

Crop
Production



NÖVÉNYTERMELÉS

61. kötet | 3. szám | 2012. szeptember

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Magyar termelők mézek
makro-és mikroelem
tartalmának
összehasonlítása

A kálium és bór közötti
kölsönhatások
vizsgálata kukoricában

Foszfor-réz kölcsönhatás
csernozjom réti talajon
kukorica műtrágyázási
tartamkísérletben

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
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
www.agrarlapok.hu
www.nakvi.hu

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

ISSN 0546-8191
Növényterm 61 (2012) 3
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

61. kötet, 3. szám, 2012. szeptember

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

Megjelent: 8,25 (A/5) ív terjedelemben

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Czípa Nikolett–Daniel Vlkovič–Andrási Dávid–Kovács Béla: Magyar termelői mézék makro-és mikroelem tartalmának összehasonlítása</i>	5
<i>Izsáki Zoltán: Foszfor-réz kölcsönhatás csernozjom réti talajon kukorica műtrágyázási tartamkísérletben</i>	17
<i>Kádár Imre–Csathó Péter: A kálium és bór közötti kölcsönhatások vizsgálata kukoricában</i>	37
<i>Sípos Tamás–Zsombik László: A nitrogén fejtrágyázás hatása öt tritikále (x Triticosecale Wittm.) fajta terméshozamára és beltartalmára</i>	59
<i>Tóth Brigitta–Hankovszky Gerda–Bojtok Károly–Veres Szilvia–Lévai László: Biogáz üzemi melléktermék növényfiziológiai vizsgálata</i>	77
<i>Varga Péter–Sárdi Katalin–Vaszily Zsolt–Polgár Zsolt: Különböző arányú NPK tápanyag-ellátás hatásának vizsgálata burgonyában</i>	91

SZEMLE

<i>Cseh Eszter: Magyarországon előforduló macskagyökér fajok jellemzése, valamint termesztésük és felhasználásuk lehetőségei</i>	117
--	-----

CONTENTS

<i>N. Czípa–D. Vlkovič–D. Andrási–B. Kovács: Comparison of the macro- and microelement content of Hungarian honeys</i>	5
<i>Z. Izsáki: The interaction between phosphorus and copper on chernozem meadow soil in a long-term maize fertilisation experiment</i>	17
<i>I. Kádár–P. Csathó: Examination of the interactions between potassium and boron in maize</i>	37
<i>T. Sípos–L. Zsombik: Effect of nitrogen top-dressing on yield and quality of certain triticale (x Triticosecale Wittm.) varieties</i>	59
<i>B. Tóth–G. Hankovszky–K. Bojtok–Sz. Veres–L. Lévai: Plant physiological examination of biogas factory byproducts</i>	77
<i>P. Varga–K. Sárdi–Zs. Vaszily–Zs. Polgár: Studies on the effects of variable NPK nutrient ratios on potato</i>	91

REVIEW

<i>E. Cseh: Characterisation, production and use of Valerian species in Hungary</i>	117
--	-----

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Н. Ципа–Д. Влкович–Д. Андраши–Б. Ковач</i> : Сравнение содержания макро- и микроэлементов мёда венгерских производителей	5
<i>З. Ижаки</i> : Взаимовлияние фосфора–меди на чернозёмной луговой почве в продолжительном опыте искусственного удобрения кукурузы	17
<i>И. Кадар–П. Чато</i> : Исследование взаимовлияний калия и бора в кукурузе	37
<i>Т. Шипош–Л. Жомбик</i> : Влияние азотной подкормки на урожайность пяти сортов тритикале (x <i>Triticosecale</i> Wittm.) и на их внутреннее содержание	59
<i>Б. Тот–Г. Ханковски–К. Бойток–С. Вереш–Л. Леваи</i> : Фитофизиологическое исследование побочных продуктов биогазового завода	77
<i>П. Варга–К. Шарди–Ж. Васили–Ж. Полгар</i> : Исследование влияния обеспечения питательным веществом NPK различной пропорции в картофеле	91
ОБЗОР	
<i>Э. Чех</i> : Характеристика видов валерианы, встречающихся в Венгрии, а также возможности их выращивания и использования	117

Magyar termelői mézek makro-és mikroelem tartalmának összehasonlítása

¹CZIPA NIKOLETT-²DANIEL VLKOVIČ-¹ANDRÁSI DÁVID-¹KOVÁCS BÉLA

¹Debreceni Egyetem AGTC MÉK, Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet, Debrecen

²Brno-i Állatorvosi és Gyógyszertudományok Egyeteme, Tejhigiéniái és Technológiai Tanszék, Brno

Összefoglalás

A méz rendkívül sok ásványi anyagot tartalmaz. Vizsgálataink során 34 magyar termelői méz makroelem- (K, Ca, S, Mg, Na, P) és mikroelem- (Al, B, Cu, Sr, Zn, Fe) tartalmát határoztuk meg ICP-OES segítségével. A vizsgált minták akác-, hárs-, repce-, napraforgó- és virágmézek voltak. A mézmintákban a kálium volt jelen a legnagyobb mennyiségben, ezt követte a kalcium, a foszfor, a kén, a magnézium és a nátrium. A mikroelemek közül a legkisebb koncentrációban a stroncium volt jelen, ezt követte a réz, az alumínium, a vas, a cink és a bór. Az akácmézek esetében mértük a legkisebb mikro- és makroelem-tartalmat. Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a legtöbb elem szoros korrelációban van az elektromos vezetőképességgel.

Kulcsszavak: méz, elemtartalom, elektromos vezetőképesség

Comparison of the macro- and microelement content of Hungarian honeys

¹N. CZIPA–²D. VLKOVIČ–¹D. ANDRÁSI–¹B. KOVÁCS

¹University of Debrecen, Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences, Institute of Food Processing, Quality Assurance and Microbiology, Debrecen

²Department of Milk Hygiene and Technology, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences, Brno

Summary

Honey contains many mineral substances. The macro- (K, Ca, S, Mg, Na, P) and microelementz (Al, B, Cu, Sr, Zn, Fe) contents of 34 Hungarian honey samples from beekeepers were analysed by ICP-OES. The examined samples were acacia, linden, rape, sunflower and flower honeys. Potassium was the most abundant followed by Calcium, Phosphorus, Sulphur, Magnesium and Sodium. The concentration of Strontium was the lowest after Copper, Aluminum, Iron, Zinc and Boron. The concentration of the measured micro- and macro-elements was the lowest in acacia honeys. It was found that most elements correlate significantly with electrical conductivity.

Key words: honey, element content, electrical conductivity

Сравнение содержания макро-и микроэлементов мёда венгерских производителей

¹Н. ЦИПА–²Д.ВЛКОВИЧ–¹Д. АНДРАШИ–¹Б.КОВАЧ

¹Дебреценский Университет АГТС МЭК, Институт Науки о Продуктах Питания, Обеспечения качества и Микробиологии, Дебрецен

²Ветеринарный и Фармацевтический университет в Брно, Кафедра Технологии и Гигиены молока, Брно

Резюме

Мёд содержит чрезвычайно много минеральных веществ. В ходе наших исследований мы установили содержание макролементов (K, Ca, S, Mg, Na, P) и микро-

элементов (Al, B, Cu, Sr, Zn, Fe) мёда 34 венгерских производителей с помощью ICP-OES. Исследованными образцами были акацевый, липовый, рапсовый, подсолнечниковый и цветочный мёд. В образцах мёда калий присутствовал в самом большом количестве, затем следовал кальций, фосфор, сера, магний и натрий. Среди микроэлементов в самой малой концентрации присутствовал стронций, затем медь, алюминий, железо, цинк и бор. В случае мёда цветов акации измерили самое малое содержание микро-и макроэлементов. В ходе исследований установили, что большинство элементов находится в тесной корреляции с электропроводностью.

Ключевые слова: мёд, содержание элементов, электропроводность

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Magyarország évtizedek óta élen jár a méztermelésben. A 2010-es évben az Európai Unióban összesen 203 571 tonna mézet állítottak elő, melyhez Magyarország 16 500 tonnával járult hozzá. Ezzel a mennyiséggel Németország, Románia és Spanyolország után a negyedik helyet foglalja el.

A méz az egyik legősibb táplálékunk, melyet csemegeként és gyógyszerként egyaránt felhasználnak a világ minden táján. Széles körű elterjedése kiváló étrendi tulajdonságainak és az egészségre gyakorolt pozitív hatásának köszönhető.

Összetételét és minőségét sok tényező, többek között a nektár tulajdonsága, az időjárás, a tárolási körülmények és a kezelési módszerek befolyásolják. A Magyar Élelmiszerkönyv meghatározása szerint „*A méz az Apis mellifera méhek által a növényi nektárból vagy élő növényi részek nedvéből, illetve növényi nedveket szívó rovarok által az élő növényi részek kiválasztott anyagából gyűjtött természetes édes anyag, amelyet a méhek begyűjtenek, saját anyagaik hozzáadásával átalakítanak, raktároznak, dehidrálnak, és lépekben érlelnek.*” (Magyar Élelmiszerkönyv 2002).

Ennek alapján tehát megkülönböztetünk nektár- és harmateredetű mézeket. A nektáreredetűek esetében a nektár tulajdonságai nagyban befolyásolják a méz mennyiségét és minőségét. Jelentős hatással vannak rá az örökletes tulajdonságok (nektármirigyek nagysága, felépítése, a virág szerkezete, stb.), a talaj és az időjárás (Maurizio 1958, Halmágyi és Keresztesi 1991). Az édesharmat minőségét a növény és a rovar fajtája együttesen határozza meg.

A méz eltérő mennyiségben tartalmaz ásványi anyagokat, melynek koncentrációja 0,02 és 1,03% között változik (*White* 1978). Több kutatásban kimutatták, hogy az ásványianyag-tartalom függ a botanikai és földrajzi eredettől (*Pisani et al.* 2008). Bizonyították továbbá, hogy a világosabb színű mézek kisebb mennyiségben tartalmaznak ásványi anyagokat, mint például a harmatmézek, a gesztenye- vagy a hangamézek (*Gonzalez-Miret et al.* 2007).

Abban az esetben, ha a talajban, a kőzetben vagy a vízben egy anyag mennyisége megváltozik, az kimutatható a növényekben, és ezáltal a nektárban, a pollenben és végül a mézben is (*Hernandez et al.* 2005). Ennek köszönhetően a méz környezeti indikátorként is használható, hiszen a végtermék vizsgálatával képet kaphatunk annak a területnek a környezeti állapotáról, ahonnan a méhek a nektárt gyűjtik. Ennek a területnek a nagysága körülbelül 50 km² (*Silici et al.* 2008). A méz a méhlegelő nehézfém-szennyezettségnek a legjobb indikátora, így az ólom, a kadmium és az arzén mennyiségének meghatározása kétszeres fontosságú (*Tong et al.* 1975).

Rashed és *Soltan* (2004) szerint a mézek ásványianyag-tartalma alkalmas lehet a hamisítás kiszűrésére is, mint például a vízzel való hígítás, a cukroknak és a szirupoknak a mézhez keverése, vagy a különféle növényi eredetű mézek összekeverése.

A mézekben a legnagyobb koncentrációban jelenlévő elemek a kálium, a kalcium, a klór, a kén, a nátrium, a foszfor, a magnézium, a szilícium, a vas és a réz (*La Serna Ramos et al.* 1999).

Anyag és módszer

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem AGTC MÉK Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézetében végeztük. A felhasznált mézmin-ták mindegyike méhészekről származott, melyeket a 2011-es évben gyűjtöttek be, magyarországi méhlegelőkről. A vizsgált minták között szerepelt 8 darab akácméz, 8 darab hársméz, 6 darab repceméz, 6 darab napraforgó méz és 6 darab virágméz. A mintákat nem vetették alá melegítési eljárásnak a méhészek.

Az elemek meghatározása előtt elvégeztük a minták előkészítését, melynek során hidrogén-peroxidos és salétromsavas roncsolást alkalmaztunk (*Kovács et al.* 1996). A minták mikro- és makroelem tartalmának meghatározásához induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert (ICP-OES Thermo Scientific iCAP 6300 ICP Spectrometer) használtunk. Az alkalmazott hullám-

hossz értékeket az 1. táblázatban szemléltetjük. Az eredményeket a minta eredeti állapotára vonatkoztatva adtuk meg. A vizsgálatot három ismétlésben végeztük.

1. táblázat. A vizsgált elemek és azok hullámhossz értékei

Elem (1)	Hullámhossz (nm) (2)	Elem (1)	Hullámhossz (nm) (2)
K	404,721	Al	396,153
Ca	431,865	B	249,772
C	182,034	Cu	224,700
Mg	285,213	Fe	261,382
Na	818,326	Sr	421,552
P	213,617	Zn	202,548

Table 1. The examined elements and wavelength values. (1) Element, (2) Wavelength.

Az elemtartalom meghatározása mellett mértük a mézminták elektromos vezetőképességét (EC) is *Bogdanov et al.* (1997) módszere alapján. A vizsgálathoz Radelkis OK-102/1 (Radelkis, Hungary) típusú konduktométert és Radelkis OK-9023 (Radelkis, Hungary) típusú harangelektrodot használtunk.

A kapott értékeket SPSS 13.0 program segítségével elemeztük.

Eredmények

Makroelem-tartalom

A vizsgált mézminták makroelem-tartalmát a 2. táblázatban tüntettük fel. A legnagyobb koncentrációban a kálium fordult elő a vizsgált mézmintákban (417 ± 385 mg/kg). A legkisebb értékeket az akácmézek esetében mértük ($119 \pm 18,5$ mg/kg), míg a legnagyobb koncentrációban a hársmézekben volt jelen (1126 ± 134 mg/kg), amely közel tízszerese az akácmézekben mért kálium-tartalomnak.

A kalciumtartalom esetében is igen eltérő eredményeket mértünk. A legkisebb értékeket az akácmézek ($33,8 \pm 4,49$ mg/kg), míg a legnagyobbakat a napraforgómézek ($142 \pm 77,5$ mg/kg) esetében kaptuk. Hasonló eredményre jutottunk a magnéziumtartalom tekintetében is ($9,74 \pm 7,53$ mg/kg és $29,0 \pm 11,8$ mg/kg).

2. táblázat. Mézminták makroelem-tartalma (mg/kg)

Minta (1)	Statisztika (2)	K	Ca	S	Mg	Na	P
Akác (3)	Átlag (9)	119	33,8	8,84	9,74	3,49	26,9
N=8	Szórás (10)	18,5	4,49	1,90	7,53	1,38	5,19
	Min. (11)	86,5	26,4	6,92	2,97	1,69	22,0
	Max. (12)	147	39,4	11,5	19,5	5,26	35,3
Hárs (4)	Átlag (9)	1126	104	45,8	24,7	21,1	48,9
N=8	Szórás (10)	134	17,5	15,2	4,42	3,34	15,8
	Min. (11)	947	87,6	23,5	18,4	17,7	25,9
	Max. (12)	1308	130	65,1	29,6	26,5	70,0
Repce (5)	Átlag (9)	207	46,9	19,2	14,5	11,3	36,9
N=6	Szórás (10)	84,7	15,2	2,24	2,29	3,78	5,13
	Min. (11)	104	23,7	16,4	11,4	7,04	31,4
	Max. (12)	324	60,6	21,7	17,2	16,9	43,4
Napraforgó (6)	Átlag (9)	419	142	27,3	29,0	10,6	67,1
N=6	Szórás (10)	167	77,5	14,2	11,8	7,62	20,3
	Min. (11)	268	78,4	17,3	19,6	5,50	48,1
	Max. (12)	663	270	51,5	46,4	24,0	89,2
Virág (7)	Átlag (9)	376	97,6	27,5	22,8	8,28	69,5
N=6	Szórás (10)	136	28,3	6,47	17,1	3,13	21,2
	Min. (11)	224	67,4	20,6	4,31	4,66	45,2
	Max. (12)	487	123	33,4	38,1	10,2	84,0
Összes (8)	Átlag (9)	417	78,2	23,6	18,7	10,3	45,7
N=34	Szórás (10)	385	54,4	15,8	11,2	7,31	21,1
	Min. (11)	86,5	23,7	6,92	2,97	1,69	22,0
	Max. (12)	1308	270	65,1	46,4	26,5	89,2

Table 2. Macroelement content of honey samples (mg kg⁻¹). (1) Sample, (2) Statistics, (3) Acacia, (4) Linden, (5) Rape, (6) Sunflower, (7) Flower, (8) All, (9) Mean, (10) Standard deviation, (11) Minimum, (12) Maximum.

A kén és a nátrium esetében a káliumnál tapasztaltak figyelhető meg. Az akácmézekben volt a legkisebb ennek a két elemnek a koncentrációja ($8,84 \pm 1,90$ mg/kg és $3,49 \pm 1,38$ mg/kg), míg a hársmézekben volt a legnagyobb ($45,8 \pm 15,2$ mg/kg és $21,1 \pm 3,34$ mg/kg).

A foszfor esetében a napraforgó- és virágmézek hasonló értékeket mutattak ($67,1 \pm 20,3$ mg/kg és $69,5 \pm 21,2$ mg/kg), a többi fajtamézben ennek az elemnek a koncentrációja kisebb volt.

A vizsgált elemeknek a koncentrációja az akácmézekben volt a legkisebb, a magnézium-tartalmat kivéve, ezt követték a repcemézek. A legnagyobb koncentrációban a hársmézek tartalmazták a káliumot, a ként és a nátriumot. A napraforgó- és a virágmézekben az elemkoncentrációk az említett fajtamézek esetében mért értékek között voltak.

A vizsgált mézekben az elemek sorrendje a következőképpen alakult: kálium, kalcium, foszfor, kén, magnézium, nátrium.

Mikroelem-tartalom

Az alumínium-tartalom tekintetében a vizsgált mézek jelentős eltéréseket nem mutattak (3. táblázat). Az értékek $0,083$ és $1,960$ mg/kg között változtak. A bór koncentráció az akác- és hársmézek esetében volt a legkisebb ($3,09 \pm 0,59$ mg/kg és $3,45 \pm 0,47$ mg/kg), a repcemézekben ennek az értéknek közel kétszeresét mértük ($7,69 \pm 1,99$ mg/kg). A réz, a cink és a stroncium tekintetében a mért koncentrációk közel azonosak voltak. Az akácmézek tartalmaztak a legkisebb ($0,79 \pm 0,60$ mg/kg), a hársmézek pedig a legnagyobb ($3,47 \pm 1,03$ mg/kg) koncentrációban vasat.

Hasonlóan a makroelem-tartalomhoz, a mikroelemek esetében is az akácmézekben mértük a legkisebb értékeket, a hársmézekben pedig a legnagyobbakat.

A vizsgált mézekben, azokat együttesen vizsgálva, a legkisebb koncentrációban a stroncium van jelen, ezt követi a réz, az alumínium, a vas, a cink és a bór.

Elektromos vezetőképesség

Az elektromos vezetőképességi értékek (4. táblázat) az akácmézek esetében voltak a legkisebbek ($0,122 \pm 0,014$ mS/cm). Ezt követték a repcemézek $0,223 \pm 0,039$ mS/cm átlagértékkel. A napraforgó és a virágmézek esetében a kapott eredmények széles határok között változtak. A legmagasabb értékeket a hársmész mintákban mértük ($0,596 \pm 0,102$ mS/cm).

Korreláció

Az elemek közötti korrelációs együtthatók vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy több elem esetében is szoros a kapcsolat (5. táblázat). Ezekben az esetekben 1-hez közeli értékeket kaptunk, amelyekhez nagyon alacsony P-érték

tartozott (0,000), tehát a korrelációs együttható értéke szignifikánsan eltér a nullától, így a kapcsolat valódi lineáris kapcsolat, tehát nem a véletlen hatásoknak köszönhető. A legerősebb kapcsolatot a kálium- és a stroncium-tartalom között találtuk ($r=0,919$).

3. táblázat. Mézminták mikroelem-tartalma (mg/kg)

Minta (1)	Statisztika (2)	Al	B	Cu	Fe	Sr	Zn
Akác (3)	Átlag (9)	0,55	3,09	0,10	0,79	0,02	1,29
	Szórás (10)	0,40	0,59	0,10	0,60	0,01	1,04
N=8	Min. (11)	0,08	2,43	0,01	0,03	0,00	0,25
	Max. (12)	1,14	4,04	0,28	1,78	0,04	2,52
Hárs (4)	Átlag (9)	1,40	3,45	0,43	3,47	0,36	1,63
	Szórás (10)	0,27	0,47	0,09	1,03	0,05	0,79
N=8	Min. (11)	1,08	2,98	0,32	2,16	0,28	0,96
	Max. (12)	1,72	4,05	0,54	4,26	0,41	2,58
Repce (5)	Átlag (9)	0,87	7,69	0,26	1,73	0,10	2,70
	Szórás (10)	0,61	1,99	0,23	1,23	0,06	1,91
N=6	Min. (11)	0,41	5,05	0,05	0,47	0,04	0,11
	Max. (12)	1,96	9,58	0,64	3,35	0,21	5,44
Napraforgó (6)	Átlag (9)	0,55	5,51	0,18	1,38	0,16	2,35
	Szórás (10)	0,41	1,04	0,10	1,39	0,13	2,06
N=6	Min. (11)	0,10	4,69	0,10	0,12	0,06	0,22
	Max. (12)	0,98	6,94	0,34	3,76	0,39	4,58
Virág (7)	Átlag (9)	0,88	5,41	0,24	1,88	0,08	2,09
	Szórás (10)	0,59	0,84	0,19	0,61	0,04	0,35
N=6	Min. (11)	0,41	4,45	0,07	1,24	0,03	1,71
	Max. (12)	1,53	6,01	0,46	2,45	0,12	2,40
Összes (8)	Átlag (9)	0,80	4,89	0,22	1,73	0,13	2,01
	Szórás (10)	0,53	2,10	0,18	1,33	0,13	1,45
N=34	Min. (11)	0,083	2,430	0,009	0,033	0,001	0,113
	Max. (12)	1,960	9,580	0,642	4,265	0,410	5,441

Table 3. Microelement content of honey samples (mg kg⁻¹). (1) Sample, (2) Statistics, (3) Acacia, (4) Linden, (5) Rape, (6) Sunflower, (7) Flower, (8) All, (9) Mean, (10) Standard deviation, (11) Minimum, (12) Maximum.

4. táblázat. Mézminták elektromos vezetőképessége (mS/cm)

Minta (1)	Statisztika (2)	Vezető- képesség (3)	Minta (1)	Statisztika (2)	Vezető- képesség (3)
Akác (4) N=8	Átlag (10) Szórás (11) Min. (12) Max. (13)	0,122 0,014 0,103 0,144	Napraforgó (7) N=6	Átlag (10) Szórás (11) Min. (12) Max. (13)	0,419 0,130 0,312 0,628
Hárs (5) N=8	Átlag (10) Szórás (11) Min. (12) Max. (13)	0,596 0,102 0,517 0,760	Virág (8) N=6	Átlag (10) Szórás (11) Min. (12) Max. (13)	0,362 0,125 0,218 0,453
Repce (6) N=6	Átlag (10) Szórás (11) Min. (12) Max. (13)	0,223 0,039 0,176 0,284	Összes (9) N=34	Átlag (10) Szórás (11) Min. (12) Max. (13)	0,314 0,191 0,103 0,760

Table 4. Electrical conductivity of honey samples (mS cm⁻¹). (1) Sample, (2) Statistics, (3) Electrical conductivity, (4) Acacia, (5) Linden, (6) Rape, (7) Sunflower, (8) Flower, (9) All, (10) Mean, (11) Standard deviation, (12) Minimum, (13) Maximum.

5. táblázat. Pearson korreláció

	K	Ca	S	Mg	Na	P	Al	Fe	Sr	EC
K	1									
Ca	0,553	1								
S	0,837	0,701	1							
Mg	0,531	0,808	0,610	1						
Na	0,801	0,556	0,812	0,384	1					
P	0,310	0,743	0,616	0,768	0,209	1				
Al	0,715	0,403	0,568	0,587	0,553	0,251	1			
Fe	0,714	0,510	0,818	0,428	0,797	0,338	0,718	1		
Sr	0,919	0,624	0,850	0,498	0,897	0,278	0,584	0,801	1	
EC	0,919	0,747	0,842	0,712	0,706	0,561	0,601	0,648	0,864	1

Table 5. Pearson correlation.

Az elektromos vezetőképesség és az elemek korrelációjának vizsgálatakor a legszorosabb kapcsolatot a káliummal találtuk ($r=0,919$, P -érték= $0,000$).

Eredmények és következtetések

Az elemek vizsgálata során megállapítottuk, hogy a magyar mézekben a kálium koncentrációja volt a legnagyobb. Ennek az elemnek a mennyisége minden minta esetében többszöröse volt a többi vizsgált elemnek. Ezt követte a kalcium, majd a foszfor. A kén mennyisége a hárs- és a repcemézek esetében a foszfort követte. Ezekben a mintákban a magnézium mennyisége kisebb volt, mint a kén koncentrációja. Az akác- és napraforgó mézekben ennek a fordítottját tapasztaltuk, miszerint a kén koncentrációja volt alacsonyabb, mint a magnézium-tartalom. A vizsgált makroelemek közül a nátrium volt jelen a legkisebb mennyiségben.

Az akác-, a repce- és a napraforgómézek esetében a vizsgált mikroelemek közül a legnagyobb koncentrációban a bór volt jelen, ezt követte a cink, a vas, az alumínium a réz, és végül a stroncium. A hársmézekben magasabb volt a vas koncentrációja, mint a cink mennyisége.

Az összes minta elemtartalmát együttesen vizsgálva a következő sorrendet tudtuk felállítani: $K < Ca < P < S < Mg < Na < B < Zn < Fe < Al < Cu < Sr$.

Az elemek koncentrációja közötti kapcsolat vizsgálatakor több elem között is szoros kapcsolatot fedeztünk fel. A kálium szoros kapcsolatban volt a kénnel, a nátriummal, az alumíniummal, a vassal és a stronciummal, a kalcium a kénnel, a magnéziummal és a foszforral, a kén a vassal és a stronciummal, a magnézium a foszforral, a nátrium a vassal és a stronciummal és az alumínium a vassal.

Az elektromos vezetőképesség vizsgálatakor megállapítottuk, hogy a legnagyobb vezetőképességi értékekkel a hársmézek rendelkeztek. Ezeket követték a napraforgó-, és a repcemézek. A legkisebb értékeket az akácmézekben mértük. A korrelációs együtthatók számításakor azt tapasztaltuk, hogy a káliumtartalom és az elektromos vezetőképesség között nagyon szoros kapcsolat volt. Az eredményekből egyértelműen kiderült, hogy az olyan kis kálium-tartalommal rendelkező mézek, mint az akácmézek nagyon kis vezetőképességgel rendelkeztek, ezzel szemben a hársmézek, melyekben a kálium koncentrációja közel tízszerese volt az akácmézekben mérteknek, igen magas vezetőképességi értékeket mutattak. A kálium mellett a kalcium, a kén, a magnézium és a nátrium

is befolyásolja a vezetőképességet, hiszen ezeknek az elemeknek és az elektromos vezetőképességnek a korrelációs együtthatója 0,7 felett volt.

Virágmézek esetében nem lehetett egyértelmű következtetéseket levonni, sem az elemtartalom, sem a vezetőképesség tekintetében. Ennek oka, hogy a virágmézekben többféle nektár és pollen keveredik, ami jelentősen befolyásolja a méz tulajdonságait. Attól függően, hogy mely növény nektárját, illetve pollenjeit tartalmazza, és mekkora mennyiségben, eltérő értékeket tapasztaltunk.

Az eredmények kiértékelése során a fajtamézek elemtartalma között jelentős különbségeket tapasztaltunk, azonban fajtán belül ezek az eltérések nem mutatkoztak. Egyetlen elem esetében sem mértünk kiugró értékeket, azok megfeleltek a megelőző évek vizsgálati eredményeinek. Ennek alapján a földrajzi eredetre nem tudunk következtetni, azonban a mérési eredmények bizonyítják, hogy a különböző méhlegelők talaja és időjárása nem különbözött jelentős mértékben.

A mintáink elektromos vezetőképességének, és ezzel együtt az azzal szoros korrelációban lévő elemek mennyiségének vizsgálatokor arra a megállapításra jutottunk, hogy a vizsgált mézeket nem hamisították a szakirodalomban leírt módszerekkel. A mintáinkon a fent említett vizsgálatokon kívül más paraméterek meghatározását is elvégeztük, melyek szintén ezt bizonyítják. A fajtamézek esetében mért koncentráció értékek minden esetben megfeleltek az általunk, és a külföldi kutatók által végzett vizsgálatok eredményeinek.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a TÁMOP 4.2.1./B-09/1/KONV-2010-0007 számú projekt támogatta.

A projekt az Új Magyarország Fejlesztési Terven keresztül az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

- Bogdanov, S.–Martin, P.–Lüllman, C.:* 1997. Harmonised methods of the European honey commission. *Apidologie*. 1–59.
- Gonzalez-Miret, M. L.–Ayala, F.–Terrab, A.–Echávarri, F.–Negueruela, A. I.–Hereida, F. J.:* 2007. Simplified method for calculating color of honey by application of the characteristic vector method. *Food Research International*. 40: 1080–1086.

- Halmágyi L.-Keresztesi B.*: 1991. A méhlegelő. Akadémia Kiadó. Budapest.
- Hernandez, O. M.-Frage, J. M. G.,-Jiménez, A. I.,-Jiménez, F.-Arias, J. J.*: 2005. Characterization of honey from the Canary Islands: determination of the mineral content by atomic absorption spectrophotometry. *Food Chemistry*. 93: 449–458.
- 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.
- La Serna Ramos, I.-Méndez Pérez, B.-Gómez Ferreras, C.*: 1999. Aplicación de nuevas tecnologías en mieles canarias para su tipificación y control de alidad. Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias. Tenerife.
- Magyar Élelmiszerkönyv*: 2002. 1-3-2001/110 számú előírás. Méz. Magyar élelmiszerkönyv Bizottság. Budapest.
- Maurizio, A.*: 1958. Nouvelles recherches sur la sécrétion nectarifère de plantes cultivées poliploïdes. *Nicotiana*. Int. Congr. Entomol. Montréal. 4: 1025.
- Pisani, A.-Protago, G.-Riccobono, F.*: 2008. Minor and trace elements in different honey types produced in Siena County (Italy). *Food Chemistry*. 107: 1553–1560.
- Rashed, M. N.-Soltan, M. E.*: 2004. Major and trace elements in different types of Egyptian mono-floral and non-floral bee honeys. *Journal of Food Composition and Analysis*. 17: 725–735.
- Silici, S.-Ulopszlu, O. D.-Tuzen, M.-Soylal, M.*: 2008. Assessment of trace element levels on Rhododendron honeys of Black Sea Region, Turkey. *Journal of Hazardous Materials*. 156: 612–618.
- Tong, S.-Morse, R. A.-Bache, C. A.-Lisk, D. J.*: 1975. Elemental analysis of honey as an indicator of pollution. *Archives of Environmental Health*. 30. 7: 329–332.
- White, J. W.*: 1978. Honey. *Advances in Food Research*. 24: 287–371.

A szerzők levelezési címe–Address of the authors:

Dr. Czipa Nikolett–Andrási Dávid–Dr. Kovács Béla
Debreceni Egyetem AGTC MÉK
Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Daniel Vlkovič
University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences Brno
Department of Milk Hygiene and Technology
Brno
Palackého 1/3.
H-612 42

Foszfor-réz kölcsönhatás csernozjom réti talajon kukorica műtrágyázási tartamkísérletben

IZSÁKI ZOLTÁN

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

Összefoglalás

Kukorica műtrágyázási tartamkísérletben vizsgáltuk a talaj P-ellátottságának hatását a kukorica szemtermésére, P- és Cu-tápláltsági állapotára, valamint e két tápelem kölcsönhatására.

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, humusz-tartalom 2,8-3,2%, a művelt réteg pH(KCl)-ja 5,0-5,2, kötöttsége (KA) 50, agyagtartalma 32%, az AL-P₂O₅-tartalma a P-trágyázástól függően 120-360 mg/kg, EDTA Cu-tartalma 5,4 mg/kg.

Jelen dolgozatban a 2001 és 2008 között, a tartamkísérlet 12-19. éveiben végzett kísérletek P-trágyázási eredményei szerepelnek, melyek alapján az alábbi főbb következtetések tehetők:

- A savanyú kémhatású agyagos vályogtalajon, melynek P-ellátottsága P-trágyázás nélkül 120-150 mg/kg AL-P₂O₅ között változott, a kukorica szemtermése 7,39 t/ha volt nyolc év átlagában. A szemtermés maximuma a 160-220 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági szinten jelentkezett. Ennél magasabb P-ellátottságnál (360 mg/kg AL-P₂O₅ értékig), a termés hozamban érdemi változás nem volt kimutatható.
- A címerhányás kezdetén végzett levélanalízis eredményei szerint a jobb P-ellátottságot a kukoricalevél nagyobb P-koncentrációja kísérte. A kukoricalevél P-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés-vizsgálatok alapján meghatározott

kielégítő P-ellátottsági határérték a 10–14 t/ha szemtermésszinten a 0,20–0,37% P-koncentrációhoz kötődik.

- A 10–14 t/ha termésszintet jellemző kielégítő Cu-koncentráció kísérleteinkben 2–11 mg/kg Cu. A nagy terméshezamhoz kötődő Cu-tápláltság alsó határa (2–5 mg/kg Cu) kísérleti eredményeink szerint kisebb, mint a szakirodalomban közölt értékek.
- A növekvő P-ellátottságot kísérő P-Cu antagonizmus nagyobb gyakorisággal a talaj 190 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági szintjétől érvényesült, de a 160–360 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági intervallumban a talaj jó Cu-ellátottságnál a Cu mérsékeltebb beépülése termésnövekedést nem váltott ki.
- A kukorica címerhányás kezdetkori kielégítő P/Cu aránya nyolc évből hét évben 10–14 t/ha hozamszinten 250–550, mely egybeesik a nemzetközi szakirodalomban publikált értékekkel. Azonban kísérleti eredményeink azt igazolták, hogy nagy terméshezamot 900–1100 P/Cu aránynál is el lehet érni.

Kulcsszavak: P-trágyázás, P és Cu tápláltság, P-Cu kölcsönhatás, kukorica, tartamkísérlet

The interaction between phosphorus and copper on chernozem meadow soil in a long-term maize fertilisation experiment

Z. IZSÁKI

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

Summary

The effect of the P supply of soil on the grain yield of maize, its level of P and Cu supply and the interaction of these two nutrients were examined in a long-term maize fertilisation experiment.

The long-term fertilisation experiment was established in 1989 on chernozem meadow soil with deep calcareous layer, the N, P and K levels of supply were 4 each in a total treatment combination with 64 treatments. Main soil characteristics: humus layer thickness: 85–100 cm, humus content: 2.8–3.2%, pH(KCl) of the cultivated layer:

5.0–5.2, plasticity (KA): 50, clay content: 32%, AL-P₂O₅ content depending on P fertilisation: 120–360 mg kg⁻¹, EDTA Cu content: 5.4 mg kg⁻¹.

In this study, the P fertilisation results of the 12th–19th years of the long-term experiment (between 2001 and 2008) are presented. Based on these results, the following conclusions can be drawn:

- Averaged over the eight years, maize grain yield was 7.39 t ha⁻¹ on the acidic clayey adobe soil whose level of P supply was between 120–150 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅ without P fertilisation. The highest grain yield was obtained at the 160–220 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅ supply level. No significant yield change could be shown in the case of higher levels of P supply (up to 360 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅ value).
- According to the results of the leaf analysis performed at the beginning of tasseling, more favourable levels of P supply were accompanied by higher P concentrations of the maize leaf. The satisfactory P supply level limit value determined on the basis of the correlation analyses between the P concentration of the maize leaf and grain yield was observed at the 10–14 t ha⁻¹ yield level and the 0.20–0.37% P concentration.
- In our formulas, the satisfactory Cu concentration at the 10–14 t ha⁻¹ yield level is 2–11 mg kg⁻¹ Cu. Based on the performed experiments, the lower limit of Cu nutrition (2–5 mg kg⁻¹ Cu) at high yield levels is lower than those published in the specialised literature.
- The P-Cu antagonism which accompanies the increasing level of P supply could be relatively frequently observed from the 190 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅ supply level of the soil, but no yield reduction was triggered by the moderate Cu incorporation in the 160–360 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅ supply interval at the favourable Cu supply level.
- The satisfactory P/Cu ratio at the beginning of tasseling was between 250–550 at the 10–14 t ha⁻¹ yield level in seven of eight years which conforms to the values published in international specialised literature. However, our experimental results showed that high yields can also be obtained at the 900–1100 P/Cu ratio.

Key words: P fertilisation, P and Cu nutrition level, P-Cu interaction, maize, long-term experiment

Взаимовлияние фосфора–меди на чернозёмной луговой почве в продолжительном опыте искусственного удобрения кукурузы

З. ИЖАКИ

Университет им. Святого Иштвана, Факультет Экономики, Аграрный и Науки о Здравье,
Институт Окружающей Среды, Сарваш

Резюме

В продолжительном опыте искусственного удобрения кукурузы исследовали влияние обеспеченности Р почвой на урожай зерна кукурузы, на состояние обеспеченности Р и Сu, а также на взаимовлияние этих двух элементов.

Опыт искусственного удобрения установили в 1989 году на карбонатной, в глубине чернозёмной, луговой почве на 4-х парцеллах, каждая по 4 уровня обеспеченности N-, P- K, в полной комбинации обработок, всего 64 обработки. Главные характеристики почвы: толщина гумусового слоя 85–100 см, содержание гумуса 2,8–3,2%, рН(KCl) обработанного слоя 5,0–5,2, связность (КА) 50, содержание глины 32%, содержание AL-P₂O₅ в зависимости от внесения удобрения Р 120–360 mg/kg, EDTA содержание Сu 5,4 mg/kg.

В данной работе показаны результаты опытов удобрения Р, проведённых в период 2001–2008 годы, в 12–19 году продолжительного опыта, на основании которых можно сделать следующие выводы:

- На глинистой с кислой реакцией суглинистой почве, обеспечение Р которой без удобрения Р изменялось в рамках 120–150 mg/kg AL-P₂O₅, урожай кукурузного зерна был 7,39 t/ha в среднем за восемь лет. Максимальный урожай зерна был на уровне обеспеченности 160–220 mg/kg AL-P₂O₅. При обеспеченности Р выше этой (до величины 360 mg/kg AL-P₂O₅), в урожайности не было замечено значительного изменения.
- Согласно результатам анализа листьев в начале выбрасывания султана лучшую обеспеченность Р сопровождала большая концентрация Р кукурузного листа. На основании исследований взаимовлияний концентрации Р кукурузного листа и кукурузного зерна установленный достаточный показатель обеспеченности Р при урожае зерна 10–14 t/ha привязан к концентрации Р 0,20–0,37%.

- Karakterная для уровня урожая 10–14 t/ha достаточная концентрация Cu в наших опытах 2–11 mg/kg Cu. Привязанная к большому урожаю нижняя граница обеспеченности Cu (2–5 mg/kg Cu) согласно результатам наших опытов меньше, чем встречающиеся в специальной литературе величины.
- Сопровождающий растущую обеспеченность P антагонизм P-Cu с большей частотой проявлялся с уровня обеспеченности почвы 190 mg/kg AL-P₂O₅, но в интервале обеспеченности 160–360 mg/kg AL-P₂O₅ при хорошей обеспеченности почвы Cu более умеренное встроение Cu не причинило уменьшение урожая.
- Удовлетворительное соотношение P/Cu в начале выбрасывания султана кукурузой в семи годах из восьми на уровне урожаев 10–14 t/ha было 250–550, что соответствует опубликованным в международной специальной литературе показателям. Однако результаты наших опытов подтвердили то, что большой урожай можно достичь и при соотношении 900–1100 P/Cu.

Ключевые слова: внесение P удобрения, насыщенность P и Cu, взаимовлияние P-Cu, кукуруза, продолжительный опыт

Bevezetés

Szántóföldi kultúráink P-tápláltságának megítéléséhez a legszükségesebb P-mikroelem kölcsönhatás elemzések a P-Zn, P-Fe, P-Cu, P-Mn, P-Mo és P-B elem párokra terjednek ki. A kukorica esetében széleskörűen a P-Zn antagonizmus publikált (*Kádár és Turán 2002, Izsáki 2011/a*) és lényegesen kevesebb információval rendelkezünk szántóföldi körülmények között a P-Cu kölcsönhatás vonatkozásában. A kukorica Cu-hiányát kiváltó leggyakoribb okok: a talaj lúgos pH-ja, a túlzott P-ellátottság, nagyadagú meszezés, a jelentős Ca-hiány, a talaj magas Fe- és Mn-tartalma, nagy szervesanyag-tartalma és a talaj eredendően is alacsony felvehető Cu-tartalma (*Murphy et al. 1981, Clark 1983, Loch és Nosticzius 1992*). A nagy adagú N-trágyázás is kiválthat Cu-hiányt, mivel a fehérje anyagcserében a Cu-nek jelentős szerepe van (*Bergmann 1979*). *Izsáki (2011/b)* ugyanakkor pozitív korrelációt tapasztalt a kukorica levél N- és Cu-koncentrációja között a növekvő arányú N-trágyázás (0, 80, 160, 240 kg/ha N) hatására a talaj jó Cu-ellátottsága esetén.

A gabonafélék közül elsősorban a kalászosok, melyek érzékenyen reagálnak a Cu-hiányra. A kukoricát nem sorolják a Cu-igényes kultúrák közé, de

egyres talajtípusokon, főleg P-túltrágyázás esetén számolni kell abszolút vagy relatív Cu-hiánnyal (Nagy 2007). Xie et al. (2011) vizsgálatai szerint a P-trágyázás csökkentette a Cu mobilizációját a kukorica gyökérzetéből a hajtásrendszerbe. Awan és Abbasi (2000) tenyészedény kísérletben mutatták ki a P- és Cu-trágyázás hatását a P és Cu kölcsönös antagonizmusára. Szántóföldi körülmények között Banaj et al. (2006) melioratív adagú P-trágyázás hatására tapasztalták csak, hogy a kukorica levél Cu-koncentrációja szignifikánsan csökkent a növirágzás kezdetén.

A kukorica tápláltsági állapotának megítéléséhez, a diagnosztikai célú növényanalízis gyakorlati alkalmazásához több szerző (Jones 1967, Bergmann és Neubert 1976, Elek és Kádár 1980, Reuter és Robinson 1997) is közöl tápláltsági állapotot jellemző P- és Cu-ellátottsági határértékeket a kukorica virágzás-kori levél tápelem-koncentrációja alapján. E publikált adatok szerint a kielégítő P-ellátottsági határérték 0,17–0,50%, a kielégítő Cu-ellátottság határértéke pedig 5–25 mg/kg között változik. A kukorica kielégítő P- és Cu-ellátottsági határértékei és a P/Cu aránya tág intervallumban mozognak és e két tápelem felvehetőségét több, korábban már említett tényező befolyásolja. Így a P-Cu kölcsönhatás elemzése és értelmezése is csak adott termőhelyi feltételekre vonatkozhatnak. Hazánk változatos termőhelyi feltételei és a talajaink jelentősen eltérő Cu-tartalma (Kádár 1991) indokolják, hogy talajtípusonként, talaj tápelem-ellátottsági értékekhez kötve vizsgáljuk a P-Cu kölcsönhatást a kukorica szakszerű trágyázásához.

A dolgozat célja, hogy a mélyben karbonátos csernozjom réti talajon beállított műtrágyázási tartamkísérlet adataira építve értékelje a talaj P-ellátottságának hatását a kukorica P- és Cu-tápláltsági állapotára, és határozzon meg tápelem-ellátottsági határértékeket a P-Cu kölcsönhatására a terméshozam, valamint a levél P- és Cu-koncentrációjának összefüggése alapján.

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 talaja mélyben karbonátos csernozjom réti talaj, a humuszos réteg vastagsága 85–100 cm, a művelt réteg pH(KCD)-ja 5,0–5,2, humusztartalma 2,8–3,2%, CaCO₃-ot nem tartalmaz, kötöttsége (KA) 50, agyagtartalma 32%.

A kísérlet beállítása előtt 1989 őszén a talaj elemtartalma a következő volt a kísérleti terület átlagában: AL-P₂O₅: 156, AL-K₂O: 322, AL-Na: 212, KCl-Mg: 765, EDTA-Mn: 386, EDTA-Cu: 5,4 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: N₀=0, N₁=80, N₂=160, N₃=240 kg N/ha/év; foszforból: P₀=0, P₁=100 kg P₂O₅/ha/év; P₂=500 kg P₂O₅/ha 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben, P₃=1000 kg P₂O₅/ha 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben; káliumból: K₀=0; K₁=300 kg K₂O/ha/év 1989 és 1992 között; 1993-tól: 100 kg K₂O/év; K₂=600 kg K₂O/ha 1989-ben és 2001-ben, 1000 kg K₂O/ha 1993-ban; K₃=1200 kg K₂O/ha 1989-ben és 2001-ben, 1500 kg K₂O/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/kg P₂O₅ és a K-ellátottság 200–465 mg/kg K₂O között változott. A nitrogént ammóniumnitrát (34%), a foszfort szuperfoszfát (18%) és a káliumot kálisó (40–60%) formájában ősszel juttattuk ki. A kísérletben évente 4 növény szerepelt kiterített vetésgörögben, 4×192 db parcellán, ahol a másodrendű alparcellák mérete 4×5=20 m² volt.

A kukorica kísérleteket 1994-től végezzük. Jelen dolgozatban a 2001–2008 között FAO 300-as hibriddel végzett kísérletek eredményei szerepelnek. A kukorica előveteménye 2001 és 2006 között silócirok, valamint 2007 és 2008 között őszi árpa volt. A vetést 75 cm-es sortávolságra, 75 ezer csíra/ha-ral végeztük.

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

1. táblázat. A csapadék mennyisége és eloszlása a vizsgálati időszak alatt (mm)
(Szarvas 2000–2008)

Év (1)	Nyári félév (ápr.-szept.) (2)	Téli félév (okt.-márc.) (3)	Évi összes (4)
Átlag 1901–1975 (5)	313	225	538
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 2000–2008 (6)	338	222	525

Table 1. Quantity and distribution of rainfall in the period of examination (mm) (Szarvas 2000–2008). (1) Year, (2) Summer period (April–September), (3) Winter period (October–March), (4) Yearly total, (5) Average between 1901–1975, (6) Average between 2000–2008.

A talaj tápelem-vizsgálatokat évente, ősszel az elővetemény betakarítása után a 0–60 cm-es talajrétegből vett mintákból végeztük el. A talaj P₂O₅-tartalmát ammónium-laktát (AL) módszerrel határoztuk meg, és az eredmények értékelésekor a talaj P-ellátottságának jellemzésére a szántott réteg értékeit használtuk (2. táblázat).

A kukorica tápláltsági állapotának vizsgálatához parcellánként 15 növényről a csövel szembeni leveleket gyűjtöttük be 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 08-1783-6 (1983) és az MSZ 08-1783-28-29 (1985) szabványok szerint. A Ca, Mg, Fe, Mn, Zn és Cu tartalmat sósavas (2 mol/dm³) hidrolízis után atomabszorpció (AAS) készülékkel határoztuk meg az MSZ 08-1783-26-34 (1985) szerint.

A kukoricalevél tápelem-koncentráció értékei szárazanyagra vonatkoznak. A P-trágyázás tápelem-koncentrációra, tápelemek közötti kölcsönhatásokra és

terméshozamra gyakorolt hatásának elemzésekor csak a P-főhatások eredményei kerülnek bemutatásra a N- és K-kezelések átlagában. A kukorica szemtermése szárazanyagban van megadva. A kukorica P-tápláltsági határértékének megállapításához a szemtermést és a levél P-koncentráció értékeit koordináta rendszerben grafikusán ábrázoltuk és a ponthalmazt burkoló görbével határoltuk. A kielégítő P- és Cu-ellátottság tápelem-koncentráció határértékeit, valamint a P/Cu arány optimumát a kukorica maximális szemtermésének 95%-os szintjére, valamint a 10–14 t/ha-os szemterméshozamra határoztuk meg.

2. táblázat. A P-trágyázás hatása a mélyben karbonátos csernozjom réti talaj művelt rétegének P-ellátottságára (AL-P₂O₅ mg/kg)
(Szarvas 2001–2008, a tartamkísérlet 12–19. évei)

Év (1)	Kiadott P ₂ O ₅ (kg/ha) (1990–2008) (2)			
	P ₀ =0	P ₁ =1800	P ₂ =1500	P ₃ =3000
	AL-P ₂ O ₅ (mg/kg)			
2001	120	183	156	204
2002	120	176	195	339
2003	128	183	195	339
2004	139	198	222	362
2005	143	220	213	297
2006	150	217	186	282
2007	141	222	193	273
2008	118	181	158	269
Átlag (3)	132	198	190	296

Table 2. The effect of P fertilisation on the level of P supply (AL-P₂O₅ mg kg⁻¹) of the ploughed layer of the chernozem meadow soil with deep calcareous layer (Szarvas 2001–2008, 12th–19th years of the long-term experiment). (1) Year, (2) Applied P₂O₅ (kg ha⁻¹) (1990–2008), (3) Mean.

Eredmények és következtetések

A P-ellátottság hatása a szemtermésre

A P-trágyázás terméshozamra gyakorolt hatását a 3. táblázat alapján értékelhetjük.

3. táblázat. A P-ellátottság hatása a kukorica szemtermésére, szárazanyag (t/ha)
(Szarvas 2001–2008)

Év (1)	Szemtermés (t/ha) (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃		
2001	10,18	10,79	10,94	10,72	0,35	10,65
2002	6,05	6,39	6,73	6,49	0,31	6,41
2003	2,95	3,22	3,19	3,06	n. s.	3,10
2004	6,94	7,41	7,25	6,99	0,22	7,14
2005	9,61	10,67	10,65	10,32	0,41	10,31
2006	7,68	8,13	8,08	8,55	0,19	8,11
2007	5,28	5,77	5,73	5,65	0,36	5,60
2008	10,44	11,33	11,41	11,43	0,38	11,15
Átlag (4)	7,39	7,96	7,99	7,90	-	7,81

Megjegyzés: P-kezeléseket lásd a 2. táblázatban; n. s.: nem szignifikáns.

Table 3. The effect of the P supply level on the grain yield of maize, dry matter (t ha⁻¹) (Szarvas 2001–2008). (1) Year, (2) Grain yield (t ha⁻¹), (3) LSD_{5%}, (4) Mean. Note: P treatments are indicated in Table 2., n. s.: not significant.

A tartamkísérlet beállításakor (1989) a talaj művelt rétegének AL-P₂O₅-tartalma 156 mg/kg volt. A 2001 és 2008 közötti vizsgálati periódusban, a tartamkísérlet 12–19. éveiben P-trágyázás nélkül a P-ellátottság 120–150 mg/kg P₂O₅ között változott, átlagértéke 132 mg/kg P₂O₅ volt (2. táblázat). A 19 éves kísérleti időszak alatt az AL-oldható P-tartalom gyakorlatilag nem csökkent, értéke 120–158 mg/kg P₂O₅ között ingadozott, ami a talaj jó P-kapacitására utal. P-trágyázás nélkül a kukorica szemtermése viszonylag tág intervallumban változott (2,95–10,44 t/ha) az évjárat hatástól függően és átlagértéke 7,39 t/ha-t ért el a nyolc kísérleti év alatt. Az évenkénti 100 kg/ha P₂O₅ adagú P₁ trágyázási kezelésben (ahol a talaj P-ellátottsága 176–222 mg/kg AL-P₂O₅ volt) – a rendkívül száraz 2003. évet kivéve – a szemtermés minden évben szignifikánsan növekedett a P₀ (120–150 mg/kg P₂O₅) ellátottsági szinthez képest.

A 2001-ben ismételt 500 kg/ha P₂O₅ feltöltő trágyázás, melynek kumulált P-adagja 1500 kg/ha P₂O₅ (P₂) volt és közel azonos P-ellátottsági szintet (158–222 mg/kg AL-P₂O₅) képviselt, mint a 100 kg/ha/év P₂O₅ P-trágyázás – a terméshozamban nem eredményezett érdemi változást a P₁ kezeléshez képest. A legmagasabb P-ellátottsági szinten (P₃), ahol a 2001-ben elvégzett fel-

töltő trágyázás 1500 kg/ha P_2O_5 volt és a művelt réteg AL- P_2O_5 -tartalma 269–362 mg/kg között változott – a szemtermés a kísérleti évek átlagában gyakorlatilag megegyezett a P_1 és P_2 ellátottsági szinteken (158–222 mg/kg AL- P_2O_5) elért hozammal. Az évek többségében azonban tendencia jellegű szemtermés-hozam-csökkenés már kimutatható volt. Korábbi vizsgálataink (Izsáki 2008) is azt igazolták, hogy a kukorica szemtermésének maximumát csernozjom réti talajon 160–220 mg/kg AL- P_2O_5 ellátottsági szinten érte el. Hasonló eredményekről számolt be Kádár és Márton (2007), miszerint mészlepedékes csernozjom talajon a kukorica szemtermésének maximuma 150–200 mg/kg AL- P_2O_5 -ellátottsághoz kötődött.

P- és Cu-tápláltsági állapot, P/Cu arány

A P-ellátottság hatása a kukorica levél címerhányás kezdetén mért P-koncentrációjára a 4. táblázat adatai alapján tekinthető át.

4. táblázat. A P-ellátottság hatása a kukoricalevél P-koncentrációjára (%) a címerhányás kezdetekor
(Szarvas 2001–2008, címerhányás kezdete)

Év (1)	P-koncentráció (%)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃		
2001	0,34	0,35	0,35	0,35	n. s.	0,35
2002	0,28	0,30	0,30	0,32	0,02	0,30
2003	0,34	0,34	0,34	0,34	n. s.	0,34
2004	0,30	0,31	0,31	0,32	0,01	0,31
2005	0,27	0,28	0,29	0,29	n. s.	0,28
2006	0,30	0,33	0,31	0,34	0,02	0,32
2007	0,30	0,31	0,31	0,33	0,02	0,31
2008	0,24	0,26	0,25	0,26	0,02	0,25
Átlag (4)	0,29	0,31	0,30	0,31	-	0,30

Megjegyzés: P-kezeléseket lásd a 2. táblázatban; n. s.: nem szignifikáns.

Table 4. The effect of the P supply level on the P concentration of maize leaf (%) at the beginning of tasseling (Szarvas 2001–2008, beginning of tasseling). (1) Year, (2) P concentration (%), (3) LSD_{5%}, (4) Mean. Note: P treatments are indicated in Table 2., n. s.: not significant.

Minden kísérleti évben, de különösen a 2001-ben elvégzett feltöltő P-trágyázás után a talaj művelt rétegének P-ellátottságában jelentős különbségek mutatkoztak P-trágyázási szintenként (2. táblázat). A nyolc kísérleti évből azonban csak ötben lehetett kimutatni szignifikáns P-koncentráció-növekedést a kukoricalevéiben a jobb P-ellátottsággal összefüggésben. A kezelésenkénti átlag P-koncentrációt tekintve a P-trágyázás nélküli kezeléshez képest a P₁ és P₂ ellátottsági szintek (158–222 mg/kg AL-P₂O₅) négy évben eredményeztek megbízhatóan nagyobb P-koncentrációt. További érdemi P-tartalom növekedést a magasabb ellátottsági (P₃) szinten (269–362 mg/kg AL-P₂O₅) csak három évben tapasztaltunk.

A jobb P-ellátottság hatása kimutatható volt az évek többségében mind a terméshozam gyarapodásban, mind a levél P-koncentráció növekedésében. Ezek alapján vizsgáltuk az összefüggést a kukorica levél P-koncentrációja és a szemtermés között a P-tápláltság ellátottsági határértékének meghatározása céljából (1. ábra). A kielégítő P-ellátottsági határérték a szemtermés maximum (13 t/ha) 95%-os szintjén 0,23–0,31%, még a 10–14 t/ha-os hozamszinten 0,20–0,37% P-koncentráció a címerhányás kezdetén. Amikor a terméshozamot meghatározó tényezők nem voltak optimumban és a szemtermés 10 t/ha alatt volt a levél P-koncentrációja ugyancsak 0,20–0,37% között változott. Ugyanis egy-egy P-koncentráció értékhez jelentősen eltérő termésszintek tartozhatnak más terméslimitáló tényezők hatása miatt.

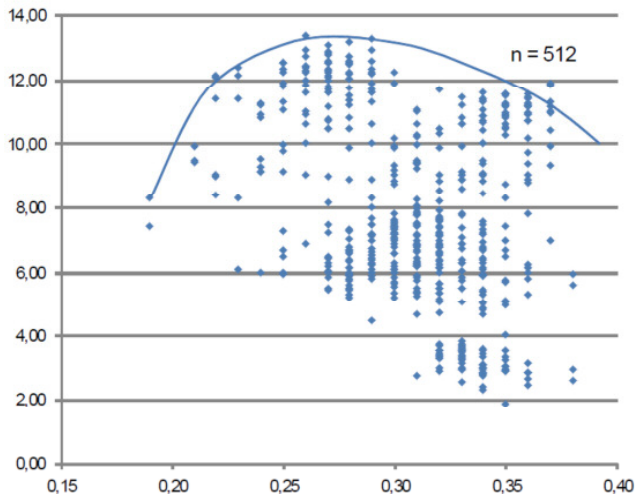
A P-koncentráció ponthalmazt burkoló görbe mentén elhelyezkedő értékek azt az esetet reprezentálják, amikor a termést befolyásoló tényezők optimumban vannak és a hozamot csak a P-koncentráció befolyásolja. A burkoló görbe alatt elhelyezkedő értékek esetében egyes termésmeghatározó tényezők nincsenek optimumban és a termésszint nemcsak a P-tápláltságtól függ. Minél nagyobb termésszintre határozzuk meg a tápelem-ellátottsági optimumot annál szűkebb annak intervalluma, és minél kisebb hozamra annál tágabb. Kísérleti körülményeink közel két évtized alatt sem tették lehetővé, hogy biztonsággal meg tudjuk határozni a hiányos és túlzott P-ellátottsági tartományt, ahol már jelentős terméscsökkenés mutatkozik.

A P-ellátottság hatását a kukoricalevél címerhányás kezdetekori Cu-koncentrációjára az 5. táblázat alapján értékelhetjük.

P-trágyázás nélkül a levél Cu-koncentrációja 3,8–8,8 mg/kg intervallumban változott és átlagértéke 6,8 mg/kg ért el. Külön vizsgálva a kedvezőbb vízellátottságú, 8 t/ha terméshozamot meghaladó éveket a Cu-tartalom 6,5 mg/kg volt,

ami érdeemben nem tért el a szárazabb, kisebb terméshozamú évek 7,1 mg/kg átlagos Cu-koncentráció értékétől. Az évenkénti 100 kg/ha adagú P-trágyázás a P_0 (120–150 mg/kg AL- P_2O_5) P-ellátottsági szinthez képest az évek többségében nem befolyásolta a levél Cu-tartalmát, s csak két évben volt kimutatható kismértékű, de szignifikáns Cu-koncentráció csökkenés. A P_2 -szinten 2001-ben végzett 500 kg/ha melioratív adagú P-műtrágyázás a feltöltést követő három évben váltott ki jelentősebb Cu-koncentráció hanyatlást. A legmagasabb P-ellátottsági szinten ($P_3=204\text{--}362$ mg/kg AL- P_2O_5) nyolc évből hat évben a kukoricalevél Cu-tartalma szignifikánsan csökkent a P-trágyázás nélküli kezeléshez képest. A növekvő P-ellátottságot kísérő P-Cu antagonizmus nagyobb gyakorisággal a 190 mg/kg AL- P_2O_5 szinttől érvényesült, de a 160–360 mg/kg AL- P_2O_5 ellátottsági intervallumban és a művelt talajréteg jó (5–6 mg/kg Cu) Cu-ellátottságánál a kukorica Cu-tápláltságának csökkenése termésdepressziót nem váltott ki.

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



Megjegyzés: vízszintes tengely – P-koncentráció (%), függőleges tengely – szemtermés (t/ha).

Figure 1. Correlation between the P concentration of the maize leaf at the beginning of tasseling and grain yield (Szarvas 2001–2008). Note: horizontal axis – P concentration (%), vertical axis – grain yield (t ha⁻¹).

5. táblázat. A P-ellátottság hatása a kukoricalevél Cu-koncentrációjára (mg/kg) a címerhányás kezdetekor (Szarvas 2001–2008)

Év (1)	Cu-koncentráció (mg/kg) (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃		
2001	3,8	3,9	3,4	3,2	0,4	3,5
2002	5,9	5,8	4,7	3,5	0,7	4,9
2003	7,9	7,8	6,9	7,0	0,6	7,4
2004	6,1	5,5	5,4	5,6	0,2	5,6
2005	7,5	7,7	7,7	7,4	n. s.	7,5
2006	8,0	8,0	7,4	7,3	0,7	7,6
2007	8,8	8,2	9,0	9,0	n. s.	8,7
2008	6,8	6,1	6,1	6,3	0,4	6,3
Átlag (4)	6,8	6,6	6,3	6,1	-	6,4

Megjegyzés: P-kezeléseket lásd a 2. táblázatban; n. s.: nem szignifikáns.

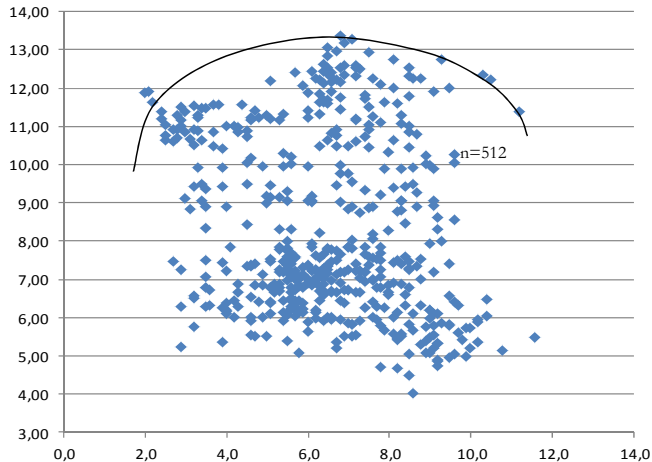
Table 5. The effect of P supply on the Cu concentration (mg kg⁻¹) of the maize leaf at the beginning of tasseling (Szarvas 2001–2008). (1) Year, (2) Cu concentration (mg kg⁻¹), (3) LSD_{5%}, (4) Mean. Note: P treatments are indicated in Table 2., n. s.: not significant.

A kukoricalevél címerhányás kezdetén mért Cu-koncentrációja és a szemtermés közötti összefüggés alapján a kielégítő Cu-koncentráció a termésmaximum 95%-án 4–11 mg/kg Cu, míg a 10–14 t/ha hozamszinten 2–11 mg/kg Cu (2. ábra).

A nyolc kísérleti évből kiemelendő a 2001-es év, amikor a kukoricalevél P-koncentrációja a legnagyobb (0,35%) volt, és a kezelések között szignifikáns különbség nem mutatkozott. Ebben az évben a levél Cu-koncentrációja a legkisebb volt, 2–5 mg/kg között változott. Ez a Cu-tápláltsági intervallum Jones (1967), Bergmann és Neubert (1976), Kádár (1992), Reuter és Robinson (1997) szerint már a gyenge Cu-ellátottságnak felel meg. Kísérletünkben ugyanakkor a 2–5 mg/kg Cu ellátottsági értékhez 11–12 t/ha száraz szemtermés kötődött. Ezek az eredmények azt igazolják, hogy a nagy termőképességű kukorica hibridek kielégítő Cu-tápláltságát jellemző levél Cu-koncentráció alsó határérték kisebb lehet.

A kukoricalevél P/Cu arányának változását a P-ellátottságtól függően a 6. táblázat mutatja.

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



Megjegyzés: vízszintes tengely – Cu-koncentráció (%), függőleges tengely – szemtermés (t/ha).

Figure 2. Correlation between the Cu concentration of the maize leaf at the beginning of tasseling and grain yield (Szarvas 2001–2008). Note: horizontal axis – Cu concentration (mg kg⁻¹), vertical axis – grain yield (t ha⁻¹).

A nyolc kísérleti évből hét éves (2002–2008) ciklust külön értékelve megállapítható, hogy P-trágyázás nélkül a 8 t/ha-nál nagyobb terméshozamú években a levél P/Cu aránya 350–375, míg a kisebb hozamszintű években 340–490 között változott. A P-trágyázott kezeléseket is figyelembe véve ugyancsak kitűnik, hogy nagy terméshozamú években a P/Cu arány szűkebb (370–410), mint kisebb (8 t/ha alatti) termést adó években (360–910). A kísérletekben kimutatott P/Cu antagonizmusból eredően a növekvő P-ellátottságot a P/Cu arány túlgulása jellemezte, olyan tendenciában és mértékben, mint ahogy a P-ellátottság befolyásolta a levél Cu-koncentrációjának csökkenését.

A kukoricalevél címerhányás kezdetén mért P/Cu aránya és a szemtermés közötti összefüggés alapján a kielégítő P/Cu arány a nyolc kísérleti évből hét évben (2002–2008) a termésmaximum 95%-án 275–460, még 10–14 t/ha-os hozamszinten 250–550. Ezek a P/Cu arány értékek megegyeznek a korábban publikált kielégítő P- és Cu-tápláltságot jellemző 200–500 közötti P/Cu aránnyal (3. ábra).

6. táblázat. A P-ellátottság hatása a kukoricalevél P/Cu arányára
a címerhányás kezdetekor
(Szarvas 2001–2008)

Év (1)	P/Cu arány (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃		
2001	895	897	1029	1093	145	978
2002	474	517	638	914	67	635
2003	430	435	492	485	57	460
2004	491	563	574	571	30	549
2005	360	363	376	392	n. s.	372
2006	375	412	418	465	49	412
2007	340	378	344	366	n. s.	357
2008	352	426	410	413	34	400
Átlag (4)	465	498	535	587	-	521

Megjegyzés: P-kezeléseket lásd a 2. táblázatban; n. s.: nem szignifikáns.

Table 6. The effect of supply on the P/Cu ratio of the maize leaf at the beginning of tasseling (Szarvas 2001–2008). (1) Year, (2) P/Cu ratio, (3) LSD_{5%}, (4) Mean. Note: P treatments are indicated in Table 2., n. s.: not significant.

A 2001-es kísérleti évet a nagy terméshozam, a kukoricalevél magas P-, de alacsony Cu-koncentrációja jellemezte. Ebből eredően a P/Cu arány igen tág volt, 895–1093 között változott. Az eredmények azt igazolják, hogy a kukoricalevél címerhányás kezdetekori 900–1100 P/Cu aránya nem okozhatott termés-depresszióval együtt járó jelentős relatív Cu-hiányt, mert a terméshozam 11–12 t/ha szintet ért el.

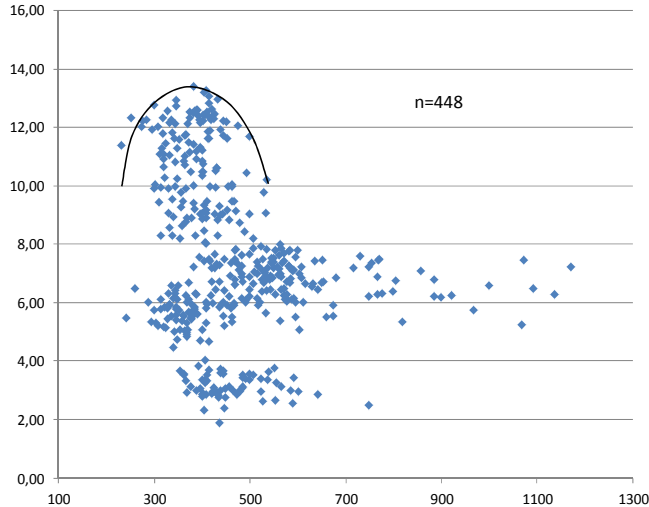
Következtetések

A kukorica tápláltsági állapotának nyolc éves vizsgálata lehetővé tette, hogy különböző terméshozamú évek alapján elemezzük a tápláltsági állapot és a terméshozam közötti összefüggést, és meghatározzunk termésszinteket jellemző tápelem-koncentráció és tápelem-arány határértékeket.

- A 10–14 t/ha termésszint kielégítő P-koncentrációja - vizsgálataink szerint - 0,20–0,37% a címerhányás kezdetén, mely jó egyezőséget mutat a nemzetközi szakirodalomban közölt értékekkel.

- A fenti termésszintet jellemző kielégítő Cu-koncentráció kísérleteinkben 2–11 mg/kg Cu. A nagy terméshozamhoz kötődő Cu-tápláltság alsó határa (2–5 mg/kg Cu) kísérleti eredményeink szerint kisebb, mint a szakirodalomban közölt értékek.
- A növekvő P-ellátottságot kísérő P-Cu antagonizmus nagyobb gyakorisággal a talaj 190 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági szintjétől érvényesült, de a 160–360 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági intervallumban a talaj jó Cu-ellátottságnál a Cu mérsékeltebb beépülése termésnövekedést nem váltott ki.
- A kukorica címerhányás kezdetekori kielégítő P/Cu aránya nyolc évből hét évben 10–14 t/ha hozamszinten 250–550, mely egybeesik a nemzetközi szakirodalomban publikált értékekkel. Azonban kísérleti eredményeink azt igazolták, hogy nagy terméshozamot 900–1100 P/Cu aránynál is el lehet érni.

3. ábra. Kapcsolat a kukoricalevél címerhányás kezdetekori P/Cu aránya és a szemtermés között (Szarvas 2002–2008)



Megjegyzés: vízszintes tengely – P/Cu arány, függőleges tengely – szemtermés (t/ha).

Figure 3. Correlation between the P/Cu ratio of the maize leaf at the beginning of tasseling and grain yield (Szarvas 2001–2008). Note: horizontal axis – P/Cu ratio, vertical axis – grain yield (t ha⁻¹).

Köszönetnyilvánítás

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

IRODALOM

- Awan, Z. I.–Abbasi, M. K.*: 2000. Interactive effect of phosphorus and copper on maize growth. *Pakistan J. Agric. Res.* 16. 2: 105–108.
- Banaj, D.–Kovacevic, V.–Simic, D.–Seput, M.–Stojic, B.*: 2006. Phosphorus impacts on yield and nutritional status of maize. *Cereal. Res. Commun.* 34: 393–396.
- Bergmann, W.*: 1979. Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bergmann, W.–Neubert, P.*: 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fisher Verlag. Jena.
- Clark, R. B.*: 1983. Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation, and use of mineral elements required for plant growth. *Plant and Soil.* 175–196.
- Elek É.–Kádár I.*: 1980. Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Izsáki Z.*: 2008. Hatások és kölcsönhatások vizsgálata NPK műtrágyázási tartamkísérletben kukorica (*Zea mays* L.) jelzőnövényvel. *Növénytermelés.* 57. 3: 275–289.
- Izsáki Z.*: 2011/a. A kukorica P-tápláltsága és a foszfor-cink kölcsönhatása műtrágyázási tartamkísérletben csernozjom réti talajon. *Agrokémia és Talajtan.* 61. 1: 147–160.
- Izsáki Z.*: 2011/b. A N-trágyázás hatása a kukoricalevél tápelem-koncentrációjára és a tápelemek közötti kölcsönhatásokra. *Növénytermelés.* 60. 4: 63–68.
- Jones, J. B.*: 1967. Integration of plant analysis for several agronomic crops. [In: Dunauer, R. C. (ed.) *Soil testing and plant analysis. Part II. Plant analysis.*] Madison. Wisc. SSSA. 49–58.
- Kádár I.*: 1991. Környezet és természetvédelmi kutatások. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Kádár I.*: 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszere. Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete. Budapest.
- Kádár I.–Turán T.*: 2002. P-Zn kölcsönhatás mészlepedékes csernozjom talajon kukorica monokultúrában. *Agrokémia és Talajtan.* 51: 381–394.
- Kádár I.–Márton L.*: 2007. Búza utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1969–2004 között. *Növénytermelés.* 56: 147–159.
- Loch J.–Nosticzius Á.*: 1992. Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- MÉM NAK*: 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszertanja. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.

- MÉM NAK*: 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Murphy, L. S.-Ellis, R. Jr.-Adriano, D. C.*: 1981. Phosphorus-micronutrient interaction effect on crop production. *Journal of Plant Nutrition*. 3: 593-613.
- Nagy J.*: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Reuter, D. J.-Robinson, J. B.*: 1997. *Plant Analysis: An Interaction Manual*. CSIRO. Australia.
- Xie, W. J.-Wang, H. Y.-Xia, J. B.-Yao, Z. G.*: 2011. Influence of N, and K application on *Zea mays* L. growth and Cu and Pb accumulation. *Plant Soil. Environ.* 57. 3: 128-134.

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

A kálium és bór közötti kölcsönhatások vizsgálata kukoricában

KÁDÁR IMRE–CSATHÓ PÉTER

MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA ATK TAKI Nagyhorcsók Kísérleti Telepén vizsgáltuk a kálium és a bór elemek közötti kölcsönhatásokat 1989-ben, a kísérlet 2. évében kukorica jelzőnövénnyel. Alaptrágyázás 100 kg/ha N és 100 kg/ha P_2O_5 volt. A K-szinteket 0, 1000, 2000 kg/ha K_2O feltöltő adaggal, a B-szinteket 0, 20, 40, 60 kg/ha adaggal állítottuk be 1987 őszen, lucerna elővetemény után. A műtrágyákat pétisó, szuperfoszfát 60%-os KCl és 11%-os bórax formában alkalmaztuk. Főparcellaként a 3 K-szint, alapparcellaként a 4 B-szint szolgált 12 kezeléssel és 3 ismétlésben, 36 parcellával, osztott parcellás (split-plot) elrendezésben.

A termőhely szántott rétege 5% körüli $CaCO_3$ -ot, 3% humuszt, 20–22% agyagot tartalmazott. A talaj eredetileg N, Ca, Mg, Mn elemekkel jól, K-mal közepesen, P és Zn elemekkel viszonylag gyengén ellátottnak minősült. A talajvíz 13–15 m mélyen helyezkedik el, a termőhely aszályérzékeny. A kukorica közel 6 hónapos tenyészideje alatt 266 mm csapadékot kapott, az 1 m talajréteg további 160–180 mm hasznosítható vízkészlettel rendelkezhetett a vetés idején. A szeptember csapadékmentes volt, mely körülmény gyorsította a kukorica érését, leszáradását és terméslimitáló tényezővé vált. Főbb megállapítások, eredmények:

1. A 2 évvel korábban adott 60 kg/ha B-terhelés nyomán átlagosan 1/3-ával csökkent a 4–6 leveles korú kukorica hajtásának, illetve 1,5 t/ha mennyiséggel az aratáskori szem és szár termésének tömege. A B-toxicitást az egyes terméselemek (csövenkénti szemszám és szemtömeg) is tükrözték. A meddő csövek aránya is igazolhatóan nőtt 1,6%-ról 5,6%-ra.
2. A B-tartalom átlagosan 3-szorosára dúsult szennyezett talajon az aratáskori szem és szár termésében, 7-szeresére a virágzáskori levélben, illetve közel 8-szorosára a 4–

6 leveles hajtásban. Igazolt termésnövekedés akkor következett be, amikor a B koncentrációja a 4–6 leveles hajtásban elérte a 70–80 mg/kg, a levélben virágzáskor a 100 mg/kg határértéket. Az aratáskori szem ugyanitt 10 feletti, míg a szár 15–20 mg/kg közötti B-tartalmakat mutatott.

3. A 2 évvel korábban adott 1–2 t/ha K_2O feltöltés átlagosan 0,5 t/ha szemterméstöbbletet eredményezett ezen a K-mal jó-közepesen ellátott vályogtalajon és részben el-lensúlyozta a B-toxicitást. A megnövelt K-ellátás nyomán emelkedett a növényi részek K-tartalma és ezzel párhuzamosan mérséklődött a beépült Ca és Mg kationok mennyisége.
4. A közepes 6,9 t/ha átlagos szemtermés a hozzátartozó 4,4 t/ha szárterméssel 160 kg N, 85 kg K, 18 kg Ca, 26 kg P és 14 kg Mg elemet épített testébe. Adataink iránymu-tatóul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanács-adásban.
5. Az ammóniumlaktát+ecetsavas oldható AL-K mennyisége 2,5-szeresére nőtt a szán-tott rétegben a maximális K-feltöltéssel a kísérlet 2. évében. A forróvízoldható B-tartalom ugyanitt közel a 7-szeresére dúsult. A mélyebb 20–40, illetve 40–60 cm rétegekben a dúsulás nem volt igazolható.

Kulcsszavak: kálium, bór, kölcsönhatások, kukorica, talaj-és növényelemzés

Examination of the interactions between potassium and boron in maize

I. KÁDÁR–P. CSATHÓ

HAS Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry, Budapest

Summary

The interactions between potassium and boron were examined on loamy soil in the Nagyhorcsók Experimental Site of the HAS RISSAC in the second experimental year in 1989 with maize as indicator crop. The amount of basic fertilisation was 100 kg ha⁻¹ N and 100 kg ha⁻¹ P₂O₅. K levels were adjusted with build-up doses of 0, 1000, 2000 kg ha⁻¹ K₂O, while the B doses were 0, 20, 40, 60 kg ha⁻¹ in the autumn of 1987 after alfalfa green crop. Fertilisers were applied in the form of CAN, superphosphate, 60% KCl and

11% borax. The three K levels served as main plots and the four B levels were the basic plots with 12 treatments, three replications and 36 plots in a split-plot design.

The ploughed layer of the production site contains around 5% CaCO₃, 3% humus and 20–22% clay. Originally, the soil was well endowed with N, Ca, Mg and Mn, moderately supplied with K and relatively weak in P and Zn. The groundwater level is 13–15 m and the production site is drought sensitive. There was 266 mm rainfall over the nearly 6 month long growing season of maize and the 1 m soil layer probably contained 160–180 mm more available water stock at the time of sowing. There was no precipitation in September which accelerated the ripening process and drying off of maize, resulting in yield limitation. Main conclusions and results:

1. As a result of the 60 kg ha⁻¹ B dose applied two years before, the maize shoot mass of at the 4–6 leaf stage decreased by one third, while the grain and stem yield at harvest reduced by 1.5 t ha⁻¹ on average. B toxicity was also reflected by each yield element (grain number per ear and grain weight). The number of infertile ears also significantly increased from 1.6% to 5.6%.
2. On average, the B content of the grain and stem yield became three times higher on the fertilised soil, 7 times higher in the leaf at the silking stage and nearly 8 times higher in the shoot at the 4–6 leaf stage. There was a significant yield decrease when the B concentration of the 4–6-leaf shoot reached the 70–80 mg kg⁻¹ level and that of the leaf reached the 100 mg kg⁻¹ level at the silking stage. At the same time, the B content of the grain at harvest was above 10 mg kg⁻¹ and that of the stem was between 15–20 mg kg⁻¹.
3. The 1–2 t ha⁻¹ K₂O refill 2 years before resulted in a 0.5 t ha⁻¹ grain yield surplus on average on an loamy soil well-moderately supplied with potassium and it partially counterbalanced B toxicity. As a result of the increased potassium supply, the K content of the vegetable parts increased and the amount of incorporated Ca and Mg cations decreased at the same time.
4. The average 6.9 t ha⁻¹ grain yield incorporated 160 kg N, 85 kg K, 18 kg Ca, 26 kg P and 14 kg Mg with the associated 4.4 t ha⁻¹ stem yield. Our data could serve as a guideline of technical advice when calculating the element content of the planned yield.
5. The quantity of ammonium lactate+acetic acid soluble AL-K increased 2.5 times in the ploughed layer with the highest build-up K dose in the second experimental year. The hot water soluble B content increased nearly 7 times as a result of the 60 kg ha⁻¹ B dose applied. There was no significant increase in the deeper, 20–40 and 40–60 cm layers.

Key words: potassium, boron, interactions, maize, soil and plant analysis

Исследование взаимовлияний калия и бора в кукурузе

И. КАДАР–П. ЧАТО

Исследовательский Институт Почвоведения и Агрохимии Венгерской Академии Наук,
Будапешт

Резюме

На чернозёмной суглинистой почве с известковым налётом, на Опытном участке Надхёрчёк Исследовательского Института Почвоведения и Агрохимии Венгерской Академии Наук исследовали взаимные влияния калия и бора в 1989 году, во втором году опыта с растением-индикатором кукурузой. Основное удобрение было 100 kg/ha N и 100 kg/ha P₂O₅. Установили уровни K дозами 0, 1000, 2000 kg/ha K₂O, а уровни B установили дозами 0, 20, 40, 60 kg/ha осенью 1987 года, после предшественника люцерны. Искусственные удобрения применяли азотное удобрение в форме петишо (pétisó), суперфосфат 60%-ым KCl и 11%-ым бура (bórax). Главными участками 3 уровня K, основными участками 4 уровня B служили с 12 обработками и в 3 повторениях, с 36 участками, в разделённом участками (split-plot) расположении.

Вспаханный слой места выращивания содержал около 5% CaCO₃, гумус 3%, 20–22% глины. Почва первоначально была квалифицирована обеспеченной элементами N, Ca, Mg, Mn хорошо, элементом K средне, элементами P и Zn обеспечена относительно слабо. Почвенная вода расположена на глубине 13–15 m, место выращивания чувствительно к засухе. За почти 6-месячный вегетационный период кукуруза получила 266 mm осадков, 1-метровый слой почвы ещё располагал 160–180 mm потенциальным запасом воды во время посева. Сентябрь месяц был без осадков, это обстоятельство ускорило созревание кукурузы, её высыхание и стало фактором ограничения урожая. Главные выводы, результаты:

1. В результате внесённых 2 года назад обработок B 60 kg/ha уменьшилась на 1/3 масса побегов кукурузы возраста 4–6 листьев, и на 1,5 t/ha уменьшилось количество массы урожая зерна и стебля во время уборки. Токсикацию B отдельные элементы урожая (число зёрен по початкам и масса зерна) также отражали. Доля бесплодных початков также доказуемо выросла с 1,6% до 5,6%-ов.
2. Содержание B в среднем в 3 раза увеличилось на обработанной почве в урожае зерна и стебля во время уборки, в 7 раз в листе во время цветения, и почти в 8 раз в побегах возраста 4–6 листьев. Доказуемое уменьшение урожая тогда наступило, когда концентрация B в побегах 4–6 листьев достигла 70–80 mg/kg, а в

листе во время цветения достигло величины 100 mg/kg. Содержание В собранного зерна там же при уборке было больше 10 mg/kg, а стебель содержал В в пределах 15–20 mg/kg.

3. Два года назад внесённое окучиванием 1–2 t/ha K_2O в среднем дало увеличение урожая зерна на 0,5 t/ha на этой хорошо-средне обеспеченной К-ем глиняной почве и частично сбалансировало В-токсикацию. Вслед за увеличенной обеспечённостью К выросло содержание К частей растения и параллельно с этим уменьшилось количество встроенных катионов Са и Mg.
4. Средний 6,9 t/ha урожай зерна вместе с относящимся к нему 4,4 t/ha урожаем стебля встроил в себя 160 kg N, 85 kg K, 18 kg Ca, 26 kg P и 14 kg Mg элементов. Наши данные могут послужить показателями в консультировании при вычислении потребности в элементах планированного урожая.
5. Растворимое количество аммонийлактат+уксусная кислота AL-K выросло в 2,5 раза во вспаханном слое с максимальным окучиванием К во втором году опыта. Содержание растворимого в кипящей воде В там же почти в 7 раз обогатилось в результате доз 60 kg/ha В. В более глубоких 20–40, и 40–60 см слоях увеличение не было доказано.

Ключевые слова: калий, бор, взаимовлияния, кукуруза, анализ почвы и анализ растения

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A kukoricával foglalkozó legújabb hazai agronómiai irodalom gazdag és sokoldalú. A vetésváltás és monokultúra problémáit, ill. a kukorica termésére ható tényezők szerepét és egymásra hatását, mint az öntözés, trágyázás, tőszám stb. a közelmúltban *Ruzsányi* (1974), *Győrffy* (1975, 1976), *Nagy* (1995, 2007), *Németh* (1996) és sokan mások vizsgálták. A szabadföldi műtrágyázási kísérletek eredményei szerint, ami a makroelemeket illeti, a kukorica N és K igényét kell kiemelni. Szinte minden talajon számíthatunk N-hatásokra, valamint a káliummal gyengén vagy közepesen ellátott, főként a laza talajú termőhelyeken K-hatásokra. Különösen megnőhet a trágyaigény a monokultúrás termesztésben. A P-hatások viszont általában mérsékeltek, csak a P-szegény talajon jelentkeztek (*Lásztity* 1974, *Sarkadi* 1975, *Kadlicskó* és *Krisztián* 1977, *Holló* 1993, *Csathó* 1997).

Ami a mikroelemeket illeti, szabatos vizsgálatokkal szinte alig rendelkezünk. Az 1970-es évek közepén tapasztaltuk azonban, hogy a foszforral jól el-

látott „feltöltött” karbonátos talajon, ahol az oldható Zn-készlet egyébként is alacsony és a növényi részek Zn-tartalma a kielégítő ellátottság alsó harmadában található, az őszi búza szerveinek Zn-koncentrációja akár a felére is lecsökkenhet (*Elek és Kádár 1975*). Ugyanebben a szabadföldi kísérletben a Zn-érzékeny kukorica már termésnövekedéssel reagált a P-indukálta Zn-hiányra (*Kádár és Elek 1977, Kádár és Lásztity 1979*).

Előző közleményünk átfogóan taglalta a bór szerepét és mozgását a talaj–növény rendszerben (*Kádár 2011*). Irodalmi áttekintésünk kitért a főbb tápelemek, mint a nitrogén, foszfor és a kálium, valamint a talajtulajdonságok növényi B-felvételt befolyásoló szerepére. Megállapítottuk, hogy a B-terheléssel szemben ellenállóbbnak tekinthetők a B-igényes olajnövények, némely pillangósok és kapásnövények, különösen a kötöttebb, meszes, humuszos talajokon. A kálium és a bór elemek közötti kölcsönhatásokat szabadföldön napraforgó kísérletben vizsgáltuk 1988-ban. A mészlepedékes vályog csernozjom talajon kapott első éves eredmények alapján az alábbi főbb megállapításokat tettük (*Kádár 2011*):

1. Betakarítás idején a ha-kénti tőszám 34 ezerről 23 ezerre csökkent igazolhatóan a B-terhelés nyomán a K-kontroll parcellákon. A tőszámcsökkenés nagyobb tényezőket, ezerkasztömeget és tányéronkénti kasztömeget indukálva terméskiegyenlítődést eredményezett. A K-mal feltöltött parcellákon a B ilyen irányú negatív hatása elmaradt. A kaszat 2,1 t/ha, a szár szintén 2,1 t/ha, a tányér 1,3 t/ha, az összes légszáraz földfeletti biomassza tömege 5,5 t/ha mennyiséget tett ki.
2. A B-trágyázás igazolhatóan növelte a napraforgó szerveinek B-tartalmát, míg a K-trágyázás igazolhatóan vagy tendencia jelleggel mérsékelte. Az aratás kori tányérban halmozódott fel a legtöbb B 69 mg/kg átlagos koncentrációban, mely a szár és a kaszat átlagos B-készletét mintegy 3-szorosan múlta felül. A K-trágyázással a növényben mért K-tartalom érdemben nem módosult.

A továbbiakban rátérünk a kálium és a bór elemek közötti kölcsönhatásokat vizsgáló szabadföldi tartamkísérletünk 2. évének bemutatására. A kísérlet 1988–2004. között folyt, 17 éven át mészlepedékes csernozjom talajon, az MTA ATK TAKI Nagyhorcsök Kísérleti Telepén. A növényváltás napraforgó, kukorica, tavaszi repce, lucerna (4 éven át), szemescirok, búza, bab, mák, őszi árpa, tritikále és koronafürt (4 éven át) növényfajokat foglalta magában. A növények termésének meghatározásán túl rendszeresen mértük a növényi szervek és a

kísérleti parcellák talajainak elemösszetételét is. Megemlítjük, hogy az alkalmazott K és B trágyaadagok (terhelési szintek) sokszorososan meghaladják a gyakorlatban alkalmazott mennyiségeket abból a célból, hogy a kölcsönhatások szabatosan feltárhatók, illetve a toxicitási határkoncentrációk becsülhetőek legyenek.

Anyag és módszer

A K×B kölcsönhatásokat vizsgáló kéttényezős kísérletet 1987 őszén állítottuk be az MTA ATK TAKI nagyhorcsöki kísérleti telepén. A kísérlet talaja löszön képződött karbonátos csernozjom, mintegy 5% CaCO₃-ot és 3% humuszt tartalmaz a szántott rétegben. A pH(KCl)=7,3; az AL-P₂O₅ 60–80 mg/kg, AL-K₂O 140–160 mg/kg, KCl-Mg 150–180 mg/kg, az EDTA-Mn 80–150 mg/kg, az EDTA-Cu 2–3 mg/kg, EDTA-Zn 1–2 mg/kg értékekkel jellemezhetőek. A *MÉM NAK* (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj igen jó Mn-, kielégítő Mg- és Cu-, közepes N- és K-, valamint gyenge P- és Zn- ellátottságáról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. Éghajlata az Alföldéhez hasonlóan szárazságra hajló, átlagos középhőmérséklete 11 °C, éves átlagos csapadékösszege 576 mm.

A kísérlet osztott parcellás (split-plot) elrendezésű 3K×4B=12 kezeléssel és 3 ismétléssel, összesen 36 parcellával. A parcellák mérete 4,9×15=73,5 m².

1. tényező (főparcellák):

K₀=kontroll

K₁=1000 kg/ha K₂O 1987 őszén kiadva

K₂=2000 kg/ha K₂O 1987 őszén kiadva

2. tényező (alparcellák):

B₀=kontroll

B₁=20 kg/ha B 1988 tavaszán kiadva

B₂=40 kg/ha B 1988 tavaszán kiadva

B₃=60 kg/ha B 1988 tavaszán kiadva

Az alaptrágyázás minden évben 100 kg/ha N és 100 kg/ha P₂O₅ volt 25%-os pétisó és 18%-os szuperfoszfát formájában. A kísérlet beállításakor 1987 őszén adtuk ki egyszeri jelleggel K-trágyaként a 60%-os KCl-ot, valamint 1988 tavaszán B-trágyaként a 11,3% B-tartalmú bóraxot. Az évenkénti N-trágyát megosztva, tehát felét ősszel felét tavasszal szórtuk ki. A Pi 3732 kukorica hibrid vetésére 1989. április 25-én került sor kézi vetőpuskával 70×20 cm kötésben, 6–7 cm mélyen, 40 kg/ha vetőmagnorma felhasználásával. A főbb agrotechnikai műveleteket és megfigyeléseket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. *Agrotechnikai műveletek és megfigyelések a K×B kukorica kísérletben (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld, 1989)*

Műveletek megnevezése (1)	Időpont (2)	Módszertani megjegyzések (3)
Őszi műtrágyázás (N, P) (4)	1988.12.17.	Parcellánként kézzel (24)
Egyirányú szántás (5)	1988.12.17.	MTZ-80+Lajta eke (25)
Szántás elmunkálása (6)	1989.03.10.	MTZ-50+nehéz fogas (26)
Tavaszi N-műtrágyázás (7)	1989.03.10.	Parcellánként kézzel (24)
Műtrágya bedolgozása (8)	1989.03.10.	MTZ-50+XT tárcsa (27)
Gyomirtó permetezés (9)	1989.04.24.	MTZ-50+Novor+Malorán (28)
Vetőágykészítés (10)	1989.04.25.	MTZ-50+XT tárcsa (27)
Kézi vetés (Pi 3732) (11)	1989.04.25.	Parcellánként vetőpuskával (29)
Bonítálás 4–6 leveles korban (12)	1989.06.07.	Parcellánként 1–5 skálán (30)
Növénymitavétel gyökérrel (13)	1989.06.07.	Parcellánként 20–20 db. növény (31)
Egyelés, kapálás (14)	1989.06.08.	Parcellánként kézzel (24)
Bonítálás címerhányáskor (15)	1989.07.27.	Parcellánként 1–5 skálán (30)
Levélmintavétel, cső alatti (16)	1989.07.27.	Parcellánként 20–20 db. levél (32)
Bonítálás aratás előtt (17)	1989.10.16.	Parcellánként 1–5 skálán (30)
Tőszámlálás aratás előtt (18)	1989.10.16.	Parcellánként 4 sor×6 fm=16,8 m ² (33)
Mintakévévétel (19)	1989.10.17.	Parcellánként 10–10 db. tő (34)
Kézi törés, betakarítás (20)	1989.10.17.	Parcellánként 2,8×6 =16,8 m ² (35)
Mintakévek feldolgozása (21)	1990.01.10.	Parcellánként átlagminták (36)
Ezerszemszámlálás (22)	1990.01.11.	Parcellánként 4×500 szem (37)
Minták őrlése analízisre (23)	1990.01.12.	Parcellánként átlagminták (36)

Megjegyzés: Vetés 5–7 cm mélyre 70×20 cm kötésben 20 kg/ha vetőmagnormával.

Table 1. Agrotechnical operations and observations in the K×B maize experiment in 1989 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsök, Mezőföld). (1) Autumn fertilisation (N, P), (2) Unidirectional ploughing, (3) Finishing ploughing, (4) Spring N fertilisation, (5) Incorporation of fertiliser, (6) Applying herbicides, (7) Seedbed preparation, (8) Manual sowing (Pi 3732), (9) Classification at the 4–6 leaf stage, (10) Crop sampling with roots, (11) Thinning out, hoeing, (12) Classification at tasseling, (13) Leaf sampling below the ear, (14) Classification before harvesting, (15) Stem counting before harvesting, (16) Sheaf sampling, (17) Manual snapping, harvesting, (18) Processing the sample sheaves, (19) Thousand grain counting, (20) Grinding the samples for analysis, (21) Manually per plot, (22) MTZ-80+Lajta plough, (23) MTZ-50+heavy spike-tooth harrow, (24) MTZ-50+XT disc, (25) MTZ-50+Novor+Malorán, (26) With a sowing gun per plot, (27) On a scale from 1 to 5 per plot, (28) 20 crops per plot, (29) 20 leaves per plot, (30) 4 rows×6 running meters=16.8 m² per plot, (31) 10 stems per plot, (32) 2,8×6 =16,8 m² per plot, (33) Mean samples per plot, (34) 4×500 grains per plot. Note: Sowing at 5–7 cm depth (70×20 cm) using 20 kg ha⁻¹ sowing seed.

A fejlődő állományt parcellánként bonitáltuk 1–5 skálán 4–6 leveles korban, virágzás kezdetén és betakarításkor. A 4–6 leveles korban parcellánként 20–20 gyökeres növényt vettünk mintaként. A gyökereket alaposan megtisztítottuk a talajtól, portalanítottuk, majd egy gyors csapvizes lemosás után 40–50 °C-on szárítottuk, elválasztva a hajtástól. Virágzás kezdetén parcellánként 20–20 db cső alatti levelet gyűjtöttünk analitikai elemzésre. Betakarításkor parcellánként 20–20 tövet vágunk ki mintakéve gyanánt a fő-és melléktermés tömegének és összetételének megállapítására.

A betakarítást követően parcellánként 20–20 pontból átlagmintákat vettünk a szántott talajrétegből. A talajmintákat szintén 40–50 °C-on szárítottuk, majd homogenizáltuk analízisre előkészítve. A talajok alapvizsgálati jellemzőit *Baranyai et al.* (1987), illetve a *MÉM NAK* (1978) által ismertetett eljárásokkal vizsgáltuk. Az ammóniumlaktát+ecetsav oldható PK tartalmakat *Egner et al.* (1960), a humuszt *Tyurin* (1937) módszere szerint határoztuk meg. A N mérése *Kjeldahl* (1891) szerint (módosítva ISO 1995), míg az NH_4 -acetát+EDTA oldható elemeket *Lakanen és Erviö* (1971) módszerével vizsgáltuk a kísérlet egyes éveiben. A növényeket a hagyományos $\text{cc.H}_2\text{SO}_4$ + $\text{cc.H}_2\text{O}_2$ roncsolást követően elemeztük a B kivételével. A B vizsgálatát talajban és a növényekben az azomethine-H módszerével végeztük *Sippola és Erviö* (1977), illetve *Sillanpää* (1982) leírása alapján. A forróvíz-oldható B tartalmakat *Gupta* (1967) módszerével határoztuk meg.

Ami a kukorica vízellátottságát illeti, megkíséreljük a terület vízforgalmát megbecsülni. Az elővetemény napraforgó a gyökérjárta 1 m réteget kiszárította. Betakarítása 1988. szeptember 23-án történt. A kukorica vetésére 7 hónappal később 1989. április 25-én került sor. A 7 hónap alatt, október és április között, 207 mm eső hullott. Az adott vályogtalaj 1 m rétegének szabadföldi vízkapacitása (VKsz) 310 mm, holtvíztartalma 140 mm (HV), amikor a hervadás-pont jelentkezik. A hasznosítható vagy diszponibilis vízkészlet (DV) tehát 160–180 mm körüli lehet *Győri és Ihász* (1968), illetve *Rajkai* (2011) szerint.

A 7 hónap alatt az ugarolt talajra hullott 207 mm esővel a szabadföldi vízkapacitás feltöltődhetett, a hasznosítható vízkészlet pótlódott. A többlet 30–40 mm csapadék a felszínről elfolyhatott, a talajterületről elpárologhatott (talajpárologás), illetve részben az 1 m alatti rétegbe távozhatott. A kukorica vetését követően még áprilisban 16, májusban 44, júniusban 62, júliusban 65, augusztusban 78, szeptemberben 1 mm, azaz összesen a nem egészen 6 hónapos tenyészidő alatt 266 mm csapadékban részesült a terület. A 180 mm körüli induló talajbani hasznosítható vízkészlet+266 mm lehulló csapadék 446 mm vízkészletet biztosíthatott a kukorica számára.

Ez a mennyiség többé-kevésbé kielégítheti egy jó közepes termés vízigényét. Természetesen fontos leszögezni, hogy a talajvíz 10–15 m mélyen helyezkedik el és nem befolyásolhatja a növény vízgazdálkodását. Talajvízhatás nincs. A növény átmenetileg vízhiányban szenvedhet azonban akkor is, amikor a vízfelvétel a talajból lassúbb, mint a növényi evapotranspiráció. Ilyen extrém száraz, meleg napokon a kukorica levele összesodródik, közönségesen „furulyázik”, jelezve a vízhiányt. A szeptemberi vízhiány gyorsította a kukorica érését és a levelek leszáradását, lehullását. A szeptemberi aszály által okozott termésnövekedés mértékét szabatosan e kísérletben nem lehetett megállapítani.

Eredmények megvitatása

A 4–6 leveles korú kukorica fejlődését az 1987 őszen kiszórt feltöltő 1–2 t/ha K_2O adagok a kísérlet átlagában igazolhatóan javították és ezzel részben ellensúlyozták a B-terhelés depresszív hatását. Erre utalnak a bonitálás, a földfeletti hajtás zöld és légszáraz, valamint a gyökér tömegmérés eredményei. Összességében a legnagyobb B-terhelés mintegy 1/3-ával mérsékelte a fiatal kukorica hozamát a hajtásban. A gyökérben a változások mind a B depresszív, mind a K progresszív hatásait tekintve mérsékeltebbek (2. táblázat).

Betakarításkor szintén igazolható a B-toxicitás és részben a megnövelt K-ellátás jótékony hatása. A B-túlsúly nyomán a légszáraz szemtömeg átlagosan 1,5 t/ha-ral mérséklődött. A depresszió tükröződik a kukorica terméselemben. Csökken a csövenkénti szemszám és szemtömeg, ezzel a területenkénti szemszám, egyidejűleg pedig 1,6-ról 5,6%-ra emelkedik a meddő csövek mennyisége. Megemlítjük, hogy az átlagos tőszám aratáskor 66 ezer, a morzsolási arány 87%, az effektivitás 77% volt. A csutka tömege morzsoláskor a szemtömeg 15%-át tette ki (3. táblázat).

A B koncentrációja kezeletlen talajon és a kísérlet átlagában az alábbi növekvő sort adta: aratáskori szem és szár, 4–6 leveles gyökér és hajtás, virágzáskori levél. Ami a kontrollhoz viszonyított dúsulást illeti: a B átlagosan 3-szorosára dúsult kezelt talajon az aratáskori szem és szárban, 7-szeresére a virágzáskori levélben, közel 8-szorosára a 4–6 leveles hajtásban. A fiatal gyökelekben pedig csupán 1,8-szorosára. A B-t borát anion formában passzívan, tömegárammal könnyen felveszi a növény és a xilémben a vízárammal a földfeletti szervekbe szállítódik.

2. táblázat. A K×B trágyázás hatása a 4–6 leveles korú kukoricára 1989. 06. 07-én
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

K ₂ O adag kg/ha/1987 (1)	B adagok kg/ha 1988 tavaszán (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	20	40	60		
Bonitálás (1=igen gyengén, 5=igen jól fejlett állomány) (5)						
0	3,7	3,0	3,0	2,3		3,0
1000	5,0	4,3	4,0	2,7	1,3	4,0
2000	4,7	4,7	4,0	3,7		4,2
SzD _{5%} (3)			1,6			0,8
Átlag (4)	4,4	4,0	3,7	2,9	0,8	3,8
Zöldtömeg, g/20 hajtás (6)						
0	211	166	170	129		169
1000	241	223	200	160	50	206
2000	252	218	201	189		215
SzD _{5%} (3)			59			30
Átlag (4)	235	202	190	159	29	197
Légszáraz tömeg, g/20 hajtás (7)						
0	26	21	21	16		21
1000	29	27	24	19	6	25
2000	30	25	24	22		25
SzD _{5%} (3)			7			4
Átlag (4)	28	24	23	19	4	24
Friss gyökértömeg, g/20 db (8)						
0	39	30	31	26		31
1000	44	38	37	28	12	37
2000	42	34	37	37		38
SzD _{5%} (3)			13			7
Átlag (4)	41	34	35	30	7	35
Légszáraz gyökértömeg, g/20 db (9)						
0	8,8	8,2	7,8	6,7		7,9
1000	10,0	8,5	9,2	7,0	2,4	8,7
2000	9,7	8,7	8,0	9,3		8,9
SzD _{5%} (3)			2,4			1,2
Átlag (4)	9,5	8,4	8,3	7,7	1,4	8,5

Table 2. The effect of K×B fertilisation on maize at the 4–6 leaf stage on 7th June 1989 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) K₂O dose kg ha⁻¹/1987, (2) B doses kg ha⁻¹ spring, 1988, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Classification (1=rather weakly developed population, 5=especially well developed population), (6) Green weight, g per 20 shoots, (7) Air dry weight, g per 20 shoots, (8) Fresh root weight, g per 20 shoots, (9) Air dry root weight, g per 20 shoots.

3. táblázat. A K×B trágyázás hatása a kukoricára 1989. 10. 17-én
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

K ₂ O adag kg/ha (1)	B adagok kg/ha 1988 tavaszán (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	20	40	60		
Légszáraz szem, t/ha (5)						
0	7,29	6,81	6,59	5,72		6,60
1000	7,86	7,56	6,99	6,23	0,66	7,16
2000	7,33	7,41	6,92	6,10		6,94
SzD _{5%} (3)			0,70			0,35
Átlag (4)	7,49	7,26	6,83	6,02	0,38	6,90
Légszáraz szár, t/ha (6)						
0	4,31	3,84	4,25	3,18		3,89
1000	4,84	4,97	4,22	4,20	0,98	4,56
2000	4,90	4,69	5,14	3,63		4,59
SzD _{5%} (3)			0,98			0,49
Átlag (4)	4,68	4,50	4,54	3,67	0,56	4,35
Ezerszemtömeg, g (7)						
0	273	267	275	259		268
1000	304	298	302	283	14	297
2000	305	305	319	296		306
SzD _{5%} (3)			24			12
Átlag (4)	294	290	298	278	8	290
Meddő csövek, % (8)						
Átlag (4)	1,6	2,0	2,5	5,6	3,1	2,9
Szemek száma, db/cső (9)						
Átlag (4)	394	381	352	345	24	368
Szemtömeg, g/cső (10)						
Átlag (4)	116	111	105	97	8	107
Szemszám, db/m ² (11)						
8 Átlag (4)	2547	2489	2290	2147	144	2369

Megjegyzés: A tőszám 66 ezer, morzsolási arány 87%, effektivitás 77% átlagosan a kezelésektől függetlenül. A csutka tömege morzsoláskor a szemtömeg 15%-a volt átlagosan.

Table 3. The effect of K×B fertilisation on maize on 17th October 1989 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld). (1) K₂O dose kg ha⁻¹, (2) B doses kg ha⁻¹ spring, 1988, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Air dry grain, t ha⁻¹, (6) Air dry stem, t ha⁻¹, (7) Thousand grain weight, g, (8) Infertiel ears, %, (9) Number of grains per ear, (10) Grain weight, g per ear, (11) Number of grains per m². Note: Plant number: 66 000, shelling ratio: 87%, effectivity: 77% on average, independently of the treatments. The cob weight was 15% of grain weight at the time of shelling.

Terméscsökkenés igazoltan akkor következett be, amikor a B koncentrációja a 4–6 leveles hajtásban elérte a 70–80 mg/kg, illetve a virágzáskori levélben meghaladta a 100 mg/kg határértéket. Az aratáskori szemtermés ekkor 10 feletti, a szár 15–20 mg/kg B körüli tartalommal rendelkezett (4. táblázat).

A 4–6 leveles korú kukorica gyökerében a B-túlsúly igazolhatóan gátolta a N és P beépülését. Ezzel szemben nőtt a Ca és a Na koncentrációja. A N és P felvételének gátlására nem tudunk egzakt magyarázattal szolgálni. A Ca mérsékelt dúsulása a gyökérben visszavezethető a töményedési effektusra amennyiben a gyökér tömege mérséklődött a B-túlsúly nyomán. A Na erőteljes akkumulációjához pedig hozzájárult a bórax, hiszen a B-trágyázás $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ sóval történt (5. táblázat).

A K-trágyázás elsősorban a kukorica vegetatív szerveinek K, Ca és Mg tartalmát befolyásolta. A javuló K-ellátással igazolhatóan nőtt a K koncentrációja minden vegetatív növényi részben. Ezzel párhuzamosan a kation antagonizmus okán mérséklődött a Ca és a Mg beépülése. Amint a 6. táblázatban megfigyelhető, a K-Mg antagonizmus kifejezettebben megnyilvánul. A K-Ca antagonizmus statisztikailag nem is igazolható minden esetben, csak a tendencia követhető nyomon. Az is látható, hogy K-ban a hajtás a leggazdagabb, idő előrehaladtával a K-ban a szervek szegényednek. A Ca maximumát a gyökér mutatta, majd itt is csökkenés tapasztalható. A Mg esetében a hígulás erőteljesebb.

A kukorica vizsgált makro- és mikroelemeinek átlagos összetételéről a 7. táblázat ad áttekintést. A 4–6 leveles korban a mikroelemek egyértelműen a gyökérben dúsultak, míg a N, K, (Mg), P a hajtásban. Aratás idején azt találjuk, hogy a szemtermésben csupán a N, P, Zn elemek koncentrációja haladja meg a szárét. Ezek az elemek tehát a szemképződésben kiemelt jelentőséggel bírhatnak. A Ca ugyanakkor mikroelemként van jelen a magban 100 mg/kg mennyiséget sem érve el. Ami a kukorica átlagos elemfelvételét, elemforgalmát illeti, a 8. táblázat eredményei szerint a közepes 6,9 t/ha szemtermés+a hozzártartozó 4,4 t/ha szárterméssel 160 kg N, 85 kg K, 18 kg Ca, 26 kg P és 145 kg Mg távozott a tábláról. Szemtermésben találjuk a N és a P nagyobb részét. A 4–6 leveles korban felvett elemek tömege valójában elenyésző az aratáskori mennyiséghez viszonyítva.

4. táblázat. A K×B trágyázás hatása a kukorica B-tartalmára (mg/kg)
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld, 1989)

K.O adag kg/ha/1988 (1)	B adagok kg/ha 1988 tavaszán (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	20	40	60		
Gyökér 4–6 leveles korban 06. 07-én (5)						
0	14	20	27	35		24
1000	25	24	30	37	7	29
2000	19	20	27	32		24
SzD _{5%} (3)			8			5
Átlag (4)	19	21	28	35	4	26
Hajtás 4–6 leveles korban 06. 07-én (6)						
0	17	47	84	139		72
1000	18	40	74	134	22	66
2000	17	42	70	124		63
SzD _{5%} (3)			12			7
Átlag (4)	17	43	76	132	14	67
Virágzás kori levél 07. 27-én (7)						
0	25	73	115	168		95
1000	23	56	125	181	26	96
2000	28	52	113	180		93
SzD _{5%} (3)			16			9
Átlag (4)	25	60	118	176	18	95
Szár aratáskor 10. 17-én (8)						
0	7	16	19	21		16
1000	9	13	14	23	7	15
2000	5	12	22	23		15
SzD _{5%} (3)			7			4
Átlag (4)	7	14	18	22	4	15
Szem aratáskor 10. 17-én (9)						
0	4	6	13	14		9
1000	3	10	11	15	4	10
2000	7	6	11	17		10
SzD _{5%} (3)			4			2
Átlag (4)	5	7	12	15	2	10

Table 4. The effect of K×B fertilisation on the B content of maize in 1989, mg kg⁻¹ (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) K₂O dose kg ha⁻¹/1988, (2) B doses kg ha⁻¹ spring, 1988, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Root at the 4–6 leaf stage on 7th June, (6) Shoot at the 4–6 leaf stage on 7th June, (7) Leaf at the silking stage on 27th July, (8) Stem at harvesting on 17th October, (9) Grain at harvesting on 17th October.

5. táblázat. A K×B trágyázás hatása a kukoricára 1989. 10. 17-én
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)

Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	*B-trágyázás B kg/ha 1988 tavaszán (3)				SzD _{5%} (4)	Átlag (5)
		0	20	40	60		
N	%	2,03	1,73	1,73	1,70	0,17	1,80
Ca	%	0,77	0,82	0,88	0,89	0,09	0,84
P	%	0,21	0,17	0,17	0,16	0,02	0,18
Na	mg/kg	230	265	331	385	47	303

*Borax Na₂B₄O₇×10 H₂O formában.

Table 5. The effect of B treatment on the N, Ca, P and Na content of the maize root at the 4–6 leaf stage on 7th June 1989 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsök, Mezőföld). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) *B fertilisation B kg ha⁻¹, spring 1988, (4) LSD_{5%}, (5) *Borax in the form of Na₂B₄O₇×10 H₂O

6. táblázat. A K-szintek hatása a kukorica vegetatív szerveinek K, Ca és Mg tartalmára
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)

Kukorica szervei (1)	K-trágyázás kg/ha 1987 őszén (2)			SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	1000	2000		
	K%				
Gyökér (5)	1,50	2,19	2,70	0,22	2,13
Hajtás (6)	2,87	3,08	3,46	0,16	3,14
Levél (7)	2,00	2,41	2,56	0,23	2,32
Szár (8)	1,02	1,44	1,68	0,15	1,38
	Ca%				
Gyökér (5)	0,87	0,88	0,78	0,10	0,84
Hajtás (6)	0,78	0,74	0,66	0,05	0,73
Levél (7)	0,60	0,57	0,56	0,06	0,58
Szár (8)	0,42	0,42	0,39	0,06	0,41
	Mg%				
Gyökér (5)	0,53	0,38	0,35	0,07	0,42
Hajtás (6)	0,49	0,41	0,37	0,05	0,42
Levél (7)	0,36	0,27	0,25	0,05	0,29
Szár (8)	0,22	0,15	0,14	0,03	0,17

Table 6. The effect of K levels on the K, Ca and Mg content of the vegetative organs of maize (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsök, Mezőföld). (1) Maize organs, (2) K fertilisation kg ha⁻¹, spring 1987, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Root, (6) Shoot, (7) Leaf, (8) Stem.

7. táblázat. A kukorica átlagos összetétele
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld, 1989)

Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	4-6 leveles korban (3)		Virágzáskori (4)	Aratás idején (5)	
		Gyökér (6)	Hajtás (7)	Cső alatti levél (8)	Szár (9)	Szem (10)
N	%	1,80	4,35	2,91	1,20	1,56
K	%	2,13	3,14	2,32	1,38	0,36
Ca	%	0,84	0,73	0,58	0,41	0,01
Mg	%	0,42	0,42	0,29	0,17	0,10
P	%	0,18	0,41	0,33	0,10	0,32
Na	mg/kg	303	51	44	180	19
Fe	mg/kg	6000	1069	187	182	35
Mn	mg/kg	196	131	122	52	6
B	mg/kg	19	17	25	7	5
Zn	mg/kg	24	20	14	8	13
Cu	mg/kg	12	11	11	7	2

Table 7. Average composition of maize in 1989 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) At the 4-6 leaf stage, (4) At the silking stage, (5) At harvesting, (6) Root, (7) Shoot, (8) Leaf below the ear, (9) Stem, (10) Grain.

A kukorica fajlagos, azaz 1 t szem+a hozzátartozó melléktermés által felvett elemtartalma a kísérlet átlagában az alábbiak adódott: 23 kg N; 12 kg K; 3,7 kg P; 2,6 kg Ca; 2 kg Mg, 150 g Fe, 132 g Na, 39 g Mn, 18 g B és 6 g Cu. Adataink felhasználhatók a kukorica elemigényének számításakor a szaktanácsadásban (8. táblázat). A kukorica szerveibe épült elemek %-os megoszlása arra utal, hogy a 4-6 leveles hajtás tömege kb. 1%-át tette ki az aratáskori földfeletti biomaszának, a makroelemek és a Fe, Mn felvétele többszörösen meghaladta a szárazanyag gyarapodását. Aratás idején a szemtermésben találtak a P 83, Zn 72, N 67, B 53%-át (9. táblázat).

8. táblázat. *A kukorica átlagos elemfelvétele*
(*Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld, 1989*)

Elem jele (1)	Mértékegység (2)	4-6 leveles korban		Aratás idején		
		(3)		(4)		
		Gyökér (5)	Hajtás (6)	Szár (7)	Szem (8)	Együtt (9)
N	kg/ha	0,50	5,05	52	108	160
K	kg/ha	0,60	0,64	60	25	85
Ca	kg/ha	0,24	0,85	18	1	18
Mg	kg/ha	0,12	0,49	7	7	14
P	kg/ha	0,05	0,48	4	22	26
Fe	g/ha	168,0	124,0	792	242	1034
Na	g/ha	8,5	5,9	783	131	914
Mn	g/ha	5,5	15,2	226	41	267
Zn	g/ha	0,5	0,2	30	34	64
B	g/ha	0,7	0,2	35	90	125
Cu	g/ha	0,3	0,1	30	14	44
Légsz. anyag (10)	kg/ha	28	116	4350	6900	11250

Fajlagos: 23 kg N, 12 kg K, 2,6 kg Ca, 2 kg Mg, 3,7 kg P, 150 g Fe, 132 g Na, 39 g Mn, 9 g Zn, 18 g B, 6 g Cu.

Table 8. Average element uptake of maize in 1989 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörscök, Mezőföld). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) At the 4-6 leaf stage, (4) At harvesting, (5) Root, (6) Shoot, (7) Stem, (8) Grain, (9) Together, (10) Air dry material. Specific values: 23 kg N, 12 kg K, 2,6 kg Ca, 2 kg Mg, 3,7 kg P, 150 g Fe, 132 g Na, 39 g Mn, 9 g Zn, 18 g B, 6 g Cu.

Az AL-oldható K mennyisége a szántott rétegben 2,5-szeresére nőtt a maximális K-adag hatására. Úgy tűnik a 20-40 cm réteg is némileg gazdagodott, feltehetően a szántás nyomán. A 40-60 cm rétegben dúsulás nem igazolható. A forróvízoldható B a 0-20 cm rétegben mintegy a 7-szeresére dúsult a kísérlet 2. évében a 60 kg/ha B-adag nyomán. A 20-40, illetve 40-60 cm altalajban a dúsulás statisztikailag nem volt bizonyítható (10. táblázat).

9. táblázat. *A kukorica szerveibe épült elemek %-os megoszlása*
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld, 1989)

Elem jele (1)	4-6 leveles korban		Aratás idején		
	(2)		(3)		
	Gyökér (4)	Hajtás (5)	Szár (6)	Szem (7)	Együtt (8)
N	0,3	3,2	33	67	100
K	0,7	4,3	71	29	100
Ca	1,3	4,7	99	1	100
Mg	0,9	3,5	53	47	100
P	0,2	1,8	17	83	100
Fe	16,2	12,0	77	23	100
Na	0,9	0,6	86	14	100
Mn	2,1	5,7	85	15	100
Zn	0,6	0,2	28	72	100
B	0,8	0,3	47	53	100
Cu	0,7	0,2	68	32	100
Légsz. anyag (9)	0,2	1,0	39	61	100

Table 9. Percentage distribution of the elements incorporated into the maize organs, 1989 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsók, Mezőföld). (1) Element, (2) At the 4-6 leaf stage, (3) At harvesting, (4) Root, (5) Shoot, (6) Stem, (7) Grain, (8) Together, (9) Air dry material.

10. táblázat. A K és B adagolás hatása a talaj összetételére 1989. 03. 08-án
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

K ₂ O adag kg/ha (1)	Talajmintavétel mélysége (1989) (2)		
	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
	AL-oldható K ₂ O, mg/kg (3)		
0	191	95	77
1000	289	92	77
2000	484	110	78
SzD _{5%} (4)	157	8	6
Átlag (5)	321	99	77

B adag kg/ha (6)	Talajmintavétel mélysége (1989) (2)		
	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
	Forróvízoldható B, mg/kg (7)		
0	0,7	0,6	0,6
20	2,2	0,8	0,7
40	3,6	0,9	0,7
60	5,1	1,0	1,0
SzD _{5%} (4)	0,5	0,5	0,5
Átlag (5)	2,9	0,8	0,7

Table 10. The effect of K and B doses on the soil composition on 08th March 1989 (Calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) K₂O dose, kg ha⁻¹, (2) Depth of soil sampling (1989), (3) AL-soluble K₂O, mg kg⁻¹, (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) B dose kg ha⁻¹, (7) Hotwater-soluble B, mg kg⁻¹.

IRODALOM

- Baranyai F.-Fekete A.-Kovács I.*: 1987. A magyarországi talajtápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Csathó P.*: 1997. Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és a lucerna K-hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960-1990. Agrokémia és Talajtan. 46: 327-346.
- Egnér, H.-Riehm, H.-Domíngo, W. R.*: 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. Lantbr. Högsk. Ann. 26: 199-215.

- Elek É.–Kádár I.*: 1975. A P-műtrágyázás hatása a makro- és mikroelemek felvételére. [In: Mezőgazdaság Kemizálása.] NEVIKI-KAE. 89–93.
- Gupta, V. C.*: 1967. A simplified method for determining hotwatersoluble boron in podzol soils. *Soil Sci.* 103: 424–428.
- Győrffy B.*: 1975. Vetésforgó-vetésváltás-monokultúra. *Agrártud. Közl.* 34: 61–68.
- Győrffy B.*: 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártud. Közl.* 35: 239–266.
- Győri D.–Ihász I.*: 1968. Egyszerű vizsgálatok a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Holló S.*: 1993. A szerves- és műtrágyázás hatásának összehasonlítása trágyázási kísérletekben. Kandidátusi értekezés. Kézirat. Kompolt.
- ISO 11261*: 1995. Soil Quality. Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl method.
- Kádár I.–Elek É.*: 1977. Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem felvételére. [In: Mezőgazdaság Kemizálása.] NEVIKI-KAE. 71–81.
- Kádár I.–Lásztity B.*: 1979. A feltöltő PK műtrágyázás lehetőségének vizsgálata néhány magyarországi talajon. *Agrokémia és Talajtan.* 28: 123–143.
- Kádár I.*: 2011. A kálium és bór elemek közötti kölcsönhatások vizsgálata tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan.* 60: 161–178.
- Kadlicskó B.–Krisztián J.*: 1977. NPK műtrágyaadagolási kísérletek kukoricával és tavaszi árpával erodált agyagbemosódásos barna erdőtalajon. *Növénytermelés.* 26. 3: 315–322.
- Kjeldahl, J.*: 1891. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Zeitschr. F. Analyt. Chemie.* 22: 366–382.
- Lakanen, E.–Erviö, R.*: 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. *Acta Agr. Fenn.* 123: 223–232.
- Lásztity B.*: 1974. Adatok a kukorica műtrágyázásához erősen meszes homoktalajon. *Növénytermelés.* 23. 3: 351–355.
- MÉM NAK*: 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest. 48.
- MÉM NAK*: 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. 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.*: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Németh T.*: 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Rajkai K.*: 2011. A talajok hasznosítható vízkészletének becslése az MTA TAKI kísérleti telepein. Szóbeli közlés.

- Ruzsányi L.*: 1974. A műtrágyázás hatása egyes szántföldi növényállományok vízfogyasztására és vízhasznosítására. *Növénytermelés*. 23. 2: 249–258.
- Sarkadi J.*: 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Sippola, J.–Erviö, R.*: 1977. Determination of boron in soils and plants by the azomethine-H method. *Finn. Chem. Lett.* 138–140.
- Sillanpää, M.*: 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils. A global study. *FAO Soils Bulletin*. Rome. 48: 444.
- Tyurin, I. V.*: 1937. *Organicszeszkie vescsesztva pocsv*. Szelhözgiz. Moszkva.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Kádár Imre–Dr. Csathó Péter
MTA ATK Talajtani és Agrokémiiai Intézet
Budapest
Herman O. u. 15.
H-1022

A nitrogén fejtrágyázás hatása öt tritikále (x *Triticosecale* Wittm.) fajta termés hozamára és beltartalmára

SIPOS TAMÁS-ZSOMBIK LÁSZLÓ

Debreceni Egyetem AGTC KIT Nyíregyházi Kutató Intézet, Nyíregyháza

Összefoglalás

Kisvárdán kisparcellás szántóföldi kísérletünkben tavasszal, bokrosodás, illetve kalászosulás idején pétisó formájában kiadott nitrogén fejtrágya hatását vizsgáltuk két éven át öt őszi tritikále genotípus termés hozamára, a szemtermés nyersfehérje tartalmára és Zeleny-indexére.

Megállapítottuk, hogy a kora tavasszal kijuttatott 50 kg/ha N-hatóanyag valamennyi fajtánál megbízhatóan növelte a maghozamot, míg a kalászosulás idején kijuttatott azonos dózis első évben négy, második évben két fajtánál 0,2–16% mértékű termésdepressziót okozott a kontrollhoz képest. A kora tavaszi és kalászosulás időpontja között megosztott 100 kg/ha nitrogén dózis a fajták átlagában csak egy évben növelte a termés hozamot. A genotípusok tápanyag-reakciójában szignifikáns eltéréseket tapasztaltunk. A fajták minőségi értékmérői viszont a tápanyag-kezelések hatására egységesen pozitívan változtak. A megosztott, kétszeres mennyiségű N-hatóanyag dózis pozitív hatása nem múlta felül a csupán a kalászosulás idején kijuttatott 50 kg/ha nitrogén-hatóanyagét, amely a nyersfehérje-tartalmat első évben 6,5–11,5, a másodikban 11–19,4%-kal, a Zeleny-indexet első évben 0–17,3, a másodikban 16,4–50,5%-kal növelte genotípustól függően. A fajta x fejtrágya kölcsönhatás egyik évben sem volt szignifikáns. Eredményeink alátámasztják az őszi tritikále termesztési célnak megfelelő, fajtaspecifikus tápanyag-utánpótlásának jelentőségét.

Kulcsszavak: tritikále, fejtrágya, termés hozam, nyersfehérje, Zeleny-index

Effect of nitrogen top-dressing on yield and quality of certain triticale (x *Triticosecale* Wittm.) varieties

T. SIPOS-L. ZSOMBIK

University of Debrecen, CAAES RISF, Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza

Summary

We have been studying the effect of nitrogen fertiliser on the grain yield, protein content and Zeleny-index of five triticale genotypes in a field experiment on small parcels in Kiszárda for two years. We applied a mixture of ammonium nitrate and chalk powder as top fertiliser twice at spring, at tillering and heading stages.

We found that 50 kg ha⁻¹ nitrogen at the stage of tillering significantly increased the grain yield of all varieties, but the same dose at the time of heading decreased the yield by 0.2–16% according to the control in the case of four varieties in the first year and two varieties in the second year. 100 kg ha⁻¹ nitrogen divided between the two occasions of fertilising increased grain yield only in the second year. All genotypes were observed to be significantly different concerning the yield response to the N fertiliser. However, quality parameters of all varieties changed for the better after fertilising. The increase in grain protein content ranged between 6.5–11.5% in the first year and 11.0–19.4% in the second year, and the increase of Zeleny-index ranged between 0–17.3% in the first year and 16.4–50.5% in the second year by 50 kg ha⁻¹ nitrogen at the stage of heading, depending of genotypes. The effect of 100 kg ha⁻¹ nitrogen on yield quality was the same as that of the half of the applied fertiliser. The variety x fertiliser interaction was not significant in either year. These results accounted for the importance of variety-specific nitrogen top-dressing technology of triticale which also depends on the aim of production.

Key words: triticale, top-dressing, yield, raw protein, Zeleny-index

Влияние азотной подкормки на урожайность пяти сортов тритикале (x *Triticosecale* Wittm.) и на их внутреннее содержание

Т. ШИПОШ–Л. ЖОМБИК

Дебреценский Университет, Центр Аграрных и Прикладных Экономических Наук,
Исследовательский Институт, Ниредьхаза

Резюме

В Кишварде (Kisvárdá) в нашем опыте на пахотных маленьких парцеллах весной, во время кущения и колошения мы исследовали в течении двух лет влияние азотной подкормки, данной в форме азотного удобрения (pétisó) на урожайность пяти генотипов озимого тритикале, на содержание сырого белка урожая зерна и на индекс Зелени.

Установили, что внесённые рано весной 50 kg/ha действующего вещества N у всех видов доказуемо увеличили урожай зерна, а внесённые в период колошения такие же дозы в первый год у четырёх, во второй год у двух сортов причинили депрессию урожая в размере 0,2–16% по сравнению с контролем. Разделённая и внесённая рано весной и во время колошения 100 kg/ha доза азота только в один год увеличила урожай в среднем по сортам. В реакции на питательное вещество генотипов обнаружили значительные различия. Однако качественные мерилы стойкости сортов под влиянием обработок питательным веществом изменились в целом позитивно. Позитивное влияние разделённой, двойной дозы действующего вещества N не превзошло позитивное влияние внесённой только во время колошения 50 kg/ha дозы азотного действующего вещества, которое увеличило содержание сырого белка в первый год на 6,5–11,5%, во второй- на 11–19,4%, а индекс Зелени увеличился в первый год на 0–17,3%, а во второй год на 16,4–50,5% в зависимости от генотипа. Взаимовлияние сорт x подкормка ни в каком году не было значительным. Наши результаты подтверждают значение соответствующего цели выращивания, специфичного для сорта дополнения питательного вещества озимого тритикале.

Ключевые слова: тритикале, подкормка, урожайность, сырой белок, индекс Зелени

Bevezetés

Az őszi kalászos gabonák esetében a tavaszi tápanyag-utánpótlás az egyik legfontosabb technológiai lépés a termés mennyiségének és minőségi paramétereinek kialakításában, amely meghatározó a termelés eredményességének szempontjából. A szakszerű tavaszi fejtrágyázás tudományos megalapozására számos hazai kutatási eredmény született, elsősorban az őszi búza témájában. A kalászosokon belül a tritikále termesztéstechnológiája, és ezen belül tavaszi tápanyag-utánpótlás kérdése még meglehetősen kidolgozatlan (*Győri és Sipos 2010*).

A tenyészidőszakban kiadott nitrogén mennyiségének nagyobb része az őszi kalászosok tápelem-igényének figyelembevételével és a termőrétegből történő kimosódást elkerülendő tavasszal kerül kijuttatásra. A nitrogén leginkább a vegetatív szervek növekedését és fejlődését segíti, de befolyással van a generatív szervek fejlődésére is (*Lásztity 1987*). A bokrosodás kezdetén kijuttatott N-műtrágya növeli az állománysűrűséget és az asszimiláló felületet, másfelől pedig előnyösen befolyásolja a kalászorsó hosszúságát. A kalázhossz a kalásonkénti szemszám, így a termés mennyiségének egyik alapvető meghatározója. A szárbaindulás-, valamint a virágzás időszakában a felvehető nitrogénnek elsősorban a termés minőségi paramétereinek alakulásában van meghatározó szerepe. Ebben az időszakban dől el az is, hogy a megtermékenyült virágok hányad részéből lesz termés és mekkora lesz a szemek tömege (*Kalocsai et al. 2004*). A talaj megfelelő nitrogén ellátottsága egyéb tápelemek talajból történő felvételére is kedvező hatással van (*Ducsay és Ryant 2005*). A gabonafélék nitrogén-igényének pótlása a talajban, hazánkban elsősorban műtrágya formájában történik, melynek hasznosulására jelentős hatással vannak az időjárási körülmények és a talaj nedvességtartalma (*Huzsvai és Nagy 2005*).

A tritikále kiterjedt gyökérrendszere jól hasznosítja a talajban lévő és a fejtrágyázással kijuttatott nitrogént. Így a búzánál kevesebb műtrágya felhasználásával is sikeresen termesztethető (*Karpenstein és Heyn 1992*). Tápanyag-utánpótlásánál a növény harmonikus ellátását kell biztosítani. Az egyoldalú nitrogéntrágyázás hosszabb távon jelentős termésdepressziót okoz (*Kádár et al. 2007*). A tritikále szemtermése és annak beltartalmi tulajdonságai szempontjából kedvező nitrogén fejtrágya dózisok értékeire különböző agroökológiai

körülmények között más-más genotípusokat vizsgálva több szerző eltérő eredményeket közölt (*Mergoum et al.* 1992, *Gülmezoglu és Kinaci* 2004, *Gibson et al.* 2007) A felvehető nitrogén hasznosításának képessége és a tápanyagreakció függ a növény genetikai hátterétől. Az őszi búza fajták nitrogén igényében és hasznosításában jelentős különbségeket tapasztaltak, amelyet az agroökológiai körülmények és az agrotechnikai tényezők együttes hatása módosíthat (*Jolánkai* 1982, *Pepó* 1995). *Sayre et al.* (1996) többek között a tritikále genotípusok eltérő nitrogénhasznosítási képességeit igazolta a különböző nitrogén ellátottsági szinteken.

Vizsgálatunk során a következő kérdésekre kerestük a választ:

- milyen hatása van a különböző tavaszi időpontokban és dózisokban kiuttatott N-hatóanyagának a tritikále szemtermésére, nyersfehérje-tartalmára és Zeleny-indexére;
- hazai termőhelyi viszonyok között van-e különbség a tritikále fajták tápanyagreakciója között;
- befolyásolja-e az évjárat a tritikále fajták tápanyagreakcióját.

Anyag és módszer

Szántóföldi kísérleteinket 2007/2008 és 2008/2009 években végeztük a Debreceni Egyetem AGTC KIT Nyíregyházi Kutató Intézet kiskvárdai kísérleti telepén (48°14.14' N, 22°06.79' E; 106 m). A kísérletek helye II. szántóföldi termőhelyi kategóriába tartozik. Területének talajtípusa savanyú kémhatású, közepes nirtogén-ellátottságú, vályogos barna erdőtalaj (*1. táblázat*). A napi időjárás adatokat Micro Metos (Pessl Instruments) automata meteorológiai állomással rögzítettük. A 2007/2008-as tenyészévet az átlagnál enyhébb tél és kiegyenlített csapadékelletottság jellemezte. A kísérlet eredményeit befolyásoló kórtani problémák nem léptek fel. A 2008/2009 tenyészévben az április, illetve a július hónap az átlagosnál jóval szárazabb volt (*1. ábra*).

A vizsgálatokat négy államilag elismert őszi tritikále fajtával (Kitaro, Disco, Magnat, Versus) és egy minősítő vizsgálat alatt lévő fajtajelölttel (Szabolcs) végeztük. Az elővetemény mindkét évben takarmányborsó volt. A kísérletek talajelőkészítése, növényápolási munkái és vegyszeres kezelése a vizsgálati években azonosak voltak. A kezeléseket négy ismétléses véletlen blokk elrendezésben állítottuk be.

1. táblázat. A kísérletek talajának főbb jellemzői a termőrétegben (0–20 cm)

Talajtípus (1)	Barna erdőtalaj (2)
Arany féle kötöttségi szám (3)	35
pH KCl	4,86
Humusz % (4)	1,52
NO ₂ +NO ₃ N (mg/kg) (KCl)	8,03
P ₂ O ₅ (mg/kg) (Al)	465
K ₂ O (mg/kg) (Al)	236
Összes sótartalom (m/m%) (5)	<0,02
CaCO ₃ (m/m%)	-

Table 1. Main soil characteristics in the topsoil (0–20 cm) of experiment sites. (1) Soil type, (2) Brown forest soil, (3) Upper limit of plasticity according to Arany, (4) Organic matter content, (5) Water-soluble salt content.

1. ábra. A kísérleti évek hőmérsékleti és csapadékadatai

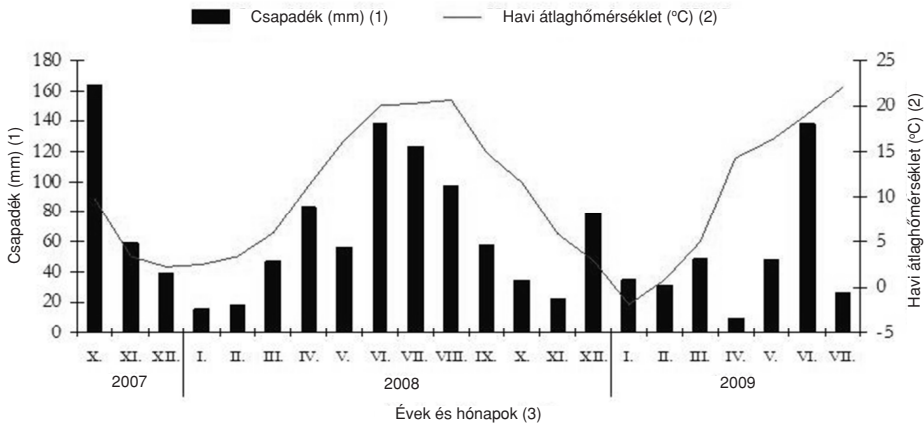


Figure 1. Temperature and rainfall dates in the examined years. (1) Amount of rainfall, (2) Monthly mean temperature data, (3) Year and month.

A parcellaméret bruttó 1,2 m×9,2 m, a betakarított nettó terület 1,2 m×7,2 m volt. A parcellák összesen alpműtrágyázásban nem részesültek, a nitrogén fejtrágyát pétisó formájában tavasszal juttattuk ki kézzel a 2. táblázat szerinti kezelésekben. A 2. és 3. kezelésekben a fejtrágyát két különböző, meghatározott fejlettségi állapotokhoz köthető időpontokban juttattuk ki. A 4. kezelésben kétszeres mennyiségű nitrogén hatóanyagot alkalmaztunk, melyet a természeti gyakorlatnak megfelelően a két kijuttatási időpont között megosztottunk.

A szemtermés betakarítása teljes érésben parcellakombájnnal történt. A beltartalmi vizsgálatokat ismétlésenként, minden parcella homogenizált terméséből vett mintákból végeztük. A nyersfehérje tartalom az MSZ 6367-17:1989, a Zeleny-index az MSZ ISO 5529:1993 szabvány szerint határoztuk meg. Az adatokat kéttényezős varianciaanalízissel értékeltük *Sváb* (1981) módszere szerint.

2. táblázat. *Fejtrágya kezelések*

Sorszám (1)	Kijuttatás időpontja (2)	Nitrogén hatóanyag kg/ha (3)
1.	-	-
2.	t ₁ - kora tavasszal (4)	50 kg/ha
3.	t ₂ - kalászás kezdetén (5)	50 kg/ha
4.	t ₁ - kora tavasszal (4)	50 kg/ha
	t ₂ - kalászás kezdetén (5)	50 kg/ha

Table 2. Top-dressing treatments. (1) Number, (2) Fertilising date, (3) Quantity of nitrogen fertiliser agent kg ha⁻¹, (4) Early spring, (5) Ear emergence.

Eredmények

Az öt tritikále fajtával végzett fejtrágyázási vizsgálatok során kapott termés- és beltartalmi adatok varianciaanalíziseinek eredményeit a 3. táblázat tartalmazza. A kezelések hatása 2008-ban mindhárom vizsgált paraméterre, 2009-ben pedig a két beltartalmi paraméterre P=0,1%-os szinten, a második évben a termésmennyiségre P=5%-os szinten szignifikáns volt. A fajta (A) hatása a szemtermés tömegére első évben megbízható (P<0,1%) szignifikanciát mutatott, a második évben viszont nem mutattunk ki statisztikailag igazolható különbséget a különböző fajták maghozamai között. A fajta kezelésnek a Zeleny-index esetében mindkét évben 0,1%-os szinten, a fehérjetartalom esetében 2008-ban P=5%-os, 2009-ben P=0,1%-os szinten volt szignifikáns hatása a beltartalmi paraméterek alakulására. A fejtrágya (B) kezelések hatása a három vizsgált értékmérőre mindkét évben P=0,1%-os szinten volt szignifikáns, kivéve 2008-ban a Zeleny-index értékeit, ekkor a szignifikancia szintje P=5% volt. A fajta×fejtrágya (A×B) kölcsönhatás egyik évben sem okozott szignifikáns eltérést egyik vizsgált paraméter értékeinek alakulásában sem. Azaz a két kezelés egymástól függetlenül hatott a vizsgált értékmérő tulajdonságokra.

3. táblázat. *Triticale fejtrágyázási kísérletek variancia-analízise (MQ)*

Variansia forrása (4)	Szabadságfok (5)	Szemtermés (1)			Nyersfehérje (2)			Zeleny-index (3)		
		2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009	
Összes (6)	79	0,83	0,53	0,49	1,31	14,53	15,00			
Ismétlés (7)	3	1,66	0,20	0,88	0,40	4,32	3,40			
Kezelés (8)	19	2,54***	0,91*	1,25***	3,51***	48,51***	47,24***			
A (fajta) (9)	4	9,81***	0,41 n. s.	0,58*	6,94***	210,71***	162,27***			
B (fejtrágya) (10)	3	1,67***	3,98***	6,29***	12,47***	11,67*	74,09***			
A × B	12	0,33 n. s.	0,31 n. s.	0,21 n. s.	0,13 n. s.	3,65 n. s.	2,19 n. s.			
Hiba (11)	57	0,22	0,42	0,22	0,62	3,74	4,87			

*P=5%-os, **P=1%-os, ***P=0,1%-os szinten szignifikáns; n. s.=nem szignifikáns.

Table 3. Variance analysis results of triticale top-dressing experiments. (1) Source of variance, (2) Degrees of freedom, (3) Grain yield, (4) Protein content, (5) Zeleny-index, (6) Total, (7) Replication, (8) Treatment, (9) Variety, (10) Top-dressing treatment, (11) Error. *Significant at P=5%, **at P=1%, ***at P=0,1% level; n. s.=non-significant.

Szemtermés alakulása

2008-ban 4 fajtánál kizárólag a kora tavaszi fejtrágyázás eredményezte a legnagyobb termésmennyiséget. A kalászolás idején kijuttatott fejtrágyára – a kontrollhoz viszonyítva – 4 fajta terméscsökkenéssel reagált. A kétszeri (t_1+t_2) fejtrágyázás a kora tavaszihoz viszonyítva a vizsgált öt fajta átlagában jelentős mennyiségű terméscsökkenést okozott. A Kitaro fajta a növekvő fejtrágya dózisokra fokozódó terméscsökkenéssel reagált. A negatív hatás azonban nem volt szignifikáns. Összességében két genotípusnál (Kitaro, Szabolcs) a fejtrágyázásnak nem volt szignifikáns hatása a terméshozamra. A fajták átlagában a legmagasabb terméshozamot a kora tavaszi kijuttatási időpont eredményezte, ám szignifikánsan nem tért el a kezeletlen kontrolltól. A később kijuttatott nitrogén fejtrágya a fajták átlagát tekintve a 3. és 4. kezelések esetében is szignifikáns terméscsökkenést okozott (4. táblázat).

2009-ben a tavasszal kijuttatott fejtrágya – a kontrollhoz viszonyítva – minden fajtánál termésnövekedést eredményezett, amelynek mennyisége az öt fajta átlagában elérte a 0,9 tonnát hektáronként. A kalászoláskor végzett fejtrágyázás a kora tavaszihoz viszonyítva egy fajta kivételével terméscsökkenést okozott. A kora tavaszi és a két időpontban kijuttatott, kétszeres mennyiségű N fejtrágya kezelés termésmennyiségre gyakorolt hatása között nem volt statisztikailag igazolható különbség.

A fejtrágya kezelések átlagát nézve a terméssorrendben az első 3 fajta mindkét évben azonos volt, statisztikailag igazolható különbségeket azonban csak 2008-ban találtunk a fajták terméshozamában.

Nyersfehérje tartalom alakulása

A szemtermés nyersfehérje tartalmában önmagában a kora tavaszi fejtrágyázás csak a második évben a Szabolcs fajtánál eredményezett statisztikailag igazolható növekedést. A kora tavaszi fejtrágyázás pozitív hatása viszont mindkét évben következetesen jelentkezett. Ezzel szemben a kalászolás idején kijuttatott 50 kg/ha N hatóanyag mindkét évben valamennyi fajtánál szignifikáns növekedést eredményezett. A két időpontban kijuttatott, dupla dóziséjú N fejtrágya pozitív hatása egyedül 2008-ban a Szabolcs fajta esetében múlta felül szignifikáns módon a kalászoláskor kijuttatott 50 kg/ha N hatását. A fajták átlagának értékei azt mutatják, hogy 2008-ban a kalászoláskor kiadott 50 kg/ha N hatóanyag (3. kezelés), míg 2009-ben a két kijuttatási időpont között megosztott 100 kg/ha N hatóanyag (4. kezelés) eredményezett magasabb nyersfehérje tartalmat.

4. táblázat. *Fejtrágya kezelések hatása tritikáde fajták szemtermésére*

Fajták (2)	Szemtermés (t/ha) (1)											
	2007/2008						2008/2009					
	N hatóanyag dózisa (kg) és a kijuttatás időpontja (3)			Fejtrágya kezelések átlaga (4)			N hatóanyag dózisa (kg) és a kijuttatás időpontja (3)			Fejtrágya kezelések átlaga (4)		
	0 kg	50 kg t.	100 kg t. _{1,2}	0 kg	50 kg t.	100 kg t. _{1,2}	0 kg	50 kg t.	100 kg t.	50 kg t.	100 kg t. _{1,2}	(4)
Kitaro	4,96	4,66	4,60	4,41	4,56	4,41	5,69	6,41	5,68	6,27	6,12	
Versus	4,55	4,64	3,62	3,69	3,98	3,69	5,37	6,23	6,03	6,37	6,21	
Disco	4,41	4,82	4,09	3,72	4,21	4,21	5,61	6,19	5,21	6,14	5,85	
Magnat	4,80	5,28	4,41	5,01	4,90	4,90	5,42	6,28	6,39	6,56	6,41	
Szabolcs (fi)	5,88	6,38	6,05	6,07	6,17	6,17	5,25	6,72	6,05	6,71	6,49	
Fajták átlaga (5)	4,92	5,16	4,55	4,58	4,76	4,76	5,47	6,37	5,87	6,41	6,22	

SzD_{5%} értékek (6): bármely két érték között 2008-ban (7), 0,66, bármely két érték között 2009-ben (8), 0,92, fejtrágya kezelések között a fajták átlagában 2008-ban (9), 0,30, fejtrágya kezelések között a fajták átlagában 2009-ben (10), 0,41, fajták között a fejtrágya kezelések átlagában 2008-ban (11), 0,33 (12).

Table 4. The effect of top-dressing treatments on the grain yield of winter triticale varieties. (1) Grain yield, (2) Varieties, (3) Doses of the N fertiliser agent and the date of fertilising, (4) Average of top-dressing treatments, (5) Average of varieties, (6) Least significant difference, P=5%, (7) Between any two values in 2008, (8) Between any two values in 2009, (9) Between the top-dressing treatments in the average of varieties in 2008, (10) Between the top-dressing treatments in the average of varieties in 2009, (11) Between the varieties in the average of top-dressing treatments in 2008, (12) 0.33.

A trágyázatlan kontroll értékeihez képest a legkedvezőbb fejtrágya kezelés 2008-ban 6,4–11,5%, 2009-ben 15,5–25,1% szignifikáns nyersfehérje növekedést eredményezett.

A fejtrágya kezelések átlagát összehasonlítva a vizsgált öt genotípus közül megbízhatóan kedvező fehérjetartalmával mindkét évben a Szabolcs fajta emelkedett ki (5. táblázat).

Zeleny-index alakulása

A fejtrágya kezelések a kezeletlen kontrollhoz képest 2008-ban a Zeleny-index értékében egyik fajta esetében sem okoztak szignifikáns különbségeket. A fajták átlagában a kalászoláskor kiadott nitrogén adag eredményezte a legmagasabb értéket. 2009-ben ezzel szemben a fajták átlagában valamennyi fejtrágya kezelés a kontrollhoz képest statisztikailag igazolható növekedést eredményezett. A legmagasabb Zeleny-index értéket valamennyi genotípusnál egyöntetűen a 100 kg/ha hatóanyag dóziséjú fejtrágya kezelés parcelláin mértük. A növekedés mértéke a kontrollhoz képest 18,2–62,0% között alakult (6. táblázat).

A tritikále genotípusok között a fejtrágya kezelések átlagát tekintve mindkét évben szignifikáns különbségeket találtunk. A magasabb abszolút értékeket a fajták az első évben érték el. A fajtásorban a Szabolcs valamennyi évben statisztikailag megbízható különbséggel mutatta a legjobb Zeleny-index értéket.

Következtetések

2009-ben az előző évhez képest összességében 273 mm-rel kevesebb csapadék hullott, a kijuttatott fejtrágya mégis ebben az évben hasznosult jobban. Ezt igazolja valamennyi kezelés terméstöbblete – a fajták átlagában – az előző év eredményeivel összevetve. A fejtrágyázást követő bemosó csapadék jelentős mértékben meghatározza a műtrágya hasznosulását (Kalocsai *et al.* 2004, Petróczi és Ács 2008). Az első csapadék 2009-ben mindkét kijuttatási időpontot követően 2 napon belül megérkezett. Erre 2008-ban kora tavasszal 7, bokrosodás idején 8 napot kellett várni.

Az 50 kg/ha hatóanyagú kora tavaszi fejtrágyázás parcellái az öt fajta átlagában 2008-ban a legnagyobb mennyiségű termést adták. 2009-ben a kontroll termését közel egyforma mennyiséggel meghaladva a kora tavasszal, illetve a két időpontban fejtrágyázott parcellák termése volt a legnagyobb.

5. táblázat. *Fejtrágya kezelések hatása tritikále fajtlás szemtermésének szárazanyagra vonatkoztatott nyersfehérje tartalmára*

Fajták (2)	Nyersfehérje tartalom (%)											
	2007/2008					2008/2009						
	N hatóanyag dózisa (kg) és a kijuttatás időpontja (3)		Fejtrágya kezelések átlaga (4)		N hatóanyag dózisa (kg) és a kijuttatás időpontja (3)		Fejtrágya kezelések átlaga (4)					
	0 kg	50 kg t ₁	50 kg t ₂	100 kg t _{1,2}	0 kg	50 kg t ₁	50 kg t ₂	100 kg t _{1,2}	0 kg	50 kg t ₁	50 kg t ₂	100 kg t _{1,2}
Kittaro	11,60	11,98	12,35	12,35	12,23	8,31	9,33	9,88	10,40	9,87		
Versus	11,35	11,60	12,66	12,59	12,28	9,20	9,67	10,21	10,63	10,17		
Disco	11,93	11,56	12,85	12,64	12,35	8,82	9,72	10,23	10,71	10,22		
Magnat	11,45	11,53	12,62	12,36	12,17	8,52	9,37	10,17	10,52	10,02		
Szabolcs (fj.)	11,59	12,23	12,80	13,20	12,75	10,02	11,25	11,68	11,64	11,53		
Fajták átlaga (5)	11,58	11,78	12,65	12,63	12,35	8,97	9,87	10,43	10,78	10,36		

SzD_{5%} értékek (6): bármely két érték között 2008-ban (7), 0,66, bármely két érték között 2009-ben (8), 1,11, fejtrágya kezelések között a fajták átlagában 2008-ban (9), 0,30, fejtrágya kezelések között a fajták átlagában 2009-ben (10), 0,50, fajták között a fejtrágya kezelések átlagában 2008-ban (11), 0,33 fajták között a fejtrágya kezelések átlagában 2009-ben (12), 0,56 (13).

Table 5. Protein content in grain dry matter of top-dressing treatments on winter triticale varieties. (1) Protein content, (2) Varieties, (3) Doses of N fertiliser agent and the date of fertilising, (4) Average of top-dressing treatments, (5) Average of varieties, (6) Least significant difference, P=5%, (7) Between any two values in 2008, (8) Between any two values in 2009, (9) Between the top-dressing treatments in the average of varieties in 2008, (10) Between the top-dressing treatments in the average of varieties in 2009, (11) Between the varieties in the average of top-dressing treatments in 2008, (12) Between the varieties in the average of top-dressing treatments in 2009, (13) 0.56.

6. táblázat. Fejtrágya kezelések hatása tritikale fajták Zeleny-index értékeire

Fajták (2)	Zeleny-index (1)									
	2007/2008					2008/2009				
	N hatóanyag dózissai (kg) és a kijuttatás időpontja (3)					N hatóanyag dózissai (kg) és a kijuttatás időpontja (3)				
	0 kg	50 kg t ₁	50 kg t ₂	100 kg t _{1,2}	Fejtrágya kezelések átlaga (4)	0 kg	50 kg t ₁	50 kg t ₂	100 kg t _{1,2}	Fejtrágya kezelések átlaga (4)
Kitáro	21,50	20,67	21,50	20,25	20,81	10,88	14,13	16,38	17,63	16,04
Versus	15,13	15,13	17,75	16,50	16,46	12,13	13,38	14,38	15,38	14,38
Disco	16,63	15,50	18,63	18,25	17,46	11,38	13,38	13,25	15,63	14,08
Magnat	19,75	19,75	19,88	18,00	19,21	13,25	16,13	17,00	18,13	17,08
Szabolcs (fj.)	24,75	23,88	26,25	26,63	25,58	19,25	20,63	22,38	22,75	21,92
Fajták átlaga (5)	19,55	18,98	20,80	19,93	19,90	13,38	15,53	16,68	17,90	16,70

SzD_{5%} értékek (6): bármely két érték között 2008-ban (7), 2,74, bármely két érték között 2009-ben (8), 3,12, fejtrágya kezelések között a fajták átlagában 2008-ban (9), 1,22, fejtrágya kezelések között a fajták átlagában 2009-ben (10), 1,40, fajták között a fejtrágya kezelések átlagában 2008-ban (11), 1,37, fajták között a fejtrágya kezelések átlagában 2009-ben (12), 1,56 (13).

Table 6. Zeleny-index of top-dressing treatments on winter triticale varieties. (1) Zeleny-index, (2) Varieties, (3) Doses of N fertilizer agent and the date of fertilising, (4) Average of top-dressing treatments, (5) Average of varieties, (6) Least significant difference, P=5%, (7) Between any two values in 2008, (8) Between any two values in 2009, (9) Between the top-dressing treatments in the average of varieties in 2008, (10) Between the top-dressing treatments in the average of varieties in 2009, (11) Between the varieties in the average of top-dressing treatments in 2008, (12) Between the varieties in the average of top-dressing treatments in 2009, (13) 1.56.

A kora tavaszi fejtrágya tehát mindkét évben jól hasznosult, hatását elsősorban a produktivitásra fejtette ki. A Kitaro fajta kivételével valamennyi fajta maghozamát növelte a kezeletlen kontrollhoz képest. Hatása 2009-ben a Szabolcs fajta esetében volt szignifikáns, a többi fajtánál azonban csak tendencia jellegű maradt.

A kalászoslás idején kiadott nitrogén 2008-ban a fajták átlagában a kontrollhoz viszonyítva termésnövekedést okozott. Az öt fajta közül a Szabolcs fajta jelölt jelentett kivételt. 2009-ben a kezelés a fajták átlagában termésmenökedést eredményezett. A Disco fajta ez esetben kivételt képezett, mert a kalászoslás időszakában kijuttatott fejtrágya kezelés parcelláin a kontrollhoz képest hektáronként 0,4 tonnával kevesebb termést adott.

A mindkét időpontban fejtrágyázásban részesült parcellákon első évben a fajták átlagát illetően a dupla dózisú N kezelés negatív hatása érvényesült. 2009-ben viszont mind az öt fajta termését pozitív irányba módosította. A fajták átlagában a terméshozam szempontjából a tavaszi bokrosodáskor kijuttatott 50 kg/ha nitrogén dózist találtuk a legkedvezőbbnek. Az optimális fejtrágya dózis más szerzők munkáiban elég széles értéktartományban helyezkedik el. Elsősorban attól függően, hogy a nitrogén mennyire volt limitáló tényező a termés kialakításában, illetve a termesztési körülmények milyen mértékben teszik lehetővé a tápelem felvételét és hasznosulását. *Gibson et al.* (2007) az Egyesült Államokban végzett hasonló tápanyag-utánpótlási kísérletében az elővetemény szója volt. A legnagyobb termést a termőhelytől és az évjáratától függően a 0 és a 33 kg/ha N-hatóanyag kijuttatásánál tapasztalták. *Gülmezoglu és Kinaci* (2004) azonban olyan termőhelyen, ahol a hasznosítható vízkészlet a tritikále termesztés legfőbb limitáló tényezője, megfelelő csapadékkellátottság esetén 70 kg/ha N-hatóanyagig folyamatos termésmenökedéstről számolt be. *Mergoum et al.* (1992) marokkói vizsgálataiban a legmagasabb, 120 kg/ha-os N-dózis eredményezte a legnagyobb maghozamot. A 3 t/ha alatti maximális hozam azonban messze elmarad a magyarországi terméseredményektől.

Vizsgálatainkban két, alapvetően eltérő évjáratban a tritikále szemtermésének fehérjetartalmára egy eset kivételével (2008, kora tavaszi műtrágyázás, Disco fajta) valamennyi fejtrágya kezelés pozitív hatással volt. Ellentétben *Gülmezoglu és Kinaci* (2004) közlésével, akik a különböző nitrogén dózisok nyersfehérje növelő hatását csak szárazságstressz esetén tapasztalták. A nyersfehérje-tartalom kísérletünk mindkét évében valamennyi fajtánál szignifikáns

módon növekedett a kalászoláskor kijuttatott nitrogén hatására. A növekedés mértéke a fajták átlagában független volt attól, hogy a kalászolás előtt volt-e korábbi nitrogén kijuttatás, vagy sem. *Gibson et al.* (2007) 99 kg/ha hatóanyag mennyiségig növelte a fejtrágya hatóanyag mennyiségét. A kontrollhoz képest a szemtermés nitrogéntartalmában nem talált szignifikáns növekedést annak ellenére, hogy a legnagyobb hatóanyag dóziséig következetesen növekvő tendenciát tapasztalt.

A Zeleny-indexet illetően 2007/2008-ban nem igazoltuk a kora tavaszi fejtrágyázás pozitív hatását. Ellentétben a következő évvel, amikor ez a kezelés is szignifikáns növekedést eredményezett. A legmagasabb Zeleny-index értékeket a kalászoláskor kiadott nitrogén kezeléseknél kaptuk, lényegében függetlenül attól, hogy a kezelés tartalmazott-e kora tavaszi kijuttatást, vagy sem. Hasonló eredményekre a tritikále sütőipari minőségét illetően a nemzetközi szakirodalomban nem találtunk példát.

Jolánkai et al. (2004) szerint az őszi búza fajták sütőipari értékének sorrendje alapvetően a genetikai háttértől függ, melyek kifejeződését az agronómiai körülmények adott évjáratban befolyásolják. Megállapítása eredményeink alapján a tritikáléra is vonatkoztatható, hiszen a takarmány típusú fajták beltartalmi értékeit az étkezési célra is alkalmas Szabolcs fajtajelölt a körülményektől függetlenül minden esetben felülmúlta.

Megállapítottuk, hogy a tritikále fajták a fejtrágya kezelésekre a genetikai háttértől függően eltérően reagáltak. A Kitaro fajtánál első évben a növekvő nitrogén mennyiségek kismértékű termésdepressziót okoztak, második évben viszont a kora tavaszi fejtrágya jelentős pozitív hatást váltott ki. A Szabolcs fajtánál viszont valamennyi fejtrágya kezelés nagyobb szemtermést eredményezett, mint a kontroll. A fajta a tápanyag-utánpótlásra a két eltérő évjáratban azonos, pozitív módon reagált. *Sayre et al.* (1996) Mexikóban négy eltérő nitrogén ellátottsági szinten szintén különbségeket találtak néhány tritikále genotípus maghozama között. Közlésük szerint a fejtrágya kezeléseknél hatása valamennyi fajtánál egységesen pozitív vagy negatív volt.

Vizsgálatunkban a nyersfehérje tartalom és a Zeleny-index értékeit illetően, a különböző fejtrágya kezelésekre a genotípusok azonos tendenciában reagáltak. Különbséget csupán a reakció mértékében tapasztaltunk. Eredményeink igazolják a tritikále fajtaspecifikus, valamint a termesztési célnak megfelelő tápanyag-utánpótlásának jelentőségét és szükségességét.

IRODALOM

- Ducsay, L.-Ryant, P.*: 2005. Effect of different forms of nitrogen fertilizers applied in the end of tillering on yield and quality of winter wheat grain. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 53. 4: 43-50.
- Gibson, L. R.-Nance, C. D.-Karlen, D. L.*: 2007. Winter Triticale Response to Nitrogen Fertilization when Grown after Corn or Soybean. *Agron. J.* 99: 49-58.
- Gülmezoglu, N.-Kinaci, E.*: 2004. Efficiency of different top dressed nitrogen on triticale (X Triticosecale Wittmack) under contrasting precipitation conditions in semiarid region. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7. 3: 353-358.
- Győri Z.-Sipos T.*: 2010. Triticálé (x Triticosecale Wittmack). [In: Gondola I. (szerk.) Az alternatív növények szerepe az Észak-alföldi Régióban.] DE AGTC KIT Nyíregyházi Kutatóintézet. Nyíregyháza. 235-246.
- Huzsvai, L.-Nagy, J.*: 2005. Effect of weather on maize yields and the efficiency of fertilization. *Acta Agronomica Hungarica*. 53. 1: 31-39.
- Jolánkai M.*: 1982. Őszi búza fajták tápanyag- és vízhasznosítása. Kandidátusi értekezés.
- Jolánkai M.-Szöllősi J.-Szentpétery Zs.*: 2004. Az őszi búza termesztésének és minőségének változása különböző évjáratokban. *Gyakorlati Agroforum Extra*. 6: 6-9.
- Kádár I.-Márton L.-Németh T.-Szemes I.*: 2007. Meszezés és műtrágyázás hatása a talajra és növényre a 44 éves nyírlugosi tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 56. 2: 255-270.
- Kalocsai R.-Schmidt R.-Szakál P.*: 2004. A fejrtrágyázás hatása az őszi búza minőségére. *Agro Napló*. 7. 3: 14-18.
- Karpenstein-Machan, M.-Heyn, J.*: 1992. Yield and yield structure of the winter cereals triticale and wheat in the middle mountain areas of northern Hessen. *Agribiol. Res.* 45: 88-96.
- Lásztity B.*: 1987. A műtrágyázás és a szervesanyag-produkció dinamikája az őszi búza-növényben. *Növénytermelés*. 36. 2: 105-116.
- Mergoum, M.-Ryan, J.-Shroyer, J. P.*: 1992. Triticale in Morocco: potential for adoption in the semi-arid cereal zone. *J. Nat. Res. Life Sci. Edu.* 21: 137-141.
- Pepó P.*: 1995. A fenntartható és környezetbarát gazdálkodás fontosabb elemei az őszi búzatermesztésben. XXXVII Georgikon Napok. Keszthely. 157-167.
- Petróczi I. M.-Ács P.-né*: 2008. A minőségi búza technológia alapjai. [In: Bedő Z. (szerk.) A Pannon minőségű búza nemesítése és termesztése.] *Agroinform*. Budapest. 73-82.
- Sayre, K.-Pfeiffer, W. H.-Mergoum, M.*: 1996. Triticale: grain potential and response to input management levels. In *Triticale Topics*. Int. Ed. 14: 9-16.
- Sváb J.*: 1981. *Biometriai módszerek a kutatásban*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Sipos Tamás-Zsombik László
DE AGTC KIT
Nyíregyházi Kutató Intézet
Nyíregyháza
Westsik V. út 4-6.
H-4400

Biogáz üzemi melléktermék növényfiziológiai vizsgálata

TÓTH BRIGITTA-HANKOVSKY GERDA-BOJTOK KÁROLY-

VERES SZILVIA-LÉVAI LÁSZLÓ

Debreceni Egyetem AGTC Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A biharnagybajomi biogáz üzem gyártástechnológiája során keletkezett présvíz növényfiziológiai hatásait vizsgáltuk. A fenntartható mezőgazdasággal szembeni egyik legfontosabb elvárás, hogy csökkentse a felhasznált kemikáliák mennyiségét. Ennek egyik formája lehet a biogáz üzemben a termelés során keletkezett présvíz újrahasznosítása, amit mezőgazdasági célokra használt területeken trágyázásra is lehet alkalmazni, amivel csökkenthető a műtrágyák használata. A présvíz a növények számára nélkülözhetetlen elemeket tartalmaz, kijuttatásával pótolni tudjuk a terméssel eltávolított tápanyagok egy részét.

Kísérleteinket kukoricával (*Zea mays* L. cv. Norma SC) és napraforgóval (*Helianthus annuus* L. Arena) végeztük laboratóriumi körülmények között. A különböző koncentrációban alkalmazott présvíz növényfiziológiai vizsgálatai alapján azt a következtetést vontuk le, hogy a hatás nagymértékben koncentrációfüggő és eltérő volt a két növényen. A kukorica érzékenyebben reagált a kezelésekre, mint a napraforgó. Ez a két növény eltérő tápanyag-felvételi mechanizmusával magyarázható. A melléktermékkel kiegészített tápoldaton nevelt növények tápelem összetételében ugyanakkor nem mutatkozott számottevő különbség.

Kulcsszavak: biogáz, növénytermesztés, környezetvédelem, ipari melléktermék, kukorica, napraforgó

Plant physiological examination of biogas factory byproducts

B. TÓTH-G. HANKOVSKY-K. BOJTOK-SZ. VERES-L. LÉVAI

University of Debrecen, Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences,
Institute of Plant Sciences, Debrecen

Summary

The physiological effects of fluid byproducts originating from a biogas factory located in Biharnagybajom (Eastern Hungary) were examined. While sustainable development is a requirement of environmental protection, agriculture must also carefully consider its aspects. One of the most important expectations regarding sustainable agriculture is the minimisation of the use of industrial chemicals. One possibility to minimise chemicals is the use of the byproducts of biogas factories. Crop plants extract huge amounts of nutrients from soils. In order to obtain the same yield - as regards both quality and quantity - it is necessary to replenish the extracted minerals that were harvested by plants with nutrients. Fluid byproducts contain several essential elements; therefore, they can be suitable in substituting industrial chemicals.

Maize (*Zea mays* L. cv. Norma SC) and sunflower (*Helianthus annuus* L. Arena) seedlings were used in the experiments. The plants were grown in controlled environmental conditions. Different concentrations of fluid byproducts were examined during the experiment. The effect of the examined material depends on the concentrations of the applied byproduct. Dry matter accumulation of shoots and roots of maize, relative chlorophyll contents of the second and third leaves and the element contents were measured in the plants that were grown on nutrient solution.

Key words: biogas, crop production, industrial byproduct, environmental, maize, sunflower

Фитофизиологическое исследование побочных продуктов биогазового завода

Б. ТОТ–Г. ХАНКОВСКИ–К. БОЙТОК–С. ВЕРЕШ–Л. ЛЕВАИ

Институт Ботаники Центра Аграрных и Прикладных Экономических Наук Дебреценского Университета, Дебрецен

Резюме

Мы исследовали фитофизиологические влияния воды прессования, возникшей в ходе производственной технологии завода биогаза в Бихарнадьбайоме (Biharnagybajom). Одно из самых важных требований устойчивого сельского хозяйства – сократить количество используемых химикалий.

Одной форм этого может быть повторное использование образовавшейся в ходе производства на заводе биогаза воды прессования, которую можно использовать для удобрения сельскохозяйственных территорий, чем можно уменьшить применение искусственных удобрений. Вода отжимки содержит необходимые элементы для растений, её внесением можем дополнить часть вынесенных урожаем питательных веществ. Наши опыты мы проводим с кукурузой (*Zea mays* L. cv. Norma SC) и подсолнечником (*Helianthus annuus* L. Arpa) в лабораторных условиях. На основе фитофизиологических исследований воды отжима в разной концентрации мы пришли к выводу, что влияние этого в большой степени зависит от концентрации и различно в двух растениях. Кукуруза более чувствительно реагировала на обработки, чем подсолнечник. Это можно объяснить различным механизмом приёма питательных веществ этими двумя растениями. В то же время в составе питательных элементов растений, выращенных на обогащённом побочным продуктом питательном растворе, не обнаружилось значительной разницы.

Ключевые слова: биогаз, растениеводство, защита окружающей среды, промышленный побочный продукт, кукуруза, подсолнечник

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A tápanyag utánpótlás egyik formája lehet, amikor mezőgazdasági üzemekben, a termelésben keletkezett szerves trágyát, illetve másként nem hasznosítható

anyagokat a rendszerbe visszaforgatják. Például ilyen a biogáz üzemek melléktermékeként keletkező présvíz, amit mezőgazdasági célokra használt területeken trágyázásra is lehet alkalmazni.

A biogáz különböző környezetekből származhat, pl. szemétkukorból, szennyvíziszap és szerves anyagok anaerob lebontása során képződött biohulladékokból (Wellinger és Linberg 2000), alapanyaga lehet szarvasmarha, sertés, baromfitrágya, konyhai hulladék és alga (Arthur et al. 2011). A szennyvíziszapból keletkező biogáz metán tartalma 55–65%, szén-dioxid tartalma 35–45%, és kevesebb, mint 1% nitrogént tartalmaz (Allen et al. 1997). A szerves hulladékokból keletkező biogáz 60–70% metánt, 30–40% szén-dioxidot, és kevesebb, mint 1% nitrogént tartalmaz (Eklund et al. 1998, Spiegel et al. 1997). Egyre többen fontosnak tartják a biogáz gyártását és használatát, mivel ezzel csökken a szabadon tárolt trágya metángáz kibocsátása és ez a folyamat nem CO₂ termelő, mert csak a szén természetes körforgásában lévő CO₂-mennyiséget mozgatja, amelyet a növények később újra felhasználnak, így nem nő a levegő CO₂-tartalma (Schulz és Eder 2001).

Az anaerob lebontás és a biogáz termelés ígéretes eszköze a megújuló energiaforrásokból nyert energiatermelésnek és a környezeti előnyök megvalósításának (Berghlund és Börjesson 2006).

Fontosnak ítéljük tehát, hogy pontos képet kapjunk a présvíz növényekre gyakorolt fiziológiai hatásáról, arról, hogy a présvizet alkotó elemek alkalmasak-e a mezőgazdasági növények tápanyag utánpótlására.

Dolgozatunkban a Biharnagybajomi Dózsa Agár Zrt.-től származó présvizet vizsgáltuk. A biharnagybajomi üzemben évente kb. 25 000 m³ présvíz keletkezik. A présvíz összetétele állandónak tekinthető, mivel a biogáz üzemben felhasznált szarvasmarha trágya összetétele sem változik, mivel az állatok takarmányozása fix. A vizsgált présvíz jellemzőit az 1. táblázat mutatja be.

Anyag és módszer

Kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays* L. cv. Norma sc), illetve napraforgót (*Helianthus annuus* L. cv. Arena) használtunk. A magvak felületének fertőtlenítését 5×-ös hígítású H₂O₂-vel végeztük el. A fertőtlenített magvakat desztillált vízzel többször öblítettük, majd 10 mmol-os CaSO₄ oldatban 4 óráig áztatuk a jobb csírázás érdekében. A magvakat nedves szűrőpapír között csíráztattuk, úgy, hogy a csíranövények polaritása természetes legyen. A termosztát

hőmérséklete 22 °C volt. A 4 cm-es hipokotilú napraforgó, és az ugyanekkora koleoptilrel bíró kukorica csíranövényeket tápoldatra helyeztük. A növények neveléséhez az alábbi összetételű tápoldatot használtuk: 2,0 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 0,7 mM K_2SO_4 , 0,5 mM MgSO_4 , 0,1 mM KH_2PO_4 , 0,1 mM KCl , 10 μM H_3BO_3 , 1 μM MnSO_4 , 1 μM ZnSO_4 , 0,2 μM CuSO_4 , 0,01 μM $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ (Lévai 2004). A növények a vasat 100 μM $\text{Fe}(\text{III})\text{-EDTA}$ formában kapták. A tápoldatot két naponta cseréltük, a tápoldat levegőztetése folyamatos volt. A tápoldat pH-ja 4,95 volt.

1. táblázat. A vizsgált présvíz karakterisztikája

pH: 7,65	Al: 109 mg/kg	Fe: 157 mg/kg	P: 448 mg/kg
Szerves anyag: 1600 mg/dm ³ (1)	B: 3,19 mg/kg	K: 2651 mg/kg	Fe: 157 mg/kg
Száraz anyag: 48700 mg/dm ³ (2)	Ba: 4,29 mg/kg	Li: 0,24 mg/kg	K: 2651 mg/kg
Összes só %: 15400 mg/dm ³ (3)	Ca: 1411 mg/kg	Mg: 433 mg/kg	S: 405 mg/kg
Total Kjeldahl N: 2640 mg/dm ³	Cd: 0,12 mg/kg	Mn: 14,6 mg/kg	Sr: 6,4 mg/kg
$\text{NH}_4^+\text{-N}$: 1110 mg/dm ³	Cr: 0,39 mg/kg	Na: 454 mg/kg	Ti: 1,34 mg/kg
$\text{NO}_3 + \text{NO}_2\text{-N}$: 5,66 mg/dm ³	Cu: 3,89 mg/kg	Ni: <1 mg/kg	Zn: 18,8 mg/kg

Table 1. Characteristics of the biogas factory fluid byproducts. (1) Organic matter: 1600 mg dm⁻³, (2) Dry matter: 48 700 mg dm⁻³, (3) Total salt content %: 15 400 mg dm⁻³

1,7 l-es edényekben neveltük a kísérleti növényeket, 170 ml tápoldatot hígítottunk fel 1,7 l-re és ehhez adagoltuk a különböző mennyiségű présvizet. Nyolc féle kezelést állítottunk be, három ismétlésben. Egy edényben 4 növényt neveltünk.

A növényi minták elemtartalmának meghatározásához egy OPTIMA3300 DV típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert (ICP-OES) alkalmaztunk. Egy növényi minta 12 növényt tartalmazott. A minták 85 °C-on történt szárítása és darálása után 1 g mennyiségét mértünk ki analitikai mérlegen. Az előroncsolás során 10 cm³ deszt. cc. HNO_3 -at alkalmaztunk 60 °C-on 30 percig. A főroncsolás előtt 3 cm³ H_2O_2 -ot adagoltunk hozzá. A főroncsolás 120 °C-on 90 percig tartott. A roncsolmány lehűlése után 50 cm³-re töltöttük ioncserélt vízzel, majd Filtrak 388 szűrőpapírral szűrtük. Az azonos kezelésben lévő növényminták ismétlései egyesítésre kerültek, így egy ismétlésben végeztük az elemtartalom meghatározását.

A klorofill méréshez a 4 leveles növények második, illetve harmadik legfiatalabb, de már teljesen kifejlett leveleit használtuk. A relatív klorofill tartalmat SPAD-502 (MINOLTA, Japán) Chlorophyll Meter-rel mértük, kezelésként 12 növényen, 60 ismétlésben (Veres 2005).

A száraz tömeg meghatározásához a kezelésként 12 mintákat 85 °C-on tömegállandóságig szárítottuk, majd szobahőmérsékletre történt visszahűtés után analitikai mérlegen (OHAUS) mértük.

A környezeti feltételek szabályozottak voltak: a fényintenzitás 300 $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$, a hőmérséklet periodicitása 25/20 °C (nappal/éjjel), a relatív páratartalom (RH) 65–75%, a megvilágítás/sötét periódus 16 óra/8 óra volt.

Az alkalmazott biotrágya viszkózus folyadék, mely két baktériumot, az *Azotobacter chroococcum*ot ($1-2 \times 10^9$ db/cm³), és a *Bacillus megatherium*ot ($1-2 \times 10^8$ db/cm³) tartalmazza. A baktérium alapú biotrágyát 1 ml/dm³ koncentrációban adtuk a tápoldathoz.

Az alkalmazott kezelések jelölése a következő: 1: abszolút kontroll – deszt. víz, 2: kontroll – tápoldat, 3: tápoldat + 5 ml présvíz, 4: tápoldat + 10 ml présvíz, 5: tápoldat + 50 ml présvíz, 6: tápoldat + 5 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50 ml présvíz + 1 ml biotrágya. A kísérletben való alkalmazás előtt a présvíz szűrésére nem került sor.

Az eredmények statisztikai kiértékeléséhez Microsoft Excel 2003 és Sigma Plot 8.0 verziót használtunk.

A kísérlet kiértékelésére a kukorica esetében 11, a napraforgónál 15 nap elteltével került sor. Ebben az állapotban mind a kukorica, mind pedig a napraforgó 4 leveles állapotban volt.

Eredmények és következtetések

A növények szervesanyag-felhalmozása bonyolult biokémiai folyamatok összessége. Alapvetően a fotoszintézis és a légzés különbsége adja azt a szervesanyag-tömeget, ami pl. egy vegetációs periódus végén a biológiai termést jelenti. Ennek egy része a „gazdasági termés”, amit különböző céllal felhasználnak. A környezeti tényezők mindkét folyamat intenzitását meghatározzák, miközben a növény ultrastruktúrája, annak aktivitása a környezeti hatások érvényesülésének a feltételei. A kukorica és a napraforgó szárazanyag felhalmozását a 2–3. táblázat szemlélteti.

2. táblázat. *Kukorica gyökér és hajtás légszáraz tömege (g/növény)*

Kezelések (1)	Hajtás (2)	Gyökér (3)
1.	0,043±0,01	0,035±0,01
2.	0,120±0,04	0,035±0,01
3.	0,091±0,02	0,021±0,01***
4.	0,082±0,02*	0,020±0,01
5.	0,096±0,02	0,015±0,00***
6.	0,075±0,02**	0,016±0,00***
7.	0,125±0,03	0,027±0,01
8.	0,084±0,03*	0,013±0,01***

Megjegyzés: n=12±S.E. Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001. (Kezelések: 1: abszolút kontroll – deszt. víz, 2: kontroll – tápoldat, 3: tápoldat + 5 ml présvíz, 4: tápoldat + 10 ml présvíz, 5: tápoldat + 50 ml présvíz, 6: tápoldat + 5 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50 ml présvíz + 1 ml biotrágya).

Table 2. Dry matter accumulation of shoots and roots of maize (g plant⁻¹). (1) Treatments, (2) Shoot, (3) Root. Note: n=12±S.E. Significant differences compared to the control: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001. (Treatments: 1: abs. control – distilled water, 2: control – nutrient solution, 3: nutrient solution + 5 ml byproduct, 4: nutrient solution + 10 ml byproduct, 5: nutrient solution + 50 ml byproduct, 6: nutrient solution + 5 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 7: nutrient solution + 10 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 8: nutrient solution + 50 ml byproduct + 1 ml biofertiliser).

A kukorica szárazanyag-felhalmozását vizsgálva megállapítottuk, hogy a 7. kezelésnél – nem megbízhatóan – nőtt a hajtás szárazanyag felhalmozása, de a gyökér száraz tömege a kontrollhoz képest csökkent. A 6. kezelésnél a hajtás és a gyökér szervesanyag-felhalmozása szignifikánsan csökkent a kezelés hatására.

Az 5. kezelés kivételével nőtt a napraforgó hajtásának száraz tömege. A 3. kezelés hatására 18%-kal nőtt a hajtás szervesanyag-felhalmozása. Ez az érték a 4-es kezelésnél 30%, a 6-os kezelésnél 34% volt. A 7-es és 8-as kezelésnél a növekedés kisebb mértékű volt. A 7-es kezelés 17%-kal, míg a 8-as kezelés 7%-kal növelte a szervesanyag-felhalmozást. Ezek a növekedések szignifikánsak voltak. A gyökér száraz tömegére a 3., 4. és 6. kezelés volt kedvező hatással. A 3-as kezelés hatására 2%-kal nőtt a napraforgó szervesanyag-felhalmozása, a 4-es kezelésnél 4%-kal, míg a 6-os kezelésnél 1%-kal. Az 5-ös, 7-es és 8-as kezelés szignifikánsan csökkentette a napraforgó gyökerének száraz tömegét.

3. táblázat. Napraforgó gyökérének és hajtásának száraz tömege (g/növény)

Kezelések (1)	Hajtás (2)	Gyökér (3)
1.	0,044±0,01	0,018±0,01
2.	0,433±0,09	0,103±0,02
3.	0,513±0,09***	0,105±0,03
4.	0,564±0,12***	0,107±0,04
5.	0,422±0,09***	0,038±0,01***
6.	0,580±0,11***	0,104±0,02
7.	0,509±0,11***	0,070±0,01**
8.	0,465±0,11***	0,042±0,01***

Megjegyzés: n=12±S.E. Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: **p<0,01; ***p<0,001. (Kezelések: 1: abszolút kontroll – deszt. víz, 2: kontroll – tápoldat, 3: tápoldat + 5 ml présvíz, 4: tápoldat + 10 ml présvíz, 5: tápoldat + 50 ml présvíz, 6: tápoldat + 5 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50 ml présvíz + 1 ml biotrágya).

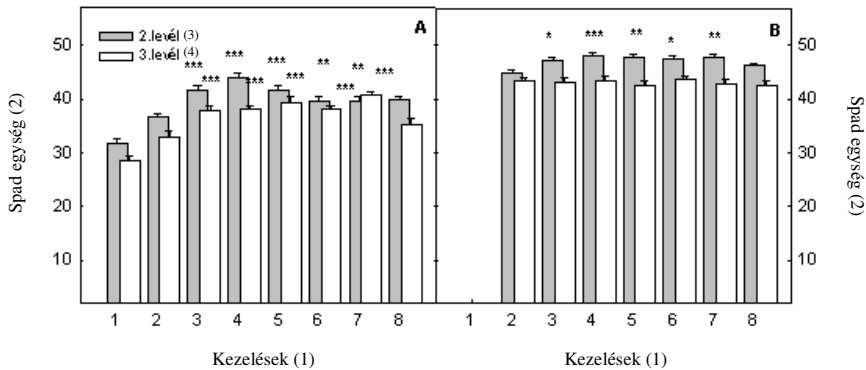
Table 3. Dry matter accumulation of shoots and roots of sunflower (g plant⁻¹). (1) Treatments, (2) Shoot, (3) Root. Note: n=12±S.E. Significant differences compared to the control: **p<0,01, ***p<0,001. (Treatments: 1: abs. control – distilled water, 2: control – nutrient solution, 3: nutrient solution + 5 ml byproduct, 4: nutrient solution + 10 ml byproduct, 5: nutrient solution + 50 ml byproduct, 6: nutrient solution + 5 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 7: nutrient solution + 10 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 8: nutrient solution + 50 ml byproduct + 1 ml biofertiliser).

Hatékony szervesanyag-felhalmozás nem lehetséges a fotoszintetikus folyamatok nélkülözhetetlen alkotója, a klorofill nélkül. Az alkalmazott kezelések hatására csökkent a szárazanyag-felhalmozás, ami mögött a csökkent fotoszintetikus aktivitást, illetve a klorofill tartalom változását feltételeztük. Méréseink szerint a kezelések befolyásolták a klorofill tartalmat (*1. ábra*).

A kukorica 2. és 3. levelének klorofill tartalma – a 8-as kezelést kivéve – kontrollhoz képest minden kezelés hatására szignifikánsan növekedett. A 3. kezelés hatására a második és harmadik levél relatív klorofill tartalma 5 Spad egységgel nőtt. Ez az érték a 4. kezelésnél a második levélben 7, a harmadik levélben 5 Spad egység volt. Az 5. kezelésnél a második levél relatív klorofill tartalma 5, a harmadik levél 6 Spad egységgel nőtt. A 6. kezelésnél a kukorica második levélben a növekedés kisebb volt – 3 Spad egység –, a harmadik levélben 5 Spad egység. A 7. kezelésnél a kukorica harmadik levelének relatív klorofill tartalma 7,5 Spad egységgel nőtt. A napraforgónál az 1. kezelésnél nem tudunk klorofill tartalmat mérni, mert a levelek nem fejlődtek ki megfe-

lelően. A napraforgó harmadik levelének relatív klorofill tartalma nem változott jelentősen. A második levélben a relatív klorofill tartalom 3 Spad egységgel nőtt a 4., 5. és 7. kezelések hatására. A 3. kezelés 2, a 6. kezelés 2,5 Spad egységgel növelte a relatív klorofill tartalmat a kontrollhoz viszonyítva.

1. ábra. Relatív klorofill tartalom alakulása különböző kezelések hatására kukorica (A) és napraforgó (B) 2. és 3. levelében



Megjegyzés: (Spad egység) $n=60 \pm S.E.$ Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. (Kezelések: 1: abszolút kontroll – deszt. víz, 2: kontroll – tápoldat, 3: tápoldat + 5 ml présvíz, 4: tápoldat + 10 ml présvíz, 5: tápoldat + 50 ml présvíz, 6: tápoldat + 5 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50 ml présvíz + 1 ml biotrágya).

Figure 1. Relative chlorophyll contents of corn and sunflower leaves. (1) Treatments, (2) SPAD units, (3) 2nd leaf, (4) 3rd leaf. Note: (Spad Units) $n=60 \pm S.E.$ Significant differences compared to the control: ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$. (Treatments: 1: abs. control – distilled water, 2: control – nutrient solution, 3: nutrient solution + 5 ml byproduct, 4: nutrient solution + 10 ml byproduct, 5: nutrient solution + 50 ml byproduct, 6: nutrient solution + 5 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 7: nutrient solution + 10 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 8: nutrient solution + 50 ml byproduct + 1 ml biofertiliser).

A vizsgálatok elvégzéséhez szükség volt a biogáz üzemi melléktermék elem-tartalmának előzetes meghatározására. A vizsgálatok eredményeit az 1. táblázat mutatja be.

A melléktermékként keletkezett présvíz tehát a növények számára nélkülözhetetlen, létfontosságú elemeket tartalmaz. A mért elemek koncentrációja optimálishoz közelinek tekinthető, így jelentős tápanyag-kiegészítő lehet a növények tápanyag-utánpótlásában.

Jelentőségét fokozza, hogy egy melléktermék újrahasznosításáról lehet szó, tehát környezetvédelmi szerepe is jelentős. A különböző koncentrációban al-

kalmazott biogáz üzemi melléktermék növényfiziológiai vizsgálatai alapján azt a következtetést vontuk le, hogy a különböző koncentrációban alkalmazott melléktermék hatása eltérő volt a két vizsgálati növényen. A melléktermékkel kiegészített tápoldaton nevelt növények tápelem összetételében ugyanakkor nem mutatkozott számottevő különbség. Ebből arra a következtetésre jutotunk, hogy a növény a tápoldatból nem vette fel, illetve nem akkumulálta a melléktermékben található elemeket, ezért a növekedés gátlása más okra – megítélésünk szerint pH-, vagy ozmotikus stresszre – vezethető vissza a kukoricánál. A kukorica és napraforgó elemtartalmát a 4–7. táblázat szemlélteti.

4. táblázat. A vizsgált elemek koncentrációja (Ca, K, Mg, P, S) a kukorica légszáraz hajtásában (mg/kg)

Elemek (1)	Kezelések (2)							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Ca	1010	6842	5689	6071	3541	5938	5124	3644
K	8493	77070	58265	62382	45159	64617	72206	43588
Mg	2585	1958	2149	2429	2210	2255	1703	2242
P	7237	16410	14721	16764	10766	15049	18887	10038
S	1875	3059	3416	4016	3903	4102	3559	4108

Kezelések: 1: abszolút kontroll – deszt. víz, 2: kontroll – tápoldat, 3: tápoldat + 5 ml présvíz, 4: tápoldat + 10 ml présvíz, 5: tápoldat + 50 ml présvíz, 6: tápoldat + 5 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50 ml présvíz + 1 ml biotrágya).

Table 4. Concentrations of examined elements (Ca, K, Mg, P, S) in shoots of maize (mg kg⁻¹). (1) Elements, (2) Treatments: 1: abs. control – distilled water, 2: control – nutrient solution, 3: nutrient solution + 5 ml byproduct, 4: nutrient solution + 10 ml byproduct, 5: nutrient solution + 50 ml byproduct, 6: nutrient solution + 5 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 7: nutrient solution + 10 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 8: nutrient solution + 50 ml byproduct + 1 ml biofertiliser.

A kukorica hajtásának elemtartalom vizsgálatakor a Ca koncentrációja a kontroll növénynél volt a legmagasabb. A kezelések csökkentették a hajtás K tartalmát a kontrollhoz képest. A Mg mennyisége – a 7. kezelést kivéve – emelkedett a kezelések hatására, viszont a desztillált vízen nevelt kukorica hajtásában nagyobb volt a Mg mennyisége, mint a kontrollban. A P koncentrációja a 4. és 7. kezelés hatására emelkedett, míg az összes kezelés emelte a hajtásban található S mennyiségét.

5. táblázat. *A vizsgált elemek koncentrációja (Ca, K, Mg, P, S) a kukorica légszáraz gyökerében (mg/kg)*

Elemek (1)	Kezelések (2)							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Ca	604	3584	5982	7189	5555	5239	4641	5521
K	7125	19078	30306	13418	8341	37377	17622	12286
Mg	404	1814	2374	1577	1154	2598	1691	1701
P	2776	3897	6794	5229	5079	8001	4950	6081
S	1426	4058	7151	5375	5951	7551	5916	7933

Kezelések: 1: abszolút kontroll – deszt. víz, 2: kontroll – tápoldat, 3: tápoldat + 5 ml présvíz, 4: tápoldat + 10 ml présvíz, 5: tápoldat + 50 ml présvíz, 6: tápoldat + 5 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50 ml présvíz + 1 ml biotrágya).

Table 5. Concentrations of examined elements (Ca, K, Mg, P, S) in roots of maize (mg kg⁻¹). (1) Elements, (2) Treatments: 1: abs. control – distilled water, 2: control – nutrient solution, 3: nutrient solution + 5 ml byproduct, 4: nutrient solution + 10 ml byproduct, 5: nutrient solution + 50 ml byproduct, 6: nutrient solution + 5 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 7: nutrient solution + 10 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 8: nutrient solution + 50 ml byproduct + 1 ml biofertiliser.

A kukorica gyökerekben nagyobb mennyiségű S volt, a kontroll növények hajtásaihoz viszonyítva. Az összes kezelés növelte a gyökér Ca, P és S tartalmát a kontrollhoz képest. A Ca mennyisége 2-szer nagyobb volt a 4. kezelésnél, mint a kontrollnál. A foszfor mennyisége a kontrollhoz képest 2-szer nagyobb volt a 6. kezelés hatására. A 3. és 6. kezelés hatására nőtt a kukorica gyökerének K és Mg tartalma is.

A vizsgált elemek nagyobb mennyiségben voltak kimutathatók a napraforgó hajtásában, mint a kukoricáéban. A P és K mennyisége emelkedett a különböző kezelések hatására, míg a Mg mennyisége csak az 5., 6., 7. és 8. kezelésnél nőtt. A 3-as, 7-es és 8-as kezelés a K mennyiségére is kedvező hatással volt és a 8-as kezelés is kedvezően hatott a Ca-ra is.

A napraforgó gyökerében a S mennyisége mintegy 1,45-ször nagyobb volt a 4. kezelés hatására. Ez az érték az 5-ös kezelésnél 1,5-szer, a 8-as kezelésnél 2,5-ször volt nagyobb, mint a kontroll gyökérben. A P és Mg koncentrációja 1,5-szer nőtt a 8-as kezelésnél a kontrollhoz képest. A K koncentrációja a kontrollhoz viszonyítva az összes kezelés hatására csökkent. A Ca koncentrációja a 8-as kezelés kivételével csökkent a kontrollhoz képest.

6. táblázat. A vizsgált elemek koncentrációja (Ca, K, Mg, P, S) a napraforgó légszárzaj hajtásában (mg/kg)

Elemek (1)	Kezelések (2)							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Ca	18262	29761	27339	20796	16132	18742	25006	31448
K	6590	56250	61923	55799	50353	54399	60847	59059
Mg	2774	3827	3545	3361	4300	4435	3907	4347
P	2917	6954	9595	8765	7999	9003	9040	9726
S	2448	5257	6739	6512	8458	9314	8245	6740

Kezelések: 1: abszolút kontroll – deszt. víz, 2: kontroll – tápoldat, 3: tápoldat + 5 ml présvíz, 4: tápoldat + 10 ml présvíz, 5: tápoldat + 50 ml présvíz, 6: tápoldat + 5 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50 ml présvíz + 1 ml biotrágya.

Table 6. Concentrations of examined elements (Ca, K, Mg, P, S) in shoots of sunflower (mg kg⁻¹). (1) Elements, (2) Treatments: 1: abs. control – distilled water, 2: control – nutrient solution, 3: nutrient solution + 5 ml byproduct, 4: nutrient solution + 10 ml byproduct, 5: nutrient solution + 50 ml byproduct, 6: nutrient solution + 5 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 7: nutrient solution + 10 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 8: nutrient solution + 50 ml byproduct + 1 ml biofertiliser.

7. táblázat. A vizsgált elemek koncentrációja (Ca, K, Mg, P, S) a napraforgó légszárzaj gyökerében (mg/kg)

Elemek (1)	Kezelések (2)							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Ca	4558	5450	3478	2962	5517	2474	3084	6758
K	5311	79977	44120	49022	22218	12577	25628	56099
Mg	394	1203	981	1001	1428	690	997	1921
P	2809	9484	9273	10742	9131	4532	8764	14906
S	2322	4609	5736	6680	7243	3880	6432	11941

Kezelések: 1: abszolút kontroll – deszt. víz, 2: kontroll – tápoldat, 3: tápoldat + 5 ml présvíz, 4: tápoldat + 10 ml présvíz, 5: tápoldat + 50 ml présvíz, 6: tápoldat + 5 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 7: tápoldat + 10 ml présvíz + 1 ml biotrágya, 8: tápoldat + 50 ml présvíz + 1 ml biotrágya.

Table 7. Concentrations of examined elements (Ca, K, Mg, P, S) in roots of sunflower (mg kg⁻¹). (1) Elements, (2) Treatments: 1: abs. control – distilled water, 2: control – nutrient solution, 3: nutrient solution + 5 ml byproduct, 4: nutrient solution + 10 ml byproduct, 5: nutrient solution + 50 ml byproduct, 6: nutrient solution + 5 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 7: nutrient solution + 10 ml byproduct + 1 ml biofertiliser, 8: nutrient solution + 50 ml byproduct + 1 ml biofertiliser.

A laboratóriumi kísérletek során bizonyítottá vált a présvíz természete, kedvező fiziológiai hatásai, de figyelembe kell venni, hogy a laboratóriumban a környezet kompenzáló hatása kizárt. Eredményeink alapján a biogáz üzemi melléktermék tápanyag-utánpótlásra való alkalmassága további vizsgálatát javasoljuk. Munkánk folytatásaként tervezzük a présvíz talaj-növény rendszerben való vizsgálatát laboratóriumban és szabadföldön egyaránt.

IRODALOM

- Allen, M. R.–Braithwait, A.–Hills, C. C.:* 1997. Trace organic compounds in landfill gas at seven UK waste disposal sites. *Environ Sci Technol.* 31: 1054–1061.
- Arthur, R.–Baidoo, M. F.–Antwi, E.:* 2011. Biogas as a potential renewable energy source: A Ghanaian case study. *Renewable Energy.* 36: 1510–1516.
- Berglund, M.–Börjesson, P.:* 2006. Assessment of energy performance in the life-cycle of biogas production. *Environmental and Energy Systems Studies.* LTH. Lund University. Gerdagatan. Lund. Sweden. 13. 62: 223.
- Eklund, B.–Anderson, E. P.–Walker, B. L.–Burrows, D. B.:* 1998. Characterization of landfill gas composition at the fresh kills municipal solid-waste landfill. *Environ Sci. Technol.* 32: 2233–2240.
- Lévai, L.:* 2004. The effect of smut gall tumour infection on iron and zinc uptake and distribution in maize seedlings. *Journal of Agricultural Sciences.* 15: 27–32.
- Schulz, H.–Eder, B.:* 2001. Biogas-Produktion – Biogázgyártás. Cser Kiadó.
- Spiegel, R. J.–Preston, J. L.–Trocciola, J. C.:* 1997. Test results for fuel-cell operation on landfill gas. *Energy.* 22: 777–786.
- Veres, Sz.:* 2005. Alteration of photosynthetic pigment composition by applying bio-fertilizers. XL. Cro. Symp. on Agric. Opatija. Cro. Proc. 163–164.
- Wellinger, A.–Linberg, A.:* 2000. Biogas upgrading and utilization –International Energy Association (IEA) 2000 Bioenergy Task. Paris. France. 24.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Tóth Brigitta–Hankovszky Gerda–Bojtok Károly–Dr. Veres Szilvia–Dr. Lévai László
Debreceni Egyetem
Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Különböző arányú NPK tápanyag-ellátás hatásának vizsgálata burgonyában

¹VARGA PÉTER–¹SÁRDI KATALIN–²VASZILY ZSOLT–²POLGÁR ZSOLT

¹Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék,
Keszthely

²Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Burgonyakutatási Központ, Keszthely

Összefoglalás

A szántóföldi kultúrák közül az összes termés mennyisége alapján a burgonya (*Solanum tuberosum* L.) a búza, a rizs és a kukorica után a negyedik helyet foglalja el a világon. A megnövekedett piaci elvárások miatt a termés mennyisége mellett nagyon fontos a jó minőség biztosítása is. Ehhez elengedhetetlen a talajvizsgálati eredményekre alapozott, a növény igényeihez igazodó kiegyensúlyozott tápanyagellátás. Az alul- és a túltáplálás is számos problémát vethet fel a hozam és a növények egészségi állapota, a gumók beltartalmi értékei tekintetében. A jelenlegi műtrágyaárak mellett a termelőknek érdeke, hogy a kijuttatott tápanyagokkal és szakszerű agrotechnikával a környezet felesleges terhelése nélkül ériék el a tervezett termésmennyiséget.

Kísérletünk célja a burgonya (*Solanum tuberosum* L.) növekedésének, vegetatív mutatóinak, virágzásának és gumókötésének tanulmányozása volt eltérő, a növény számára optimális és kedvezőtlen arányú NPK műtrágyák alkalmazásával.

A szántóföldi kisparcellás kísérletet 2009-ben a Pannon Egyetem Burgonyakutatási Központjának területén állítottuk be, a Központ által nemesített Hópehely fajtával. A trágyázatlan kontrollon kívül 6 kezelés hatását vizsgáltuk 3 ismétlésben, melyek eredményeit a külföldi és hazai szakirodalmi adatokkal hasonlítottuk össze. Munkánk során állomány felvételezéseket végeztünk, különböző vegetatív paramétereket vizsgáltunk. A levélanalízishez a virágzás kezdetén vettünk mintákat, majd betakarítás után vizsgáltuk a burgonyagumók NPK tápelemtartalmát. Az eredményekből bebizonyosodott, hogy a tápanyaggal nem megfelelően ellátott parcellákon a növények gyengébben fej-

lődtek, hamarabb lezajlott a virágzás, majd azt követően az érés is. A legjobb eredményt az $N_1P_1K_2$ adagú kezelésben kaptuk a levél zöldtömeg, a levélszélesség és a levélhosszúság vonatkozásában. A sorok záródása itt volt a legjobb, ami megakadályozta a gyomok felszínre törését. Korábbi vizsgálatok szerint a megnövekedett levélfelületen a burgonya több asszimilátát képes előállítani, ami a későbbiekben hozzájárul a termés nagyságának növekedéséhez is. A termés mennyiségében szignifikáns különbséget tapasztaltunk a kontrollhoz képest, illetve egyes kezelések között is. A gumók N- valamint K-tartalmában szintén statisztikailag igazolható különbségek mutatkoztak. Az összefüggés vizsgálatok eredményeiből látható, hogy a levél zöldtömeg és a gumótermés között szoros, szignifikáns kapcsolat van.

Kulcsszavak: burgonya, NPK-trágyázás, kisparcellás kísérlet, növényi produktum

Studies on the effects of variable NPK nutrient ratios on potato

¹P. VARGA-¹K. SÁRDI-²ZS. VASZILY-²ZS. POLGÁR

¹University of Pannonia, Georgikon Faculty, Department of Crop Production and Soil Science, Keszthely

²University of Pannonia, Georgikon Faculty, Potato Research Center, Keszthely

Summary

Among field crops, potato (*Solanum tuberosum* L.) is the fourth after wheat, rice and corn concerning total yield. Apart from the high yield levels caused by increased requirements in marketing, high quality has also outstanding importance. For this reason, balanced nutrient supply based on soil testing results is essential. Deficient and excessive use of fertilisers may also cause numerous problems related to yield levels and tuber health conditions. Considering the actual prices of fertilisers, producers are interested in achieving target yields by appropriate fertilisation and agrotechnics while avoiding the excessive use of fertilisers and environmental risks at the same time.

The main subject of our experiment was to study the growth, vegetative parameters, flowering, tuber initiation of potato (*Solanum tuberosum* L.), cv. Hópehely as affected by optimum and imbalances in NPK nutrient supply.

A small plot field experiment was carried out at the Experimental Station of Potato Research Center at the University of Pannonia, Georgikon Faculty. Apart from the

unfertilised control, the effects of 6 treatment combinations were studied and the results were compared to literature data.

During our study, several vegetative parameters were determined by sampling. Leaf analyses were done at the beginning of flowering and nutrient element content of tubers were determined at harvesting.

It was evident from the results that plants grown under nutrient deficient conditions were weak, leaves were chlorotic, flowering and tuber yield formation have started earlier. Results showed the highest values in the $N_1P_1K_2$ treatment: maximum of average fresh weight, leaf diameter and length were observed with higher rates of K application. With the increased leaf area, potato plants were able to produce higher amounts of assimilates required for optimum tuber yield. This was also due to the better supply of potassium.

The nitrogen and potassium contents of leaf samples were significantly higher compared to the unfertilised control. Significant differences in yield quantities were observed both in comparison to the control and among the treatments applied. Differences were significant in the N and K element content of tubers. It was evident from the results of the correlation analyses that there was a close significant relationship between leaf fresh weight and tuber yield level.

Key words: potato, NPK fertilisation, small plot experiment, production of crop

Исследование влияния обеспечения питательным веществом NPK различной пропорции в картофеле

¹П. ВАРГА–¹К. ШАРДИ–²Ж. ВАСИЛИ–²Ж. ПОЛГАР

¹Университет Паннон, факультет Георгикон, Кафедра Растениеводства и Почвоведения, Кестхей

²Университет Паннон, Факультет Георгикон, Центр исследования картофеля, Кестхей

Резюме

Среди пахотных культур на основании количества общего урожая картофель (*Solanum tuberosum* L.) после пшеницы, риса и кукурузы занимает четвёртое место в мире. Из-за возросших рыночных требований вместе с количеством урожая очень

важно также обеспечение хорошего качества. Для этого необходимо основанное на результатах исследований почвы, соответствующее требованиям растения сбалансированное обеспечение питательными веществами. Недостаточное или чрезмерное обеспечение вызывает много проблем касательно урожая и состояния здоровья растений, а также в ценностях внутреннего содержания клубней. При современных ценах на искусственные удобрения производители заинтересованы в том, чтобы с внесёнными питательными веществами и профессиональной агротехникой без лишней нагрузки на окружающую среду достичь запланированное количество урожая.

Целью наших опытов было изучение роста, вегетативных показателей, цветения и завязывания клубней картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в различных, с применением оптимальных и неблагоприятных для растения пропорций искусственного удобрения NPK.

Пашенный опыт на малых парцеллах установили в 2009 году на территории Центра исследования картофеля, с селекционированным Центром сортом «Hópehely». Кроме контроля без удобрения мы исследовали влияние 6 обработок в 3 повторениях, результаты которых сравнили с данными зарубежной и венгерской специальной литературы. В ходе нашей работы проводили отбор образцов насаждения, исследовали различные вегетативные параметры. Для анализа листьев взяли образцы в начале цветения, затем после уборки исследовали содержание питательных элементов NPK клубней картофеля. Результаты доказали, что на парцеллах, обеспеченных недостаточно питательными веществами растения развивались слабее, быстрее прошло цветение и также следовавшее за ним созревание. Самый лучший результат получили в обработке дозой $N_1P_1K_2$ относительно зелёной массы листа, ширины листа и длины листа. Смыкание рядов здесь было самое лучшее, что препятствовало прорастанию сорняков. Согласно ранним исследованиям на увеличенной поверхности листа картофель больше ассимиляты может производить, что в дальнейшем способствует увеличению размера урожая. В количестве урожая обнаружили значительную разницу по сравнению с контролем, а также между отдельными обработками. Содержание N и K клубней также показало статистически подтверждаемую разницу. На основании исследования результатов взаимосвязи видно, что существует тесная значительная связь между зелёной массой листа и урожаем клубней картофеля.

Ключевые слова: картофель, внесение удобрений NPK, опыт на малых парцеллах, растительный продукт

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A burgonya világviszonylatban az egyik legfontosabb élelmisznőnövény. Termőterülete a kínai, indai és más, főképp 3. világbeli országok termesztésének köszönhetően évről évre növekszik, jelenleg kb. 20 millió ha. Hazánkban a burgonya termőterülete az utóbbi 10 évben ellenben 65 000 ha-ról mintegy 20 000 ha-ra csökkent, a termelési szerkezet pedig a korai burgonya termesztés javára átalakult. A területvesztés alapvetően az ágazat versenyképességének csökkenésére vezethető vissza, melynek több összetevője van. A termésátlagok a 22–24 t/ha körüli alacsony szinten stagnálnak. A termelési költségek ellenben folyamatosan emelkednek, nő az egységre jutó önköltség (36–40 Ft/kg, 2009), míg a felvásárlási árak évről évre jelentősen ingadoznak. Az ágazat speciális gépeket, jelentős tőkelekötést igényel, 1 ha termelési költsége eléri az 1–1,5 Mft-ot.

Proksza (2002) szerint burgonyatermesztésünk egyik kulcskérdése a fajtaváltás. Megfigyelhető, hogy a fajtaváltás a legtöbb országban mindig valamely kényszerítő körülmény hatására zajlott le. A termelési költség felét a vetőgumó ára teszi ki. Ma közvetlen import vetőgumó használatával a burgonyatermesztés nem gazdaságos, ugyanis ezen fajták zöme vírus-fogékony, ezáltal igen gyorsan leromlanak, vetőgumójukat minimum két évente újra meg kell vásárolni. A magas környezeti vírusnyomás miatt Magyarországon az ilyen vírus-fogékony fajtákból egészséges szaporítóanyagot előállítani igen kockázatos. Részben ennek köszönhető, hogy mára a minősített vetőgumó szaporítás területe is 200 ha alá csökkent.

Kruppa et al. (2008) szerint a rezisztens magyar fajták használatával a vetőburgonya költsége akár 90%-kal is csökkenthető lenne, miközben nőne a termésbiztonság és vele a versenyképesség. Az ágazat helyzetértékeléséről bővebb információk találhatóak *Polgár (2008)* közleményében.

A vetőgumó biológiai értékét hazai viszonyok között annak virológiai állapota határozza meg. Magyarországon a burgonya levélsodródás (PLRV) és a burgonya Y (PVY) vírus okoz rendszeresen járványt, jelentősen csökkentve a vetőgumó minőségét (*Wolf és Horváth 2002*). A vírusok elleni egyetlen hatékony védelem a rezisztens fajták kinemesítése és termesztése (*Ruiz et al. 1998*).

Polgár et al. (2002), *Polgár és Wolf (2005)*, valamint *Cernák et al. (2008)* ismertetik azokat a hagyományos nemesítési és DNS alapú markerek használatán alapuló módszereket, melyekkel a rezisztencianemesítés hatékonysága növelhető, időszükséglete pedig jelentősen csökkenthető.

A Pannon Egyetem keszthelyi Burgonyakutatási központja az elmúlt 15 évben 11 olyan új burgonyafajtát nemesített ki, köztük a Hópelyhet, melyek egyedülállóan összetett rezisztenciával rendelkeznek a legfontosabb burgonyát károsító kórokozókkal és kártevőkkel szemben (vírusok, egyes baktériumok, gombák és fonálférgék), ugyanakkor sem termőképességben, sem minőségben nem maradnak el a külföldi fogékony fajtáktól. E fajták provokatív körülmények közötti tápanyag-reakciójáról azonban mindezidáig nincsenek adataink.

Láng (1976) szerint nagy termést a burgonya csak tápanyagban gazdag, jó vízellátottságú talajon adhat. Legkedvezőbb számára a középkötött, illetve a kolloidokban gazdag, jó homokos vályogtalaj. A betakarító gépek miatt a lazább talajokat jelenleg előnyben részesítik.

A szerves- és műtrágyázással megalapozott, optimális arányú tápanyag-ellátottság az eredményes burgonyatermesztés egyik legfontosabb tényezője. A termésmennyiség növelésén kívül befolyásolja a gumók minőségét, szárazanyag-tartalmát, a keményítő- és nyersfehérje-százalékot, az étkezési-, ipari-, és vetőgumóértéket, továbbá a tárolhatóságot (Lőrincz 1979).

Az istállótrágya a burgonya legfontosabb szerves trágyája. Elősegíti a talajszerkezet kialakulását, kötöttebb és tömörödsre hajlamos területen javítja a talaj szellőzését, a tápanyag és vízgazdálkodást, fokozza a mikrobiális tevékenységet, növeli a talaj szervesanyag-tartalmát, kedvezőbbé teszi a kémhatást, csökkenti a nagy műtrágyaadagok okozta sókoncentrációt. Sok évtizede ismert megállapítás, miszerint egy gazdasági növényünk sem hálálja meg úgy az istállótrágyát, mint a burgonya (Beke 1930). Az istállótrágyának műtrágyákkal való kiegészítését azonban már akkor is szükségesnek tartották.

Kádár (2000) szerint a trágyázásnak kettős célja van. Egyrészt elkerülni a terméscsökkenést az alul- vagy túltrágyázásból adódóan, másrészt a talaj „kielégítő” tápanyag-szolgáltató képességének a megőrzése, mert a trágyázás így a leghatékonyabb.

A burgonyagumók káliumból veszik ki a legtöbbet a talajból, általában másfélszer annyit, mint nitrogénből, és 4-szer-5-ször annyit, mint foszforból. A magnézium, kén és kalcium felvétele kevésbé jelentős, de szintén fontos tényező.

A MÉM NAK (1979) szerint a burgonya tápanyagigénye 100 kg gumótermés és a hozzátartozó növényi részek biztosításához: 0,5 kg N, 0,2 kg P₂O₅, 0,9 kg K₂O. Kruppa (1998) szerint Magyarországon 40 t/ha-os burgonyatermés eléréséhez homoktalajon 200 kg nitrogén, 150 kg foszfor, 300 kg kálium,

és 60 kg magnézium hatóanyagot célszerű kijuttatni. A nitrogén a burgonya termésmennyisége mellett a minőséget is jelentősen befolyásolja. Számos kísérlet igazolja, hogy a gumók fehérjetartalmát növeli, a keményítőtartalmát csökkenti. A növény optimális igényéhez képest több nitrogén kijuttatása szükségtelen: az állomány később fog beérni, a nitrogén ugyanis megnyújtja a tenyészidőt. A nitrogénhiány is káros, világoszöld színű, alacsony bokron felfelé álló levélzetű növényeket eredményez, gyorsítja a gumóérést, de ezáltal egyben csökkenti a termést (Szalai 1999).

Fontos ismeret, hogy a növények már a kezdeti fejlődési szakaszban érzékenyen, statisztikailag igazolható különbségekkel reagálnak a kálium-ellátottságra (Sárdi 2002). A kálium műtrágya megválasztásánál figyelembe kell venni a termesztés célját, és a kijuttatás időpontját, ugyanis a mennyiség és a hatóanyag-forma lényeges hatással van a termés mennyiségére és minőségére egyaránt, tehát az, hogy kloridot vagy szulfátot tartalmaz-e a káliumtrágya. A kálisót (KCl) ősszel kell kijuttatni, mert a burgonya klór-érzékeny, míg a kálium-szulfátot tavasszal, az ültetés előtt 3–4 héttel kell kiadagolni (Lőrincz 1979). A foszfor hatása ugyan lényegesen kisebb a burgonya termésmennyiségére, mint a N-é és a K-é, azonban elősegíti e két tápelem termésmenővelő hatásának érvényesülését. Gyorsítja az érést, kedvezően befolyásolja a vetőgumók biológiai értékét, csökkenti a burgonyavész iránti fogékonyságot. Javítja az étkezési burgonya minőségét, növeli a keményítőtartalmat, javítja az ízt, és a tárolhatóságot. Jó foszforellátottság esetén növekszik az étkezési méretű gumók száma (Lőrincz 1979).

Gucci és Lacolla (2006) Olaszországban végzett kísérleteket azonos mennyiségű K és növekvő mennyiségű nitrogén, ill. foszfor kijuttatással burgonyában. Kísérleti eredményeik alátámasztják, hogy 300 kg/ha kálium mellett 200 kg/ha nitrogén és 100 kg/ha foszfor tudja biztosítani a megfelelő termésszintet, és az optimális beltartalmi értékeket. Pusztai (1980) közlése szerint az egyoldalú, kiegyensúlyozatlan trágyázás hatására a növényeket fiziológiai értelemben ion-stressz éri, s ennek hatására táplálkozási zavarok lépnek fel a tápanyag-felvételben.

Kádár (1980) meszes csernozjom talajon vizsgálta a kálium táplálás hatását a burgonya minőségi jellemzőire és megfigyelte, hogy javuló foszfor, ill. kálium ellátással nőtt az átlagos gumósúly, a keményítőtartalom és a keményítőhozam. A virágzás idején vett levélminták ásványi összetétele, valamint tápelem arányai is megváltoztak, melyek az ásványi táplálás minőségét tükrözik.

Ezek az értékek fokozatosan növekedtek az irodalmi adatok szerinti optimum felé. A levélanalízis célja lehet a tápelemek mennyiségének vagy a növény tápanyag-igényének meghatározása, de a leggyakoribb a diagnosztizálás (Kádár és Elek 1980), (1. és 2. táblázat).

1. táblázat. A burgonyalevél virágzáskori tápelem tartalmának határértékei a különböző szerzők adatai alapján

Tápelem (1)	Hiány (2)	Kritikus (3)	Kielégítő (4)	Nagy (5)	Szerzők (6)
N %	4,2	4,2-4,9	5-6,5	6,5<	Weir és Cresswell (1993)
			5,5-6,5		Weir (1960-1980)
	<3,5	<4,5			Rosen és Eliason (1996)
P %	<0,23	0,23-0,29	0,3-0,55	0,6<	Weir és Cresswell (1993)
			0,36-0,53		Locasio és Rhue (1990)
		0,3	0,35-0,55		Weir (1960-1980)
	<0,2			0,5<	Hochmuth et al. (2004)
K %		0,25<	<0,5		Rosen és Eliason (1996)
	<3,3	3,3-3,9	4,6-6,5	6,5-7	Weir és Cresswell (1993)
		4	4,6-6,5		Weir (1960-1980)
	<3,0		4<		MacKay et al. (1989)
	3,0		3,0-5,0	5,0<	Hochmuth et al. (2004)
		<4,0	<6,0		Rosen és Eliason (1996)

Reuter és Robinson (1997), Hochmuth et al. (2004), Rosen és Eliason (1996)

Table 1. The limit values of the potato leaf at flowering based on the findings of various authors. (1) Nutrient, (2) Shortage, (3) Critical, (4) Satisfactory, (5) High, (6) Authors.

Nemcsak burgonyával, hanem más szántóföldi növényekkel is végeztek kísérleteket, melyben a kiegyensúlyozatlan tápanyagellátás hatásait vizsgálták (Kádár et al. 1979, Sárdi és Csitári 1997). Sárdi et al. (1998) üvegházi körülmények között tenyészedényes kísérletben vizsgálta a növény számára optimálistól eltérő tápanyag adagokra adott reakcióját. A szerzők kiegyensúlyozott NPK kezelés, valamint az $N_0P_0K_0$ kontroll mellett 5 kezelés hatását vizsgálták kukorica és napraforgó jelzőnövényen. Az eredmények azt mutatták, hogy a kezelések hatására a hajtások makroelem-tartalma jelentősen megváltozott, a kontrollhoz képest legtöbb esetben statisztikailag igazolható mértékben. A

harmonikus NPK kezeléshez képest az egyoldalú NP, PK és NK kezeléseknél az egyes tápelem koncentrációk olykor drasztikus mértékben növekedtek, vagy csökkentek a növényekben. Ez kihatással volt a növények gyökér és hajtásképződésére, valamint stressztűrő-képességére is.

2. táblázat. Az érett, betakarított burgonyagumó tápelem tartalmának határértékei

Tápelem (1)	Hiány (2)	Kritikus (3)	Kielégítő (4)	Nagy (5)	Szerzők (6)
N %			1,8		Ermochin (1968)
P %			0,29		Ermochin (1968)
K %		1,94–2,19			Maier (1986)
			2,45		Ermochin (1968)
			2,54<		Wertregt (1968)

Table 2. Limit values of the nutrient content of the ripe, harvested tuber. (1) Nutrient, (2) Shortage, (3) Critical, (4) Satisfactory, (5) High, (6) Authors.

Jelen vizsgálataink célja a burgonya (*Solanum tuberosum* L.), Hópehely fajta növekedésének, vegetatív mutatóinak, virágzásának és gumókötésének tanulmányozása volt eltérő, a növény számára optimális és kedvezőtlen arányú NPK műtrágyák alkalmazásával, valamint a kapott eredmények összehasonlítása korábbi szakirodalmi adatokkal.

Anyag és módszer

A kísérletet a Pannon Egyetem Burgonyakutatói Központjának területén, Ramann-féle barna erdőtalajon állítottuk be, mely II-es termőhelyi kategóriába tartozó könnyű vályogtalaj. A talajmintavételre 2009 tavaszán került sor a szántás el-munkálás előtt. A mintákat 9 helyről, átlós irányban, 0–25 cm-es mélységből vettük. A talajvizsgálatokat a PE GK Növénytermesztési és Talajtani Tanszék laboratóriumában végeztük. Főbb agrokémiai tulajdonságai a következők: pH_{H₂O} 7,65; CaCO₃: 2,87%; NH₄-N: 135,8 mg/kg; NO₃-N: 43,4 mg/kg (N-ellátottság: gyenge); AL-P₂O₅: 220 mg/kg (jó ellátottságú); AL-K₂O: 196 mg/kg (megfelelő ellátottságú).

A kísérletben alkalmazott burgonyafajta a középkorai tenyészidejű Hópehely fajta volt (állami minősítés éve: 1997). Gumója kerekovál, nagy-középnagy

méretű, barnás-sárga héjú, fehér húsú, a koronarészen rózsaszín szemekkel. Szárazanyag-tartalma 19–20%. Lombozata: Közepes méretű, kevés vastag szárral. Levélkéi nagyok, oválisak; virágzata: dús, fehér színű. „B/C” főzési típusú, finomszerkezetű, kiváló ízű étkezési burgonya. A burgonya Y, X és A vírusával szemben immúnis. A levélsodró vírussal szemben (PLRV) magas szántóföldi rezisztenciával rendelkezik. Lombfitofórával és gumóvarasodással szemben közepesen ellenálló (www.burgonyakutatas.hu).

A bemutatott meteorológiai adatokat a Burgonyakutatói Központi Metos1 (software 02.74) típusú meteorológiai állomása szolgáltatta.

A trágyázatlan kontrollt beleértve 7 kezelést alkalmaztunk. A kísérlet kezeléseit 3 ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben állítottuk be:

- I. kezelés (kontroll): $N_0P_0K_0$
- II. kezelés: $N_0P_0K_1$
- III. kezelés: $N_0P_0K_2$
- IV. kezelés: $N_1P_1K_0$
- V. kezelés: $N_1P_1K_1$
- VI. kezelés: $N_1P_1K_2$
- VII. kezelés: $N_1P_1K_3$

Az egyszeres hatóanyag-tartalom: N_1 : 150 kg/ha, P_1 : 100 kg/ha, K_1 : 100 kg/ha volt. A kísérleti terület őszi alaptrágyát nem kapott, a parcellákra pontosan kimért műtrágyákat tavasszal ültetés előtt kézzel juttattuk ki 34% N-tartalmú ammónium-nitrát, 18% P_2O_5 -tartalmú szuperfoszfát és 30% K_2SO_4 -tartalmú Patentkáli formájában.

A bruttó parcellaméret: 27 m² (3×9 m), melyben 4 sor található. A tőtáv 30 cm, a sortáv 75 cm. A nettó parcellát mindig a 2 középső sor, azaz 60 tő alkotta. Ezekből származnak a vizsgálati minták.

Az ültetés 2009. április 14-én, a géppel kihúzott barázdákba kézzel történt. Gumócsávázásra a bakhátak feltöltésekor került sor a Prestige nevű készítmény 2,5 liter/ha dóziséval, amely tartalmaz inszekticidet és fungicidet egyaránt. Több hónapon keresztül védelmet nyújt a burgonyabogár és bizonyos gombás kórokozókval szemben.

A gyomirtás a bakhát kialakítása után Pledge (0,08 l/ha) és Dual Gold (1,6 l/ha) kombinációjával történt. Később bizonyos parcellákon ezt szükséges volt kézi gyomlálással is kiegészíteni.

A tenyészidő során 3 gombaölőszeres állománykezelést végeztünk 1: Kupfer Fusilan (2,7 kg/ha); 2: Ridomil Gold MZ (2,5 kg/ha); 3: Kupfer Fusilan (2,7 kg/ha).

A tenyészidő alatt mért átlagos levegő-, talajhőmérséklet és csapadék adatokat a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat. A tenyészidő alatt mért átlagos levegő-, talajhőmérséklet és csapadék adatok (2009)

Időpont (1)	Lég hőmérséklet átlag (C°) (2)	Talaj hőmérséklet átlag (C°) (3)	Csapadék (mm) (4)
2009. április (5)	14,15	13,85	29,2
2009. május (6)	16,80	17,52	61,6
2009. június (7)	18,15	19,51	82,4
2009. július (8)	21,65	21,00	58,8
2009. augusztus (9)	21,48	20,74	62,2
2009. szeptember (10)	17,56	17,33	24,0

Table 3. Mean air, soil temperature and precipitation data obtained during the growing season (2009). (1) Point of time, (2) Mean air temperature (C°), (3) Mean soil temperature (C°), (4) Precipitation (mm). (5) 2009 April, (6) 2009 May, (7) 2009 June, (8) 2009 July, (9) 2009 August, (10) September.

A fenológiai megfigyeléseket a kelés, kezdeti fejlődés, virágzás (kezdet, vége) és az érés kezdetének időszakában végeztük.

A virágzás kezdetén a levélmintavételt követően, a következő paramétereket határoztuk meg:

1. átlagos levél zöldtömeg (10 db levéllyel együtt, g),
2. átlagos levél hosszúság (cm),
3. átlagos levél vállszélesség (cm),
4. virágzatok száma tövenként (db).

A levélminta-vétel a MÉM NAK (1979) és Elek és Kádár (1980) irányelvei alapján történt (4. táblázat). Ennek lényege, hogy a növényekről meghatározott fenológiai stádiumban, teljesen kifejlett levelet vagy más növényi részt veszünk, és ennek a tápelem tartalmát laboratóriumi körülmények között meghatározzuk. Általában a vizsgálattal több tápelem mennyiségét határozzuk meg, majd az arányokat összevetve tudunk következtetni a növények tápláltsági állapotára.

A mintavétel minden parcellában az átlók mentén történt, egy mintát 20 levélből képeztünk. Ezeket a szárításig papírzacskóban tároltuk, majd szárítás előtt közvetlenül eltávolítottuk a levélgyeleteket.

4. táblázat. *Levélminta-vétel burgonya esetében*
(MÉM NAK 1979)

Növény (1)	Mintavétel (2)	Fenofázis (3)	Kb.-i időpont (4)	Mintavétel helye, és növényi része (5)
burgonya (6)	I.	virágzás kezdete (7)	június 15-től (8)	a legfelső, éppen kifejlett levél (9)

Table 4. Leaf sampling in the case of potato (MÉM NAK 1980). (1) Crop, (2) Sampling, (3) Phenophase, (4) Date of application, (5) Sampling location, crop part), (6) Potato, (7) The beginning of flowering, (8) From June 15th, (9) The highest, fully developed leaf.

A burgonya betakarítása gépi kiforgatás után kézzel történt, melynek során 3 méretfrakciót képeztünk: <28 mm, 28–60 mm, >60 mm.

A gumók tápelem-tartalmának meghatározásához a nettó parcellákról betakarított termésemből vettünk 20 db. 40–50 mm körüli gumót. 2 hónap tárolás után a gumókat félbevágtuk, majd mindegyikből 4–5 szeletet tettünk félre szárítani. A laboratóriumi vizsgálatokat PE-GK Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék laboratóriumában végeztük.

Az analízisre előkészített (leszárított, megőrölt) növényminták kénsavas feltárása és a törzsoldat elkészítése után a növényi N-tartalom Kjeldahl-módszerrel, Parnass-Wagner vízgőzdesztilláló készülék segítségével, a P-koncentráció Zeiss-Spekol-10 típusú spektrofotométerrel, míg a K-koncentráció meghatározása Zeiss Flapho 4 típusú lángfotométer segítségével történt. A statisztikai elemzést Microsoft Excel 2007 programmal végeztük. A kezelések közötti eltérések igazolására egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk. Az egyes vizsgált paraméterek közötti összefüggést korreláció-számítással ellenőriztük.

Eredmények

A keléstől az érés kezdetéig állomány felvételezést végeztünk az MGSZH által meghatározott fenológiai fázisokban. A kelés azonos ütemben zajlott minden parcellán, keléshiányt nem tapasztaltunk. Az ekkoriban lehullott csapadék kedvező hatással volt a kezdeti fejlődésre. Az egyes kezelések között szemmel látható eltérések nem mutatkoztak.

A virágbimbók megjelenése előtt a fejlődés ütemében már eltéréseket tapasztaltunk. A nitrogén hiánya az első 3 kezelésben megmutatkozott. A bok-

rok alacsonyabbak maradtak, gyérebb levélzetet fejlesztettek, mint a N-ada-golásban részesített parcellák növényei. Megfigyeltük, hogy egyoldalú kálium trágyázás hatására a levelek sárgászöld színt vettek fel, jelezve a nitrogén hiányt. A IV., V., VI., és VII. kezelésben a lombzat erőteljesen növekedett, és az egészséges sötétzöld szín volt jellemző. A nitrogén hiány tünetei az első 3 kezelésnél a későbbiek folyamán is megmaradtak, míg a többi esetben a sorok záródtak.

A virágzás kezdeti időpontjának megállapításához a kontroll parcellák állományát vettük alapul, mivel azokon jelentek meg először a virágok. A virágzás ütemének felvételezését akkor végeztük el, amikor a kontroll növények virágzati tengelyein a bimbók 50%-a kinyílt. Minden parcellán a két középső sorban számoltuk meg a virágokat, majd az átlagolt eredményeket %-ban fejeztük ki.

Megállapítottuk, hogy az V. és a VII. kezelés hatására 4–5 nappal később kezdődött a virágzás a kontrollhoz képest. A IV. és VI. kezelés virágzásban ugyanannyival maradt vissza a kontrollhoz képest bár a virágzás intenzitása csak kisebb mértékben csökkent (9–9%). A II. kezelésben a virágok 30%-a, a III. kezelésben a 35%-a nyílt ki a felvételezés napjára. A virágzás a kontrollnál fejeződött be először, majd ezt követte a II. és III. kezelés (5. táblázat). Ezek a parcellák nem kaptak foszforműtrágya kezelést. A IV. és a VII. kezelés állománya 5–7 nap különbséggel virágzott el. Az V. és VI. kezelés parcelláin húzódott el legtovább a virágzás, ami július elejére fejeződött be.

5. táblázat. A virágzás üteme az egyes kezeléseken (2009)

Kezelés (1)	Kinyílt virágok (%) (2)	Kezelés (1)	Kinyílt virágok (%) (2)
I.	50	V.	25
II.	30	VI.	41
III.	35	VII.	24
IV.	41		

Table 5. The rate of flowering in the treatments (2009). (1) Treatment, (2) New-blown flowers (%).

A vegetatív paraméterek vizsgálatakor mind a levélhosszúság mind a levélváll-szélesség tekintetében statisztikailag igazolható eltérés mutatkozott a kontrollhoz képest, és az egyes kezeléseken között is. Levélhosszúság esetében 5%-os

szignifikancia szinten az SZD értéke 2,61; levélváll-szélesség esetében 0,21 (6. táblázat).

6. táblázat. A kezelésenkénti átlagos levélhosszúság és levélváll-szélesség (2009)

Kezelés (1)	Átlagos levélhosszúság (cm) (2)	Átlagos levélváll-szélesség (cm) (3)
I.	14,50	2,93
II.	14,47	2,93
III.	14,48	3,11
IV.	18,03	3,80
V.	20,42	3,88
VI.	21,30	3,94
VII.	20,13	3,86
SzD _{5%}	2,61	0,21

Table 6. Average leaf length and leaf-blade base width in the treatments (2009). (1) Treatment, (2) Average leaf length (cm), (3) Average leaf-blade base width (cm).

A két paraméter között szoros pozitív korreláció van, melyet az 1. ábra mutat. A vizsgálat során kapott koefficiens értéke $R^2=0,83$. A levél-szélesség és hosszúság együttes növekedése az irodalmi adatok szerint a LAI-index növekedésével is jár. A megnövekedett levélfelületen a burgonya több asszimilátát képes előállítani, ami a későbbiekben hozzájárul a termés nagyságának növekedéséhez is. Másrészt a jobban záródott sorok árnyékoló hatása láthatóan gátat szab a gyomok csírázásának és növekedésének akkor is, amikor a kijuttatott gyomirtó szerek hatása már csökkent vagy elmúlt.

A levélminták lemérését követően a levél zöldtömegek között is szignifikáns különbséget találtunk a kontroll és az egyes kezelések között ($SZD_{5\%}=11,36$). A 2. ábra jól mutatja, hogy a kontroll és az egyoldalú K-műtrágyában részesített parcellákon közel azonos a levelek átlagos zöldtömege. A IV. kezelésnél már egy jelentős növekedés észlelhető a 150 kg/ha nitrogénnek köszönhetően. Legnagyobb zöldtömeget VI. és VII. kezelésnél mértünk, ami utal a burgonya számára optimális tápelem arányokra.

A levél zöldtömeg és a termés mennyisége között szoros összefüggést találtunk ($R^2=0,81$), amint az a 3. ábrán látható.

1. ábra. Kapcsolat a levélhosszúság és levél vállszélesség között (2009)

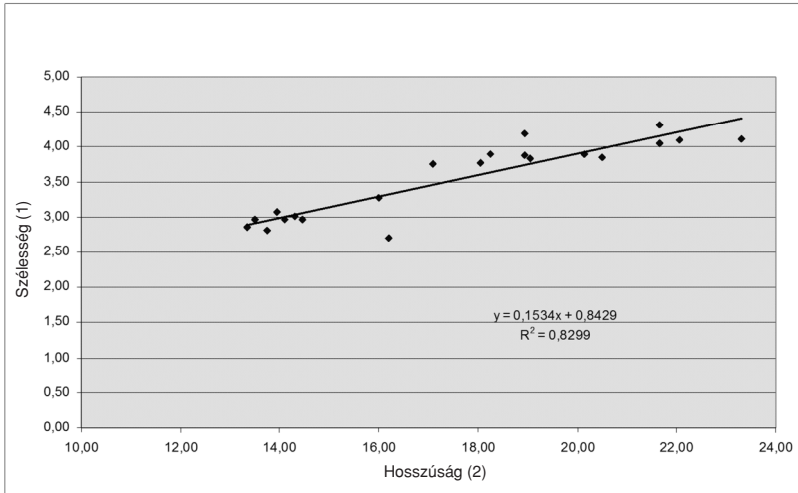


Figure 1. Correlation between the leaf length and leaf-blade base width (2009). (1) Width, (2) Length.

2. ábra. Az átlagos levél zöldtömegek alakulása (2009)

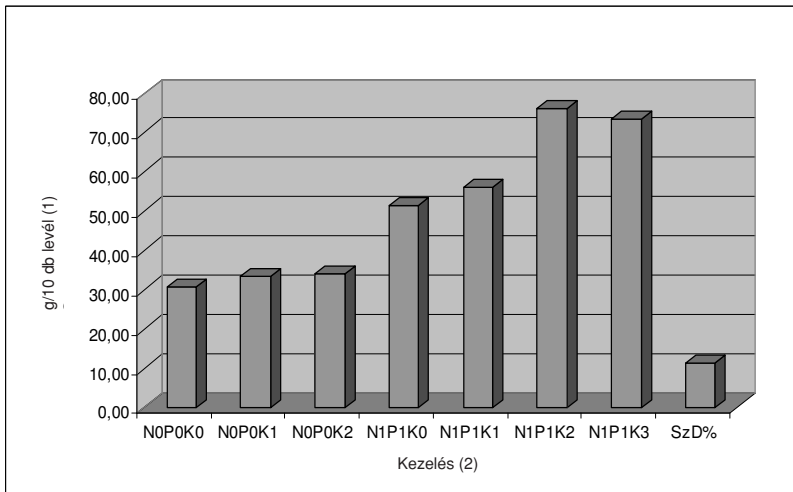


Figure 2. Average leaf green weight (2009). (1) g per 10 leaves, (2) Treatment.

3. ábra. Kapcsolat a levél zöldtömeg és a gumótermés között (2009)

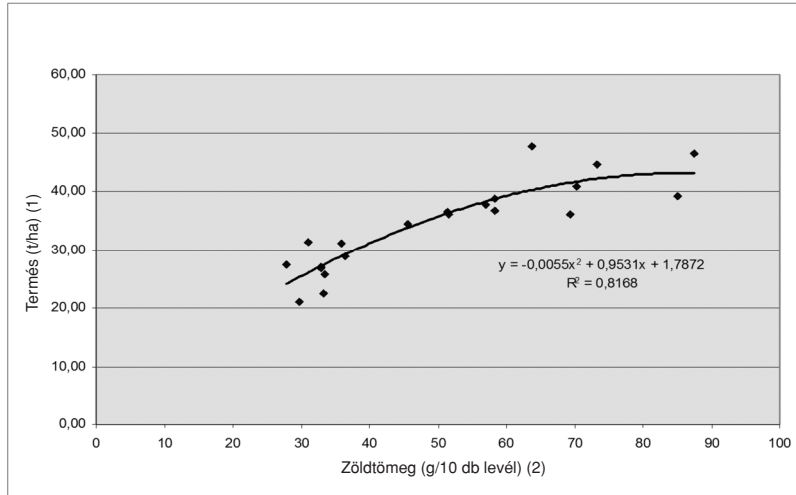
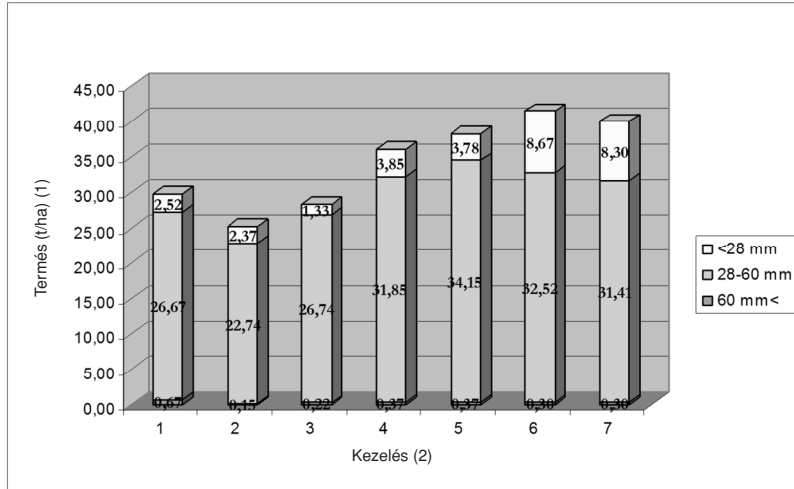


Figure 3. Correlation between the leaf green weight and the tuber yield (2009). (1) Yield (t ha⁻¹), (2) Green weight (g 10 leaves).

A terméseredmények meghatározása során a kontroll parcellákon 3 ismétlés átlagában 27,1 t/ha-os termést takarítottunk be (4. ábra). A II-es kezelésben átlagosan 26,3 t/ha volt a termés mennyisége, ami még a kontrollnál is alacsonyabb. A III-as kezelésben már kismértékű növekedés látszik. 1,2 t-val haladja meg a kontrollt, ami azonban nem szignifikáns. A 200 kg/ha kálium hatása nitrogén és foszfor nélkül alig tud érvényesülni. A IV-es kezelés ismétléseinek átlagában ugyanakkor 8 t/ha növekedés figyelhető meg, ami szignifikánsan magasabb, mint a nitrogénben és foszforban nem részesült parcellák termésátlagá. Ez bizonyítja, hogy a növények bokrosodásának mértéke és az alattuk lévő gumók mennyisége nagyban függ a nitrogén ellátástól. Az V., VI., és VII. kezelések között a növekvő kálium adagok hatására folyamatos növekedést tapasztaltunk, az eltérés azonban statisztikailag nem minden esetben támasztható alá. A legtöbb gumót a VI. és VII. kezelés parcelláiról takarítottunk be, 53 ill. 56%-kal többet, mint a kontroll parcellákról. A növekedés üteme ugyanakkor egyre lassul, a 3-szoros kálium adag már csak 1 t/ha-ral növelte a termést a 2-szeres adaghoz képest. A kálium ellátás növelése változatlanul hagyott (állandó) foszfor és nitrogén adagok mellett nem ad több termést, mivel a foszfor és a nitrogén limitáló tényezővé válik.

4. ábra. A betakarított termés mennyisége és frakciónkénti megoszlása (2009)

Figure 4. Quantity and fractional distribution of harvested yield (2009). (1) Yield (t ha⁻¹), (2) Treatment.

A vetőburgonya termesztésnél követelmény, hogy gumók mérete nagyobb legyen, mint 28 mm, de ne haladja meg a 60 mm-t. A feldolgozóipar – amennyiben hasáburgonya előállításról van szó – az 55 mm feletti gumókat veszi át, míg chipsgyártáshoz a 40–55 mm-es mérettartomány a kívánatos.

A 28 mm alatti gumókat legnagyobb arányban (2,2%) a kontroll parcellákon mértünk, a többi esetben 0,6 és 1,0% közötti volt ez az érték. Vetőgumó termesztés szempontjából legkedvezőbbnek az V. kezelés bizonyult, mivel itt mértük a legnagyobb mennyiségű (34,15 t) 28–60 mm közötti méretű gumót. A VI. és VII. kezelésben a relatív termés mennyiségileg ugyan nőtt, de a vető méretű gumók aránya csökkent. A IV. és V. kezeléshez képest több mint 50%-kal nőtt a nagy frakció aránya. Ezzel ellentétben a II. és III. kezelésnél a kontrollhoz mérten kisebb-nagyobb mértékben csökkent a 60 mm feletti gumók mennyisége (4. ábra, 7. táblázat). Ez alapján elmondható, hogy a kálium csak megfelelő mennyiségű nitrogén és foszfor jelenlétében képes növelni a gumók átlagos méretét.

A lombzat nitrogén tartalmának vizsgálatok szignifikáns különbségeket találtunk a kontrollhoz képest. Az első három kezelés esetében a levelek N-tartalma a kritikus tartományba esik, ami jól jelzi a nitrogénnel egyébként is gyen-

gén ellátott talajon a növények nitrogén éhségét (8. táblázat). 150 kg/ha N hatóanyagot kapott parcellákon már a kielégítő kategóriába sorolhatóak az eredmények (Weir és Cresswell 1993, Rosen és Eliason 1996, Mills és Benton Jones 1996).

7. táblázat. A gumók méret szerinti megoszlása (2009)

Kezelés (1)	<28 mm		28–60 mm		60 mm<	
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
I. (N ₀ P ₀ K ₀)	0,67	2,2	26,67	89,3	2,52	8,4
II. (N ₀ P ₀ K ₁)	0,15	0,6	22,74	90,0	2,37	9,4
III. (N ₀ P ₀ K ₂)	0,22	0,8	26,74	94,5	1,33	4,7
IV. (N ₁ P ₁ K ₀)	0,37	1,0	31,85	88,3	3,85	10,7
V. (N ₁ P ₁ K ₁)	0,37	1,0	34,15	89,2	3,78	9,9
VI. (N ₁ P ₁ K ₂)	0,30	0,7	32,52	78,4	8,67	20,9
VII. (N ₁ P ₁ K ₃)	0,30	0,7	33,93	79,8	8,30	19,5

Table 7. Distribution of tuber size (2009). (1) Treatment.

8. táblázat. A levélminták nitrogéntartalma (2009)

Kezelés (1)	N ₀ P ₀ K ₀	N ₀ P ₀ K ₁	N ₀ P ₀ K ₂	N ₁ P ₁ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₁ P ₁ K ₂	N ₁ P ₁ K ₃
	N%						
1. ism. (2)	4,70	4,64	5,00	5,75	5,54	5,31	5,60
2. ism. (3)	4,73	4,67	5,22	5,48	5,60	5,45	5,85
3. ism. (4)	4,58	4,99	5,05	5,43	5,29	5,44	5,45
Átlag (5)	4,67	4,76	5,09	5,55	5,48	5,40	5,53

Table 8. Nitrogen content of the leaf samples (2009). (1) Treatment, (2) 1st replication, (3) 2nd replication, (4) 3rd replication, (5) Mean.

A levélminták foszfortartalmában szignifikáns különbség nem tapasztalható az egyes kezelések között. Ez az azonos P-adagok alkalmazásának, valamint a talaj jó foszfor ellátottságának tudható be. A növények a foszfor műtrágyában nem részesített parcellákon is elegendő mennyiségű tápanyagot tudtak felvenni a talajból. Az egyes parcellákról gyűjtött levélminták foszfortartalmát (P%) a 9. táblázat mutatja.

9. táblázat. A levélminták foszfortartalma (2009)

Kezelés (1)	N ₀ P ₀ K ₀	N ₀ P ₀ K ₁	N ₀ P ₀ K ₂	N ₁ P ₁ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₁ P ₁ K ₂	N ₁ P ₁ K ₃
	N%						
1. ism. (2)	0,40	0,40	0,44	0,46	0,44	0,40	0,52
2. ism. (3)	0,48	0,40	0,42	0,42	0,40	0,42	0,50
3. ism. (4)	0,28	0,42	0,42	0,44	0,46	0,44	0,46
Átlag (5)	0,39	0,41	0,43	0,44	0,43	0,42	0,49

Table 9. Phosphorus content of the leaf samples (2009). (1) Treatment, (2) 1st replication, (3) 2nd replication, (4) 3rd replication, (5) Mean.

A foszfortartalom külföldi szakirodalmi adatok alapján minden kezelésnél a kielégítő tartományba volt sorolható (*Locasio és Rhue* 1990).

A levélminták átlagos káliumtartalma a kontrollhoz képest szignifikánsan növekedett (5. ábra). A káliumtartalom növekedés statisztikailag igazolhatóan a kijuttatott tápanyagmennyiség miatt következett be.

5. ábra. A levélminták kálium tartalma (2009)

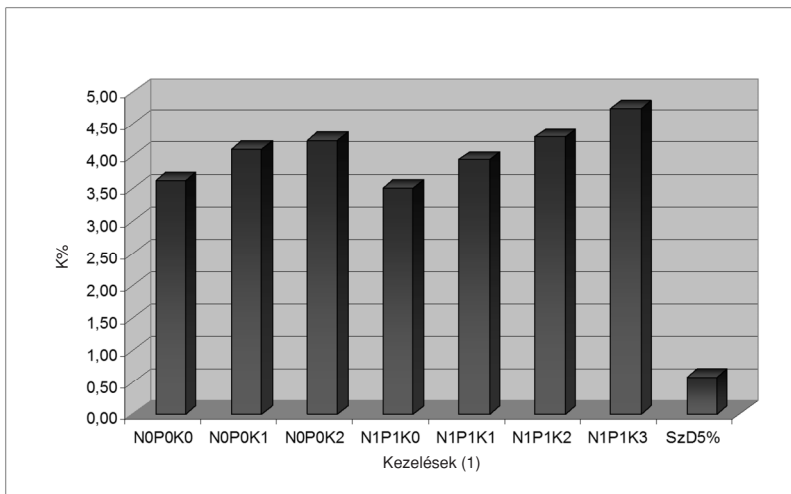


Figure 5. Potassium content of the leaf samples (2009). (1) Treatments.

A legfrissebb irodalmi adatok (*Hochmuth et al.* 2004) alapján a levélminták K tartalma minden esetben a kielégítő (3,0–5,0%-os) tartományba esett. Ko-

rábbi szerzők adatai (*Weir* 1960–1980, *MacKay et al.* 1989, *Rosen és Eliason* 1996) szerint a 4,0%-nál alacsonyabb K tartalom kritikusnak tekintendő. Amennyiben ezt vesszük alapul, úgy az $N_0P_0K_0$, $N_1P_1K_0$ és az $N_1P_1K_1$ kezelések eredményei ebbe a tartományba sorolhatók. A levélminták K és N tartalma között nem találtunk szoros összefüggést ($R=0,37$).

A gumóminták N-tartalmában szignifikáns különbségek mutatkoztak a kontrollhoz képest, és egyes kezelések között is (6. ábra). Irodalmi adat sajnos elég kevés áll rendelkezésre, *Ermochin* (1968) az 1,8% körüli értéket tartja kielégítőnek. Az ezzel való összehasonlítás azt mutatja, hogy kísérletünkben az $N_1P_1K_2$ -es kezelés eredményei állnak legközelebb ehhez az értékhez.

6. ábra. A gumóminták nitrogén tartalma (2009)

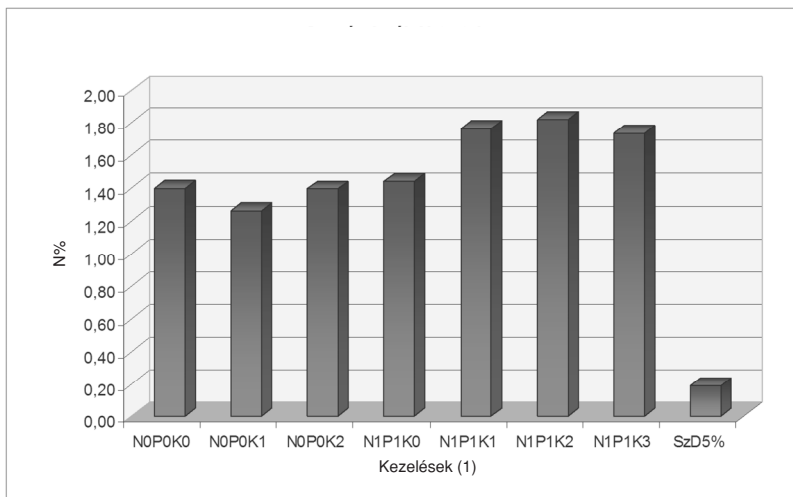


Figure 6. Nitrogen content of the leaf samples (2009). (1) Treatments.

A gumóminták foszfortartalmában a levélmintákhoz hasonlóan nem találtunk szignifikáns eltérést. Ez korábban a levélminták esetében említett okok miatt lehetséges. Az egyes parcellákról gyűjtött gumóminták foszfortartalmát (P%) a 10. táblázat mutatja.

Az érett gumók káliumtartalma a levélmintákhoz hasonlóan alakult, ez esetben is szignifikáns különbség mutatkozott a kontrollhoz képest és az egyes kezelések között. Megfigyelhető, hogy a lépcsőzetesen növekvő K adagok hatására nőtt a gumók kálium tartalma is. A káliumot nem kapott parcellák termései-

ben a koncentráció 2,2% alatt maradt. Irodalmi adatok szerint ez kritikusnak mondható (Maier 1986). A kielégítő szinthez (2,45%) legközelebb az N₁P₁K₃ parcellák eredményei álltak (6. ábra).

10. táblázat. A gumóminták foszfortartalma (2009)

Kezelés (1)	N ₀ P ₀ K ₀	N ₀ P ₀ K ₁	N ₀ P ₀ K ₂	N ₁ P ₀ K ₀	N ₁ P ₀ K ₁	N ₁ P ₀ K ₂	N ₁ P ₀ K ₃
	N%						
1. ism. (2)	0,26	0,22	0,22	0,23	0,22	0,27	0,23
2. ism. (3)	0,18	0,18	0,23	0,22	0,22	0,23	0,22
3. ism. (4)	0,22	0,18	0,26	0,22	0,27	0,22	0,23
Átlag (5)	0,22	0,18	0,24	0,22	0,24	0,24	0,23

Table 10. Phosphorus content of the tubers (2009). (1) Treatment, (2) 1st replication, (3) 2nd replication, (4) 3rd replication, (5) Mean.

A gumók és a levelek kálium tartalma között szignifikáns, lineáris kapcsolatot figyeltünk meg ($R^2=0,65$), melyet a 7. ábra szemléltet. A korreláció szorossága 1%-os valószínűségi szinten is igazolt (R^2 kritikus értéke: 0,548).

7. ábra. Összefüggés a gumók és a levelek káliumtartalma között (2009)

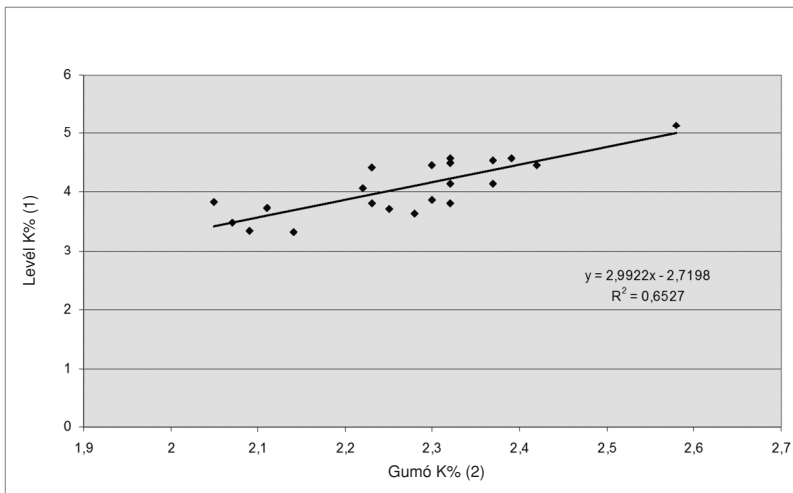


Figure 7. Correlation between the potassium content of tubers and leaves (2009). (1) Leaves (K%), (2) Tuber (K%).

Következtetések

Az egyoldalú káliumtrágyázás hatására a lombzat fejlődése statisztikailag igazolhatóan elmaradt az optimálistól, ez az átlagos levél válszélesség, a levélhosszúság és a zöldtömeg eredményeiből is jól látszik. A virágzás és az egész vegetációs idő lerövidült a kontroll és a csak káliumban részesített parcellák esetében.

A megfelelő mennyiségű és arányú NPK tápanyagok hatására a sorok jobban záródtak, ezáltal az árnyékoló hatás gátolta a gyomok csírázását és növekedését akkor is, amikor a kijuttatott gyomirtó szer hatása már csökkent vagy elmúlt. Munkánk folytatásaként indokoltnak látjuk ennek konkrét tanulmányozását.

A kiegyensúlyozott tápanyagellátás eredményeként nőtt a hektáronkénti termés, valamint a 60 mm-nél nagyobb átmérőjű gumók aránya. A levél zöldtömeg és a gumótermés között szoros összefüggés volt kimutatható ($R^2=0,81$).

A levél- és a gumóminták nitrogén tartalma minden esetben szignifikánsan változott a kontrollhoz képest. A nitrogénben nem részesített parcellák mintáinak N-tartalma az irodalmi „kielégítő” értékek alatt maradtak.

A gumóminták K-tartalma csak a káliumban nem részesített parcellák esetében közelítette meg a szakirodalomban közölt kritikus értéket. A levélminták kálium tartalmának értékelésében azonban nem egységes a szakirodalom.

A levelek és a gumók foszfortartalmában nem volt statisztikailag igazolt eltérés. A tápelem tartalom mindkét növényi rész esetében összhangban van a szakirodalomban leírtakkal.

Eredményeink statisztikai elemzésekkel támasztják alá, hogy a növénykultúra igényéhez igazodó, harmonikus tápanyag-ellátás a burgonyatermesztés eredményességének egyik kulcskérdése.

IRODALOM

- Beke L.*: 1930. A burgonya. Pátria. Budapest.
- Cernák, I.-Taller, J.-Wolf, I.-Fehér, E.-Babinszky, G.-Alföldi, Z.-Csanádi G.-Polgár, Z.*: 2008. Analysis of the applicability of molecular markers linked to the PVY extreme resistance gene Rysto, and the identification of new markers. Acta Biologica Hungarica. 59. 2: 195–203.

- Elek É.–Kádár I.*: 1980. Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi rendszere. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Ermochin, J. I.*: 1968. Blattdiagnostik der chemischen Zusammensetzung von Kartoffelknollen. [In: Bergmann, W.–Neubert, P. (eds.) *Planzendiagnose und Pflanzenanalyse.*] VEB Gustav Fisher Verlag. Jena.
- Gucci, G.–Lacolla, G.*: 2006. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium rates on yield and quality of potato. XIV. World Fertilizer Congress. 22–27 January. Chiang Mai. Thailand. 13–19.
- Hochmuth, G.–Maynard, D.–Vavrina, C.–Honlon, E.–Simonne, E.*: 2004. Plant Tissue Analysis and Interpretation for Vegetable Crops in Florida. University of Florida. Ifas Extension. 1–61.
- Kádár I.*: 1980. A kálium jelentősége földművelésünkben és a csernozjom talajok termékenységében. *Agrokémia és Talajtan.* 29: 577–594.
- Kádár I.–Elek É.*: 1980. A burgonya tápláltsági állapotának kontrollja levélanalízissel. *Növénytermelés.* 29. 2: 413–420.
- Kádár I.–Pusztai A.–Biczók Gy.*: 1979. Adatok a kiegyensúlyozatlan tápanyagellátás káros hatására kukoricán. [In: *A mezőgazdaság kemizálása.*] Ankét NEVIKI. KAE. Keszthely. 163–170.
- Kádár I.*: 2000. A kukorica tápelemfelvétele és trágyaigénye. *Agrofórum.* 11. 3: 41–43.
- Kruppa J. (szerk.)*: 1998. A burgonya és termesztése I–III. *Agroinform* Kiadó. Budapest.
- Kruppa J.–Hellerné Molnár M.–Hodossi S.*: 2008. Miért és hogyan lehet versenyképes a magyar újburgonya termesztés. *Burgonyatermesztés.* 7–13.
- Láng I.*: 1976. Szántóföldi növénytermesztés. *Mezőgazdasági Kiadó.* Budapest.
- Locasio, S. J.–Rhue, R. D.*: 1990. Phosphorus and micronutrient source for potato. [In: Reuter, D. J.–Robinson, J. B. (eds.) *Plant Analysis and Interpretation Manual.*] CSIRO Publishing. Australia.
- Lőrincz I.*: 1979. A burgonya termesztése. *Mezőgazdasági Kiadó.* Budapest.
- MacKay, D. C.–Enz, T.–Carefoot, J. M.–Dubetz, S.*: 1989. Comparison of critical nutrient concentrations with DRIS for assessing nutrient deficiencies of potatoes on irrigated Chernosemic soils. *Can. J. Plant Sci.* 69: 601–609.
- Maier, N. A.*: 1986. Potassium nutrition of irrigated potatoes in South Australia. Effect on chemical composition and the prediction of tuber yield response by plant analysis. *Aust. J. Exp. Agric.* 26: 727–736.
- MÉM NAK*: 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. Budapest.
- Mills, H. A.–Benton Jones, J. Jr.*: 1996. *Plant Analysis Handbook II.* Micromacro Publishing. Inc. 368.
- Polgár, Zs.–Wolf, I.–Horvath, S.*: 2002. Development of parental lines having resistance genes against PVYNTN in hetero multiplex state. 15th Triennial Conference of the European Association for Potato Research. July 14–19, 2002. Hamburg. Germany. *Abstracts of Papers.* 98.
- Polgár Zs.–Wolf I.*: 2005. A keszthelyi „burgonyakutató műhely” ajánlásai a burgonya-termesztőknek. *Gyakorlati Agrofórum.* 16. 2: 23–26.

- Polgár Zs.*: 2008. A burgonyatermesztés helyzete és az eredményes termesztés feltételei. *Agronapló*. 12. 5:
- Proksza P.*: 2002. Minőség, igények, fajtaválaszték. Tendenciák a burgonya fajtaelismérésében. XLIV. Georgikon Tudományos Napok. Keszthely. 292–295.
- Pusztai A.*: 1980. A kiegyensúlyozatlan N, P és K ellátottság hatása a talajra és növényre. A mezőgazdaság kemizálása. NEVIKI-KAE. Veszprém – Keszthely. 117–121.
- Reuter, D. J.–Robinson, J. B.*: 1997. *Plant Analysis an Interpretation Manual*. CSIRO Publishing. Australia. 430–434.
- Rosen, C. J.–Eliason, R.*: 1996. *Nutrient Management for Commercial Fruit and Vegetable Crops in Minnesota*. Univ. of Minnesota. DG-05886-GO.
- Ruiz de Galarreta, J. L.–Carrasco, A.–Salazar, A.–Barrena, I.–Iturrutxa, E.–Marquinez, R.–Legorburu, F. J.–Ritter, E.*: 1998. Wild *Solanum* species as resistance sources against different pathogens of potato *Pot. Res.* 41: 57–68.
- Sárdi, K.–Csitári, G.*: 1997. Responses of corn and sunflower to nutrient stress. XI. World Fertilizer Congress. 7–13 September, 1997. Gent. Abstracts. 271.
- Sárdi K.–Csitári G.–Éri F.*: 1998. Kiegyensúlyozatlan tápanyagellátás hatása a kukoricára és a napraforgóra. XII. Országos Környezetvédelmi Konferencia. Siófok. 169–177.
- Sárdi K.*: 2002. A kálium-ellátás és a talajnedvesség hatása a fiatal növények fejlődésére. *Acta Agronomica Hungarica*. 50. 1: 287–292.
- Szalay A.*: 1999. Bevezetés a burgonyatermesztésbe. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.
- Weir, R.*: 1960–1980. Result from plant analyses. Department of Agriculture New South Wales. Sydney. Australia.
- Weir, R.–Cresswell G. C.*: 1993. *Plant Nutrient Disorders 3. Vegetable Crops*. NWS Agriculture. Inkata press. Melbourne.
- Wertregt, N.*: 1968. (Relation between black spot and composition of the potato tuber. [In: Bergmann, W.–Neubert, P. (eds.) *Planzendiagnose und Pflanzenanalyse*.] VEB Gustav Fisher Verlag. Jena.
- Wolf I.–Horváth S.*: 2002. A vírusfertőzés hatása a vetőburgonya minőségére. XLIV. Georgikon Tudományos Napok. Keszthely. 306–310.
- www.burgonyakutatás.hu

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Sárdi Katalin–Varga Péter
Pannon Egyetem Georgikon Kar
Növénytermesztési és Talajtani Tanszék
Keszthely
Deák Ferenc u. 16.
H-8360

Dr. Polgár Zsolt-Vaszily Zsolt
Pannon Egyetem Agrártudományi Centrum
Burgonyakutatói Központ
Keszthely
Deák Ferenc u. 16.
H-8360

SZEMLE

Review

Magyarországon előforduló macskagyökér fajok jellemzése, valamint termesztésük és felhasználásuk lehetőségei

CSEH ESZTER

Pannon Egyetem Georgikon Kar, Kertészeti Tanszék, Keszthely

Összefoglalás

A macskagyökér (*Valeriana* sp.) fajoknak jelentős szerepük van a növényi alapú nyugtatók előállításában. Világszerte több fajuk terjedt el és vált gyógyszeripari alapanyaggá.

Hazánkban négy faj fordul elő. Ezek a *Valeriana tripteris* L., a hármalevelű macskagyökér; a *V. dioica* L., a kétlaki macskagyökér; a *V. simplicifolia* L., az éplevelű macskagyökér; valamint a *V. officinalis* L., az orvosi macskagyökér. Magyarországon ma a *V. officinalis* alfajaiként ismertek a *V. officinalis* ssp. *collina* (Wallr.), a keskenylevelű macskagyökér; a *V. officinalis* ssp. *sambucifolia* (Mikan f.), a bodzalevelű macskagyökér; és a *V. officinalis* ssp. *officinalis*, azaz az orvosi macskagyökér. Termesztett gyógynövényként az utóbbi terjedt el. A hazai szakirodalomban a részletes termesztéstechnológia rendelkezésre áll, azonban a szaporítóanyag, illetve a fajta előállítás a *Valeriana* nemzetségekre jellemző morfológiai és genetikai változékonyság miatt problémát okoz. A mai modern mikroszaporítási módszerek segítségével külföldön megkezdődött a technológia kidolgozása más macskagyökér fajok esetében, továbbá törekednek az alkalmazási terület kiszélesítésére, az antimikrobiális és antioxidáns hatás kihasználására gyógyászati célból, illetve növényvédelmi célokra történő alkalmazására. A Magyarországon honos fajaink felhasználásával, mikroszaporítási technika kidolgozásával, új,

jobb minőséget adó, jobb alkalmazkodóképességű fajták előállításával a hazai termesztés fellendülését támogatni lehetne.

Kulcsszavak: macskagyökér, gyógynövény, termesztés, szaporítóanyag

Characterisation, production and use of Valerian species in Hungary

E. CSEH

Pannon University, Georgikon Faculty, Department of Horticulture, Keszthely

Summary

Valerian species have an important role among herbs widely recognized as sedatives and natural sleep aids. Several species of the *Valeriana* genus are spread all over the world and used in the pharmaceutical industry.

Four *Valeriana* species occur in Hungary: *Valeriana tripteris* L., *V. dioica* L., *V. simplicifolia* L. syn., *V. dioica* ssp. *simplicifolia* (Rchb.) Nyman., and *V. officinalis*. The latter species has three known subspecies in Hungary: *V. officinalis* ssp. *collina* (Wallr.), *V. officinalis* ssp. *sambucifolia* (Mikan f.), and *V. officinalis* ssp. *officinalis*. Of these, the latter is the most popular in medicinal herb growing. Detailed technical information for production is available; however, the morphological and genetic variability characteristics of *Valeriana* species cause problems in variety breeding and propagation material production. With the help of today's micropropagation methods, development of the process for other *Valeriana* species has begun in other countries. Moreover, efforts are taken to broaden the use of the species by exploiting the anti-microbial and antioxidant effects in medicine, as well as in plant protection. The use of native valerian species and the development of a micropropagation methodology, as well as the production of new varieties with better adaptability and high-quality would boost their cultivation in Hungary.

Key words: Valerian, herb, production, propagation material

Характеристика видов валерианы, встречающихся в Венгрии, а также возможности их выращивания и использования

Э. ЧЕХ

Факультет Георгикон Университета Паннон, Кафедра Садоводства, Кестхей

Резюме

Виды валерианы (*Valeriana* sp.) имеют большое значение в изготовлении успокоительных средств на основе растений. Во всём мире много видов распространилось и стало сырьём для фармацевтической промышленности.

В Венгрии встречается четыре вида. Это *Valeriana tripteris* L., трёхраздельная валериана; *V. dioica* L., двудомная валериана; *V. simplicifolia* L., валериана цельнолистная; а также *V. officinalis* L., лекарственная валериана. В Венгрии сегодня подвидом *V. officinalis* считают *V. officinalis* ssp. *collina* (Wallr.), узколиственная валериана; *V. officinalis* ssp. *sambucifolia* (Mikan f.), ползучая валериана; и *V. officinalis* ssp. *officinalis*, т.е. медицинская валериана. Как выращиваемое лекарственное растение это последнее распространено. В венгерской специальной литературе описана подробная технология выращивания, однако материал для разведения, и изготовления вида *Valeriana* проблематичен из-за характерного для рода морфологических и гинетических разнообразий. С помощью современных способов микроразмножения за границей начали вырабатывать технологию в случае других видов валерианы, а также пытаются расширить область её применения, для использования антимикробных и антиоксидантных влияний в лечебных целях, а также в использовании для защиты растений. В Венгрии использованием отечественных видов, выработкой техники микроразмножения, изготовлением новых, дающих лучшее качество, более приспособляемых видов можно ускорить развитие их выращивания.

Ключевые слова: валериана, лекарственное растение, выращивание, материал для разведения

Bevezetés

A humán gyógyászatban a gyógynövények alkalmazása régóta ismert. A népgyógyásztól a gyógyszeripari alapanyagokig széleskörűen alkalmazhatóak. Elsősorban ez utóbbi kategóriába sorolják a ma is rendkívül népszerű növényi alapú nyugtató készítmények elsődleges hatóanyagait adó macskagyökér fajokat.

Macskagyökér (*Valeriana*) fajok jellemzése, drogja, hatóanyagai és hatásmechanizmusa

A Valeriana nemzetség fajainak (alfajainak) elterjedése, jellemzése

A genusz a *Valerianaceae* (macskagyökérfélék) családba tartozik, a *Dipsacales* (mácsonyafélék) rendjén belül (*Király* 2009). A családnak mintegy 360 faja ismert. Az északi félgömbön, Dél-Amerikában, illetve az Andokban található meg elsősorban. Lágyszárú egyévesek, évelők vagy cserjék is vannak közöttük. Virágaik bogernyő virágzatokat alkotnak (*Turcsányi és Turcsányiné* 2005).

A *Valeriana* nemzetségnek különböző fajait ismerik és alkalmazzák gyógynövényként világszerte. A *Valeriana officinalis* L. faj Európában és Ázsiában honos, Észak-Amerika keleti részébe innen telepítették be. Kínában és Japánban a *V. fauriei* fajt használják gyógynövényként, a *V. capensis* fajt az afrikai hagyományos orvoslásban, Mexikóban a *V. edulis*-t, míg Indiában a *V. wallichii* növényfajt alkalmazzák (*Patočka és Jake* 2010).

Magyarországon négy faja él. *Simon* 2004-es és *Király* 2009-es munkáját alapul véve a következő fajok, alfajok különíthetők el morfológiai felépítésük és előfordulásuk alapján. Ezek a *Valeriana tripteris* L., a hármalevelű macskagyökér; a *V. dioica* L., a kétlaki macskagyökér; a *V. simplicifolia* L., az éplevelű macskagyökér; valamint a *V. officinalis* L., az orvosi macskagyökér; melynek alfajaként ismertek a *V. officinalis* ssp. *collina* (Wallr.) syn. *V. collina*, a keskenylevelű macskagyökér; a *V. officinalis* ssp. *sambucifolia* (Mikan f.) syn. *V. sambucifolia* (Mikan f.) syn. *V. excelsa* (Poir.), vagyis a bodzalevelű macskagyökér; és a *V. officinalis* ssp. *officinalis*, azaz az orvosi macskagyökér.

A *V. tripteris* L. (hármalevelű macskagyökér) rizómával rendelkező faj. A szárlevél hármasan összetett. Magashegységi növény, szurdok-, sziklaerdő- és mészkősziklagyepek, erdei fenyesek növénye. Előfordul a Kőszegi-hegységben, a Pilisben, a Bükkben, és a Zempléni-hegységben. Védett faj. Magyarországon a *V. tripteris* ssp. *austriaca* E. *Walther* található elsősorban.

A kétlaki macskagyökér (*V. dioica*) ugyancsak rizómával rendelkezik, nedves lápréteken lehet vele találkozni elsősorban. Nem tartják nyilván gyógynövényként és védett fajként.

A *V. simplicifolia* (Rchb.) Kabath (éplevelű macskagyökér) fajt a Bükkben találták nemrég. Egyszerű szárlevelei vannak, szélük ép, néha fogas. A faj ugyancsak védett növény. Egyes irodalmakban a kétlaki macskagyökér alfajaként (*V. dioica* ssp. *simplicifolia*) tartják számon (Simon 2004, Király 2009).

Valeriana officinalis L. alfajainak jellemzése

A *V. officinalis* ssp. *sambucifolia* (Mikan f.) syn. *V. sambucifolia* (Mikan f.) syn. *V. excelsa* (Poir.) a bodzalevelű macskagyökér indás és tarackos faj, szélesebb levélkével rendelkezik. Hazánkban a bükkösök növényzetében fordul elő a Nyugat- és Dél-Dunántúlon, valamint a Börzsönyben. Oktaploid faj. Magyarországon védett növény.

A *V. officinalis* ssp. *collina* (Wallr.) syn. *V. collina* keskenylevelű macskagyökér az alapfajtól alacsonyabb termete különbözteti meg. Virágzása május-júniusban várható. Tetraploid faj. Mészkedvelő, üde vagy középszáraz, meleg, tápanyagban dús, gyengén savanyú talajokon érzi jól magát. Nyílt tölgyesekben, xero- és mezofil réteken, karszterdőkben, sziklaerdőkben, száraz tölgyesekben fordulhat elő (Turcsányi 1998, Liszt 1999, Simon 2004, Király 2009).

V. officinalis syn. *V. officinalis* ssp. *officinalis* syn. *V. exaltata* indával és tarackal nem rendelkező, ugyancsak tetraploid faj. Üde, nedves lápréteken, mocsárréteken lehet találkozni vele. Élő lágyszárú növény (Simon 2004). Az első évben tölevélrózsát fejleszt, a második évtől hozza az egy méternél is magasabb szárat. Szára felálló, a növény magassága elérheti a 140–200 cm-t is. A virág színe fehér vagy rózsaszín, illatos, május elejétől július közepéig virágzik. Termése egymagvú kaszattermés, csúcsán repítő szőrrel ellátott (Rápóti és Romvári 1997, Schönfelder és Schönfelder 2001, Dános 2006).

Magyar nevét onnan kapta, hogy barna gyöktörzsének átható illata erős, izgató hatással van a macskákra, melyek a növényhez dörgölözve „kábulatba” esnek, illetve szívesen elfogyasztják a gyökerét. Egyes macskák kifejezetten „függővé” válnak (Bernáth és Németh 2007).

Drogja és hatóanyagai

A hivatalos gyógyászatban és a fitoterápiában is alkalmazható. A növényi drog a „*Valerianae radix*” a VIII. Magyar Gyógyszerkönyvben (2006) hivatalosan

szereplő drog. Ugyanitt található meg a minőségére vonatkozó előírások is. Az ESCOP (2003) monográfiájában is szerepel. Hatóanyagai: illóolaj-alkotó vegyületek (0,2–2,8%): monoterpének, szeszkviterpének, valerénsav- (bornil-acetát és bornil- izovalerát), beta-kariofillin, valeranon. A másik nagy hatóanyag csoport az észterezett iridoid monoterpének. Ide tartoznak a valepotriátok: valtrátum, kisebb mennyiségben izovaltrátum és dihidrovaltrátum. Ez utóbbi csoport kémia szerkezete miatt meglehetősen instabil vegyületcsoport, a magas hőmérséklet és a savas pH kedvez a degradációs folyamatnak. Gyorsan és teljesen lebomlik a tárolás vagy feldolgozás során, különösen akkor, ha a drog szárítását nem végezték kellő körültekintéssel. Bomlástermékei az ún. baldriál és származékai, melyek ugyancsak gyógyhatással bírnak (Csupor és Szendrei 2007).

A növényben alkaloidok is jelen vannak, mintegy 0,01–0,05%-ban. Legjellemzőbbek az aktinidin és a katinin. Az aktinidin felelős a macskákra gyakorolt attraktáns (csalogató) hatásért. Ugyanez az alkaloid van jelen az *Actinidia polygama* (kivi, ezüst szőlő) fajban is, és hasonló hatása van, mint a *Nepeta cataria* (illatos macskamenta) nepetalakton hatóanyagának. A mai kutatások eredményei szerint feltételezik, hogy a macskagyökérben található flavonoidoknak is van szerepük a hatás kifejtésében. Ilyen vegyületek a 6-metilapigenin és a heszperidin (Patočka és Jake 2010, Tóth 2010).

Hatásmechanizmus

A központi idegrendszerben általános szedációt eredményez. A macskagyökér kivonatban lévő valerénsav olyan enzimeket képes befolyásolni és gátolni, amelyek a gamma-amino-vajsav (GABA) lebontásáért felelősek. A valerénsav gyengén kötődik a GABA-A receptorhoz, gátolja a GABA újrafelvételét és fokozza a felszabadulást, növelve ezzel a szintjét a szinaptikus résben. Kimutatták, hogy a fő hatás a valerénsav gamma-amino-vajsav lebomlását gátló hatásából is ered. A macskagyökér kivonatában is találtak GABA-t, ami ugyancsak felelős lehet a fenti aktivitásért (Csupor és Szendrei 2007, Patočka és Jake 2010).

A macskagyökér felhasználásának lehetőségei

Gyógynövény alkalmazás a múltban

A növény szárított gyökere és rizómája régóta ismert gyógyhatásáról. Már az ókori Görög és Római Birodalom idejében is alkalmazott gyógynövény volt.

Fitoterápiában használható nyugtató és szorongást csillapító hatásairól már Hippokrátesz is írt, Galenusz pedig álmatlanság kezelésére javasolta.

A macskagyökér kivonatát az 1800-as évek közepétől alkalmazták az Amerikai Egyesült Államokban és Európában. Elsősorban nyugtatóként írták fel, azonban fejfájás, szorongás, remegés, irritábilis bélszindróma, különböző görcsös, elsősorban erős menstruációs fájdalmak kezelésére, magas vérnyomás, epilepszia, gyermekkori viselkedési zavarok és tanulási nehézségek esetére is javasolták (*Dobson* 1999).

Az Első Világháború idején, a frontvonalon harcoló katonák harctéri ideg-sokk megelőzésére és kezelésére kapták, a Második Világháborúban pedig a civil lakosság nyugtatására szolgált a légitámadások idejében.

1998-ban az Egyesült Államok tizedik legnépszerűbb gyógynövénye volt, amelyet gyógyszerként használtak (*Patočka és Jake* 2010).

A macskagyökér illatos virágait parfümkészítésre is felhasználták már a 16. században, Észak-Angliában pedig fűszernövényként alkalmazták (*Csapody* 1961).

A macskagyökér alkalmazása ma és jövőbeli egyéb felhasználási lehetőségek
A macskagyökér alkalmazható belsőleg oldat, tinktúra, kivonat, vagy más galenusi készítmény, pl. teakeverék formájában, valamint külsőleg, fürdőolaj adalékanyagként. A gyógyszeripar nyugtatók előállítására használja (*Tóth* 2010).

Felhasználásának nagy előnye, hogy a hagyományos nyugtatók hatóanyagaival szemben – mint például a diazepam, bromazepam, oxazepam vagy fenobarbitál – nem áll fenn a hozzászokás veszélye (*Junior et al.* 2010). Javítja továbbá az alvás minőségét, és ébredés után sem tapasztalható kábultság érzés, vagy enyhe memóriazavar. A macskagyökérből készült nyugtatók akut toxicitása nagyon alacsony. *Yao et al.* (2007) vizsgálták fő hatóanyagcsoportjainak teratogén hatását, azonban ilyen utóhatást nem tudtak bizonyítani, elővigyázatosságból azonban nem javasolt várandós vagy szoptatós anyák, és 12 évnél fiatalabb gyermekek számára. A ma is folyó kutatások jelenlegi állása szerint májbetegség számára is ellenjavallt (*Csupor és Szendrei* 2007). A hagyományos felhasználási lehetőségeken túl *Wang et al.* (2010) az illóolaj egyéb tulajdonságait is vizsgálták, közleményükben idegrendszerre ható tulajdonságain kívül antimikrobiális és antioxidáns hatást is valószínűsítettek, melyet a mono- és szeszkviterpén tartalomnak tulajdonítanak.

Más kutatók növényvédelmi alkalmazásának lehetőségét is vizsgálták. *Kim et al.* (2008) az indiai macskagyökér (*Valeriana wallichii*), a koriander (*Coriandrum sativum*), és a keleti ámbrafa (*Liquidambar orientalis*) illóolajának nematicid hatásáról számoltak be a fenyő gubacsfonalféreg (*Bursaphelenchus xylophilus*) fajjal szemben.

Termesztéstechnológia és szaporítóanyag előállítás

Termesztési sajátosságai, hazai helyzet, fajtanemesítés

Hazánkban elsősorban az orvosi macskagyökér (*Valeriana officinalis* ssp. *officinalis* syn. *V. officinalis*) faj termesztéstechnológiáját dolgozták ki.

Magyarországon a 2001–2002-es statisztikai adatok alapján 70–100 ha-on folyt macskagyökér termesztés (*Bernáth és Németh* 2007). Elsősorban Tolna és Szabolcs-Szatmár-Bereg megyékben voltak termőterületek. A *Központi Statisztikai Hivatal* (2009) adatai alapján a hazai termelőktől felvásárolt macskagyökér 635 kg drog volt, importból 1000 kg drog származott. Belföldi továbbfeldolgozásra 350 kg drogmennyiséget regisztráltak.

Termesztése elsősorban Németországban, Hollandiában és Lengyelországban jelentősebb. Hazánkban a vadon termő egyedek gyökereit nem gyűjtik, elsősorban termesztésből nyerik a drogot, termesztése azonban – államilag elismert fajta hiányában – szelektált populációkkal történik.

A *V. officinalis* termesztésére mélyrétegű, jó vízgazdálkodású, tápanyaggal jól ellátott, közepkötött talajok alkalmasak. Vízigény nagy, évi 600–700 mm csapadékot igényel, így öntözhető terület szükséges. Előveteményre nem túl igényes, a talajt az őszi telepítésre időben elő kell készíteni. Fontos a gyommentesség biztosítása. Tápanyag utánpótlást is igényel, ha a talajban lévő tápanyagok mennyisége nem elegendő. Termesztési kísérletek igazolták, hogy 40–50 kg/ha foszfor, 20–30 kg/ha kálium, 30–40 kg/ha nitrogén alaptrágyaként, és 40–50 kg/ha egyszeri fejtrágyaként való kijuttatása javasolt.

A telepítés során leggyakrabban alkalmazott sor- és tőváltás 35–40 cm és 20–25 cm. Így a növénytűrűség 1 m²-re vetítve körülbelül 8 db. *Morteza et al.* (2009a,b, 2010) adatai alapján is ez az ideális a termésmennyiség maximalizálása szempontjából. Vizsgálatokat folytattak az állománysűrűségnek a gyökérdrog illóolajtartalmára gyakorolt hatásának felmérésére is. Eredményeik szerint m²-enként kevesebb, 4 db növény kiültetése lenne ideális az illóolaj tartalom növelése érdekében.

Telepítését célszerű ősszel, szeptember végén, október elején elvégezni a nyár végén szabadföldben nevelt 3–4 leveles korú palántákból. Áttelelés után, tavasszal, az első elvégzendő munkafázis az állomány hengerezése a felfagyási károk enyhítésére (Rácz *et al.* 1984, Lenchés 1994).

Az állomány tavaszi ápolási munkái közül a gyommentesség fenntartását célzó sorközművelést ajánlott elvégezni (Kwiatkowski 2010).

Vizsgálatok történtek az irányban is, hogy macskagyökér esetében milyen sikerrel alkalmazhatók más természetű közegek. *Tabatabaei* (2008) a különböző tápközegben történő termesztés lehetőségeit hasonlította össze. Eredményei szerint a vegetatív tömeg, a fotoszintetikus aktivitás és a drogból kinyerhető illóolaj mennyiség mérésekor a legjobb eredményeket vízkultúrás és perlit-vermikulit mesterséges tápközegben történő termesztési mód esetében érte el.

Növényvédelmi problémák fellépésére is számítani kell a vegetációs időszak folyamán, amelyek ellen célszerű lehet védekezni. Ilyenek például a lisztharmat (*Erysiphe valerianae* syn. *Erysiphe cichoracearum* F. *valerianae*), macskagyökér peronoszpóra (*Peronospora valerianae*), rozsdagombák (*Uromyces valerianae*), levélfoltosságot okozó gombák (*Phyllosticta valerianae*, *Ascochita valerianae*, *Septoria valerianae*, *Colletotrichum valerianae*, *Ramularia valerianae*), illetve polifág talajlakó gombák (*Thielaviopsis basicola*, *Verticillium dahliae*, *Fusarium* sp.) által okozott gyökérrothadások és növénypusztulások (Glits 1993, Ubrizsy 1968). A kártevők közül több irodalom is megemlíti a fonálféreghez tartozó szabadföldi gubacsfonálférget (*Meloidogyne hapla*), a tajtékos kabócát (*Phyllaenus spumarius*), a levéltetvek közül *Valeriana* fajokon megtalálták a rózsalevéltetvet (*Macrosiphum rosae* L.), és a fekete répalevéltetűt (*Aphis fabae*) is (Jermy és Balázs 1989). Ez utóbbi fajok a Gáborjányi és Nagy (1972) által *Valeriana officinalis* fajnál leírt uborka mozaik vírus (*Cucumber mosaic virus*, CMV) terjesztésében is szerepet játszhatnak.

A drog betakarításának ideális időpontja akkor van, amikor a hatóanyag tartalom maximális mennyiségű. Ez az ősszel telepített állomány esetében a következő év októbere. Az állomány föld feletti részének levágása az első lépés, amely történhet mobil szecskázógéppel. Ezután a gyökerek ásóval, kormánylemez nélküli ekével vagy burgonyabetakarító géppel kiemelhetők. A kiemelés után a gyökerekről lerázzák a rátapadt földet, megtisztítják a maradék zöld részeketől, halmokba rakják, majd vízszög segítségével átmoszák. Hosszabb ideig történő áztatása nem javasolt. Lecsöpögtetés után összeszedik, a nagyobb rizó-

ma részeket darabokra vágják az egyenletes száradás érdekében, majd műszárítóba rakják, és maximum 40 °C-on szárítják. Természetes szárításra is van lehetőség kisebb mennyiség esetén. Erre árnyékos, szellős helyek felelnek meg, gyakran kell forgatni és macskáktól védett helyen, más drogoktól elkülönítve tárolni. Magyarországon a termesztési technológia hatékonyságától függően a várható szárazdrog hozam 2–2,5 t/ha (Bernáth és Németh 2007). A tárolás optimális körülményeinek meghatározásakor Wills *et al.* (2009) a valerénsavtartalom változást figyelték, és megállapították, hogy 14 °C-on történő tárolás esetén nincs számottevő hatóanyag csökkenés és a relatív páratartalom sem befolyásolja azt 14 és 30 °C közötti tartományban, minél magasabb a tárolási hőmérséklet, annál magasabb páratartalom szükséges a hatóanyag csökkenés megakadályozására, azonban ez a mikrobiális folyamatok esetleges beindulása miatt az eltarthatóságot nagyban nehezíti.

Szaporítóanyag előállítás, nemesítés problémái

A macskagyökér fajok szaporítása történhet generatív vagy vegetatív úton. Generatív úton való szaporításának alapja az egymagvú kaszattermés elvetése. Szaporítóanyag előállítására az erre előre kijelölt és szelektált állományban a második évtől van lehetőség, mert a növény az első évben csak tölevélrózsát fejleszt. A kaszattermések kipergésre hajlamosak, így az állományt lehetőleg széltől védett helyre telepítsük, a magérés kezdetén a virágzatokra papírzacsokot vagy fátolyfóliából készült zacskót rögzíthetünk, esetleg sorköztakarással is felfoghatók a kipergett magok. Kétmenetes betakarításkor pedig az első magok érésekor összegyűjtik a magszárakat, összekötik, felfüggesztik és utóérlelik. Az összes termés beérésekor kicsépelik (Bernáth és Németh 2007).

A mag vetése történhet állandó helyre vetéssel vagy palántaneveléssel. A helybevetés idejének meghatározása környezeti viszonyoktól függ. Bizonyos országokban, ahol szárazabb a klíma, az őszi vetés ajánlott 50 cm-es sortávolságra. Dél-Európában az optimális vetés ideje eltolódik októbertől november elejéig. Azokban az országokban, ahol a tél meglehetősen hideg (Ukrajna, Belorusszia, Nyugat-Szibéria), az áttelelés sikere nagyban függ attól, hogy a növények milyen fejlettségi állapotot érnek el az első fagyok beköszöntéig. Az ideális a 3–5 leveles kor elérése (Petheő és Bernáth 1999). A kiültetéshez szükséges palántának el kell érnie a 8–10 leveles kort (Bernáth és Németh 2007).

Hazánkban általános módszer a nyár végi, augusztusi magvetés. A vetőágy jól előkészített és megfelelően tömörített legyen. A *Valeriana officinalis* mag-

jai fényen csírázóak, így a talaj felszínére vetik. 1 m²-re 1–2 g vetőmagot juttatnak ki, szórva vetéssel vagy 15–20 cm-es sortávolság kialakításával. Vetés után hengerezik, majd lehetőség van a talaj nedvességmegőrzése érdekében maximum 1 mm-es vastagságban komposzt, fátyolfólia vagy jutazsákos takarásra. A kaszattermések sajnos egyenetlenül kelnek, a csírázásukhoz 7–12 nap szükséges, maga a kelés pedig 3–4 hétig is elhúzódhat. A palántanevelés időszakában az állomány gyakori öntözést igényel (Hornok 1990).

A generatív szaporításnál általános probléma a nagy heterogenitás. A fajták előállítását a megfelelő tulajdonságú egyedek kiválasztásával, majd azok keresztezésével kezdődött. További vizsgálatokkal megállapítást nyert a *Valeriana* fajok közötti variabilitás, illetve az egyazon fajhoz tartozó különféle termőhelyekről származó egyedek morfológiai és genetikai változékonysága is. Felméréseket végeztek különböző kromoszómaszámú fajok esetében a valerénsav felhalmozódás mértékének megállapítására, a vegetációs ciklus hosszának az eltérő hőmérsékleti viszonyoknak, illetve a morfológiai tulajdonságoknak a függvényében. Az eredmények szerint a valerénsav mennyisége magasabb volt a magasabb ploidiafokú fajokban, a hosszabb vegetációs ciklusú modellnél, illetve a hőmérséklet emelkedésével. A morfológiai sajátosságok közül a levélkészlet esetében találtak a valerénsav mennyiséggel gyenge negatív összefüggést. Ez a nemesítés során a szelekcióban is segítséget jelentett. Kezdeti lépésként beltenyésztett vonalakat állítottak elő, azonban a beltenyésztéses leromlás jelei megmutatkoztak, úgymint generatív szervek deformitása, hím sterilizáció, gyökérprodukciónak csökkenés (Bernáth 1999).

A nemesítési munkát, illetve az egyenetlesen jó fajtulajdonságokkal rendelkező fajták előállítását tehát több tényező is nehezíti. Ilyenek a fajonként eltérő kromoszómaszám, az adott tulajdonságok stabilitásának megőrzése, valamint a környezeti tényezők nagyfokú befolyásoló hatása. Mindez nagyon hosszú időt vesz igénybe a hagyományos nemesítési módszerekkel, és mivel csak minden második évben virágzik a faj, még ez az idő is megkétszereződik.

A *Valeriana* fajok esetében az ivaros úton történő szaporítás mellett lehetőség van vegetatív szaporításra is, de pontos alkalmazásáról, kidolgozott technológiáról, annak eredményeiről nem állnak rendelkezésre adatok. Információk a tőosztásos szaporításról vannak. Alkalmos időszak az ősz és a tavasz. Ilyenkor a szaporításra kijelölt második vagy többéves növények 2–4 részre vágott gyöktörzs darabjai a kiindulási anyag (Hornok 1990).

A növényfajok változékonysága, illetve a környezeti tényezők erősen befolyásolják a fajta, illetve a szaporítóanyag minőségét és az előállítás hosszát, így szükségessé válhat olyan korszerű laboratóriumi módszerek alkalmazása, amelyeket más növényfajok esetében, illetve más *Valeriana* fajok esetében külföldön használnak. Ilyen in vitro módszer a mikroszaporítás.

Mikroszaporítás Valeriana fajok esetében

Gyógynövény fajok esetében mikroszaporítást három kutatási területen alkalmaznak jellemzően: védett, veszélyeztetett fajok génmegőrzése során, vadon termő fajok termesztésbe vonásánál, mint szaporítási mód, illetve termesztett fajok nemesítésénél a fajta előállítás idejének lerövidítése céljából (Kertészné 2005).

A mikroszaporítás maga azonos genotípusú szelektált fajok, illetve fajták, vegetatív, fajtaazonos szaporítása (klónozása) in vitro (steril) és kontrollált körülmények között. Célja egészséges növények létrehozása, minél rövidebb idő alatt, évszaktól függetlenül. Három fő szakaszra osztható. Első a steril kultúra létrehozása, második a tenyészet felszaporítása, harmadik fázis pedig a növények előkészítése talajba ültetéshez (elongációs szakasz), illetve a gyökeresítés szakasza (Jámborné 2005). *Valeriana officinalis* esetében a mikroszaporítás előnyös lehet a fajta előállítás során, továbbá a hatóanyag tartalom stabilizálása szempontjától. Külföldön folynak kutatások más *Valeriana* fajok esetében mikroszaporítási módszerek kidolgozására, eredményeik alkalmazhatóak lehetnek a hazai fajok esetében is.

Az elsők között Mexikóban *Castillo et al.* (2000) számoltak be *Valeriana edulis* ssp. *procera* esetében in vitro szaporítási módszer alkalmazásáról, melynél kiindulási anyagként kallusz szövetet használtak fel. Majd ugyanebben az évben *Gao és Bjork* (2000) rávilágítottak arra, hogy az ezekből a szövetekből nyert kultúrák sajnos még mindig nagy genetikai, morfológiai és hatóanyag-tartalombeli változékonyságot mutatnak, így *Abdi et al.* 2007-es közleményükben a levél szövetének felhasználását javasolják kiindulási anyagként. Ugyanebben a közleményben utaltak arra is, hogy a felhasznált levél mérete szerepet játszik a járulékos rügyek képzésében. Minél nagyobb a kiindulási anyag mérete, annál több járulékos rügy keletkezhet. Levélnyélből, illetve levélszegmensből kiindulva 3 hét alatt állítottak elő *Reza et al.* (2009) olyan hajtáskultúrákat, amelyekből a kifejlődő növények üvegházi akklimatizálása 80%-os sikerrel zárult. *Zayova et al.* (2010) pedig arról számoltak be, hogy az általuk

kidolgozott módszer szerint a növények 95%-ban érték túl a szabadföldi kiültetést, a donor növénytel teljesen megegyező növekedési, vegetatív és virág-morfológiai tulajdonságokkal rendelkeztek, és egyöntetű állományt alkottak.

Következtetés

A korábbi és jelenleg is folyó magyar és külföldi kutatások bizonyítják, hogy a macskagyökér hatóanyagai növényi alapú nyugtatóként a gyógyszeriparban, továbbá a kozmetikai iparban és az élelmiszeriparban is felhasználhatóak. Ezen kívül a növényvédelemben való alkalmazás lehetőségéről is vannak a szakirodalomban információk. A termesztésében és felhasználásában a problémát a *Valeriana* fajok morfológiai és genetikai változékonysága jelenti, így megfelelő minőségű növényi anyag létrehozása elengedhetetlen feltétel. A hazai termesztési terület csökkenéséhez a külföldről beérkező alapanyagok alacsony ára is felelős. A magyarországi flórában jelenlévő macskagyökér fajokból kiindulva modern módszerekkel a jövőben új kutatások indulására adna lehetőséget. Ezáltal a hazai klimatikus viszonyokhoz jobban alkalmazkodó, esetleg magasabb hatóanyag-tartalmú, egyenletesen jó minőséget adó fajtákat lehetne előállítani. A cél, hogy a hazánkban előállított drog felvehesse a versenyt a külföldről behozott alapanyagokkal a növény hazai termesztésének fellendítése érdekében.

IRODALOM

- Abdi, G.-Khos-Khui, M.: 2007. Shoot regeneration via direct organogenesis from leaf segments of valerian (*Valeriana officinalis* L.). Int. J. Agric. Res. 2: 877–882.
- Bernáth J.: 1999. A macskagyökér genetikája és nemesítése. [In: Petri G. A macskagyökér *Valeriana officinalis* L. Magyarország Kultúrflórája.] Akadémiai Kiadó. Budapest. 4. 15: 64–76.
- Bernáth J.–Németh É.: 2007. Gyógy- és fűszernövények gyűjtése, termesztése és felhasználása. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Castillo, P.–Márquez, J.–Rubluo, A.–Hernández, G.–Lara, M.: 2000. Plant regeneration from callus and suspension cultures of *Valeriana edulis* ssp. *procera* via simultaneous organogenesis and somatic embryogenesis. Plant Sci. 151: 115–119.
- Csapody V.: 1961. Színes atlasz „Magyarország kultúrflórájához”. Magyarország Kultúrflórája. X. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Csupor D.–Szendrei K.: 2007. Valeriana a hagyományos nyugtató. Humantrade. 5: 14–19.
- Dános B.: 2006. Farmakobotanika, Gyógynövényismeret. Semmelweis Kiadó. Budapest.

- Dobson Sz.: 1999. A macskagyökér kultúrtörténete. [In: Petri G. A macskagyökér *Valeriana officinalis* L. Magyarország Kultúrflórája.] Akadémiai Kiadó. Budapest. 4. 15.
- ESCOP: 2003. Valerianae radix Valerian Root. ESCOP Monographs. 2nd Edition. Thieme Medical Publishers. Stuttgart. Germany.
- Gáborjányi R.–Nagy F.: 1972. Termesztett gyógynövényeink vírus- és mikoplazma betegségei. *Herba Hungarica*. 11. 2: 39–51.
- Gao, X.–Bjork, L.: 2000. Chemical characters, height and root weight in callus regenerated plants of *Valeriana officinalis* L. *J. Herbs, Spices Med. Plants*. 7. 4: 31–39.
- Glits M.: 1993. Macskagyökér. [In: Folk Gy.–Glits M. Kertészeti növénykerttan.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 528.
- Hornok L. (szerk.): 1990. Gyógynövények termesztése és feldolgozása. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Jámborné Benczúr E.: 2005. A mikroszaporítás szakaszai és módjai. [In: Jámborné Benczúr E.–Dobránszki J. (szerk.) Kertészeti növények mikroszaporítása. In vitro növényklónozás.] Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Jermy T.–Balázs K.: 1989. A növényvédelmi állattan kézikönyve. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Junior, S. H.–Seniki, G.–da Cunha, C.–Aparecida, A. E.–Andreatini, R.: 2010. The combination of *Passiflora alata* and *Valeriana officinalis* on memory tasks in mice: comparison with diasepam. *Braz. Arch. Biol. Techn.* 53: 1343–1350.
- Kertészné Dobos É.: 2005. Gyógynövények. [In: Jámborné Benczúr E.–Dobránszki J. (szerk.) Kertészeti növények mikroszaporítása. In vitro növényklónozás.] Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Kim, J.–Seo, S. M.–Lee, S. G.–Shin, S. C.–Park, I. K.: 2008. Nematicidal activity of plant essential oils and components from coriander (*Coriandrum sativum*), oriental sweetgum (*Liquidambar orientalis*) and valerian (*Valeriana wallichii*) essential oils against pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *J. Agr. Food Chem.* 56: 7316–7320.
- Király G. (szerk.): 2009. Új magyar fűvészkönyv: Magyarország hajtásos növényei. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság.
- Központi Statisztikai Hivatal: 2009. <http://www.ksh.hu>
- Kwiatkowski, C.: 2010. Evaluation of yield quality and weed infestation of common valerian (*Valeriana officinalis* L.) in dependence on weed control method and forecrop. *Acta Agrobotanica*. 63: 179–188.
- Lenchés O.: 1994. Macskagyökér. [In: Bernáth J. (szerk.) Vadon termő és termesztett gyógynövények.] Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Liszt K.: 1999. A macskagyökér belső alaktana [In: Petri G. A macskagyökér *Valeriana officinalis* L. Magyarország Kultúrflórája.] Akadémiai Kiadó. Budapest. IV. kötet. 15. füzet.

- Morteza, E.–Akbari, G. A.–Sanavi, S. A. M. M.–Abdoli, M.–Farahani, H. A.: 2009a. Effects of sowing date and planting density on quantity and quality features in valerian (*Valeriana officinalis* L.). J. Ecol. Nat. Environ. 1. 9: 201–205.
- Morteza, E.–Akbari, G. A.–Sanavi, S. A. M. M.–Foghi, B.–Abdoli, M.–Farahani, H. A.: 2009b. Planting density influence on variation of the essential oil content and compositions in valerian (*Valeriana officinalis* L.) under different sowing dates. Afr. J. Microbiol. Res. 3. 12: 897–902.
- Morteza, E.–Akbari, G. A.–Sanavi, S. A. M. M.–Abdoli, M.–Farahani, H. A.: 2010. Determination of vegetative and reproductive characteristics of valerian (*Valeriana officinalis* L.) under sowing dates and planting densities at Iran. J. Med. Plant Res. 4. 10: 857–861.
- Országos Gyógyszerészeti Intézet (szerk.): 2006. VIII. Magyar Gyógyszerkönyv. Medicina Kiadó. Budapest.
- Patočka, J.–Jake, J.: 2010. Biomedically relevant chemical constituents of *Valeriana officinalis*. J. Appl. Biomed. 8: 11–18.
- Petheő F.–Bernjáth J.: 1999. A macskagyökér termesztése. [In: Petri G. A macskagyökér *Valeriana officinalis* L. Magyarország Kultúrflórája.] Akadémiai Kiadó. Budapest. 4. 15.
- Priszter Sz.: 1999. A *Valeriana officinalis* s. l. rendszertana és elterjedése. [In: Petri G. A macskagyökér *Valeriana officinalis* L. Magyarország Kultúrflórája.] Akadémiai Kiadó. Budapest. 4. 15.
- Rácz G.–Rácz-Kotilla E.–Laza A.: 1984. Gyógynövényismeret. Ceres Könyvkiadó. Bukarest. Románia.
- Rápmóti J.–Romváry V.: 1997. Gyógyító növények. Medicina Könyvkiadó. Budapest.
- Reza, A. G.–Morteza, K. K.–Akhtar, S.: 2009. Rapid micropropagation through shoot regeneration of *Valeriana officinalis* L. Horticulture. Environment and Biotechnology. 50: 467–471.
- Schönfelder I.–Schönfelder P.: 2001. Gyógynövényhatározó. Holló és Társa Könyvkiadó. Budapest.
- Simon T.: 2004. A magyarországi edényes flóra határozója. Harasztok és virágos növények. Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest.
- Szabó L. Gy.: 2005. Gyógynövény-ismereti tájékoztató. Schimdt ud Co. – Melius Alapítvány. Baksa-Pécs.
- Tabatabaei, S. J.: 2008. Effects of cultivation systems on the growth and essential oil content and composition of valerian. J. Herbs, Spices Med. Plants. 14. 1–2: 54–67.
- Tóth L.: 2010. Gyógynövények–drogok–fitoterápia. I. kötet. Debreceni Egyetemi Kiadó. Debrecen.
- Turcsányi G.: 1998. Mezőgazdasági növénytan. Szaktudás Kiadóház. Budapest.
- Turcsányi G.–Turcsányiné Siller I.: 2005. Növénytan. Kossuth Kiadó. Budapest.
- Ubrizsy G.: 1968. Növényvédelmi enciklopédia. Mezőgazda Kiadó. Budapest.

- Wang, J.–Zhao, J.–Liu, H.–Zhao, L.–Liu, Z.–Wang, J.–Hau, J.–You, Z.–Yang, F.: 2010. Chemical analysis and biological activity of essential oils of two valerianaceous species from China. *Nardostachys chinensis* and *Valeriana officinalis*. *Molecules*. 15: 6411–6422.
- Wills, R. B. H.–Shohet, D.: 2009. Changes in valerianic acids content of valerian root (*Valeriana officinalis* L. s. l.) during long-term storage. *Food Chem.* 115: 250–253.
- Yao, M.–Ritchie, H. E.–Brown-Woodman, P. D.: 2007. A developmental toxicity screening test of valerian. *J. Ethnopharmacol.* 113: 204–209.
- Zayova, E.–Vassilevska-Ivanova, R.–Petrova, M.–Nedev, T.: 2010. Micropropagation of *Valeriana officinalis* through tissue culture. *Cr. Acad. Bulg. Sci.* 63: 1749–1756.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Cseh Eszter
Pannon Egyetem Georgikon Kar
Kertészeti Tanszék
Deák F. u. 16.
Keszthely
H-8360



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