipari eredetű szennyvizek és -iszapok, mezőgazdasági és élelmiszeripari mellékter-

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

A Magyarországon érvényes szabályozást az újabb, 40/2008. (II. 26.) Korm. rendelet, a 8/2001. (I. 26.) FVM rendelet, a 49/2001. (IV. 3.) és az 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet, a korábbi MÉM (1990) Ágazati Irányelv és a kommunális szennyvíziszapból készült komposztok vizsgálatáról szóló MSZ-10-509. szabvány foglalja össze. Megemlíthető, hogy pl. a KSH (2003) adatai szerint 1998-ban 87 ezer tonna szennyvíziszap keletkezett, melynek 36%-át termőföldön hasznosították, 47%-a lerakásra került. A komposztálás és egyéb ártalmatlanítás 17%-ot, az égetés 1%-ot tett ki.

Különös figyelmet érdemelnek az állati eredetű veszélyes hulladékok, melyek mennyisége hazánkban 300–400 ezer t/év. A nyilvántartott mennyiség közel 12%-a elhullott állati tetem vagy testrész, 88%-a pedig vágóhídi, húsfeldolgozási, illetve bőripari hulladék. A feldolgozott hulladék nagyobbik részéből fehérjelisztet (húslisztet) és ipari zsírt állítanak elő, míg a maradék 40–50 ezer tonna hagyományosan lerakásra kerülhetett. A hőkezelésen alapuló sterilizációs technológia segítségével a fehérjeliszt gyártására alkalmatlan hulladék jelentős része kivonható a veszélyes és fertőző hulladékok köréből. Ezzel drasztikusan mérsékelhető a végleges lerakás által okozott környezetterhelés és a nagy költségigény. A komposztálás során a húsiipari vállalatok vágási és feldolgozási hulladékaival együtt a húsiipari szennyvizek és szennyvíziszapok is hasznosíthatókká válhatnak (Kiss *et al.* 2001).

A komposztálós stabilizáció után a kapott trágyaszor hozzájárulhat a talajok termékenységének fenntartásához. Javulhat a talaj szervesanyagkészlete, szerkezete, tápelemtartalma és nőhet a terméstmög, valamint a termésbiztonság. Amikor a húsiipari hulladékokat (mint a húsos és csontos használhatatlan részeket) fertőtlenítő kezeléseket után szárítják és darálják, csontos húsliszteket kapnak. Az angol nyelvű szakirodalomban a termék rövid jele MBM (meat and bone meal). Miután a szivacsos agyvelőgyulladás több országban is



előfordult, az Európai Unió korlátozta az állati melléktermékek, a fehérje vagy húsliszt takarmányként való felhasználását. A korlátozások 2001 óta hazánkra is érvényesek, ebből adódóan előtérbe került a csontos húslisztek trágyaszereként való hasznosítása, illetve égetése energianyerésre. Az égetés azonban körülményes, költséges és környezetszennyező eljárás lehet (*Izsáki* 2000, *Vermes* 2003).

A felhasználásra alkalmas élelmiszeripari, húsipari komposztoknál az egyszeri adagokat általában a N-tartalom limitálja, nem pedig a kicsi nehézfém-tartalom. Az összes N-készlet lassan, több év alatt hasznosulhat, ahogy a szervesanyag lebomlása végbemegy. Sajnos kevés adattal rendelkezünk a különböző komposztok és szennyvíziszapok N-szolgáltató képességéről eltérő talajtani, éghajlati és gazdálkodási viszonyok között. Korábban szabadföldi kisparcellás kísérletet állítottunk be szennyvíziszap (Moson-iszap) és vágóhídi hulladék komposzt (ATEV komposzt) trágyaszerekkel Sopronhorpácson, vályog csernozjom barna erdőtalajon (*Kádár és Morvai* 2007, 2008; *Ragályi és Kádár* 2008).

A friss trágyaadagok 0, 25, 50, 100, 200 t/ha egyszeri leszántását jelentették, melyek 0, 190, 380, 760, 1520 kg/ha összes N-terhelést valósítottak meg mindkét trágyaszert esetében. A cukorrépa termését és minőségét alapvetően a N-kínálat befolyásolta, amennyiben a termőhely PK-ellátottsága megfelelő volt. A 200 t/ha adagok 20 t/ha körüli gyökér terméstöbbletet eredményeztek. Depresszió nem jelentkezett. A N-túlkínálat minőségrontó hatása a vágóhídi komposzt esetén kevésbé volt kifejezett, e trágyaszert lassú hatású N-forrásnak minősülhetett (*Kádár et al.* 2009) becsléseink szerint.

Norvégiában végzett tenyészedény- és szabadföldi kísérletek eredményei arra utaltak, hogy a csontos húsliszt 1–2 t/ha adagban alkalmazva gyorsan elbomlik és N-készletének akár 80%-a hasznosulhat már az első évben (*Jeng et al.* 2004, 2006). Svédországban a csontos húsliszt, hígtrágya és a karbamid hatását hasonlították össze. A szabadföldi kísérletet tápanyagszegény homokos vályog és vályog talajon végezték. A tavaszi búza termését és N-tartalmát a csontos húsliszt és a karbamid hasonló eséllyel növelték, mint gyorsan ható N-források. A hígtrágya hatása mérsékelt maradt (*Salomonsson et al.* 1994, 1995).

Munkánk célja, hogy egy Duna-Tisza közi karbonátos homoktalajon vizsgáljuk a csontos húsliszt és komposztált csontos húslisztek hatását és utóhatását a növények termésére, összetételére, valamint a talajtulajdongások változására. Jelen közleményünk az említett szervestrágyaszerek elemi összetételét és a trágyahatásokat tárgyalja.

### Anyag és módszer

Kísérleteinket 2002. és 2003. években állítottuk be az MTA ATK Órbottyán kísérleti telepén, mely a Duna-Tisza közti homokhátság északi részén, a gödöllői dombvidék peremén helyezkedik el. A talajvíz tükre 6–8 m mélyen található, a talajképződési folyamatokat, illetve a trágyahatásokat nem befolyásolja. Termőhely a homoktalajokra jellemzően rossz vízgazdálkodású, nagy vízáteresztő és kis víztartóképesseggel, aszályérzékeny, heterogén. Fokozottan jelentkezhet a víz- és szélerózió. Sok a defláció által sújtott és elvékonyodott, illetve ezzel párhuzamosan a ráhordással vastagított homokréteg. Kisebb foltokban előfordul kétrétegű homok és rozsdabarna erdőtalaj is, ami a talaj mozaikjellegét növeli (Stefanovits 1966, Várallyay 1984, Klimes-Szmic 1955).

A szántott rétegben 0–8% közötti  $\text{CaCO}_3$ -ot találunk 0,8–1,4% közötti humusz tartalommal és 10–15% agyagfrakcióval. A  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  általában 7–8, a  $\text{pH}(\text{KCl})$  6–7, a  $\text{K}_A$  26–30 értékeket mutat. Az oldható P-tartalom alapján gyengén vagy közepesen, K-mal és N-nel igen gyengén ellátott. A humuszos szint vastagsága 60–80 cm, de az erodáltabb lepusztult részeken a talaj  $\text{CaCO}_3$  tartalma megnő és a humuszos szint vastagsága lecsökkenhet. Az 1 m alatti rétegek  $\text{CaCO}_3$  tartalma a 15–20%-ot is elérheti (Kádár 2006).

A 4 féle szervestrágyával 4 önálló kísérletet állítottunk be. Kísérletenként 5 kezelést alkalmaztunk 4 ismétlésben, azaz 20–20 parcellával. A parcellák  $5 \times 8 = 40 \text{ m}^2$ -esek voltak véletlen blokk elrendezésben. A terhelési szintek 0, 25, 50, 100, 200 t/ha friss komposztot, vagy 0, 2,5, 5, 10, 20 t/ha csontos húslisztet jelentettek egyszeri leszántással. A további években a kezeléseket hatásait, illetve utóhatásait regisztráltuk. Mivel az állati hulladékok K-ban szegények és a homoktalaj K-szorgáltatása is korlátozott, minden kísérletben 200 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$  adaggal K-trágyázást végeztünk 60%-os kálisóval a beállítás előtt. Az alkalmazott trágyaszerek elnevezéséről, adalékanyagairól, érzékszervi minősítésükről és kijuttatásuk idejéről az 1. táblázat nyújt áttekintést. A csontos húsliszt mérsekelt adagjait indokolta kiemelkedően nagy, 95%-ot elérő szárazanyag, 12,8%-ot elérő zsír és 6,4%-ot elérő N tartalma.

A kísérletek beállításakor a leszántandó komposztált vágóhídi hulladékból, illetve a csontos húslisztből 20–20 pontminta egyesítésével 2–2 párhuzamos átlagmintát vettünk laboratóriumi vizsgálatok céljaira. A vágóhídi hulladékból és húsipari szennyvízből álló érett komposzt 2 hónapos levegőztetés és 10 hónapos érlelést követően földszerű, aprómorzású szerkezetű, jól homogenizált

szagtalan anyag volt. A csontos húsliszt és szalma 1:0,5 száraztömeg arányú keverékből előállított éretlen komposzt 6 hét levegőztetés után készült, érlelés nélkül. Az anyag erősen bűzlött, 10–20 cm nagyságú rögöket tartalmazott, beszántás előtt rögtörést, homogenizálást igényelt. A félérett komposzt szintén heterogén állapotú, rögös és bűzös volt a 6 hónapos, szalmával történt érlelés ellenére. A csontos húsliszt légszáraz szagtalan port jelentett (1. táblázat).

1. táblázat. Az alkalmazott vágóhídi trágyaszerek elnevezése, érettségi foka, adalékanyagai, érzékszervi minősítése és kijuttatásuk ideje (Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Trágyaszér érettsége, neve (1)	Csontos húsliszt adalékanyaga (2)	Érzékszervi minősítés (3)	Kijuttatás ideje (4)
Érett komposzt (5)	Szennyvíziszap (9)	Szagtalan, morzsás (11)	2002. 05. 09.
Éretlen komposzt (6)	Szalma (10)	Bűzös, rögös (12)	2002. 05. 09.
Félérett komposzt (7)	Szalma (10)	Bűzös, rögös (12)	2002. 11. 18.
Csontos húsliszt (8)	-	Szagtalan por (13)	2002. 11. 18.

*Table 1.* Name, ripening stage, additives, sensory classification and application date of the applied slaughterhouse waste fertilisers (Danube-Tisza mid-region calcareous sandy soil, Órbottyán). (1) Fertiliser ripening stage, name, (2) Additive of bony meat meal, (3) Sensory classification, (4) Date of application (y/m/d), (5) Ripe compost, (6) Unripe compost, (7) Semi-ripe compost, (8) Bony meat meal, (9) Sewage sludge, (10) Straw, (11) Scentless, crumbly, (12) Putrid, rough, (13) Scentless powder.

A kísérletben termesztett növényfajokról, fajtákról, valamint vetésük és betakarításuk naptári idejéről a 2. táblázat informál, míg a 2002–2010. évek csapadékviszonyait a 3. táblázat foglalja össze havi, negyedéves és éves bontásban. Látható, hogy a 2002. év aszályosnak minősül a Spirit fajtájú csemegekukorica számára. A kedvezőtlen időjárási viszonyok között a növényállomány nem tudott beérni, csak silózásra volt alkalmas. A kukorica aktív 4 hónapos, májustól-augusztusig tartó tenyészideje alatt mindössze 237 mm eső hullott. A 2003. év szintén kitűnt szárazságával. A mustár áprilisban 12, májusban 32, júniusban 8 mm csapadékot kapott. Gazdaságilag értékelhető termés (magtermés) nem is képződött, az állomány gyakorlatilag elszáradt. Ezt követően tritikále monokultúrává alakultak a kísérletek.

A tritikále hosszú, átlagosan 10 hónapos fedettséget képes biztosítani. Jól hasznosítja az őszi és a téli csapadékot, gyomelnyomó képessége megfelelő és

monokultúrákban termesztethető. Alkalmos arra, hogy a trágyahatásokat, illetve a trágyaszerek utóhatásait stabilabb terméshozamaival jellemezze. A 10 hónapos tenyészidő alatt 2009-ben mértük a 297 mm minimális, illetve 2010-ben a maximális 592 mm csapadékösszegeket. A telepen mért sokéves átlagos 10 havi csapadékösszeg 433 mm volt.

2. táblázat. A kísérletben termesztett növényfajok, fajták, valamint a vetés és betakarítás ideje (Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Sorszám (1)	Növényfaj (2)	Fajta (3)	Vetés időpontja (4)	Betakarítás időpontja (5)
1.	silókukorica ( <i>Zea mays</i> )	Spirit	2002. 05. 13.	2002. 09. 16.
2.	mustár ( <i>Sinapis alba</i> )	Silenda	2003. 04. 07.	2003. 07. 08.
3.	tritikálé ( <i>X Triticosecale</i> )	Disco	2003. 09. 30.	2004. 07. 26.
4.	tritikálé ( <i>X Triticosecale</i> )	Disco	2004. 09. 14.	2005. 07. 18.
5.	tritikálé ( <i>X Triticosecale</i> )	Presto	2005. 09. 15.	2006. 07. 21.
6.	tritikálé ( <i>X Triticosecale</i> )	GK bogo	2006. 09. 25.	2007. 06. 27.
7.	tritikálé ( <i>X Triticosecale</i> )	GK bogo	2007. 09. 12.	2008. 07. 07.
8.	tritikálé ( <i>X Triticosecale</i> )	Versus	2008. 09. 20.	2009. 07. 17.
9.	tritikálé ( <i>X Triticosecale</i> )	Kitaro	2009. 09. 24.	2010. 07. 19.

Table 2. Crop species and varieties grown in the experiment, date of sowing and harvesting (Danube-Tisza mid-region calcareous sandy soil, Órbottyán). (1) No., (2) Crop species, (3) Variety, (4) Sowing date, (5) Harvesting date.

Az analízisek az MTA ATK ICP laboratóriumában folytak a következő módszerekkel: A pH, CaCO<sub>3</sub>, humusz, kötöttség, ammonlaktát-ecetsav oldható PK, összes-só, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N alapvizsgálatok *Baranyai et al.* (1987), illetve a *MÉM NAK* (1978) által ismertetett módon. A talajok oldható elemtartalmának vizsgálata *Lakanen és Erviö* (1971) szerint; a talaj- és szerves-trágya-minták feltárása cc. HNO<sub>3</sub>+cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> roncsolással az *MSZ 21470-50* alapján; a talaj- és szerves-trágya-minták összes N-tartalmának meghatározása cc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> roncsolás után a módosított *Kjeldahl* (1891) módszerrel az *ISO 11261 (1995) szabvány* szerint Bremner-féle vízgőz-desztillációval, míg az oldható NH<sub>4</sub>-N és NO<sub>3</sub>-N pedig KCl-os kezelés utáni vízgőz-desztillációval történt. Az oxidálható szerves-C, illetve szervesanyag mérése a *Tyurin* (1937) által javasolt krómsavas

eljárással történt, majd az ismert  $1,724 \times C_{\text{szerves}}$  = szervesanyag képlettel számoltunk.

3. táblázat. *A havi, negyedéves és az éves csapadékösszegek adatai (mm)*  
(Duna-Tisza közti meszes homoktalaj, Órbottyán, 2002–2008)

Időszak (1)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	*Sok- éves átlag (2)
Január (3)	6	40	46	7	51	31	32	12	66	33
Február (4)	13	27	49	52	39	46	0	25	47	29
Március (5)	14	0	53	8	35	39	38	26	13	28
I. negyedév (6)	33	67	148	67	125	116	70	63	126	90
Április (7)	30	12	39	96	23	4	35	1	35	43
Május (8)	46	32	42	41	82	58	39	30	130	57
Június (9)	41	8	68	48	83	61	137	40	102	64
II. negyedév (10)	117	52	149	185	188	123	211	71	267	164
Július (11)	52	57	35	85	30	21	156	20	46	58
Augusztus (12)	98	13	67	124	118	48	19	29	56	50
Szeptember (13)	59	17	13	74	29	31	64	22	109	44
III. negyedév (14)	209	87	115	283	177	100	239	71	211	152
Október (15)	52	79	48	14	14	55	17	39	37	40
November (16)	32	45	55	33	15	47	29	73	66	52
December (17)	40	7	36	76	4	25	53	65	33	43
IV. negyedév (18)	124	131	139	123	33	127	99	177	136	136
Éves összeg (19)	483	337	551	658	523	466	619	382	740	542

\*A kísérleti telep 49 éves átlagai

Table 3. Data of the monthly, quarterly and yearly precipitation sums (mm) (Danube-Tisza mid-region calcareous sandy soil, Órbottyán). (1) Period, (2) Multiple year average, (3) January, (4) February, (5) March, (6) 1<sup>st</sup> quarter, (7) April, (8) May, (9) June, (10) 2<sup>nd</sup> quarter, (11) July, (12) August, (13) September, (14) 3<sup>rd</sup> quarter, (15) October, (16) November, (17) December, (18) 4<sup>th</sup> quarter, (19) Yearly sum. \*The 49-year averages of the experiment site.

Bár 15% feletti szervesanyag esetén ajánlott az izzítási veszteségből számolni a szervesanyag-tartalmat, esetünkben azonban a 10%-ot is meghaladó  $\text{CaCO}_3$  termikus bomlásából származó, valamint az egyéb illó szerves összetevők távozásával előálló tömegvesztés komoly hibaforrást jelenthetett volna. Az oldható  $\text{NH}_4\text{-N}$  és  $\text{NO}_3\text{-N}$  formákat *Thammné* (1990) módszerével vizsgáltuk.

A növényállományt 1–5 skálán rendszeresen bonitáltuk a tenyészidő folyamán, hogy a trágyahatásokat figyelemmel kísérjük. A kukorica kísérletben tőszámlálást is végeztünk a betakarítás előtt és parcellánként 20–20 tövet vágunk ki a nettó területről a földfeletti biomassza tömegének megállapítására, valamint a laborvizsgálatok céljaira. A mustár és a tritikále esetében a növény-mintavételek a parcellánkénti 8–8 fm földfeletti anyagra vonatkoztak. A mustár betakarításkori termését a 8–8 fm/parcella mintakéve anyaga szolgáltatta, míg a tritikále szemtermését kombájnoltuk. A tritikále/szalma arányát, illetve a szalmatermést a mintakéve alapján határoztuk meg.

Az egyes kísérletek parcelláit 20–20 pontmintából képzett átlagmintákkal jellemeztük. A 0–20 cm szántott rétegből 2002-ben, 2003-ban és 2008-ban vettünk mintákat a növények betakarítását követően. A mintákat 40–50 °C-on szárítottuk, majd finomra daráltuk analízisre. Az alapvizsgálatok kiterjedtek a  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ ,  $\text{pH}(\text{KCl})$ ,  $\text{CaCO}_3$ , humusz, kötöttség, összes sótartalom megállapítására. Az oldható elemtartalmakat 20–25 elemre kiterjedően vizsgáltuk az  $\text{NH}_4$ -acetát+EDTA kioldást követően. A kísérleti és vizsgálati adatokat egytényezős véletlen blokk varianciaanalízisével értékeltük *Sváb* (1981) nyomán.

### Kísérleti eredmények

#### *Komposztok és a csontos húsliszt összetételének vizsgálata*

A 4. táblázat eredményei szerint a komposztok kereken 39–60%, míg a csontos húsliszt 95% szárazanyagot tartalmazott. A szervesanyagban is leggazdagabb csontos húslisztben a C/N arány 5 körüli, mely a gyors mikrobiológiai lebontást és N-szolgáltatást feltételez. A vizsgált trágyaszerek rendkívül gazdagok Ca és P elemekben a csont összetevőkből eredően. A N a komposztokban 2–3%, a csontos húslisztben már 6% fölé emelkedik. Relatíve a K-tartalom mérsékeltnek mondható, míg a Mg, Na, S makroelem-készlet jelentős. Ami a mikroelemeket illeti, a 8/2001. (I.26.) FVM rendelet szerint kommunális és ipari hulladékból előállított komposztokra a megengedett maximális összes elem-

tartalom 200 mg/kg Zn, 100 mg/kg Cr, Cu és Pb; 50 mg/kg Ni és Co, 10 mg/kg As és Se, 2 mg/kg Cd és 1 mg/kg Hg a szárazanyagban.

A vizsgált trágyaszerek kifogásolhatók. Az éretlen és félérett komposztok bűzös, rögös állaguk miatt. Két esetben a határértéket meghaladja a Zn és egy esetben némileg a Cu koncentrációja. Mivel a művelt talajaink zöme Zn és Cu elemekkel viszonylag gyengén ellátott, elvileg és agronómiai szempontból a Zn és a Cu pótlása előnyös lehet bizonyos területeken. A komposztok 10% körüli vagy feletti Ca, valamint 2-5% körüli P készlete kedvező hatással bírhatna különösen a savanyú, P-szegény talajokon. A főbb gazdasági növényeink 20-40 kg/ha/év P-igényét (50-100 kg/ha/év  $P_2O_5$ ) már az 1-2 t/ha/év komposzt sz. a mennyisége kielégítheti, ahol a P-ellátottság fenntartása a cél. A 10-20 t/ha adag pedig a P-ral gyengén ellátott talaj P-feltöltését eredményezheti.

4. táblázat. A szabadföldi kísérletekben felhasznált vágóhídi hulladék komposztok és a csontos húsliszt átlagos összetétele szárazanyagban  
(Összes elemtartalom cc.HNO<sub>3</sub>+cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> feltárásból)  
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán, 2002)

Összetevők, jellemzők (1)	Mérték- egység (2)	Érett komposzt (3)	Éretlen komposzt (4)	Félérett komposzt (5)	Csontos húsliszt (6)
Sz. a. (7)	%	38,9	45,8	60,0	95,0
Szervesanyag (8)	%	26,3	41,7	40,3	58,6
Szerves C (9)	%	15,2	24,1	23,3	33,9
C/N arány (10)		7,5	7,7	7,1	5,3
Zsír (11)	%	0,5	3,4	0,3	12,8
Ca	%	9,31	12,65	11,25	7,02
P	%	2,22	5,56	4,26	4,06
N	%	2,04	3,12	3,26	6,41
K	%	0,76	0,76	0,83	0,41
Mg	%	0,70	0,36	0,37	0,18
Na	%	0,52	0,79	0,69	0,45
S	%	0,50	0,70	0,62	0,60
Fe	%	1,42	0,28	0,29	0,07
Al	%	2,78	2,36	0,14	0,02

A 4. táblázat folytatása a következő oldalon...

A 4. táblázat folytatása...

Összetevők, jellemzők (1)	Mérték- egység (2)	Érett komposzt (3)	Éretlen komposzt (4)	Félérett komposzt (5)	Csontos húsliszt (6)
Zn	mg/kg	540	270	164	104
Mn	mg/kg	268	80	69	19
Sr	mg/kg	230	113	82	30
Ba	mg/kg	158	50	35	6
Cu	mg/kg	109	46	19	13
Cr	mg/kg	28	10	7	4
Pb	mg/kg	20	8	6	<1
Ni	mg/kg	14	5	3	<1
B	mg/kg	11	4	4	0,5
Co	mg/kg	3,0	0,7	0,6	0,2
Mo	mg/kg	1,7	0,3	0,4	0,2
Sn	mg/kg	1,4	0,3	1,4	1,8
Cd	mg/kg	0,6	0,1	0,1	0,0
As	mg/kg	0,5	0,3	2,0	3,1
Hg	mg/kg	<0,1	<0,1	0,5	1,1
Se	mg/kg	<0,1	<0,1	0,6	<0,1
NH <sub>4</sub> -N	mg/kg	169	3006	941	167
NO <sub>3</sub> -N	mg/kg	2480	1135	61	1

Table 4. Average composition of the composted slaughterhouse waste and bony meat meal expressed in dry matter used in the field experiments (Total element content from the cc.HNO<sub>3</sub>+cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> exposure) (Danube-Tisza mid-region calcareous sandy soil, Órbottyán, 2002). (1) Ingredients, characteristics, (2) Measurement unit, (3) Ripe compost, (4) Unripe compost, (5) Semi-ripe compost, (6) Bony meat meal, (7) Dry matter, (8) Organic matter, (9) Organic C, (10) C/N ratio, (11) Fat.

A 49/2001. (IV.3.) Korm. rendelet szerint szervestrágyával kijuttatott N nem haladhatja meg a 170 kg/ha/év mennyiséget érzékeny területeken, a vizek mezőgazdasági eredetű NO<sub>3</sub> szennyeződésének elkerülése érdekében. A komposztok 2–3% N készletéből kiindulva ez 6–8 t/ha/év szárazanyag, illetve 10–15 t/ha/év friss komposzt felhasználását jelenthetné. A csontos húsliszt esetében a 2–3 t/ha/év adag már a 6% N készletből eredően elérhetné a 170 kg/ha/év terhelést. Összességében látható, hogy a vizsgált állati eredetű trágyaszerek tápelemiszolgáltatása igen nagy, többszöröse lehet a közepes minőségű istállótrágyának.



Megállapítottuk, hogy érlelés nélkül vagy 6 hónapos érleléssel vágóhídi hulladékból szalma adalékkal földszerűen omlós, aprómorzásás szerkezetű, a szabvány által előírt homogenitású, szagtalan komposztot előállítani nem lehet. Kutatási céllal azonban az éretlen, illetve a félérett komposztokkal is beállítottuk a szabadföldi kísérleteket. Felvetődött a kérdés, vajon az éretlen komposzt mennyiben lehet mérgező a növényre, hány év után vesztheti el mérgező jellegét, illetve a terhelés függvényében hány éven át számíthatunk utóhatásokra? A komposztok stabilitására, érettségére utalhatnak az oldható N-frakciók. Az érett, stabil komposzt  $\text{NO}_3\text{-N}$ -ben gazdag, illetve az  $\text{NH}_4\text{-N}$  mennyisége lecsökkent. A félérett és különösen az éretlen komposztban 0,9–3,0%-ot is elérhet a mérgező  $\text{NH}_4\text{-N}$  forma. A csontos húsliszztben az érett komposzthoz hasonlóan kevés az  $\text{NH}_4\text{-N}$  forma és gyakorlatilag  $\text{NO}_3\text{-mentes}$ . A N még szerves formában található a 4. táblázat adatai szerint.

A 200 t/ha maximális friss komposzt trágyaadagokkal, illetve a 20 t/ha csontos húsliszt adaggal létrehozott talajterhelésről az 5. táblázat nyújt információt. A bevitt szárazanyag kereken 20–120 t/ha, a szervesanyag 12–48 t/ha, a zsír 0,6–6,8 t/ha között ingadozott. Az elemekben kifejezett maximális terhelés elérte a 13,5 t/ha Ca (33,7 t/ha  $\text{CaCO}_3$ ), illetve a 5,1 t/ha P (11,7 t/ha  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) mennyiséget. De a K, Mg, Na, S terhelés is több száz kg/ha-nak adódott a komposztok esetében. Ugyanitt a mikroelemek közül a Zn kereken 42, Mn 21, Sr 18, Ba 12, Cu 8, Cr 2 kg/ha maximális terhelést jelzett az érett komposzt alkalmazásával, melyben adalékanyagként a mikroelemekben, nehézfémekben gazdagabb szennyvíziszap szerepelt. Meg kell említeni még, hogy a  $\text{NH}_4\text{-N}$  forma az éretlen komposztban elérte a 275 kg, a félérettben a 113 kg/ha mennyiséget. Az érett komposzttal viszont 193 kg/ha műtrágya egyenértékű  $\text{NO}_3\text{-N}$ -t szántottunk alá.

#### *Trágyaszerek hatása a növények termésére*

A silókukorica termését 2002-ben a vízhiány limitálta, így az érdemi trágyahatások elmaradtak. Az érett komposzt hatására az átlagos szemtermés 2,3 t/ha, a szártermés 1,3 t/ha tett ki, az összes földfeletti hozam nem érte el a 4 t/ha mennyiséget, ami elmarad az elvárható hozamtól (Nagy 1995, 1997, 2007). Hasonlóképpen nem igazolható 2003-ban trágyahatás. A mustár magtermése 0,8 t/ha, a melléktermése 3,9 t/ha átlagos tömeget mutatott, tehát az összes légszáraz földfeletti biomassza az 5/ha alatt maradt. Az érett komposzt 3. éves utóhatása viszont statisztikailag is igazolható volt 2004-ben. A tritikále föld-

feletti légszáraz hozama mintegy 1,5 t/ha növekedést mutatott. Tendenciájában még a 4. évben is nyomon követhető az utóhatás, tehát a 2005. évben a tritikále termésén a 6. táblázatban bemutatott eredmények szerint.

5. táblázat. A szabadföldi kísérletekben felhasznált vágóhídi hulladék komposztok 200 t/ha, illetve a csontos húsliszt 20 t/ha maximális adagjai által okozott talajterhelés (Duna-Tisza közti meszes homoktalaj, Örbottyán, 2002)

Összetevők, jellemzők (1)	Mérték- egység (2)	Érett komposzt (3)	Éretlen komposzt (4)	Félérett komposzt (5)	Csontos húsliszt (6)
Sz. a. (7)	t/ha	77,8	91,6	120,0	20,0
Szervesanyag (8)	t/ha	20,4	38,1	48,2	11,7
Szerves C (9)	t/ha	11,8	22,1	28,0	6,8
Ca	kg/ha	7243	11587	13500	1334
P	kg/ha	1727	5093	5112	771
Al	kg/ha	2163	2162	168	3
N	kg/ha	1587	2858	3912	1218
Fe	kg/ha	1105	256	344	14
K	kg/ha	591	696	996	78
Mg	kg/ha	545	330	440	34
Na	kg/ha	405	724	823	86
S	kg/ha	389	641	750	114
Zn	kg/ha	42,0	24,7	19,7	2,0
Mn	kg/ha	20,9	7,3	8,3	0,4
Sr	kg/ha	17,9	10,4	9,8	0,6
Ba	kg/ha	12,3	4,6	4,2	0,1
Cu	kg/ha	8,48	4,21	2,28	0,25
Cr	kg/ha	2,18	0,92	0,82	0,08
Pb	kg/ha	1,56	0,73	0,67	0
Ni	kg/ha	1,09	0,46	0,38	0
B	kg/ha	0,86	0,37	0,44	0,01
Co	kg/ha	0,23	0,06	0,07	0,005

Az 5. táblázat folytatása a következő oldalon...

Az 5. táblázat folytatása...

Összetevők, jellemzők (1)	Mérték- egység (2)	Érett komposzt (3)	Éretlen komposzt (4)	Félérett komposzt (5)	Csontos húsliszt (6)
Mo	g/ha	132	27	51	4
Sn	g/ha	109	27	174	34
Cd	g/ha	47	9	15	<1
As	g/ha	39	27	238	59
Hg	g/ha	<1	<1	64	21
Se	g/ha	<1	<1	70	<1
NH-N	kg/ha	13	275	113	3
NO <sub>x</sub> -N	kg/ha	193	104	7	<1

Table 5. Soil load imposed by the maximum doses of slaughterhouse waste composts (200 t ha<sup>-1</sup>) and bony meat meal (20 t ha<sup>-1</sup>) used in field experiments (Danube-Tisza mid-region calcareous sandy soil, Órbottyán, 2002). (1) Ingredients, characteristics, (2) Measurement unit, (3) Ripe compost, (4) Unripe compost, (5) Semi-ripe compost, (6) Bony meat meal, (7) Dry matter, (8) Organic matter, (9) Organic C.

Az éretlen komposzt 100 t/ha és e feletti adagja mérgező hatású volt az első évben termesztett kukoricára. Csökkent az állomány átlagos magassága, tőhiány a kontrollon talált 5-6%-ról 40-50%-ra ugrott, tehát a növények fele kipusztult. A káros hatást feltehetően a túlzott N-adag és az éretlen komposzt bomlásterméke okozhatta, mely 0,3%-ot tett ki a komposzt szárazanyagban 275 kg/ha NH<sub>4</sub>-N terhelést okozva. A jelenséghez az is hozzájárulhatott, hogy a fehérjedús komposzt bomlástermékei nem hígulhattak a talajban, sőt felhalmozódhattak. Úgy tűnik a 2. évben termesztett mustár termését a 25 t/ha adag igazolhatóan növelte. Az ennél nagyobb terhelés azonban némi depresszióhoz vezetett. Csökkent a tőszám és a magtermés a 25 t/ha kezeléshez képest (7. táblázat).

A tritikále 2004-ben látványosan növelte hozamait, a kontrollhoz viszonyítva megháromszorozta a földfeletti biomasszáját. Depresszió már nem figyelhető meg a maximális 200 t/ha terhelésnél sem a 3. évben. A 4. éves utóhatás 2005-ben, az 5. éves utóhatás 2006, sőt a 6. és 7. éves utóhatások is 2007-ben és 2008-ban igazolhatók. Bár folyamatosan csökkennek. Igen alacsony termések mellett még a 8. és 9. évi utóhatások is megjelennek. Az éretlen komposzt tehát mérgező lehet a növény termésére, de a kisebb 25 t/ha adag már a 2. évben, az extrém nagyobb adagok pedig a 3. évben elvesztik mérgező hatásukat ezen a jól szellőzött homoktalajon és 6-8 éves utóhatásokat mutathatnak (7. táblázat).

6. táblázat. Vágóhídi hulladék+szennyvíziszap összetételű érett komposzt hatása a növények aratáskori légszáraz termésére (t/ha) (Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Vizsgált jellemzők (1)	Komposzt t/ha, friss anyag (2)					SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	25	50	100	200		
Kukorica 2002-ben (5)							
Szem t/ha (8)	2,2	2,2	2,4	2,0	2,7	1,1	2,3
Melléktermés t/ha (9)	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4	0,3	1,3
Együtt t/ha (10)	3,5	3,6	3,7	3,3	4,0	1,3	3,6
Fehér mustár 2003-ban (6)							
Mag t/ha (11)	0,8	0,6	0,9	0,9	0,6	0,2	0,8
Melléktermés t/ha (9)	4,2	3,5	4,1	4,3	3,4	1,0	3,9
Együtt t/ha (10)	4,9	4,1	5,0	5,2	4,0	1,3	4,7
Tritikálé 2004-ben (7)							
Szem t/ha (8)	2,2	2,2	2,0	2,9	2,6	0,6	2,4
Melléktermés t/ha (9)	3,8	3,8	3,3	4,8	4,5	1,0	4,0
Együtt t/ha (10)	6,0	6,0	5,3	7,6	7,1	1,4	6,4
Tritikálé 2005-ben (7)							
Szem t/ha (8)	1,7	1,9	1,6	2,2	2,2	0,6	1,9
Melléktermés t/ha (9)	2,8	2,9	2,6	3,6	3,5	1,1	3,1
Együtt t/ha (10)	4,5	4,8	4,2	5,8	5,8	1,6	5,0

Megjegyzés: pH(KCl) 6,8; Humusz 1,4%, CaCO<sub>3</sub> 0,5% alatt a szántott rétegben.

Table 6. The effect of ripe compost containing slaughterhouse waste + sewage sludge on the air dry crop yield at harvesting (t ha<sup>-1</sup>) (Danube-Tisza mid-region calcareous sandy soil, Órbottyán). (1) Examined characteristics, (2) Compost t ha<sup>-1</sup>, fresh material, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Maize in 2002, (6) White mustard in 2003, (7) Triticale in 2004, (8) Grain, t ha<sup>-1</sup>, (9) Secondary yield, t ha<sup>-1</sup>, (10) Together, t ha<sup>-1</sup>, (11) Seed t ha<sup>-1</sup>. Note: pH(KCl) 6.8; Humus 1.4%, CaCO<sub>3</sub> below 0.5% in the ploughed layer.

A félérett komposzt depresszív hatása hasonló 2003-ban az éretlen komposztéhoz az első évben, legalábbis ami a 100 vagy 200 t/ha adagokat illeti. A 25 és 50 t/ha terhelés ellenben a terméseket megkétszerezte. Ehhez hozzájárult az a körülmény, hogy a félérett komposztot az előző év őszén juttattuk ki 2002 novemberében, a mustárt pedig 2003 áprilisában vetettük el. A 2002-ben termelt kukorica esetében az érett és az éretlen komposzt kijuttatása néhány nappal a vetés előtt történt azonban. A 8. táblázatban közölt adatok sze-

rint a 2004-ben betakarított tritikále termését a 200 t/ha adag is növelte, illetve depresszió nem jelentkezett. A félérett komposzt őszi szántással talajba forgatva már a 2. növénynél elveszítheti káros hatását ezen a talajon. Az utóhatások pedig 6–7 évig nyomon követhetők. A félérett komposzt tehát szintén lassú hatású trágyaszor.

A csontos húsliszt közel megkétszerezte a mustár termését 2003-ban. Depressziót a 20 t/ha terhelés sem okozott. Utóhatása igazolható még a 2. és 3. évben a tritikále termésén. A csontos húsliszt tehát viszonylag gyorsan ható szervestrágyának minősíthető. Megemlíthető, hogy tendenciájában még a 4. évben is némi utóhatással rendelkezett a 9. táblázat eredményei alapján.

Amennyiben a tritikále termését a csapadékviszonyok függvényében vizsgáljuk megállapítható, hogy nincs egyenes összefüggés a lehullott csapadék-összegek és például a kontrollon mért termésszintek között. A termések kicsik egyaránt 2009-ben, amikor a minimális 297 mm-t kapott az állomány a vegetációja alatt, és 2010-ben amikor bőséges 592 mm-t mértünk. Legnagyobb termésekre az átlagos csapadékhozamú években számíthatunk. Száraz években limitáló tényező a vízhiány, míg nedves években védekezés nélkül a szártőbetegségek okozhatnak termés kiesést.

7. táblázat. *Csontos húsliszt+szalma összetételű éretlen komposzt hatása a növények aratáskori légszáraz termésére (t/ha)*  
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Őrbottyán)

Vizsgált jellemzők (1)	Komposzt t/ha, friss anyag (2)					SzD <sub>95</sub> (3)	Átlag (4)
	0	25	50	100	200		
Kukorica 2002-ben (5)							
Szem t/ha (8)	2,0	2,4	2,1	1,6	0,9	0,8	1,8
Melléktermés t/ha (9)	0,8	0,8	0,8	0,7	0,4	0,2	0,7
Együtt t/ha (10)	2,8	3,2	2,8	2,4	1,3	1,0	2,5
Fehér mustár 2003-ban (6)							
Mag t/ha (11)	0,8	1,3	0,6	0,5	0,6	0,4	0,7
Melléktermés t/ha (9)	3,9	5,6	4,6	4,5	5,1	1,4	4,7
Együtt t/ha (10)	4,7	6,8	5,2	5,0	5,7	1,7	5,4

A 7. táblázat folytatása a következő oldalon...

A 7. táblázat folytatása...

Vizsgált jellemzők (1)	Komposzt t/ha, friss anyag (2)					SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	25	50	100	200		
Tritikálé 2004-ben (7)							
Szem t/ha (8)	1,6	2,8	3,2	4,5	5,3	1,8	3,5
Melléktermés t/ha (9)	2,8	4,5	5,0	6,7	8,0	2,8	5,4
Együtt t/ha (10)	4,4	7,3	8,2	11,2	13,4	4,6	8,9
Tritikálé 2005-ben (7)							
Szem t/ha (8)	1,8	1,9	2,2	3,1	3,2	1,2	2,4
Melléktermés t/ha (9)	2,6	2,7	3,1	4,9	5,3	1,8	3,7
Együtt t/ha (10)	4,4	4,6	5,2	8,0	8,5	3,0	6,1
Tritikálé 2006-ban (7)							
Szem t/ha (8)	0,8	0,8	1,1	1,1	1,5	0,4	1,1
Melléktermés t/ha (9)	1,5	1,8	2,1	2,2	3,1	1,2	2,1
Együtt t/ha (10)	2,3	2,6	3,2	3,4	4,6	1,5	3,2
Tritikálé 2007-ben (7)							
Szem t/ha (8)	1,0	1,2	1,6	1,6	1,8	0,3	1,4
Melléktermés t/ha (9)	1,8	2,2	2,7	2,8	3,1	0,6	2,5
Együtt t/ha (10)	2,8	3,3	4,3	4,5	4,8	0,9	4,0
Tritikálé 2008-ban (7)							
Szem t/ha (8)	1,0	1,2	1,3	1,8	2,2	0,7	1,5
Melléktermés t/ha (9)	1,9	2,3	2,6	3,5	4,1	1,6	2,9
Együtt t/ha (10)	3,0	3,5	4,0	5,3	6,3	2,3	4,4
Tritikálé 2009-ben (7)							
Szem t/ha (8)	0,65	0,74	0,82	1,05	1,10	0,68	0,87
Melléktermés t/ha (9)	0,94	1,02	1,14	1,52	1,60	0,99	1,24
Együtt t/ha (10)	1,59	1,75	1,96	2,57	2,70	1,65	2,11
Tritikálé 2010-ben (7)							
Szem t/ha (8)	0,6	0,7	1,1	1,1	1,2	0,5	1,0
Melléktermés t/ha (9)	0,9	1,2	1,6	1,5	1,7	0,7	1,4
Együtt t/ha (10)	1,5	1,9	2,7	2,6	2,9	1,1	2,3

Megjegyzés: pH(KCl) 7,1; Humusz 1,2%, CaCO<sub>3</sub> 6,4% a szántott rétegben.

Table 7. The effect of unripe compost containing bony meat meal+straw on the air dry crop yield at harvesting (t ha<sup>-1</sup>) (Danube-Tisza mid-region calcareous sandy soil, Órbottyán). (1) Examined characteristics, (2) Compost t ha<sup>-1</sup>, fresh material, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) Maize in 2002, (6) White mustard in 2003, (7) Triticale in 2004, (8) Grain, t ha<sup>-1</sup>, (9) Secondary yield, t ha<sup>-1</sup>, (10) Together, t ha<sup>-1</sup>, (11) Seed t ha<sup>-1</sup>. Note: pH(KCl) 7.1; Humus 1.2%, CaCO<sub>3</sub> 6.4% in the ploughed layer.

8. táblázat. *Csontos húsliszt+szalma összetételű félérett komposzt hatása a növények aratáskori légszáraz termésére (t/ha) (Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)*

Vizsgált jellemzők (1)	Komposzt t/ha, friss anyag (2)					SzD <sub>95</sub> (3)	Átlag (4)
	0	25	50	100	200		
Fehér mustár 2003-ban (5)							
Mag t/ha (7)	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
Melléktermés t/ha (8)	1,4	2,9	2,9	2,1	0,6	1,3	2,0
Együtt t/ha (9)	1,5	3,0	3,1	2,4	0,8	1,4	2,2
Tritikálé 2004-ben (6)							
Szem t/ha (10)	2,4	3,8	4,3	4,4	5,4	1,7	4,1
Melléktermés t/ha (8)	3,9	5,9	6,3	6,5	8,2	2,1	6,2
Együtt t/ha (9)	6,3	9,7	10,6	10,9	13,6	3,8	10,3
Tritikálé 2005-ben (6)							
Szem t/ha (10)	2,3	2,2	3,0	3,2	3,2	0,9	2,8
Melléktermés t/ha (8)	3,3	3,2	4,3	5,2	5,6	1,3	4,3
Együtt t/ha (9)	5,6	5,4	7,3	8,4	8,8	2,2	7,1
Tritikálé 2006-ban (6)							
Szem t/ha (10)	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	0,4	1,4
Melléktermés t/ha (8)	2,3	2,4	2,9	3,0	3,4	1,1	2,8
Együtt t/ha (9)	3,5	3,6	4,3	4,5	5,0	1,4	4,2
Tritikálé 2007-ben (6)							
Szem t/ha (10)	1,4	1,4	1,6	1,6	2,0	0,3	1,6
Melléktermés t/ha (8)	2,3	2,5	2,7	2,8	3,4	0,5	2,7
Együtt t/ha (9)	3,6	3,9	4,3	4,4	5,3	0,8	4,3
Tritikálé 2008-ban (6)							
Szem t/ha (10)	1,2	1,5	1,4	1,6	1,8	0,4	1,5
Melléktermés t/ha (8)	2,3	3,0	2,7	2,9	3,7	0,7	2,9
Együtt t/ha (9)	3,6	4,4	4,1	4,4	5,4	1,0	4,4

A 8. táblázat folytatása a következő oldalon...

A 8. táblázat folytatása...

Vizsgált jellemzők (1)	Komposzt t/ha, friss anyag (2)					SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	25	50	100	200		
Tritikálé 2009-ben (6)							
Szem t/ha (10)	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	0,2	1,0
Melléktermés t/ha (8)	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	0,2	1,3
Együtt t/ha (9)	2,1	2,1	2,4	2,5	2,6	0,4	2,3
Tritikálé 2010-ben (6)							
Szem t/ha (10)	1,0	1,0	1,0	1,1	1,3	0,3	1,1
Melléktermés t/ha (8)	1,3	1,4	1,3	1,3	1,7	0,4	1,4
Együtt t/ha (9)	2,3	2,4	2,3	2,4	3,0	0,7	2,5

Megjegyzés: pH(KCl) 7,3; Humusz 1,5%, CaCO<sub>3</sub> 3% a szántott rétegben.

Table 8. The effect of semi-ripe compost containing slaughterhouse waste + sewage sludge on the air dry crop yield at harvesting (t ha<sup>-1</sup>) (Danube-Tisza mid-region calcareous sandy soil, Órbottyán). (1) Examined characteristics, (2) Compost t ha<sup>-1</sup>, fresh material, (3) LSD5%, (4) Mean, (5) White mustard in 2003, (6) Triticale in 2004, (7) Seed t ha<sup>-1</sup>, (8) Secondary yield, t ha<sup>-1</sup>, (9) Together, t ha<sup>-1</sup>, (10) Grain, t ha<sup>-1</sup>. Note: pH(KCl) 7.3; Humus 1.5%, CaCO<sub>3</sub> 3% in the ploughed layer.

9. táblázat. Csontos húsliszt hatása a mustár és a tritikálé aratáskori légszárz terméssére (t/ha)  
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Vizsgált jellemzők (1)	Komposzt t/ha, friss anyag (2)					SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	25	50	100	200		
Fehér mustár 2003-ban (5)							
Mag t/ha (7)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
Melléktermés t/ha (8)	1,5	1,8	2,7	2,7	2,6	1,1	2,3
Együtt t/ha (9)	1,5	1,9	2,8	2,9	2,8	1,1	2,4
Tritikálé 2004-ben (6)							
Szem t/ha (10)	2,7	2,8	4,7	4,5	4,2	1,3	3,8
Melléktermés t/ha (8)	4,6	5,0	6,9	6,9	7,0	1,7	6,1
Együtt t/ha (9)	7,3	7,8	11,6	11,4	11,2	3,0	9,9

A 9. táblázat folytatása a következő oldalon...



A 9. táblázat folytatása...

Vizsgált jellemzők (1)	Komposzt t/ha, friss anyag (2)					SzD <sub>5%</sub> (3)	Átlag (4)
	0	25	50	100	200		
Tritikálé 2005-ben (6)							
Szem t/ha (10)	2,0	2,0	1,9	3,0	3,9	1,3	2,6
Melléktermés t/ha (8)	3,0	3,2	2,7	4,4	6,7	2,5	4,0
Együtt t/ha (9)	4,9	5,2	4,6	7,4	10,6	3,8	6,6
Tritikálé 2006-ban (6)							
Szem t/ha (10)	1,0	0,9	1,0	1,1	1,2	0,4	1,1
Melléktermés t/ha (8)	1,6	1,6	1,9	1,8	2,3	0,6	1,8
Együtt t/ha (9)	2,6	2,5	3,0	2,9	3,5	1,0	2,9
Tritikálé 2007-ben (6)							
Szem t/ha (10)	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	0,4	1,2
Melléktermés t/ha (8)	1,9	1,9	1,9	2,0	2,2	0,6	2,0
Együtt t/ha (9)	3,1	3,1	3,1	3,3	3,6	1,0	3,3
Tritikálé 2008-ban (6)							
Szem t/ha (10)	1,2	1,2	1,1	1,4	1,2	0,4	1,2
Melléktermés t/ha (8)	2,3	2,2	2,0	2,5	2,4	0,6	2,3
Együtt t/ha (9)	3,5	3,4	3,0	3,8	3,6	1,0	3,5

Megjegyzés: pH(KCl) 7; Humusz 1,2%, CaCO<sub>3</sub> 1,8% a szántott rétegben.

Table 9. The effect of bony meal meal on the air dry crop yield of mustard and triticale at harvesting (t ha<sup>-1</sup>) (Danube-Tisza mid-region calcareous sandy soil, Órbottyán). (1) Examined characteristics, (2) Compost t ha<sup>-1</sup>, fresh material, (3) LSD<sub>5%</sub>, (4) Mean, (5) White mustard in 2003, (6) Triticale in 2004, (7) Seed t ha<sup>-1</sup>, (8) Secondary yield, t ha<sup>-1</sup>, (9) Together, t ha<sup>-1</sup>, (10) Grain, t ha<sup>-1</sup>. Note: pH(KCl) 7; Humus 1.2%, CaCO<sub>3</sub> 1.8% in the ploughed layer.

## IRODALOM

- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.*: 1987. A magyarországi talaj tápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- ISO 11261*: 1995. Soil Quality. Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl method.
- Izsáki Z.*: 2000. Mezőgazdasági hulladék gyűjtése, ártalmatlanítása és hasznosítása. Tessedik Sámuel Főiskola. Szarvas.

- Jeng, A. S.–Haraldsen, T. K.–Vagstad, N.–Gronlund, A.–Tveitnes, S.: 2004. Meat and bone meal as nitrogen fertilizer to cereals in Norway. *Agricultural and Food Science*. 13: 268–275.
- Jeng, A. S.–Haraldsen, T. K.–Gronlund, A.–Pedersen, P. A.: 2006. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereals and rye grass. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 76: 183–191.
- Kádár I.: 2006. Mélyfúrások eredményei Örbottyán Kísérleti Telepén. Kézirat. MTA TAKI. 8.
- Kádár I.–Morvai B.: 2007. Ipari-kommunális szennyvíziszap-terhelés hatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 56: 333–352.
- Kádár I.–Morvai B.: 2008. Városi szennyvíziszap-terhelés hatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletben III. *Agrokémia és Talajtan*. 57: 305–318.
- Kádár I.–Petróczki F.–Hámori V.–Morvai B.: 2009. Kommunális szennyvíziszap, illetve vágóhídi hulladék komposzt hatása a talajra és a növényre szabadföldi kísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 58. 1: 121–136.
- Kiss J.–Simon M.–Horváth Z.–Kádár I.–Kriszt B.–Szoboszlay S.–Morvai B.–Csomor L.–Szántó G.: 2001. Állati eredetű zsíros hulladékok biológiai degradációjának vizsgálata. [In: Elek Gy.–Vécsi B. (szerk.) XV. Országos Környezetvédelmi Konferencia.] 351–360.
- Kjeldahl, J.: 1891. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Zeitschr. F. Analyt. Chemie*. 22. 366–382.
- Klimes-Szmik A.: 1955. Aljtrágyázott homok tápanyagviszonyai és földművelési vonatkozásai. *Agrokémia és Talajtan*. 4: 313–334.
- KSH: 2003. Magyarország környezeti állapota nemzetközi összehasonlításban. Központi Statisztikai Hivatal. Budapest.
- Lakanen, E.–Erviö, R.: 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. *Acta Agr. Fenn*. 123: 223–232.
- MÉM: 1990. Szennyvizek és szennyvíziszapok termőföldön történő elhelyezése. Ágazati Műszaki Irányelv. MI-08-1735/1990. Budapest.
- MÉM NAK: 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- MSZ-10-509: 1991. Kommunális szennyvíziszapból készült komposztok vizsgálata és minősítése. Magyar Szabvány. Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium. Budapest.
- Nagy J.: 1995. A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Növénytermelés*. 44. 2: 251–260.
- Nagy J.: 1997. A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélkül, és öntözéssel természetesen. *Agrokémia és Talajtan*. 46: 275–288.
- Nagy J.: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Ragályi, P.–Kádár, I.: 2008. Processed slaughterhouse waste application on calcareous sandy soil. *Acta Agronomica Ovariensis*. 50. 1: 95–101.

- Salomonsson, L.–Jonsson, A.–Salomonsson, A. C.–Nilson, G.*: 1994. Effects of organic fertilizers and urea when applied to spring wheat. *Acta Agric. Scand. Sect. B. Soil and Plant Sci.* 44: 170–178.
- Salomonsson, L.–Salomonsson, S.–Olofsson, A. C.–Jonsson, A.*: 1995. Effects of organic fertilizers and urea when applied to winter wheat. *Acta Agric. Scand. Sect. B. Soil and Plant Sci.* 45: 171–180.
- Stefanovits P.*: 1966. Hazánk homoktalajainak jellemzése. [In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztés homokon.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 9–22.
- Sváb J.*: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 557.
- Thamm F.-né*: 1990. Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan.* 39: 191–206.
- Tyurin, I. V.*: 1937. Organicszeszkie vescu szetva pocsv Szel'hozzig. Moszkva.
- Várallyay Gy.*: 1984. Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái. *Agrokémia és Talajtan.* 33. 1–2: 159–169.
- Vermes L.*: 2003. Szakirodalmi áttekintés a szennyvíziszapok elhelyezésével és hasznosításával foglalkozó publikációkról. BCE Kertészettudományi Kar. Budapest.
- 8/2001. (I.26.) FVM Rendelet*: 2001. A termésmenvelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról. *Magyar Közlöny.* 9: 458–522.
- 49/2001. (IV.3.) Kormányrendelet*: 2001. A vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről. *Magyar Közlöny.* 39: 2518–2531.
- 50/2001. (IV.3.) Kormányrendelet*: 2001. a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól. *Magyar Közlöny.* 39: 2532–2543.
- 40/2008. (II.26.) Kormányrendelet*: 2008. a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól szóló 50/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet módosításáról. *Magyar Közlöny.* 31. 1: 1316–1328.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Kádár Imre – Dr. Ragályi Péter  
Magyar Tudományos Akadémia  
Agrártudományi Kutatóközpont  
Talajtani és Agrokémiai Intézet  
Budapest  
Herman Ottó út 15.  
H-1022



## Pioneer kukoricahibridek ciklikushidroxámsav-tartalmának összehasonlítása

<sup>1</sup>MAKLEIT PÉTER–<sup>2</sup>NAGY ANTAL–<sup>3</sup>SZÉKÁCS ANDRÁS–<sup>4</sup>FÓNAGY ADRIEN

<sup>1</sup>Debreceni Egyetem AGTC, Növénytudományi Intézet, Debrecen

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem AGTC, Növényvédelmi Intézet, Debrecen

<sup>3</sup>Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest

<sup>4</sup>Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont,  
Növényvédelmi Intézet, Budapest

### Összefoglalás

A ciklikus hidroxámsavak (cHx) a fűféle növények anyagcseretermékei. Fontos szerepet játszanak a kórokozókkal, kártevőkkel szembeni természetes védelemben. E vegyületeket termelő fajok fajtái között jelentős különbségek vannak azok növénybeli mennyiségének tekintetében. A különbségek hozzájárulhatnak a fajták eltérő védekezőképességéhez, a különbségek ismerete pedig a megítélésükhöz nélkülözhetetlen. Munkánk során öt Pioneer kukoricahibrid cHx-tartalmát hasonlítottuk össze. Vizsgáltuk a hibridek különböző szerveinek cHx-tartalmát és annak időbeni változását. A szervek cHx-tartalma jelentős eltéréseket mutatott a levélzet, címer, cső, gyökér sorrendben csökkenő tendenciával, köztük szignifikáns különbségekkel. A levelek és a gyökér cHx-tartalma a növény (szervek) korának növekedésével csökkent. A hibridek összehasonlítását a legnagyobb cHx-tartalmú szervek, a fiatal levelekből vett minták alapján végeztük. A vizsgált hibridek közül három cHx-tartalma szignifikánsan nagyobbak bizonyult. Ezek a P9578, a PR36K67 és a PR36V52. A P9494 hibrid az előző három hibridhez képest szignifikánsan alacsonyabb cHx-tartalommal jellemezhető, míg a PR38A79 hibrid cHx-tartalma az összes többi vizsgált hibridnél alacsonyabb. További vizsgálatokra van szükség annak eldöntéséhez, hogy milyen összefüggés van a vizsgált hibridek cHx-tartalma és betegség-, ill. kártevőkkel szembeni ellenállósága között.

**Kulcsszavak:** Pioneer kukoricahibrid, ciklikus hidroxámsav

## Comparison of Pioneer maize hybrids' cyclic hydroxamic acid contents

<sup>1</sup>P. MAKLEIT–<sup>2</sup>A. NAGY–<sup>3</sup>A. SZÉKÁCS–<sup>4</sup>A. FÓNAGY

<sup>1</sup>University of Debrecen Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences,  
Institute of Crop Sciences, Debrecen

<sup>2</sup>University of Debrecen Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences,  
Institute of Plant Protection, Debrecen

<sup>3</sup>Central Food Research Institute, Budapest

<sup>4</sup>Hungarian Academy of Sciences Centre for Agricultural Research,  
Institute of Plant Protection, Budapest

### Summary

Cyclic hydroxamic acids (cHx) are metabolites of species belonging to the Poaceae family. These compounds play an important role in the natural protection against pathogens and pests. There can be remarkable differences amongst the varieties of cultivated species in their cHx content. Higher cHx content may enhance the self-protection ability of the variety. Therefore, the quality of self-protection of different varieties can be forecast by measuring their cHx content. The cHx contents of five Pioneer maize hybrids were compared in our experiments. The amount of these compounds in the plant organs was measured in different development stages. Significant differences in the cHx content of the organs were found in the following order: leaves, tassel, ear and root, respectively. The detected cHx contents of the leaves and roots decreased with age. Hybrids were compared to each other on the basis of the organs with the highest cHx content, i.e., the young leaf samples. The measured cHx contents of three hybrids appeared to be significantly higher than the others: these hybrids were P9578, PR36K67 and PR36V52. In contrast, the cHx content of hybrid P9494 was significantly lower than these three hybrids, while the hybrid PR38A79 was characterised with the significantly lowest cHx content amongst the examined varieties. Further investigations are required for the evaluation of the correlation between the cHx content and the resistance of the examined hybrids to diseases and pests.

**Key words:** Pioneer maize hybrids, cyclic hydroxamic acid

## Сравнение содержания циклических гидроксамовых кислот кукурузных гибридов «Пионер»

<sup>1</sup>П. МАКЛЕИТ–<sup>2</sup>А. НАДЬ–<sup>3</sup>А. СЕКАЧ–<sup>4</sup>А. ФОНАДЬ

<sup>1</sup>Центр Аграрных и Прикл. Экономич. Наук Дебреценского Университета,  
Институт Растениеводства, Дебрецен

<sup>2</sup>Центр Аграрных и Прикл. Экономич. Наук Дебреценского Университета,  
Институт защиты растений, Дебрецен

<sup>3</sup>Центральный Исследовательский Институт науки о продуктах питания, Будапешт

<sup>4</sup>Исследовательский Центр Аграрных Наук Венгерской Академии Наук,  
Институт Защиты растений, Будапешт

### Резюме

Циклические гидроксамовые кислоты (сНх) – продукты обмена веществ злаковых растений. Они играют важную роль в естественной защите от возбудителей болезней, вредителей. Среди видов сортов производящих эти химические соединения есть значительные различия в отношении их растительного количества. Эти отличия могут способствовать разной защитной способности сортов, а знание различий необходимо для оценки. В ходе нашей работы мы сравнили содержание сНх 5 кукурузных гибридов «Пионер». Исследовали содержание сНх разных органов гибридов и его изменение во времени. Содержание сНх органов – в очерёдности: листва, метёлка, початок, корень- показало значительное различие с уменьшительной тенденцией, с значительными различиями между ними. Содержание сНх листьев и корня с ростом возраста растения (органы) уменьшалось. Сравнение гибридов проводили на основе образцов, взятых из органов самого большого содержания сНх- из молодых листьев. Среди исследованных гибридов содержание сНх трех из них оказалось значительно большим. Это P9578, PR36K67 и PR36V52. Гибрид P9494 по сравнению с предыдущими тремя гибридами характеризуется значительно меньшим содержанием сНх, но содержание сНх гибрида PR38A79 ниже всех исследованных гибридов. Необходимы дальнейшие исследования для определения, какая связь есть между содержанием сНх исследованных гибридов и сопротивляемостью к болезням и вредителям.

**Ключевые слова:** кукурузный гибрид «Пионер», циклическая гидроксамовая кислота

## Bevezetés

A ciklikus hidroxámsavak (cHx) elsősorban a pázsitfűfélék (*Poaceae*) családjában előforduló anyagcseretermékek (1. táblázat) (Niemeyer 2009). Főként glükozidos formában található meg a növényben. Gazdasági szempontból fontos termesztett növényeink közül a kukoricában, búzában, rozszban fordulnak elő jelentős mennyiségben (Copaja et al. 1991, Xie et al. 1992, Reberg-Horton et al. 2005).

1. táblázat. A ciklikus hidroxámsavak (4-hidroxi-1,4-benzoxazin-3-on) és glükozidjaik szerkezete

R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	Rövidítés (1)
H	H	H	DIBOA
H	H	Glü	GDIBOA
CH <sub>3</sub> O	H	H	DIMBOA
CH <sub>3</sub> O	H	Glü	GDIMBOA
CH <sub>3</sub> O	CH <sub>3</sub> O	H	DIM <sub>2</sub> BOA
CH <sub>3</sub> O	CH <sub>3</sub> O	Glü	GDIM <sub>2</sub> BOA
OH	H	H	TRIBOA

Table 1. Structure of cyclic hydroxamic acids and their glucosides. (1) Abbreviation.

A növények e vegyületeket a gyökereiken keresztül ki is választják a rhizoszférába (Pethő 1992, Wu et al. 2001, Copaja et al. 2006). A cHx-ak több funkciót töltenek be. Szerepük van egyes kártevőkkel és kórokozókkal szembeni tolerancia kialakításában, allelopátiás hatásuk révén a gyomokkal szembeni versengésben, komplexképző hatásuk révén a mikroelemek felvételében és a mikroelemek túlzott mennyiségű felvételével szemben segíthetik a növényt (Pethő 1992, Makleit et al. 1999, Niemeyer 2009). Az egyes fajokon belül a fajták között különbség mutatkozik cHx-tartalmuk tekintetében (Copaja et al. 1991, Xie et al. 1992, Reberg-Horton et al. 2005), ennek következtében a fajták fent említett sajátosságai is változhatnak. Többen vizsgálták a genetikai módosítás hatását a kukoricahibridek cHx-tartalmára. A hatás nem egyértelmű: egyes szerzők az anyavonalakhoz képest csökkenésről számoltak be, míg más esetekben ezt nem sikerült kimutatni (Wang 1999, Nie et al. 2005). Amennyiben a genetikai módosítás következtében csökken a cHx-tartalom, a hibrid ter-



mészetes védekezőképessége, gyomokkal szembeni versenyképessége és tápanyagfelvételi képessége is romolhat. Mivel a cHx-ak jelentős szereppel bírnak a növény védekező mechanizmusában, szükségszerű tudnunk, hogy a különböző hibridek milyen mértékben képesek ezen anyagok termelésére.

Munkánk során öt Pioneer kukoricahibrid cHx-tartalmát hasonlítottuk össze. Vizsgáltuk a különböző szervek (levélzet, gyökér, generatív szervek) cHx-tartalmát, valamint annak időbeli változását, majd ez alapján összehasonlítást végeztünk az egyes hibridek között.

### Vizsgálati anyag és módszer

A vizsgálat tárgyát öt, különböző éréscsoportokba sorolható, a természetben, nagy volumenben részt vevő Pioneer kukoricahibrid képezte, melynek vetőmagját a Pioneer Hi-Bred Magyarország Zrt. bocsátotta rendelkezésünkre. A hibridek a következők voltak: a FAO 300-as éréscsoportból: PR38A79 (FAO 310), P9578 (FAO 320) és P9494 (FAO 390), illetve a FAO 400-as éréscsoportból: PR36K67 (FAO 480) és PR36V52 (FAO 430).

A növénynevelés szabadföldi körülmények között az MTA Növényvédelmi Kutatóintézet (jelenleg MTA Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet) Júlia-telepi területén kísérleti parcellákban a kukorica agronómiai igényeinek megfelelő, minden hibrid minden kísérleti parcellájában azonos módon végzett agrotechnika alapján történt. A kísérleti növényeket 2011. május 19-én vetettük el 75 cm sor- és 25 cm tőtávolsággal. A kísérleti parcellák 6×7 m méretűek voltak, elválasztásukra 1,7 m parlagterület szolgált. A növényi mintavételezést a levelek és a gyökér esetén a 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 napos, míg a generatív szervek esetén 60 napos korban végeztük. Mintaként a parcellákból random módon kiválasztott 10–10 növény gyökérzete, az alulról számolva az 1., 2., 3., 4., 6. és 8. levelei, valamint a címer és a csőkezdemény csúcsi része szolgált. A levél-mintákat a leveleket levágva, a gyökérmintákat a gyökeret kiemelve és lemosva, majd a nedvességet leitatva vettük. A felvett mintákat a feldolgozásig egyedi jelzéssel ellátott zacskókban -80 °C-ra fagyasztva tároltuk. Kilenc alkalommal összesen 2470 minta (levél: 1920, gyökér: 400, generatív szervek: 100) vételére került sor.

A minták cHx-tartalmának mérése *Long et al.* (1974) eljárása alapján történt, melynek lényege az összes szabad cHx együttes mennyiségének meghatározása a cHx vaskomplexeinek abszorbanciája alapján, menete pedig a következő: a mintákat a mélyhűtőből való kiemelés után fél óráig szobahőmérsék-

leten tartottuk, melynek célja az volt, hogy lehetővé tegyünk a szabad cHx kialakulását a glükozidáz enzimek működését. Ezután a 0,1 g tömegű mintákat 1,9 ml 0,1 N HCl: 96% etanol 1:1 arányú keverékével homogenizáltuk, ezután 5000/perc fordulatszámmal 5 percig centrifugáltuk. A felülúszóhoz 0,1 ml 0,1 N FeCl<sub>3</sub>-oldatot adtunk, majd 3 perc elteltével mértük a cHx vas(III)-komplexeinek abszorbanciáját 570 nm hullámhosszon. A gyökérminták kivételével az összes többi szervből származó minta esetében az abszorbanciát a ferri-klorid hozzáadása előtt is mértük, majd ezt az alapabszorbanciát levontuk a ferri-klorid hozzáadása után mért abszorbanciaértékből. A mérések elvégzése előtt a kukoricában előforduló két gyakori cHx (DIMBOA és DIBOA) *Hartenstein et al.* (1992) eljárásával etiolált növényekből izoláltuk. Az izolált cHx segítségével standard görbéket készítettünk, így az abszorbancia értékéből a mintában található mennyiség már számolható volt.

A szervek cHx-tartalma jelentős eltérést mutatott (egytényezős-varianciaanalízis (ANOVA):  $F_{(3,2466)}=1044,5$ ,  $p<0,001$ ). A levelekben tapasztalt átlagos érték messze meghaladta a többi növényrészekben mért értékeket, melyek a címer, cső, gyökér sorrendben csökkenő, egymástól szignifikánsan eltérő értékeket mutattak (2. táblázat). A vizsgált anyag hatása ennek megfelelően a levelekben tekinthető döntőnek, míg a generatív részekben a hidroxámsav jelentősége feltehetően kisebb. A gyökerekben tapasztalt alacsonyabb cHx-tartalom feltehetően a jelentős mértékű kiválasztás eredménye. Ez összhangban van *Tang et al.* (1975) és *Argandona* és *Corcuera* (1985) korábbi eredményeivel. *Wu et al.* (2000) eredményei szerint a gyökér által termelt és kiválasztott cHx-mennyiség az egyes fajtákban nem mutatott egyértelmű összefüggést, így a gyökérben mért mennyiségből nem lehet közvetlen következtetést levonni a termelt cHx-mennyiségre. Ez alapján a fajták összehasonlításakor csak a levelek cHx-tartalmát vettük figyelembe.

A szervek és a hibridek átlagos cHx-tartalmának összevetését egytényezős-varianciaanalízissel (ANOVA) végeztük, a csoportok közti páronkénti összevetésre (post-hoc teszt) Tukey-tesztet használtunk. A szervek cHx-tartalma idővel csökken, így az öregedő szervekből vett mintákban mért alacsony értékek a fajták közti különbségeket jelentős mértékben elfedik. Emiatt a hibridek közti összevetésben a fiatal, legfeljebb 12 napos levelek adatait használtuk fel. A levelek és a gyökerek kora, illetve a cHx-tartalom közti összefüggést lineáris regresszió segítségével vizsgáltuk (*Bartha et al.* 2000, *Reiczigel et al.* 2007). A számítások során SPSS 13.0 programcsomagot használtunk.

## Eredmények és értékelésük

### *A kor hatása a cHx-tartalomra*

Az egyes szervek átlagos cHx-tartalma jelentős és szignifikáns eltéréseket mutatott (2. táblázat). A levelek cHx-tartalma kiemelkedően nagyra bizonyult, így feltételezhetően a hajtásrészek közül a levelekben van legnagyobb jelentősége a vizsgált vegyületsopornak. A gyökerek esetén a mért érték – nagyrészt a gyökér által kiválasztott cHx-mennyiségnek köszönhetően – messze a legkisebbnek bizonyult.

2. táblázat. *A vizsgált szervek átlagos cHx-tartalma (mg/kg friss tömeg±SD) a vizsgált öt kukoricahibridből vett minták alapján (N=mintaszám)*

		cHx átlag (mg/kg)	±SD	N
		(1)	(2)	(3)
Levelek (4)	1	841,25	255,76	400
	2	1101,32	377,96	400
	3	1226,72	389,80	370
	4	1371,21	415,33	350
	6	1331,33	355,79	250
	8	1234,32	266,26	150
Levelek összesen (5)		1160,84 <sup>a</sup>	401,21	1920
Gyökér (6)		148,05 <sup>b</sup>	47,84	450
Címer (7)		740,12 <sup>c</sup>	93,40	50
Cső (8)		349,78 <sup>a</sup>	100,40	50

Megjegyzés: A kisbetűk a levelek, a gyökér, a címer és a cső átlagos cHx-tartalma közti szignifikáns eltéréseket jelölik (Tukey-teszt,  $p < 0,01$ ).

Table 2. The mean cHx content (mg kg<sup>-1</sup> fresh weight±SD) in different organs of the five studied maize hybrids. (1) Mean cHx content, (2) Standard deviation, (3) Number of samples, (4) Leaves, (5) Leaves altogether, (6) Root, (7) Male flower (tassel), (8) Ear. Note: different small letters assign significant differences on the basis of post-hoc test (Tukey-test,  $p < 0.01$ ).

A levelek és a gyökér cHx-tartalma a szervek korosodásával fokozatosan csökkent (1. és 2. ábra). A levelek kora és cHx-tartalma között erős szignifikáns összefüggést találtunk ( $R^2=0,544$ ,  $F_{(1,1918)}=2289,27$ ,  $p < 0,01$ ), amely összefüggés a gyökerek esetén is kimutatható volt ( $R^2=0,649$ ,  $F_{(1,398)}=735,93$ ,  $p < 0,01$ ). Az elemzések alapján a cHx-tartalom csökkenését legnagyobb mértékben a szervek korának növekedése magyarázza.

1. ábra. A kukoricalevelek átlagos cHx-tartalmának (mg/kg friss tömeg $\pm$ SD) változása a megjelenéstől számított 24. napig a vizsgált öt hibridből vett minták alapján

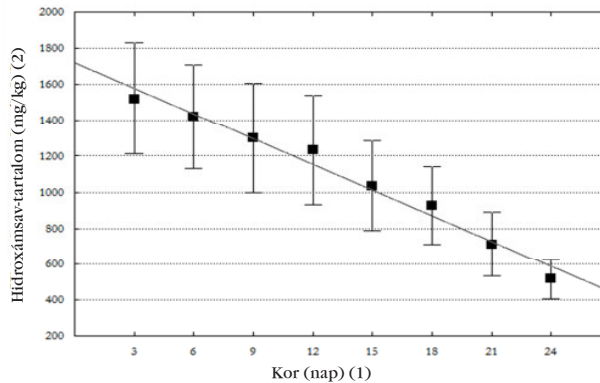


Figure 1. Change of the mean cHx content (mg kg<sup>-1</sup> fresh weight $\pm$ SD) in leaves of the five studied maize hybrids during a 3–24 day period. (1) Age (day), (2) Mean cHx content (mg kg<sup>-1</sup>).

2. ábra. A kukoricagyökér átlagos cHx-tartalmának (mg/kg friss tömeg $\pm$ SD) változása a megjelenéstől számított 24. napig a vizsgált öt hibridből vett minták alapján

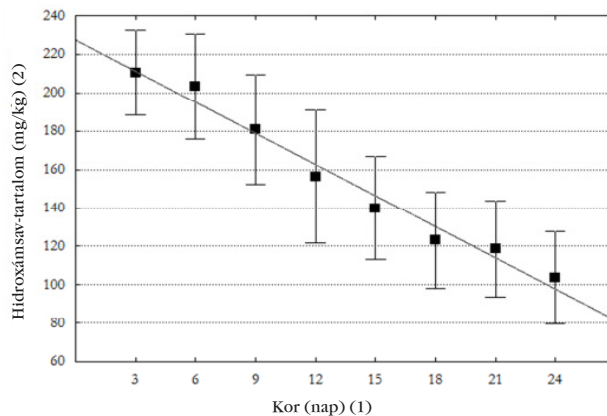


Figure 2. Change of the mean cHx content (mg kg<sup>-1</sup> fresh weight $\pm$ SD) in the roots of the five studied maize hybrids during a 3–24 day period. (1) Age (day), (2) Mean cHx content (mg kg<sup>-1</sup>).

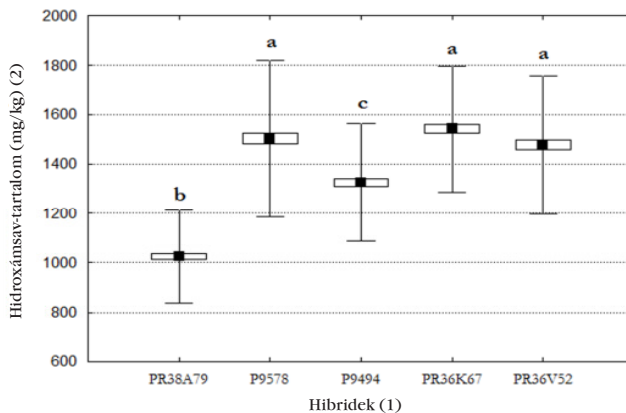
A csökkenés a szerv megjelenésétől számított 12. napon elérte a teljes csökkenés felét. A szervek korának előrehaladtával az egyes levelek és a fajták közti különbségek is egyre csökkentek. Az általunk tapasztaltakhoz hasonló

összefüggést korábban több, különböző faj (pl. kukorica, búza) esetében is kimutatták, ami a jelenség általános fajtól, fajtától független jellegét mutatja (Toldiné 1984, Copaja et al. 1991, Cambier et al. 1999).

#### A hibridek cHx-tartalmának összevetése

A hibridek közötti különbségeket a messze legnagyobb cHx-tartalmú szervek, a levelek esetén végeztük el. A hibridek közti különbségeket a fiatal, legfeljebb 12 napos levelekből vett minták alapján elemeztük. Az egyes hibridekből vett minták cHx-tartalma között jelentős eltérést tapasztaltunk (egytenyezős-variacionciaanalízis ANOVA:  $F_{(4,1144)}=153,64$ ,  $p<0,01$ ) (3. ábra).

3. ábra. A vizsgált öt hibrid átlagos cHx-tartalma a fiatal, legfeljebb 12 napos levelekben mért értékek alapján



Megjegyzés: a kisbetűk a szignifikáns eltéréseket jelölik Tukey-teszt alapján ( $p<0,01$ ).

Figure 3. Mean cHx content of young (max. 12 day old) leaves of the five studied maize hybrids. (1) Hybrids, (2) Mean cHx content ( $\text{mg kg}^{-1}$ ). Note: different small letters demonstrate significant differences on the basis of post-hoc test (Tukey-test,  $p<0.01$ ).

A páronkénti összevetés alapján a PR38A79 hibrid a többiétől lényegesen alacsonyabb cHx-tartalmat mutatott. A P9494 hibrid a fennmaradó háromtól szintén szignifikánsan kisebb cHx-tartalommal jellemezhető. A maradék három hibrid (P9578, PR36K67 és PR36V52) az előzőeket meghaladó egymással közel azonos cHx-tartalommal volt jellemezhető (3. ábra).

Eredményeink szerint az egyes hibridek jelentős eltérést mutatnak a cHx-termelés mértékében, ami meghatározó lehet azok kórokozók és kártevők el-

leni védettségének kialakításában. Az eredmények alapján a vizsgált hibridek eltérő ellenálló képességgel jellemezhetők különös tekintettel a fiatal szervek tekintetében, melyek felfokozott anyagcseréjük révén a legkülönbözőbb kórokozók és kártevők kedvelt támadási felületét jelentik. Az, hogy a kimutatott különbségek ténylegesen mekkora hatással vannak a fajták ellenálló képességére, azaz milyen mértékben képesek csökkenteni a kórokozók és a kártevők hatását, további, elsősorban a cHx minőségi összetevőire irányuló vizsgálatokkal deríthetők ki, melyek elvégzését 2012-ben tervezzük.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Pioneer Hi-Bred Zrt.-nek, a kutatás finanszírozásáért. Köszönettel tartozunk Vajdics Gyöngyi technikus gondos munkájáért (MTA ATK NÖVI).

### IRODALOM

- Argandona, V. H.–Corcuera, L. J.*: 1985. Distribution of hydroxamic acids in *Zea mays* tissues. *Phytochem.* 24: 177–178.
- Barta Z.–Karsai I.–Székely T.*: 2000. Alapvető kutatástervezési, statisztikai és projektértékelési módszerek a szupraindividuális biológiában. Kossuth Egyetemi Kiadó. Debrecen. 163.
- Cambier, V.–Hance, T.–De Hoffmann, E.*: 1999. Variation of DIMBOA and related compounds content in relation to the age and plant organ in maize. *Phytochem.* 53: 223–229.
- Copaja, S. V.–Niemeyer, H. M.–Wratten, S. D.*: 1991. Hydroxamic acid levels in Chilean and British wheat seedlings. *Ann. Appl. Biol.* 118: 223–227.
- Copaja, S. V.–Villarreal, E.–Bravo, H. R.–Pizarro, L.–Argandona, V. H.*: 2006. Hydroxamic acids in *Secale cereale* L. and the relationship with their antifeedant and allelopathic properties. *Z. Naturforsch. C.* 61: 670–676.
- Hartenstein, H.–Lipmann, T.–Sicker, D.*: 1992. An efficient procedure for the isolation of pure 2,4-dihydroxy-7-methoxy-2H-1, 4-benzoxazin-3(4H)-one (DIMBOA) from maize. *Ind J. Heterocycl. Chem.* 2: 75–76.
- Long, B. J.–Dunn, G. M.–Routley, D. G.*: 1974. Rapid procedure for estimating cyclic hydroxamate (DIMBOA) concentration in maize. *Crop Science.* 14: 601–603.
- Makleit P.–Pethő M.–Kovács B.*: 1999–2000. A ciklikus hidroxámsavak szerepe a mikroelem toleranciában. *Bot. Közlemények.* 86–87: 115–120.

- Nie, C. R.–Luo, S. M.–Lin, C. X.–Zeng, R. S.–Huang, J. H.–Wang, J. W.: 2005. Status of DIMBOA and phenolic acids in transgenic Bt corn Australian J. Agric. Res. 56. 8: 833–837.
- Niemeyer, H. M.: 2009. Hydroxamic Acids Derived from 2-Hydroxy-2H-1, 4-Benzoxazin-3(4H)-one: Key Defense Chemicals of Cereals. J. Agric. Food Chem. 57. 5: 1677–1696.
- Pethő, M.: 1992. Occurrence and physiological role of benzoxazinones and their derivatives. III. Possible role of 7-methoxy-benzoxazinone in the iron uptake of maize. Acta Agron. Hung. 41: 57–64.
- Reberg-Horton, S. C.–Burton, J. D.–Danehower, D. A.–Ma, G. Y.–Monks, D. W.–Murphy, J. P.–Ranells, N. N.–Williamson, J. D.–Creamer, N. G.: 2005. Changes over time in the allelochemical content of ten cultivars of rye (*Secale cereale* L.). J. Chem. Ecol. 31: 179–193.
- Reiczigel J.–Harnos A.–Solymosi N.: 2007. Biostatisztika nem statisztikusoknak. Pars Kft. Nagykovácsi. 455.
- Tang, C. S.–Chang, S. H.–Hoo, D.–Yanagihara, K. H.: 1975. Gas chromatographic determination of 2(3)-benzoxazolinones from cereal plants. Phytochem. 14: 2077–2079.
- Toldiné Tóth É.: 1984. A DIMBOA-tartalom és a *Helminthosporium turcicum* rezisztencia összefüggése kukoricában. Növénytermelés. 33. 2: 213–217.
- Wang, J.: 1999. Correlation between DIMBOA and Bt Proteins Concentrations among Bt and non-Bt Corn Hybrids. Agronomy J. 92. 5: 1027–1035.
- Wu, H. W.–Haig, T.–Pratley, J.–Lemerle, D.–An, M.: 2000. Distribution and exudation of allelochemicals in wheat *Triticum aestivum*. J. Chem. Ecol. 26: 2141–2153.
- Wu, H. W.–Haig, T.–Pratley, J.–Lemerle, D.–An, M.: 2001. Allelochemicals in wheat (*Triticum aestivum* L.): Production and exudation of 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one. J. Chem. Ecol. 27: 1691–1700.
- Xie, Y. S.–Arnason, J. T.–Philogene, B. J. R.–Olechowski, H. T.–Hamilton, R. I.: 1992. Variation of hydroxamic acid content in maize roots in relation to geographic origin of maize germplasm and resistance to western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*). J. Econ. Entomol. 85: 2478–2485.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Makleit Péter  
Debreceni Egyetem AGTC  
Növénytudományi Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
4032

Dr. Nagy Antal  
Debreceni Egyetem AGTC  
Növényvédelmi Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
4032

Dr. Székács András  
Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet  
Budapest  
Herman Ottó út 15.  
H-1022

Dr. Fónagy Adrien  
Magyar Tudományos Akadémia  
Agrártudományi Kutatóközpont  
Növényvédelmi Intézet  
Ökológiai Kutatótelep  
Budapest  
Nagykovácsi út 26–30.  
H-1029



## SZEMLE

### Review

#### A tarló újburgonya termesztés a hazai szakirodalom tükrében

KAKUSZI ZOLTÁN-BIRKÁS MÁRTA

Szent István Egyetem, Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

#### Összefoglalás

Magyarország összterületének mintegy felén folyik szántóföldi növénytermesztés, amelynek kevesebb, mint 1%-án burgonyatermesztés, mindössze 19 775 ezer hektáron (AKI 2011). A burgonya talajművelési rendszere objektív megítélés szerint kevéssé talajközpontú, sok benne az ún. gyenge pont, vagyis a károsítás lehetősége. Ugyanakkor van olyan nézet, amely a burgonyatermesztés talajállapot javító hatását erősíti. A burgonyatermesztés keretein belül az ország egy meghatározott régiójában a tarlóburgonya-termesztés gyakorlatát viszonylag jól ismerik, azonban erről a szélesebb közvélemény keveset tud. A másodnövény-termesztés nemcsak többszöri hasznosítási lehetőség, hanem a homoktalaj kultúr állapotának fenntartását, esetleg javítását is szolgálja, és olyan helyeken képes produktumra, ahol a kapásnövények vagy a gabona kevesebb sikerrel termesztendő. A tarlóburgonya termése jól eltartható, étkezési célra és vetőgumónak is használják. A tarlóban termesztett burgonya a következő évben elültetve a fajtaleromlás jeleit kevésbé mutatja, mint a főnövényként termesztett. A téli hónapok elteltével, de még a korai újburgonya megjelenése előtt tudunk nyári ültetésű burgonyával jelentős bevételhez jutni. Jelen dolgozatban a tarlóburgonya termesztés bemutatásával foglalkozom, nagy figyelmet fordítva a talaj előkészítésre és művelésre, amelyeket szakirodalmi adatok alapján értékelem.

**Kulcsszavak:** tarlóburgonya-termesztés, talajállapot-javítás, másodnövény-termesztés, mulcs, talajkímélő művelés

## Summer sown potato from the aspect of the Hungarian specialised literature

Z. KAKUSZI-M. BIRKÁS

Institute of Crop Production, Szent István University, Gödöllő

### Summary

Field crop production is carried out on around half of the area of Hungary. Only 1% of this area (19 775 hectares) is used for potato production purposes (AKI 2011). From an objective point of view, the cultivation system of potato production is less soil-focused and there are several so-called weak points, i.e., possible damages to the soil. At the same time, according to other viewpoints, potato production improves soil conditions. Within potato production, summer sown potato production is relatively well known in a specific region of Hungary, although it is less known by the public. Secondary crop production is not only a multiple utilisation opportunity, but it also serves the maintenance or even improvement of the culture conditions of sandy soils, resulting in yields where root crops or cereals can be grown with less success. The summer sown potato can be stored for long and it is used for both food and seed tuber purposes. Summer sown potato which is planted in the subsequent year shows less signs of variety deterioration in comparison with potato grown as a primary crop. Significant amount of income can be generated with summer sown potato after the winter months, but before the appearance of early potato. This study deals with the production of summer sown potato while laying great emphasis on soil preparation and cultivation which were evaluated on the basis of specialised literature data.

**Key words:** secondary potato production, soil condition improvement, secondary plant production, mulch, soil-preserving cultivation

## Выращивание пожнивного картофеля в обзоре специальной литературы

З. КАКУСИ–М. БИРКАШ

Институт Растениеводства Университета им. Св. Иштвана, Гёдёллэ

### Резюме

В Венгрии на половине всей территории ведётся пахотное растениеводство, менее 1%-а которого – выращивание картофеля, всего на 19 775 тыс. гектарах (АКИ 2011). По объективной оценке системы почвообработки картофель менее требователен к почве, много в ней т.н. слабых мест, точнее возможности повреждения. В то же время есть такой взгляд, согласно чему выращивание картофеля укрепляет улучшающее влияние на состояние почвы. В рамках выращивания картофеля в одном определённом регионе страны практика выращивания пожнивного картофеля относительно хорошо известна, однако, об этом в более широком круге мало знают. Выращивание пожневных культур – не только возможность многократного использования – но и служит сохранению культурного состоянию песчаной почвы, может быть и его улучшению, и в таких местах может дать продукцию, где пропашные или зерновые культуры выращиваются менее успешно. Урожай пожнивного картофеля хорошо сохраняется, его используют в пищевых целях и для посевного материала. Выращенный в жнивье картофель посаженный в следующий год менее показывает признаки ухудшения сорта, чем выращенный в качестве главного растения. После зимних месяцев, но ещё до появления раннего нового картофеля можем получить значительный доход с посаженным летом картофелем. В данной работе занимаемся показом выращивания пожнивного картофеля, чтобы обратив большое внимание на подготовку и обработку почвы, которые оцениваем на основе данных специальной литературы.

**Ключевые слова:** выращивание пожнивного картофеля, улучшение состояния почвы, пожнивное выращивание, мульч, сберегающая почвообработка

### A „nyári ültetésű burgonya”

A tarlóburgonya termesztését nyári ültetésű, ill. másodvetésű eljárásnak nevezik, amelyben az elővetemény többnyire kalászos gabonaféle, vagy valamely

nyár közepéig lekerülő növény. *Antal* 1966-ban megjelent könyvében így írt erről: „a Duna-Tisza köze déli részén a homoki tanyavilágban kiterjedtebben foglalkoznak az ún. tarlóburgonya termesztésével. (...) A következő évre a vetőgumó július második feléig eltartható nehézségek nélkül. (...) A rozs learatása után a tarlót azonnal megszántják – tápanyagszegény homokot szerves trágyával frissen megtrágyázzák –, majd ültetnek”.

A klasszikus szerzők korábban hasonló módon írták le a tarlóburgonyát, azonban kezdetben kétségeik voltak a természetességében. *Rédei* 1951-ben így vélekedett róla: „Aratás után a tarlót felszántották és azonnal beültették burgonyával. A kalászos a tél folyamán felhalmozott vízkészletet elfogyasztotta addigra már, mire a burgonyaföldbe került. A nagy nyári hőségben, ha esett is egy kis eső, az hamar elpárolgott, vagy a zivatarok hirtelen lezúduló csapadékként elfolyt és nem tudta pótolni a nedvességet, amit a gabonafélék dús gyökérzete a talajból már a tavasz folyamán felszívott és a levelek elpárologtattak. De nem csak az volt a hiba, hogy a talaj vízkészlete megfogyatkozott, hanem a táplálóanyagok is felhalmozódtak. A talaj könnyen felvehető növényi táplálóanyagait a kalászosok elhasználták saját felelősségük, növekedésük, termésük biztosítására”.

Az idő múlásával egyre több helyen és többféle módszerrel termesztették a tarlóburgonyát. 1985-ben *Józsa* így írt erről: „A kalászos gabona betakarítása után sok helyen természetesen másodvetésű burgonyát, amit találónan tarlóburgonyának neveznek. Ezzel a termesztési módszerrel többoldalú a haszon”. 1996-ban pedig *Bocz* már így említi könyvében: „Jelenleg alig találkozunk a termesztésével. A múltban rendszeresebben termesztették. A nyári vetésű tarlóburgonyát beparásodás előtt felszedték és nedves homokkal rétegezve vermelték”. Az Egyesült Királyságban nyári ültetésből, őszi felszedésből és karácsonyig történő tárolásból származik a közkedvelt karácsonyi krumpli a „christmas potatoes” (*Kruppa et al.* 2008).

### Történeti áttekintés

A burgonya termesztése Európában és hazánkban is a XVIII. században terjedt el. Az „Új világ” növényei közül a kukorica mellett, a burgonya vált leginkább kedveltté. A burgonya vetésterülete nagyság szerint hazánkban a negyedik (*Bocz* 1996) – *Láng* 1966-ban megjelent könyvében az ötödik helyen említi a burgonyát – Európa északi, északnyugati országaiban a második-harmadik he-

lyet foglalja el. A múltban az extenzív gazdálkodási feltételek közül a burgonyát szántóterületünk 5%-án termesztették. A lazább talajú, hűvösebb, csapadékosabb európai országokban a burgonya területaránya 16–18% között váltakozott. A burgonya a régebbi időkben a kenyérgabonákat követően a legfontosabb népelelmezési növény volt. A hazai burgonyatermesztés a múltban elsősorban a szabolcsi, somogyi és a Duna-Tisza közti homoktalajainkra, továbbá domb- és hegyvidékekre (Zala, Veszprém, Pest, Nógrád, Borsod-Abaúj-Zemplén megyékre) összpontosult. A burgonya lehetővé tette a szegényebb homok, továbbá a hűvösebb domb- és hegyvidékek talajainak jobb kihasználását, ahol a gyengébben termő búzát és kukoricát pótolva vált e területek legfontosabb kapásnövényévé. Az országos termés átlaga az 1920-as évektől fogva gyakorlatilag alig változott, 6–7 t/ha volt, amely az 5% körüli szántóterületen biztonságosan fedezte a hazai szükségletet (Bocz 1996).

A tarlóburgonya termesztése hazánkban az 1930-as évektől terjedt el, de *Jattka* már 1891-ben írt róla: „*Poroszország keleti részében – az Oesterr. landw. Wochenblatt szerint – a burgonyát július végén ültetik el. A burgonya buján nő és az őszig erős lombzatot fejleszt, amelyet a tél beállta előtt levágnak. Tétre pedig szalmával, lombbal befödik, hogy ez által megvédjék a fagytól. Tavasszal a burgonya korán hajt, és új burgonyagumót fejleszt. Ezen eljárás által már kora tavasszal kapunk újburgonyát. A kiszedés után újra ültethetünk burgonyát, s így egy évben ugyanazon talajról két termést kaphatunk*”.

Kezdetben arra törekedtek, hogy a gumók ne a nyári forróságban, hanem az őszi hűvösebb időben fejlődjenek ki, vagyis a rügyeik, szemek még hosszú ideig ne induljanak fejlődésnek, vagyis ne öregedjenek el, mert így jelentősen jobb minőségű vetőgumót tudnak termesztetni (Rédei 1951). Napjainkra a vetőgumó előállítás mellett felhasználása sokrétűvé vált, a nagyobb és egészségesebb gumókat frisspiaci, míg a sérült és kis gumókat takarmányozási célra használják fel.

A burgonya vetésterülete a világon – jelentőségéhez mérten nem nagy – kb. 22 millió ha, mivel főként a mérsékelt égövön termesztendő. A burgonya termesztésének legnagyobb hányada a Föld északi felén folyik, több mint a fele Európában, a harmada Ázsia északi területein. Európában a burgonyát a szántóterület nagyobb százalékán, az északi és nyugati országokban termesztik (Hollandia 18%, Lengyelország 17%) (Bocz 1996).

A burgonya géncentruma Mexikóban, Peruban, és Chilében található. Amerika bennszülött lakossága az Andok magasabb fekvésű tájain 5–6 ezer éve termesztte. A hegyvidéken nem termesztethető kukorica helyett az indiánok fő tápláléka a burgonya volt. Mexikó és Chile magas (2500–3500 m) fennsíkjain az európai formájú kultúrburgonyát, a *Solanum tuberosum*-ot termesztik. Burgonyát természetesen még Venezuela, Kolumbia, Ekvádor, Peru, Bolívia, 2500–3000 m maga fennsíkjain, ahol számára ugyancsak az alacsonyabb hőmérséklet, az éjszakai nagyobb lehűlés és a hosszú nappalosság feltételei adtak (Bocz 1996). „*A burgonya származási helye tekintetében az irodalmi adatok megegyeznek, de már eltérnek abban, hogy ki hozta be a burgonyát Európába, és hol termesztették először*” írta Láng 1966-ban. A spanyolok Chile meghódítása után, az 1500-as évek közepén hozták be a burgonyát Európába. Klimatikus és talajigénye miatt a főbb elterjedési útja Írország, Anglia, Észak-Franciaország, Belgium, Hollandia, Németország voltak. Az 1600-as évek derekán ezekben az országokban ismertté vált burgonya, ahonnan az 1700-as években tovább terjedt Európa keleti, északi országai (Bocz 1996).

Egy legenda szerint Németországban a parasztok úgy jöttek rá a krumpli valódi ízére, hogy egy égő pajtában nagy, takarmánynak összegyűlt burgonya tömeg sült meg és kellemes illata miatt valaki megkóstolta. Hazánkba a Német földről hazatérő magyar diákok hoztak gumókat, amelyekért őket perbe fogták, mondván, hogy meg akarják mérgezni az embereket. A diákok nagy szerencséjére a bírák a tárgyaláson megkóstolták a sült krumplit, és annyira finomnak ítélték, hogy nemcsak felmentették a bűnösöket, hanem elrendelték a burgonya terjesztését is. Így kezdődött a pityóka máig tartó, egyetlen percig sem hanyatló karrierje. Kósa László etnográfus, művelődéstörténész kutatásai tárták fel, hogy Mária Terézia 1767-ben rendeletben utasította az erdélyi fő kormányzókat a burgonyatermesztés bevezetésére, hogy a lakosoknak legyen ennivalója, ha a gabonája tönkremegy (Bédai 2012).

### A burgonya hasznosítása

Kultúrnövényeink között kevés az olyan, amely felhasználhatóság tekintetében a burgonyának versenytársa lehetne. A burgonya az emberi táplálkozásban is egyaránt nagy jelentőségű. A gyógyszeripar sem nélkülözheti a burgonyát, mert belőle állítják elő a glükózt. A burgonyából jelentős mennyiségű dextrint is gyártanak. A burgonya jelentőségét fokozza kimagasló alkalmazkodó képes-

sége. Bár őshazája csapadékos, mérsékelt éghajlatú, ezért szervezete és egész felépítése ezeket a körülményeket tükrözi vissza, ugyanakkor a kontinentális klíma alatt is eredményesen termesztethető, ha okszerű művelésben részesítik, és olyan talajokon termesztik, amelyek a fejlődésének megfelelnek. A burgonya elsődleges és legfontosabb jelentősége az emberi táplálkozásban van. Ez a szerepe főként Európában döntő, és itt is termesztik a legnagyobb területeken (*Láng* 1966).

A burgonyát a föld alatt megvastagodott szárképletéért, a gumójáért termesztik, amely egyben szaporító anyag is. A burgonya magját csak nemesítésnél használják. A gumón fejlődő rügyekből alakul ki a burgonyanövény földalatti és föld feletti hajtásrendszere. A föld feletti hajtások száma a különböző tényezőktől függően jelentős mértékben eltérő. A szár hossza, vastagsága fajtabélyeg, amit a környezeti tényezők erősen befolyásolhatnak. A burgonya szára ízekre tagolt. A nóduszokból képződnek a föld felett a levélnyelek és a szár, csúcsi részén a levélnyel hónaljából pedig a virágzati hajtás. A szárnak a földben lévő nóduszaiból – s amennyiben a föld felett képződött szár nóduszeit töltögetéssel, földdel takarják – szintén földalatti hajtásrendszer képződik. Minden nódusból járulékos gyökerek és egy-egy tarackszerű sztóló képződik. A sztólók végén alakulnak ki a gumók (*Bocz* 1996).

A burgonyafajtákat régebben a felhasználási cél szerint három csoportra osztották: étkezési, takarmány- és ipari fajták. Jelenleg az élelmiszeripar a fajták minőségi tulajdonságainak egy szélesebb választékára tart igényt. Magyarországon a fajták négy érécscsoportba sorolhatók:

- AA: igen korai, előhajtatva primőrtermesztésre alkalmas (85 nap),
- A: korai, nyári burgonya, tarlóburgonya (85–105 nap),
- B: középkorai, tavaszi ültetés – nyári betakarítás (105–115 nap),
- C: középkései tavaszi ültetés – őszi betakarítás (125 nap).

### **A tarlóburgonya termesztési rendszere**

#### ***Talaj, elővetemény, ültetés, trágyázás***

*Talaj igény.* A tarlóburgonya-termesztés főként a Dél-Alföldi régióban terjedt el, ebből lehet a talajigényre is következtetni. A legmegfelelőbb talajok a laza, jól megmunkálható, mély termőrétegű barna homoktalajok, és laza vályogtalajok (*Rédei* 1951). A burgonya homoktalajokon érik és parásodik be a legjobban, és emellett íze és eltarthatósága is a legjobb (*Bocz* 1996).

A klasszikus szerzők leírása szerint a túlkötött, nedves jellegű talajok kivételével mindenféle talajon sikerrel termesztethető, ha azok nem tápanyagszegények, mivel ezeken nem ad kielégítő termést (*Grábner* 1935, *Láng* 1966, *Bocz* 1996). Legjobban sikerül a jól légjárhatósággal bíró, középkötött agyag- és vályog-, továbbá a trágyaerőben lévő homokos agyag- és homoktalajokon, amelyekben gumóinak kifejlesztésére kevés ellenállást talál. A kötött és a túlkötött talajokban a gumói nem képesek megfelelően kifejlődni. Az erősen kötött talajokban fejlődő burgonya ugyanis sok erőt pazarol arra, hogy a talaj ellenállását leküzdje. A sovány homoktalajokon kevés és gyenge minőségű burgonya terem, azonban ha a homoktalaj kellő trágyaerőben van, akkor ott nagy és jó minőségű terméseket képes szolgáltatni. A kötött talajok jó légjárhatósága és kellő fokú vízáteresztő képessége a burgonyagumók jó fejlődésének elengedhetetlen alapfeltétele, és ezt az állítást *Kruppa* 2007-ben is megerősíti. A tőzegtalajokon is jól sikerülhet, ám itt, valamint a televényes talajokon erőteljes bokrozattal nagy, de gyenge keményítőtartalmú gumókat növeszt (*Grábner* 1935). Ezt a hátrányt *Láng* (1966) és *Bocz* (1996) szerint is foszfor- és káliumtrágyázással ellensúlyozni lehet. A burgonyatermesztésre kevésbé megfelelő kötött talajokon a fajtaleromlás gyorsabban következik be, mint a termesztésnek megfelelőbb, laza szerkezetű talajokon. Ilyen esetben a vetőgumóváltás rövidebb időközökben szükséges a teljes termések nyerése céljából, mint ott, ahol a talaj a burgonyának megfelelő. A meszes, sőt márgatalajok alkalmasak a burgonya termesztésére, de az utóbbiakon a burgonyaragya betegség erősebben megtámadja. A savas kémhatású talajokat jól képes elviselni, de kötött talajokon csak a mérsékelt savas hatást bírja, az alkalikus kémhatásra nem érzékeny, ha az nem erős fokú (*Grábner* 1935).

A burgonya a talaj pH-viszonyait széles intervallumban (4,5–7,5 pH) károsodás nélkül képes elviselni, különösen, ha jó a puffer képessége. Régen a láptalajokat a burgonya szanatóriumának tartották. A vízrendezett, magasabb talajvizű lápterületeken valóban javult a burgonya-vetőgumó biológiai értéke, azonban az itt szaporított burgonyaállomány szárazságtűrő képessége erősen romlik (*Bocz* 1996).

*Vetésváltás, ültetés.* A tarlóburgonyának *Józsa* (1985) szerint az őszi takarmánykeverék a legjobb előveteménye. Ilyenkor május végén, június elején ültetik. Őszi árpa után június végén ültetve a burgonyát étkezésre célszerű felhasználni. Rozs, őszi búza után július 5-ig kell elültetni. Vagyis ehhez a dátumhoz igazodva kell megválasztani az előveteményeket. Számításba jöhet még



előveteményként a zöldtakarmánynak termesztett fővetésű csillagfűrt is. Az elővetemény megválasztásában *Hajdú* (1968) tapasztalata is figyelembe vehető, mivel szerinte június 30-tól számítva minden nap késedelem a burgonya ültetésében 0,4 t/ha termésnövekedést okozhat.

Más vélemények (*Láng* 1966, *Bocz* 1996, *Kruppa* 2006a) szerint a gumókat általában június vége és július közepe között ültetik. Július végi kiültetésre is van mód, de akkor már a vetőgumót célszerű előnevelni és csak rövid tenyészidejű fajtákat választani. Az ültetési időt úgy kell megválasztani, hogy az állomány beállításától a felszedésig, legalább 95–120 nap tenyészidő álljon rendelkezésre. Ez alatt az időszak alatt mintegy 1700–1800 °C bruttó (napi középhőmérséklet alapján számított), ill. 550–700 °C nettó vagy hasznos (csak a 10 °C feletti értékek alapján számított) hőösszeg eléréséhez van szükség azért, hogy legalább gumók 80–85%-a elérje az értékesítéshez szükséges méretet, és a héja is kellőképpen foszlós maradjon (*Kruppa* 2006a).

A burgonya életerejének csökkenését az idők során különböző módszerekkel próbálták megakadályozni. Régebben a kisüzemekben a vetni kívánt gumót március végén, április elején lecsíráztatták, majd hűvösebb helyeken, gyümölcsrekeszekben tárolták. Az előhajtást május végén kezdték. Három-négy hét alatt zömök, erőteljes, kevésbé sérülékeny, 2 cm körüli fényhajtások fejlődtek. Más vidéken a speciális burgonyatárolók hiányában – 25 naponkénti lecsírázással tartották el szellős pajtákban a burgonyát, és az ültetés előtt igyekeztek előhajtatni. Intenzív feltételek között – megfelelő hűtőház esetén – kiküszöbölhető a gumók lecsírázása. Ültetés előtt a burgonyát nem hajtadják elő, hanem a gumókat „pattanó rügyes” állapotban ültetik el (*Bocz* 1996). A sortávolság 75 cm, ültetési mélység homoktalajon 7 cm, középötött talajon 6 cm legyen.

*Trágyázás.* Magyarországon az 1980-as években a burgonya országos termésátlaga elérte a 18 t/ha-t, ugyanakkor a nagyüzemekben a 22 t/ha átlagtermés elérése volt a cél (*Láng* 1996). A 2010-es években a hazánkban nemesített, valamint az import burgonya növekvő felhasználásának és a javuló termesztési technológiának köszönhetően a termésátlag 30–40 t/ha-ra emelkedett, azonban egyes fajtákkal és „duplázás” esetén a 60–80 t/ha termést is el lehet érni.

A burgonya a közepesen nagy tápanyagigényű növények csoportjába tartozik. A tarlóburgonya trágyázásával kapcsolatban nem alakult ki egységes álláspont, azonban azzal mindenki egyetért, hogy a tarlóburgonya tápanyagigénye jelentősen nagyobb, mint a tavaszi ültetésűé, mivel gyakran nincs elegendő

nedvesség a növény számára és a csapadék sem kedvező, így a növény lélegzése és tápanyagigénye nagyobb. 1 t gumóterméssel 12–25%-kal több nitrogént, 8–10%-kal több foszfort vesz fel a talajból, mint a tavaszi ültetéskor (Józsa 1985). A burgonya fajlagos tápanyagigénye: Bocz (1976) N:180–220, P:100–120 K:140–160; Antal (1976) N:110–130 P:55–60 K:200 adagot javasol, azonban figyelmet kell fordítani a N direktívára. Kruppa 2007-ben az 1 t burgonya-terméshez szükséges tápanyag mennyiségét átlagosan 4–5 kg N, 3 kg P, 7–9 kg K és 1–1,5 kg Mg adagban írja le. Ennél azonban többet kell kijuttatnunk, azért hogy elegendő könnyen felvehető tápanyag álljon a burgonya rendelkezésére (Kruppa 2007b).

A műtrágyát a gabona betakarítása után késedelem nélkül kell kiszórni, és azonnal a talajba dolgozni. A tarlóburgonya meghálálja az istállótrágyázást, amellyel a talaj minőségét is javítani lehet. Idő hiányában a trágyát ősszel az elővetemény alá kell kijuttatni, s így a burgonya élvezi még az elsőéves trágyázás hatását. Ez esetben a nitrogén és kálium adagot mintegy 20%-kal csökkenteni lehet (Józsa 1985). Nagy figyelmet kell fordítani a talajban lévő makro- és mikroelem összetételre. Mivel a túlzott klórtartalom a talajban nagyban rontja a termés minőségét, igen ajánlott a talajvizsgálat elvégzése.

*Fajtaválasztás.* A múlt századokban a burgonya szaporítóanyagot főként Ausztriából, Németországból, Hollandiából és kisebb mértékben Angliából hozták be. A kezdetben termesztett fajtákról pontos feljegyzések nincsenek, szórványos adatok állnak rendelkezésre, amelyek az 1700-as, majd az 1800-as évek elején termesztettekről tesznek említést. A múlt században Magyarországon száznál is több fajtát termesztettek hosszabb ideig és nagyobb területeken (Láng 1966). A Nemzeti Fajtajegyzékben szereplő államilag elismert fajták közül érdemes választani a termelőknek, azonban ezen kívül lehetőség van – bár nagy a kockázat – a többi EU-listán szereplő több száz (800–900) fajta közül választani. Az államilag elismert fajták közül 28 igen korai és korai érésű fajta van használatban. A termesztendő fajta kiválasztásánál az elsődleges termesztési szempontok az érés ideje, a termőképesség, használati célnak megfelelő minőség, a betegségekkel szemben tanúsított ellenálló képesség és a romlás nélküli téli tárolhatóság.

A külföldi fajták fogékonyabbnak bizonyulnak a vírusos leromlásra, mint a hazai fajták. Agrotechnikai beavatkozással a szaporításban csökkenthető ugyan a vírusos kártétel, de jelentős sikert csak vírus rezisztens, nagy termőképességű magyar fajták termesztésével, fajtaválasztásával tudunk elérni (Kruppa

2007a). Különösen akkor, ha a használt fajták külföldön, a magyarországi termesztési viszonyoktól jelentősen eltérő körülmények között lettek kinemesítve. A hazai klíma (szélsőséges csapadék és hőmérsékleti viszonyok) komoly próba elé állíthatja ezeket a fajtákat (Polgár 2008). Magyarország éghajlati adottsága – a tarlóburgonya számára az optimálisnál magasabb hőmérséklet és kevesebb csapadék miatt – elsősorban a korai és leromlásnak ellenálló fajták termesztésére, szaporításra alkalmas. Súlyos leromlást okozó vírusokkal szemben (levélsodró- és Y-vírus) rezisztens magyar fajta termesztésével akár 90%-kal is csökkenthető a vetőburgonya költsége, és ezen keresztül a korai (újborgonya) és az őszi felszedésű étkezési burgonya termelési költsége és önköltsége is (Kruppa et al. 2009).

### ***A tarlóburgonya talajművelése***

A tarlóburgonya talajműveléséről alkotott vélemények igen megoszlanak. Bocz (1996) szerint „Minden tarlóvetés kulcsfontos kérdése az, hogy minél előbb megteremtjük a vetés feltételét a szalma gyors betakarításával, továbbá gyors s egyben jó minőségű vetőágy elkészítésével”. Józsa 1985-ben kiadott könyvében a következőt javasolja „A tarlóburgonya alá általában 20–25 cm mélyen szántunk. A szántást azonnal elmunkáljuk, laza talajon boronával és hengerrel, középkötött talajon a nedvességi viszonyoktól függően tárcsával, boronával, ill. hengerrel. A talaj lezárása és elmunkálása után mindkét esetben kombinátorozunk. A talaj tökéletes elmunkálása nagyon fontos az ültetési és az azt követő bakhátak kialakíthatósága és a gumókból képződő hajtások, sztolók miatt”. Antal (1983) az aratást követő szalmalehúzás, és lehordást követő műtrágyázás után tárcsás talajművelést javasol, amellyel 1–2 menetben 15–17 cm mély ültető ágyat lehet készíteni. Eső után a nedves homoktalajt száthatják is. Ez után a laza talajt hengerezni szükséges. Öntözhető középkötött talajon, több menetben aprító tárcsázással, ásóboronával és kombinátorral készíthető ültető ágy. Az ültető ágy mélysége 20 cm legyen. Rédei (1951) a szántás mellőzését javasolja: „A nyári burgonyaültetésnél gondunk legyen arra, hogy a talajt ki ne szárítsuk. Ezért eke után ne ültessünk nyáron”. A szerzők jelentősen eltérő véleményei új kérdéseket vetnek fel a tarlóburgonya talajművelésével kapcsolatban. Közös a vélemény a nedvesség megkímélését illetően, nem azonos a lazult réteg mélységének megjelölésében.

**Bakhátkészítés.** A tarlóburgonya abban különbözik a tavaszi ültetésűtől, hogy a nagyobb felmelegedés és a víz párologtatásának csökkentése végett

csak primer bakhátat szabad készíteni, ezért mélyebben ültetik. Középkötött talajon szekunder bakhát készítésére is szükség van. Az elsődleges (primer) bakhátokban a burgonyagumók a bakhát felső élétől 10–12 cm mélyen helyezkednek el. A másodlagos (szekunder) bakhát 45–50 cm széles, magassága 22–27 cm (Józsa 1985, Bocz 1996, Kruppa 2006a).

### A tarlóburgonya termesztés előnyei

Amikor még hazai termesztésből került minden a burgonya a kereskedelembe, indokolt volt a téli és tavaszi időkben a piacot „újburgonyával” ellátni. A még be nem parásodott héjú tarlóburgonya betöltötte ezt a szerepet. A nyári ültetésű burgonya elsősorban mégis a vetőburgonya előállítását szolgálja. A tarlóburgonya a gabonatarló és a gyökerek cellulózanyagának a talajban a tápanyag-szolgáltatást – szabályozó szerepével élve – a gumók ellenálló képességét növeli, így szaporításra alkalmasabbá válik (Anonimus 2008).

A szokásos tavaszi ültetéstől eltérően a burgonya nyári ültetésével, azt a célt akarták elérni, hogy a gumók ne a nyári forróságban, hanem a hűvösebb őszi időben fejlődjenek ki. Az így termelt fiatal gumók a felszedésig nem érnek be, rügyeik, a szemek hosszú ideig nem indulnak fejlődésnek és így nem is öregsznek el, nem vénülnek meg a hosszú téli tárolás alatt sem, az eléggé meleg déli viszonyok között sem. Az már beigazolódott, hogy amíg a gumók rügyei nem indulnak fejlődésnek, addig a nyári meleg nem tudja károsítani a vetőgumó termesztési értékét (Rédei 1951).

Megkockáztatható, hazánk nagy lehetősége lehetne a zsenge állagú „újkrumpli” előállítása, amelyre kedvezőek az ország ökológiai adottságai. Szerencsére egyre többen fedezik fel ezt az esélyt a termesztők közül és élnek is ezzel a lehetőséggel. A trendek alapján arra lehet következtetni, hogy a hazai burgonyatermesztésben a zsenge állagú újburgonya előállítás részaránya tovább fog növekedni, vékonyan parásítva pedig markáns magyar exporttermékké válhat (Kruppa et al. 2009). Az új termék, a parásított, de még vékony héjú, fiatal gumójú őszi újburgonya nagyobb értéket képviselhet, és választékbővítést jelenthet a téli hónapok választékában. A nyári ültetésű burgonya felszedhető – foszlós héjú (zöldlombú) állapotban szeptember közepétől – október elejéig, előzetes szártalanítás után, gyengén (vékonyan) parásított héjjal október közepéig, ill. végéig. Ilyen módon a burgonya egyre jobban beépülhet a kettős termesztésbe. A márciusban kiültetett korai burgonya után még nyári ül-

tetésű burgonya is kerülhet (duplázás). Ezt azonban, csak a legfelkészültebb termesztők, fejlett technikával és intenzív körülmények között, csak az erre alkalmas termőhely és fajta használata mellett végezhetik eredményesen és biztonságosan. A burgonyának azonban nem elsősorban önmagával kell osztania a területen a kettős termesztésben (*Kruppa et al.* 2009).

### A tarlóburgonya termesztés kockázati tényezői

A „nyári ültetésű” burgonya termesztésének kockázatai abból adódnak, hogy tenyészidejének legnagyobb része a nyári forróság idejére esik. Ebből adódóan az egyik legfontosabb kockázati tényező az öntözés:

- Öntözés nélkül nem megvalósítható a termesztése.
- Nagyobb víz mennyiség szükséges a tavaszi ültetésünél.
- Nagyon fontos az egyenletes gumók fejlődéséhez az egyenletes víz eloszlás.
- A nyári forróság a talajt erősen felmelegíti, ezt hűteni kell.

Nagy gondot kell fordítani a növényvédelemre, a megfelelő minőség elérése érdekében.

A tarlóburgonya termesztés esetén nagy figyelmet kíván az öntözhetőség, mivel a burgonya egyike azoknak a növény kultúráknak, amelyek érzékenyen reagálnak a vízellátás egyenlőtlen eloszlására (*Márton* 2002). *Késmárki* (2005) szerint a burgonya összes vízigénye a tenyészidőszakban átlagos években 300–400 mm, száraz években 450–550 mm. A burgonya vízigénye a mértékadó időszakban a következő: július hónapban 100–130 mm, augusztus hónapban 130–160 mm. A tarlóburgonya tenyészidejének jelentős része a nyári meleg hónapokra esik, így szükségszerű a megfelelő mennyiségű öntözés (*Szalay* 1999). A kelés biztosításához az első öntözést, már a kiültetés előtt el kell végezni, majd ezt követően az ültetés után pár nappal sort lehet keríteni a második öntözésre (*Szalay és Lusztig* 1954). A burgonyaállomány beállottsága az ültetést követő öntözés hatására két hét múlva 85–90%-os, míg öntözés nélkül 3–3,5 hét múlva csak 40–60%-os volt. A továbbiakban a szükségletének és a terület nagyságának megfelelően 10–18 naponként szükséges öntözni (*Bocz* 1996). Figyelni kell arra, hogy 1 kg szárazanyag előállításához a tarlóburgonya több vizet használ fel, mint a tavaszi ültetés esetén (*Józsa* 1985). A levelek víztartalma 90% körüli, míg a gumóé 75–80%. Száraz napsütötte meleg időben – egy hektárra vetítve – 50–60 liter vizet is képes elpárologtatni, ugyanakkor 30 °C fölött a napi vízfogyasztás a 8–10 mm-t is meghaladhatja.

Ez azt jelenti, hogy egy nap alatt több vizet tud elpárologtatni, mint amennyit a gumókban a teljes vegetációs idő alatt felhalmoz (*Kruppa* 2007a). A vízpótláson kívül azzal a hatásával is számolhatunk, hogy csökken a talaj hőmérséklete, amely a burgonya biológiai értékét növeli. A burgonya a növényi test felépítéséhez szükséges elemeket, vegyületek szintetizálásához szükséges tápanyagokat, a vizet csaknem teljes egészében a talajból veszi fel. A tápanyagok mennyiségét, egymás közötti arányát a talajban emberi beavatkozással szinte tetszés szerint szabályozni lehet. A talaj tulajdonságai közül öntözött területeken igen fontos a vízháztartás, a vízforgalom törvényszerűségének ismerete (*Ferencz és Ferencz* 1999).

A 40 t/ha-nál több terméshez és a jó minőséghez folyamatos és egyenletes öntözés szükséges. Az egyenetlen vízellátás – társulva hő-stresszel és egyéb kedvezőtlen tényezőkkel nagymértékben rontja az előállított gumó minőségét, nyugalmi idejét. Az öntözés időpontjának megválasztásához a növény fenofázisát, a talaj nedvességtartalmát és a meteorológiai tényezőket is figyelembe kell venni (*Kruppa* 2007b).

A meleg mérsékli a gumókötést, és fékezheti a növekedést. Ennek következtében csökken a gumók száma és nagysága. A gumókötést a burgonyafajta fotoperiodikus igénye is befolyásolja. A legtöbb fajta gumókötésére a hosszú nappal bénítólag hat, ezért kedvező víz-, tápanyag- és hőellátottság esetén sem várható olyan termés tömeg, mint tavaszi ültetéssel (*Józsa* 1985).

Nagy gondot kell fordítani a növényvédelemre, a lombozat egészséges állapotának megőrzésére, továbbá a víz- és tápanyagellátásra (*Kruppa* 2006a). A gumó minőségét a fajtatulajdonságokon kívül az ökológiai tényezők (csapadék mennyisége, eloszlása, hőmérséklet, talajtulajdonságok), azaz a termőhely és a termesztés során alkalmazott agrotechnika (talajművelés, tápanyagellátás, ültetés, töltögetés, növényvédelem, öntözés, betakarítás) majd ezt követően az ún. post harvest technológia (manipulálás, tárolás, csomagolás) határozzák meg, kedvezően vagy kedvezőtlenül befolyásolva a minőségi és mennyiségi tulajdonságokat (*Kruppa* 2006b).

### **A tarlóburgonya termesztés talajvédelmi kérdései**

A tarlóburgonya termesztés talaj előkészítésének legkritikusabb kérdése a nyári művelés, és a talaj védelme. A burgonya gyökérrendszere viszonylag fejletlen, rendszerint 40–50 cm-nél nem hatol mélyebbre. A lehatolást erősen

akadályozhatja eke-, ill. tárcsatalp-réteg kialakulása, ugyanígy a termőréteg mélység és minőségi eltérések. Lazult talajszerkezet kialakulását szakszerű talajműveléssel (szántás, lazítás) istálló és zöldtrágyázás (csillagfürt, olajretek), savanyú talajokon ásványi trágyázással elősegítjük (Kruppa 2007b).

A szántófüldön gazdálkodó legfontosabb feladata, hogy a talaj termékenységet és minőségét óvja, a biológiai, fizikai és kémiai romlást megelőzze, és ezzel együtt versenyképes növénytermelést folytasson. A burgonya talajművelési rendszere objektív megítélés szerint kevésbé talajközpontú, sok benne az ún. gyenge pont, vagyis a károsítás lehetősége. Egyes vélemények szerint a burgonya termesztésének talajállapot-javító hatása is lehet. Józsa 1996-ban meg is fogalmazta „*A másodnövény-termesztés nemcsak hasznosítási lehetőség, a homoktalaj kultúrállapotjának fenntartását, esetleg javítását is szolgálja*”. A látszólag növényközpontú, hagyományosan sokmenetes művelésre alapozott intenzív használat következtében a talajok minősége romlott, ezáltal a klímával szembeni érzékenysége is növekedett. A talajminőség javítása és tágabban értelmezve a talajvédelem kiszélesedése termesztési, környezetvédelmi és gazdálkodási szempontból is kívánatos. A tarlóburgonya-termesztés talajminőség- és klímavédelmi hatásáról viszonylag kevés adat áll rendelkezésünkre, s ezek pótlása – alternatív növényről lehet szó – időszertűvé vált. A mulcshagyó művelés egyes területeken rövidebb hagyománnyal rendelkezik, a tarlóburgonya számára – a talajnedvesség forgalom szabályozása révén – előnnyé fordítható. A mulcs a nedvességet hosszabb ideig képes megőrizni, ezen felül, védi a talaj szerkezetét, és szabályozza a talaj hőmérsékletét. Ezek a tényezők a másodvetésű burgonya számára termésbiztonság növelést, és minőségi javulást eredményezhetnek.

Nyári ültetésről lévén szó a helytelenül sok talajművelés miatt sok nedvesség távozik a talajból. A kímélően művelt, jó fizikai és biológiai kondícióban megtartott talajon a növények igénye kevesebb kárral és költséggel elégíthető ki (Birkás 2006, Birkás et al. 2008). A művelési eredetű talajállapot hiba aszály- és belvízkár fokozó tényező, és nem tűrhető kockázat. A nyári hő- és csapadék-stressz, a vízvesztés, a kiszáradás ellenszere a kritikus nyári hónapokban a talajfelszín biztonságot nyújtó takarása. A nyári művelések mélységén, és módján a klíma-kockázat miatt mielőbb változtatni kell. A nedvesség és talajminőség megkímélése érdekében sekély és mulcshagyó tarlóművelés, ezt követően mulcshagyó alapművelés okszerű. A bolygatott talajok megfelelő arányú takarása (35–45%), védelmet ad a nyári hő- és csapadék-stressz, a kiszáradás és a bio-

lógiai élet visszaesése ellen. A takaróanyag a kritikus hónapok elmúltával a talajba juttatva szervesanyagként hasznosul. Ezt a lehetőséget figyelembe lehet venni a tarlóburgonya termesztésében.

A talajminőség javítás napjainkban világszerte elfogadott, megoldandó feladat (Karlen 2004). Széles körben elterjedtek a gabonafélék számára az erózió sújtotta területeken fenntartható és talajminőség javító művelési rendszerek. Ugyanakkor – hasonlóan a magyar viszonyokhoz – kevés termelő hajlandó elfogadni az ilyen gyakorlatot más növények esetében (Ekeberg és Riley 1996, Carter és Sanderson 2001). Közismert, hogy a másodvetésű növények eredményes termesztésének feltétele a minél kevesebb nedvességvesztéssel járó gyors és jó minőségű talaj-előkészítés (Fodor 2006, Rahman et al. 2007).

A tarlóburgonya zavartalan termésképzéséhez 20–25 cm mélységig megmunkált, laza, levegős talajt célszerű biztosítani. A talaj lazultságára a szükséges mélységig azért van szükség, hogy a burgonya gyengén fejlett gyökérzete könnyen teret nyerjen magának (Antal 1966). Ajánlott a tarló talajának ülepedett, vizet nehezen átteresztő rétegének felszakítása, valamint a talajművelés okozta tömörödés megelőzése (Antal 1979). Mivel a gyökérzetnek nagy a légzési hányadosa, a talajnak jól levegőzöttnek kell lennie. A gyökérzet fulladása legtöbbször akkor áll be, amikor heves esőzések (vagy túllöntözés) után a víz nem képes a mélyebb rétegekbe szivárogni. Az alapvető termesztési tényezők – vagyis alkalmas talaj, kellő mélységű lazult réteg, szükséges vízellátottság, tápanyagok, minimális kártevő és kórokozó fertőzés – biztosítása a műveléstől is függ. A művelésnek a talajminőség javítását, megkímélését kell szolgálnia oly módon, hogy ne rontsa, hanem segítse a tarlóburgonya eredményes termesztését. A talaj takarása, kíméletes bolygatása, a művelt felszín gyors lezárása esetén 45–60%-kal kevesebb nedvességvesztés jelezhető előre, mint a nagy felületen bolygatott és nyitottan hagyott talajokon. A tarlóburgonya nyári ültetéséről lévén szó a vízkímélés elengedhetetlen fontosságú, amelyet nedvesség kímélő műveléssel, talajtakarással, és öntözéssel lehet megvalósítani.

A szántóföldi tarlóburgonya termesztésnek, természetesen csak akkor van létjogosultsága, ha ökonómiailag a gazdák számára kifizetődő, vagyis, ha a növénytermesztés költségei nem haladják meg a burgonyából származó bevétel mértékét. Figyelembe kell venni, a talajvédelmi szempontokat is, mivel a másodvetésű növények termesztésének sok nem-, vagy csak nehezen számszerűsíthető haszna van, ilyen például az, hogy egy évben kétszer lesz jövedelmező a terület. A tarlóburgonya betakarítását követő növény számára nem szabad



elfeledkezni a növény víz- és tápanyagfelvételéről sem, azokat megfelelő mértékben pótolni kell. A tarlóburgonya felszedését követően ugyanúgy vízkímélő művelés ajánlatos, mint a termesztését megelőzően.

## IRODALOM

- AKI*: 2011. Tájékoztató jelentés az ISZI mezőgazdasági munkákról (2011. október 17-i operatív jelentések alapján). Agrárgazdasági Kutató Intézet Gazdaságelemzési Igazgatóság Statisztikai Osztály. Budapest.
- Anonímus*: 2008. Biokultúra. 19. 3: 30.
- Antal J.*: 1976. A tarlóburgonya. Magyar Mezőgazdaság. 31. 26: 8.
- Antal J.*: 1979. Megállapítások a tarlóburgonyáról. Burgonyatermesztés. 2: 73–87.
- Antal J.*: 1983. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bédai K.*: 2012. Dicsőség a krumplinak – A burgonya kultúrtörténete. Agrofórum. 23. 3: 23–25.
- Birkás M.*: 2006. Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés. Akaprint Kiadó. Budapest.
- Birkás M.–Schmidt R.–Percze A.–Ujj A.–Stingli A.–Bencsik K.–Mikó P.–Bottlik L.*: 2008. Zárójelentés az OTKA T049.049 kutatási témában, A projekt címe: A talajminőség javítás és fenntartás talajhasználati alapjai.
- Bocz E.*: 1996. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Carter, M. R.–Sanderson, J. B.*: 2001. Influence of conservation tillage and rotation length on potato productivity, tuber disease and soil quality parameters on a fine sandy loam in eastern Canada. Soil & Tillage Res. 63: 1–13.
- Ekeberg, E.–Riley, H. C. F.*: 1996. Effects of mouldboard ploughing and direct planting on yield and nutrient uptake of potatoes in Norway. Soil & Tillage Res. 39: 131–142.
- Ferencz K.–Ferencz G.*: 1999. A talaj művelése, öntözése, javítása. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.
- Fodor F.*: 2006. Duna-Tisza közti homokhátság délkeleti részének paraszti gazdálkodása a 20. században. Budapest. Doktori (PhD) értekezés.
- Grábner E.*: 1935. Szántóföldi növénytermesztés. "Pátria" Irodalmi Vállalat és Nyomdai Részvénytársaság. Budapest.
- Hajdú M.*: 1968. A burgonya öntözéses termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Jattka F.*: 1891. Burgonya termesztése. A mai okszerű alapon. Magyar-óvár. Cseh Sándor-féle nyomda. 12.
- Józsa L.*: 1985. A másodvetésű szántóföldi növények termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Karlen, D. L.*: 2004. Soil quality as an indicator of sustainable tillage practices. Soil & Tillage Res. 78: 129–130.

- Késmárki I.*: 2005. Öntözés. [In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztéstan 1. A növénytermesztés alapjai.]
- Kruppa J.*: 2006a. Nagy lehetőségünk – a nyári ültetéssel előállított újburgonya. *Agroinform.* 15. 18: 8–9.
- Kruppa J.*: 2006b. A biológiai, ökológiai és agrotechnikai tényezők hatása a burgonya termesztésére, minőségére. *Gyakorlati Agroforum.* 17. 2: 13–19.
- Kruppa J.–Hodossi S.–Heller Szabóné Molnár M.*: 2008. Az újburgonya termesztés lehetőségei. *Őstermelő – Gazdálkodók lapja.* 12. 2: 34–38.
- Kruppa J.–Heller Szabóné Molnár M.–Hodossi S.*: 2009. Az újburgonya termesztéstechnológiai változatai Magyarországon (2.). A szántóföldi korai termesztés és a nyári ültetés. *Agroforum.* 20. 3: 84–87.
- Kruppa J.*: 2007a. A biológiai és környezeti tényezők hatása a burgonya termésére, minőségére. *Őstermelő – Gazdálkodók lapja.* 11. 3: 58–63.
- Kruppa J.*: 2007b. Az évjárat hatása a burgonyára és az öntözés jelentősége. *Agroforum.* 18. 10: 60.
- Láng G.*: 1966. A növénytermesztés kézikönyve I. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Márton L.*: 2002. Az évhatás elemzése az észak-kelet-magyarországi, nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérletben. A természetes csapadék és a tápanyagellátottság hatása a burgonya (*Solanum tuberosum* L.) termésére. *Növénytermelés.* 51. 1: 71–87.
- Polgár Zs.*: 2008. Bemutatjuk a legújabb készthelyi burgonyafajtákat: Balatoni rózsza, Katica, Démon. *Őstermelő – Gazdálkodók lapja.* 12. 4: 71.
- Rahman, L.–Chan, K. Y.–Heenan, D. P.*: 2007. Impact of tillage, stubble management and crop rotation on nematode populations in a long-term field experiment. *Soil & Tillage Res.* 95. 1–2: 110–119.
- Rédei Gy.*: 1951. A burgonya nyári ültetése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Szalay A.*: 1999. Bevezetés a burgonya termesztésébe. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.
- Szalay I.–Lusztig G.*: 1954. A burgonya fejlődése tavaszi- és mesterségesen hajtattott újgumók nyári ültetése esetében. *Növénytermelés.* 3. 1–2: 11–18.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Kakuszi Zoltán – Dr. Birkás Márta  
Szent István Egyetem MKK  
Növénytermesztési Intézet  
Gödöllő  
Páter K. u. 1.  
H-2103

## KÖNYVISMERTETÉS

### Book reviews

KÁDÁR IMRE-MÁRTON LÁSZLÓ-LÁNG ISTVÁN

Az őrbottyáni 50 éves örök rozs és egyéb műtrágyázási tartamkísérletek tanulságai  
(MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest, 2012)

A nyírlugosi kísérletekről 1994-ben és 2011-ben napvilágot látott kiadványok után ezúttal az Őrbottyánban folytatott tartamkísérletek kerülnek bemutatásra. A könyv alapvető ismereteket nyújt a homoktalajokról. Kitér azok képződésére, hazai elterjedésükre, taglalja termékenységüket és a rajtuk folyó gazdálkodást meghatározó tulajdonságaikat. Áttekinti e talajok javításával, trágyázásával nyert több évtizedes eredményeket és javaslatokat fogalmaz meg a termékenység megőrzését szolgáló egyszerű és környezetkímélő eljárásokra a Duna-Tisza közti őrbottyáni örökrozs és egyéb kísérletek eredményére támaszkova. Nyelve egyszerű és közérthető, a fontosabb fogalmakat értelmezi.

Az Előszó (I. fejezet) megfogalmazza a kiadvány célját és az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézetében folyt kutatásokat, az azokban résztvevőket is megemlítve. Az 1980-as évekig önálló homokkutatási osztály működött dr. Egerszegi Sándor nemzetközi hírű homokkutató vezetésével. Közvetlen munkatársai voltak Láng István, Hepp Ferenc, Lásztity Borivoj, Gáti Ferenc, Dvoracsek Miklós, Kozák Mátyás, Szemes Imre és mások. Az ott folyó átfogó vizsgálatokhoz kapcsolódtak a talajtani és az agrokémiai tudományos osztályok munkái, a talajtani kutatásokhoz Stefanovits Pál, Klimes-Szmik Andor, Várallyay György és Bodolai Istvánné, míg a későbbi agrokémiai, növénytaplálási kísérletezéshez Latkovics Györgyné, Kádár Imre és Németh Tamás tevékenysége.

A sokirányú átfogó kutatások kiterjedtek az alábbi kérdések vizsgálatára:

- homoktalajok kialakulása és elterjedése Magyarországon;
- homoktalajok fizikai, kémiai tulajdonságainak jellegzetességei;

- homoktalajok művelése, erózió elleni védelme;
- homoktalajok réteges javításának, gyökeres átalakulásának lehetősége;
- homoktalajok meszezése és műtrágyázása, termékenységének növelése;
- homoktalajokon természetközeli kultúrák ásványi táplálása.

Az 1950-es évek végén, ill. a '60-as, '70-es években beállított szabadföldi kísérletek (elsősorban a műtrágyázási tartamkísérletek) jó részét a mai napig sikerült megőriznünk két fontos homoktájunkon. Az Őrbottyáni Kísérleti Telep a Duna-Tisza közti meszes, míg a Nyírlugosi Telep a nyírségi savanyú homokot képviseli. Az immár 5 évtizedes kutatások sokat adtak a hazai talajtani, növénytermesztéstani tudományoknak és a gyakorlatnak. Eredményei beépültek a homoki gazdálkodásba, szaktanácsadásba, oktatásba, kutatásba egyaránt. A megszakítás nélkül folyó kísérletek felbecsülhetetlen nemzeti értéket jelentenek, nélkülük a jövő homoki gazdálkodása, környezetkímélő eljárások bevezetése nehezen képzelhető el.

A II. fejezet a növénytaplálással kapcsolatos elméletek fejlődését tekinti át az ókortól napjainkig. Bemutatja a modern természettudomány kialakulását az 1800-as évek elejével létrejött mennyiségi kísérletes módszertan nyomán. E módszer mind a mai napig a tudományos kutatások alapjául szolgál. Előfutárai a kémiában az orosz Lomonoszov és a francia Lavoisier, a biológiában a svájci De Saussure, agrokémiában a francia Boussingault, német Liebig, angol Lawes és Gilbert, orosz Timirjazev és Prjanisnyikov voltak. Igazi élmény az olvasó számára visszamenni a múltba, megérteni a növénytaplálási gondolat fejlődését. A fejezet végén az alábbi megállapítás olvasható: *„Az 1800-as évek elejével új korszak kezdődött. A tudomány lépett a porondra, hatása érintette az egész társadalmat, beleértve a mezőgazdaságot is. Nőtt az igény az élelmiszerek hatékonyabb termelésére, hiszen a munkaerő egy része a terjeszkedő iparba vándorolt. A római kortól az 1800-as évek elejéig a gabonatermések nem változtak Európában, 0,5–0,8 t/ha között ingadoztak átlagosan. Az 1900-as évek elejére az átlagtermés megháromszorozódott és a század végéig a növekedés szinte exponenciális volt.”*

A III. fejezet a szabadföldi kísérletezés kialakulását taglalja. A módszer meghatározó szerepet játszik a növénytaplálási kutatásokban. A szabadföldi kísérletek mai formái hosszú történelmi folyamat eredményeként alakultak ki.

A IV. fejezet a talajtulajdonságokat ismerteti. Kitér a talajok fizikai, kémiai, víz-levegő-hőgazdálkodási jellemzőire. Tárgyalja továbbá a homoktalajok elterjedését, típusait és végül művelésük módozatait.

Az V.-VIII. fejezetek az örök rozs, az 50 éves rozs monokultúra eredményeit hivatottak elemezni. Az olvasó megismerkedik a kísérlet első évtizedének (1961-1972) termés hozam, talaj- és növényvizsgálati adataival. Majd sor kerül a további évtizedek tanulságainak összefoglalására, trágyahatások és az évhatások, ill. csapadékellátottság kölcsönhatásainak feltárására. Fontos megállapítása a fejezetnek, hogy a monokultúras rozs esetében a túlzott csapadékellátás károsabb a termés hozamra, mint az aszály.

A IX. fejezet a különböző N-műtrágyaformák hatásait vizsgálja tenyészédeny-kísérletekben.

A X. fejezet a kísérleti telep egyéb tartamkísérleteinek eredményeire támaszkodva tárja az olvasó elé a műtrágyázás mechanizmusát. Búza, kukorica, lucerna, tritikále, napraforgó, olajzöld, sárgarépa, árpa és köles növényfajok példáján tanulmányozhatjuk, hogyan növelhető a termés a műtrágyák használatával. A talajvizsgálati eredmények, a termésszintek és a növények tápelemellátottsági adatai táblázatosan kerülnek bemutatásra.

Hasonló eljárást követ a XI. fejezet, mely a műtrágyázási szaktanácsadás ajánlott módszereit ismerteti. Az általános rész magában foglalja a főbb talajtípusok jellemzését trágyázástani szempontból és a trágyaigény tudományos becsülésének módozatait, mint a szabadföldi kísérlet vagy próba, talajvizsgálatok, tápelemmérlegek, táblatorzskönyvi adatok értékelése. A részletes tanácsadás érinti a kalászosokat, a kukorica, repce, napraforgó, burgonya, lucerna növényeket, valamint a gyepeket. Egy rövid alfejezet a korábbi MÉM NAK (1979) szaktanácsadás hibáira is rámutat. A bemutatott példából kiderül, hogy utóbbi olyan mérvű szakszerűtlen túltrágyázásra ösztönözhet, mely a talaj termékenységét komolyan veszélyeztetheti.

A XII. fejezet a légköri ülepedést, a kísérleti telepekre csapadékkal jutó kémiai elemek agronómiai és környezeti jelentőségét méltatja a három éven át havi rendszerességgel vett helyszíni csapadék elemzésének tükrében. A légköri csapadék elemhozamának agronómiai és környezeti jelentősége nem elhanyagolható. Meglepő eredménye a vizsgálatoknak, hogy a mezőföldi csernozjom termőhelyen egy közepes, 5 t/ha kalászos gabona szemterméssel és a hozzátartozó mintegy 5 t/ha mellékterméssel felvett K 10; Mg 15; P 20; Ca és N 30; S 40%-át fedezheti. Amennyiben a melléktermés visszakerül a talajba, a szemtermés esetében a légköri forrás fedezhetné a P 25; K 45; S és a Ca 100-300%-át, míg a Na mennyiségét nagyságrenddel meghaladhatná.

Az örök rozs kísérletben végzett félévszázados munka tanulságait röviden a XIII. fejezet, az irodalomjegyzéket a XIV. fejezet ismerteti. Végül a XV. fejezet az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézetének munkatársainak 1980 óta megjelent önálló kiadványait sorolja fel.

A könyv 172 oldalon jelent meg az Akaprint Nyomdaipari Kft. gondozásában, fóliázott kötésben. Összesen 97 jól szerkesztett táblázat és 5 ábra segíti a szöveges rész megértését. Nyelvezete közérthető, olvasmányos. Ajánlható a kutatás, oktatás, szaktanácsadás számára egyaránt. Haszonnal forgathatják a gazdák, akik megismerhetik a szaktanácsadás során alkalmazott fogalmakat, talajaik jellemző tulajdonságait, melyek azok termékenységét és ezzel a gazda jólétét is meghatározzák. A kiadvány az intézet honlapjáról is letölthető (<http://www.mta-taki.hu/hu/tagok/prof-dr-kadar-imre/publikaciok>).

Ragályi Péter



**Fizessen elő most  
a kiadónál  
kedvezményesen  
tudományos  
folyóiratainkra!**

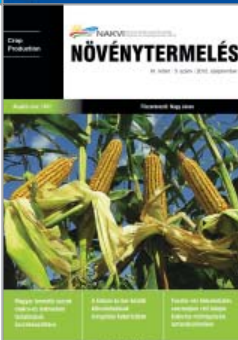
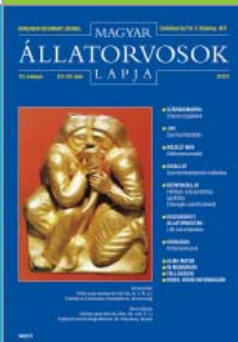


Régi előfizetőink jövőre is az idei áron kaphatják meg a lapszámokat, új előfizetőinknek pedig egy ajándék számmal kedveskedünk a 2012. évi lapszámokból.



Megrendelési határidő:  
2012. november 30.

Befizetési határidő:  
2012. december 31.



**További információ  
az előfizetésről:  
[www.agrarlapok.hu](http://www.agrarlapok.hu)**



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

---

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika

---