

Crop
Production



NÖVÉNYTERMELÉS

64. kötet | 2. szám | 2015. június

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Eltérő évjáratok hatása a talaj vízháztartására mono- és bikultúras kukoricaállományban, különböző állománysűrűségnél

Burgonyafajták nitrogén-hasznosítási paramétereinek vizsgálata tenyészedényes kísérletben

Klíma-változás: Csapadék változékonyság és az NPK-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays L.*) termésére 1969 és 2013 között

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

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

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

DEBRECENI EGYETEM
Agrártudományi Központ
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

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

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

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

ISSN 0546-8191
Növényterm 64 (2015) 2
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

64. kötet, 2. szám, 2015. június

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

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

FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM

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

A nyomást és kötést a Pharma Press Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Dr. Csajbók József

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Dóka Lajos Fülöp</i> : Eltérő évjáratok hatása a talaj vízháztartására mono- és bikultúrás kukoricaállományban, különböző állománysűrűségeknél	
<i>Kollaricsné H. Margit – Polgár Zsolt – Aranyi Nikolett R. – Cernák István – Taller János – Hoffmann Borbála</i> : Burgonyafajták nitrogén-hasznosítási paramétereinek vizsgálata tenyészedényes kísérletben	5
<i>Márton László</i> : Klímaváltozás: csapadék változékonyság és az NPK-műtrágyázás hatása a kukorica (<i>Zea mays</i> L.) termésére 1969 és 2013 között	29
<i>Molnár Krisztina – Rácz Csaba – Dövényi-Nagy Tamás – Bakó Károly – Nemeskéri Eszter – Nagy János – Dobos Attila Csaba</i> : A csemegekukorica (<i>Zea mays</i> L. convar. saccharata) termésének és vízhasznosításának változása eltérő vízellátottság mellett	49
<i>Pepó Péter – Szilágyi Gergely</i> : Növényfiziológiai tulajdonságok hatása őszi búza (<i>Triticum aestivum</i> L.) genotípusok termésére eltérő évjáratokban	73
	91

CONTENTS

<i>L. F. Dóka</i> : The impact of different crop years on the water balance of the soil in mono- and biculture maize in different crop densities	5
<i>M. Kollaricsné H. – Zs. Polgár – N. R. Aranyi – I. Cernák – J. Taller – B. Hoffmann</i> : Examination of the nitrogen conversion parameters of potato varieties in a pot experiment	29
<i>L. Márton</i> : Climate change: the impact of precipitation variability and NPK fertilisation on maize (<i>Zea mays</i> L.) yield between 1969 and 2013	49
<i>K. Molnár – Cs. Rácz – T. Dövényi-Nagy – K. Bakó – E. Nemeskéri – J. Nagy – A. Cs. Dobos</i> : Changes of the yield and water use efficiency of sweet maize (<i>Zea mays</i> L. convar. saccharata) in different water supply conditions	73
<i>P. Pepó – G. Szilágyi</i> : The impact of plant physiological characteristics on the yield of winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) genotypes in different crop years	91

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Л. Ф. Дока</i> : Влияния различных годов выращивания на влагооборот почвы в моно- и бикультурном насаждении кукурузы при разной густоте насаждения	5
<i>М. Колларичне Х. – Ж. Полгар – Н. Р. Араньи – И. Цернак – Ё. Таллер – Б. Хоффманн</i> : Исследования параметров использования азота сортами картофеля в опыте с вегетационными сосудами	29
<i>Л. Мартон</i> : изменение климата: Изменчивость осадков и влияние искусственных удобрений НРК на урожай кукурузы (<i>Zea mays</i> L.) в 1969–2013 годы	49
<i>К. Молнар – Ч. Рац – Т. Довеньи-Надь – К. Бако – Э. Нетешкери – Я. Надь – А. Ч. Добош</i> : Изменения урожая и водопользования сахарной кукурузы (<i>Zea mays</i> L. convar. <i>saccharata</i>) при различной водообеспеченности	73
<i>П. Пено – Г. Силады</i> : Влияния физиологических свойств растений на урожай генотипов озимой пшеницы (<i>Triticum aestivum</i> L.) в различные годы выращивания	91

Eltérő évjáratok hatása a talaj vízháztartására mono- és bikultúrás kukoricaállományban, különböző állománysűrűségnél

DÓKA LAJOS FÜLÖP

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

Összefoglalás

28 éves tartamkísérletben vizsgáltuk a csernozjom talaj vízháztartásának alakulását, illetve a kukorica terméseredménye közötti kapcsolatot, három eltérő csapadékkellátottságú évjáratban: egy aszályos (2007), egy csapadékos (2008) és egy száraz (2009); két vetésváltási rendszerben (mono- és bikultúra); valamint két állománysűrűség (60 000 és 80 000 tő/ha) esetében. A mértékadó talajréteget három szintre osztottuk, (0–60 cm, 61–120 cm, 121–200 cm) melyekben vizsgáltuk a talajnedvesség tenyészidőbeli alakulását. Az eredmények alapján a felső (0–60 cm) és a középső (61–120 cm) talajsint nedvességekészlet változása volt a legintenzívebb, a csapadék, közvetlen hatása itt mutatható ki a legegységelműbben. Összehasonlítottuk a kukorica terméseredményét és az egy milliméter csapadék felhasználásával elért termésmennyiséget. Az eredményekből megállapítható, hogy a vizsgált két vetésváltási rendszer közül a bikultúrás termesztésben, illetve 60 000 tő/ha állománysűrűség mellett legkedvezőbb a kukorica-állomány vízhasznosítása.

Kulcsszavak: tartamkísérlet, nedvességekészlet, évjárat, WUE, vetésváltás, mono-kultúra, kukorica

The impact of different crop years on the water balance of the soil in mono- and biculture maize in different crop densities

L. F. DÓKA

University of Debrecen, Centre for Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management, Institute of Crop Sciences, Debrecen

Summary

The water balance of chernozem soil and its correlation with maize yield was examined in a 28-year-long long-term experiment in three crop years with different precipitation supply: drought (2007), rainy (2008) and dry (2009); two crop rotation systems (mono- and biculture); and two different crop densities (60 000 and 80 000 plants per hectare). The examined soil layer was divided into three levels (0–60 cm, 61–120 cm, 121–200 cm) in which soil moisture content was examined throughout the growing season. Based on the obtained results, the change in the upper (0–60 cm) and middle (61–120 cm) layer was the most intensive, these are the layers where the direct impact of precipitation is the most obvious. Maize yield was compared to the amount of yield obtained by one millimeter of precipitation. It can be seen from the obtained findings of the comparison of mono- and biculture, that the water conversion rate of maize is the most favourable in the case of biculture and at a crop density of 60 000 plants per hectare.

Key words: long-term experiment, moisture stock, crop year, WUE, crop rotation, monoculture, maize

Влияния различных годов выращивания на влагооборот почвы в моно- и бикультурном насаждении кукурузы при разной густоте насаждения

Л. Ф. ДОКА

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

Резюме

В 28-и летнем продолжительном опыте исследовали формирование влагооборота чернозёмной почвы, а также её связь с результатами урожая кукурузы, в трёх различных по водообеспечению годах выращивания: засушливый (2007), влажный (2008) и сухой год (2009); в двух системах севомена (моно- и бикультура); и в насаждениях с различной густотой (60 000 и 80 000 стеблей/га). Изучаемый слой почвы разделили на три уровня (0–60 см, 61–120 см, 121–200 см), в которых исследовали формирование влажности почвы в вегетационный период. На основании результатов изменение запасов влаги верхнего (0–60 см) и среднего (61–120 см) слоя почвы было наиболее интенсивным, непосредственное влияние осадков здесь видно наиболее явно. Сравнили результат урожая кукурузы и количество урожая, полученного использованием одного миллиметра осадков. Из результатов можно установить, что среди исследованных двух севоменных систем в бикультурном выращивании, и при густоте насаждения 60 000 стеблей/га наиболее благоприятно водопользование насаждения.

Ключевые слова: продолжительный опыт, запас влаги, год выращивания, WUE, севомен, монокультура, кукуруза

Bevezetés

Az ökológiai tényezők közül az utóbbi évtizedekben kedvezőtlenül alakultak a klimatikus tényezők, az átlaghőmérséklet emelkedett, a csapadék mennyisége pedig csökkent, mely befolyásolja talajaink nedvességtartalmát. Időjárásunk szélsőségesebbé vált, ennek következtében a hibridek termésingadozása

a korábbi 10–20%-ról 30–50%-ra nőtt (*Jakab 2001, Fekete et al. 2012*). A napjainkban egyre inkább változó, kiszámíthatatlanabbá váló klimatikus körülményekhez a növénytermesztés kénytelen igazodni, így fontosak az egyes prognosztizált klímaváltozási scenáriók a talaj–növény–atmoszféra rendszer víz- és hőforgalmára gyakorolt hatásainak elemzése (*David et al. 2009, Farkas et al. 2009*). *Nagy és Kovács (2005)* szerint a vízhasznosítás döntően a párologtatás útján valósítható meg. A talajfelület méreténél, természeténél fogva alkalmas a levegő páratartalmának a feltöltésére. Gazdasági haszonnal a növényen, pontosan a természetett növényen keresztüli párologás jár. A talajok alkalmasak arra, hogy időszakos feltöltéssel (egyenetlen természetes nedvesség utánpótlás és öntözés útján) a tározói kapacitást kihasználva folyamatos ellátást biztosítsanak a növények számára, illetve biztosítsák a kívánatos környezeti állapot elérését, fenntartását.

Mérsékelt éghajlat alatt a növények 1 gramm szárazanyag képzéséhez legalább 250–400 gramm vizet igényelnek. Ezt az értéket transzspirációs együtthatónak nevezzük, amely számos tényezőtől függ. A kultúrnövények sokkal több szárazanyagot állítanak elő, mint a természetes növényzet, ezért jobban igénybe veszik a talaj vízkészletét, és a párologás ellen kevesebb védelmet nyújtanak, mint a természetes növényzet zárt takarója (*Gyuricza 2001*).

Egy adott növényállomány vízháztartása nem az állományt alkotó növényegyedek vízháztartásának összegezése csupán. Különösképpen azért nem, mert a növénytermesztési térben lejátszódó vízháztartási (klimatológiai) jelenségekben a növényeken kívül aktív szerepe van a talajnak is (*Petrasovits és Balogh 1975, Nagy 2007*).

A növénytermesztés eredményességét befolyásolják a klimatikus adottságok. A csapadék mint klímaelem a vízellátás és –hasznosulás okán érdemel figyelmet. Az évi csapadék korábban sem volt elegendő, 50–80%-ban fedezte a szántóföldi növények vízigényét. A magasabb hőmérséklet és a kevesebb csapadék miatt a talaj nedvességtartalma csökken, és ez kihat a növények vízellátására (*Ruzsányi 1996, Várallyay 2005, Stekauerová és Nagy 2006, Vágó et al. 2006*).

Az öntözés nélküli gazdálkodásban fő korlátozó tényező a víz. Arra kell törekednünk, hogy a rendelkezésre álló vízmennyiséget minél nagyobb hatékonysággal tudjuk felhasználni, minimális mértékre kell csökkentenünk a párologtatásból, a párologásból, az elfolyásból eredő veszteségeket (*Stewart és Steiner 1990*). Az agroökológiai feltételekhez jórészt a termesztéstechnológia

célszerű adaptációjával csak alkalmazkodni tudunk, részben azonban aktívan is befolyásolni tudjuk (tápanyagellátás, öntözés, talajművelés, vetésváltás stb.) (Pepó *et al.* 2005). Az öntözés nélküli trágyázás növeli a vízhasznosulást a nem trágyázott állományokhoz képest. A trágyázás és a vízellátottság között pozitív kölcsönhatás van, ezért a gazdaságos termesztéshez e két agrotechnikai tényező szintjének egymással arányos beállítása mindenkor szükséges. A műtrágyázás hatására létrejött nagyobb zöldtömeg több víz felvételére és elpárologtatására képes (Szász 1973, Rácz és Nagy 2011).

Anyag és módszer

A vizsgálatokat 1983-ban beállított polifaktoriális tartamkísérletben végeztük 2007, 2008 és 2009 évben a Debreceni Egyetem ATK Látóképi Kísérleti Telepén. A kísérlet talaja jó vízbefogadó és jó víztartó képességű mészlepedékes csernozjom. A parcellák területe 41,1 m² volt.

A tartamkísérlet egy kéttényezős kísérlet, ahol a fő blokkokat az egyes vetésváltási változatok képezik. A vetésváltásokon belüli altényezők az egyes állománysűrűségek.

„A” tényező: vetésváltás

Kezelések: a₁ monokultúra
a₂ bikultúra (kukorica–búza)

„B” tényező: állománysűrűség

Kezelések: b₁ 60 000 tő/ha
b₂ 80 000 tő/ha

A kísérletben N₁₂₀P₉₀K₉₀ tápanyagkezelést alkalmaztunk. A talajművelés, a növényvédelem és a betakarítás egységesen történt. Az alkalmazott hibrid a Reseda (PR37M81) volt.

A vízforgalom vizsgálatára mindhárom évben 4 alkalommal vettünk talajmintát 200 cm-ig 20 cm-es rétegenként, mono- és bikultúrából, 60 000 tő/ha és 80 000 tő/ha állománysűrűségű parcellákból. Az első mintavétel a vetés előtt, míg a negyedik a kukorica betakarítása után, tarlóból történt, a közbülső kettő pedig a kukorica főbb fenofázisaiban (3–4 leveles állapot, megtermékenyülés, érés) került vételezésre.

Megmértük a nedves talajminták tömegét, ezután szárítószekrényben 105 °C-on súlyállandóságig szárítottuk. A száraz mintákat visszamértük a nedves és száraz tömeg különbsége adta a talajnedvességtartalmat, amit tömegszázalékban

fejztünk ki. Az így kapott eredményeket térfogatszázalékban is kifejztük az adott talajréteg térfogattömegének felhasználásával.

Ezzel párhuzamosan a kukoricaállomány termés mennyiségének mérését is elvégeztük a betakarítás alkalmával mindhárom vetésváltásban, mindkét öntözési változatban, mindkét tőszámnál és mindhárom tápanyagkezelésben. Minden parcella terméséből mintát vettünk, melyet lemértünk, majd szárítószekrényben tömegállandóságig történő szárítás után visszamértünk, így meghatározva az egyes parcellákból származó minták szemnedvességét. A parcellánként lemért termésadatokat standardizáltuk, azaz egységesen 14%-os nedvességtartalomnál, 1 hektáros termőterületre fejztük ki az egyes kezelések által meghatározott termésmennyiséget (1. táblázat). Az eredmények statisztikai értékeléséhez töbttényezős variancia analízist használtam (Sváb 1973).

A vizsgált három évből a 2008. igen csapadékos volt. A tenyészidőszakban összesen 483,9 mm csapadék hullott, ami 138,8 mm-rel több, mint a 30 éves átlagérték. A 30 éves átlagnál egyedül májusban és augusztusban esett kevesebb eső, a többi hónapban jóval (33–79 mm-rel) több csapadék volt, mint az elmúlt 30 év átlaga. A szeptemberi 42,2 mm közelítette meg egyedül a 30 éves átlagot (38 mm), de ez már nem volt jelentős befolyásoló hatással a kukorica fejlődésére (2. táblázat).

A 2007. tenyészév száraz volt, de a 2009. év csapadékmennyisége még ennél is nagyobb mértékben, 176,3 mm-rel elmaradt a 30 éves átlagtól. A száraz évjáratban a tenyészidőszak közepén, júniusban az eltérés pozitív irányba fordult, így az előző hónapok csapadékhiánya eredményesen pótlódott. Aztán újabb csapadékhiányos időszak következett, így összességében 176,3 mm-rel maradt el a kukorica tenyészidőszakában hullott csapadék mennyisége a 30 éves átlagtól. A 2007. év száraz volta ellenére merőben más alakulást mutat. Augusztus hónapot kivéve a tenyészidőszak minden hónapjában kevesebb csapadék hullott, mint a 30 éves átlag. Ez megmutatkozik a 6 hónap összesített csapadékmennyiségén is (61,3 mm az eltérés a 30 éves átlaghoz viszonyítva).

A hőmérsékleti értékek is – a csapadékhoz hasonlóan – a vizsgált három évet két csoportra osztotta, 2007 és 2009 az átlagnál jóval melegebb, 2008 pedig az előző kettőnél hűvösebb volt. Ebben a két évjáratban a hőmérséklet jóval meghaladta a 30 éves átlagot (2007-ben 2,0 °C-kal, 2009-ben 2,7 °C-kal). A hőmérséklet átlagai alapján megállapítható, hogy mindhárom évben emelkedett a tenyészidőszak átlaghőmérséklete.

1. táblázat. *A kukorica terméseredménye a vizsgálati években
(Debrecen, 2007–2009)*

Évek (1)	Ismétlés (2)	Monokultúra (3)		Bikultúra (4)	
		60 ezer tő/ha (5)	80 ezer tő/ha (6)	60 ezer tő/ha (5)	80 ezer tő/ha (6)
		2007	I.	4176	3311
	II.	4602	3092	7542	6839
	III.	4280	3417	7481	7342
	IV.	4206	3088	7891	7467
	Átlag (7)	4316	3227	7706	7156
2008	I.	13907	11603	14519	13902
	II.	12786	11476	13710	13796
	III.	13710	12586	13592	14890
	IV.	13573	12743	14727	14648
	Átlag (7)	13494	12102	14137	14309
2009	I.	8747	8679	11742	11219
	II.	9319	9300	11396	12726
	III.	8800	8911	12915	11814
	IV.	9166	9398	13127	12597
	Átlag (7)	9008	9072	12295	12089

Table 1. Maize yield in the examined years (Debrecen, 2007–2009). (1) Years, (2) Replications, (3) Monoculture, (4) Biculture, (5) 60 000 plants per hectare, (6) 80 000 plants per hectare, (7) Average

2. táblázat. Az egyes évjáratok havi csapadék értékei és eltérések a 30 éves átlagtól (Debrecen, 2007–2009)

Hónapok (19)	2006		2007		2008		2009		30 éves átlag (3)
	Érték	Eltérés	Érték	Eltérés	Érték	Eltérés	Érték	Eltérés	
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	
Jan. (4)	-	-	23,9	-13,1	26,4	-10,6	29,5	-7,5	37,0
Febr. (5)	-	-	53,2	23,0	4,6	-25,6	44,0	13,8	30,2
Márc. (6)	-	-	14,0	-19,5	41,7	8,2	41,6	8,1	33,5
Ápr. (7)	-	-	3,6	-38,8	74,9	32,5	9,9	-32,5	42,4
Máj. (8)	-	-	54,0	-4,8	47,6	-11,2	20,1	-38,7	58,8
Jún. (9)	-	-	22,8	-56,7	140,1	60,6	96,6	17,1	79,5
Júl. (10)	-	-	39,7	-26,0	144,9	79,2	9,2	-56,5	65,7
Aug.(11)	-	-	77,6	16,9	34,2	-26,5	11,3	-49,4	60,7
Szept. (12)	-	-	86,1	48,1	42,2	4,2	21,7	-16,3	38,0
Okt. (13)	22,9	-7,9	71,4	40,6	16,1	-14,7	-	-	30,8
Nov. (14)	9,2	-36,0	40,9	-4,3	19,8	-25,4	-	-	45,2
Dec. (15)	5,0	-38,5	29,8	-13,7	52,2	8,7	-	-	43,5
Tenyészedőszak előtti csapadék összege (mm) (16)									
	-	-	128,2	-92	214,8	-5,4	203,2	-17,0	220,2
Tenyészedőszak csapadék összege (mm) (17)									
	-	-	283,8	-61,3	483,9	138,8	168,8	-176,3	345,1
Tenyészedőszak hőm. átlag (°C) (18)									
	-	-	18,8	2,0	17,4	0,6	19,5	2,7	16,8

Table 2. Monthly precipitation values of each crop year and differences from the 30-year-average (Debrecen, 2007–2009). (1) Value (mm), (2) Difference (mm), (3) 30-year-average, (4) January, (5) February, (6) March, (7) April, (8) May, (9) June, (10) July, (11) August, (12) September, (13) October, (14) November, (15) December, (16) Amount of precipitation before the growing season (mm), (17) Amount of precipitation during the growing season (mm), (18) Mean temperature during the growing season (°C) (19) Months

Eredmények

Összehasonlítottuk a két vetésváltási rendszerben a talaj vízkészletének alakulását 200 cm talajszelvényben, 2007, 2008 és 2009 tenyészévben (1-3. ábra). Az ábrák a négy mintavételi időpont talajnedvességét mutatják térfogatszázalékban, mono- és bikultúrában, 60 000 és 80 000 tő/ha állománysűrűség és $N_{120}P_{90}K_{90}$ trágyakezelés mellett. Az első időpont a kukorica vegetációs periódusát közvetlenül megelőző, míg az utolsó a betakarítást követő nedvességi állapotot tükrözi. A közbülső két mintavétel a kukorica főbb fenofázisaiban történt. A mértékadó talajréteget a kukorica gyökerezési mélységének megfelelően három szintre osztottuk: 0-60 cm - a kukorica gyökértömegének döntő része itt helyezkedik el; 61-120 cm - a gyökértömeg egy része, megközelítőleg egyharmada a növény növekedésével párhuzamosan lehatol ebbe a rétegbe is; 121-200 cm - a kukorica gyökere szempontjából nem meghatározó talajréteg, viszont a talajszelvény vízforgalmát tekintve mindenképpen fontos. A három rétegen belül a 20 cm-enként kapott eredményeket átlagoltam.

A 2007. évi eredmények alapján megállapítható, hogy monokultúrás termesztési módban mindkét állománysűrűségnél a legfelső, 0-60 cm talajréteg vízforgalma volt a legintenzívebb, a vetést közvetlenül megelőző időszakban a legnagyobb nedvességtartalommal rendelkezett (23-25 tf%). Az állomány növekedésével a felső szint vízvesztése rohamosan növekedett, a virágzás, termés-képzés időszakára elérte minimumát (13-14 tf%). Az augusztusi nagy mennyiségű csapadék hatására a talaj feltöltődött, a betakarítást követően a 24-27 tf% nedvességtartalmat mértünk. A 61-120 cm zóna vízforgalma hasonló mozgást követett a tenyészidőszak során, az ingadozás viszont nem volt olyan mértékű, mint a felső talajrétegben. A minimum értéket itt is a generatív fejlődési szakasz kezdetén kaptuk, ebből a rétegből pótlódott a 0-60 cm talajszint nedvességkészlete, mérsékelve az állomány fokozott vízfelvétele által ott eredményezett nedvességihiányt. Az általunk vizsgált legalsó talajréteg (121-200 cm) térfogatszázalékos értékei a másik két talajszint értékei között alakultak (16-18 tf%), kivéve a tenyészidőszak végét, amikor a lehullott csapadék következtében a 0-60 cm és a 61-120 cm réteg nedvességkészlete esetében 2-9 tf%-kal nagyobb értékeket kaptunk (1. ábra).

1. ábra. A talaj nedvességtartalma (tf %) mono- és bikultúrában a 2007. évben
(60 000 tő/ha; N₁₂₀P₉₀K₉₀)

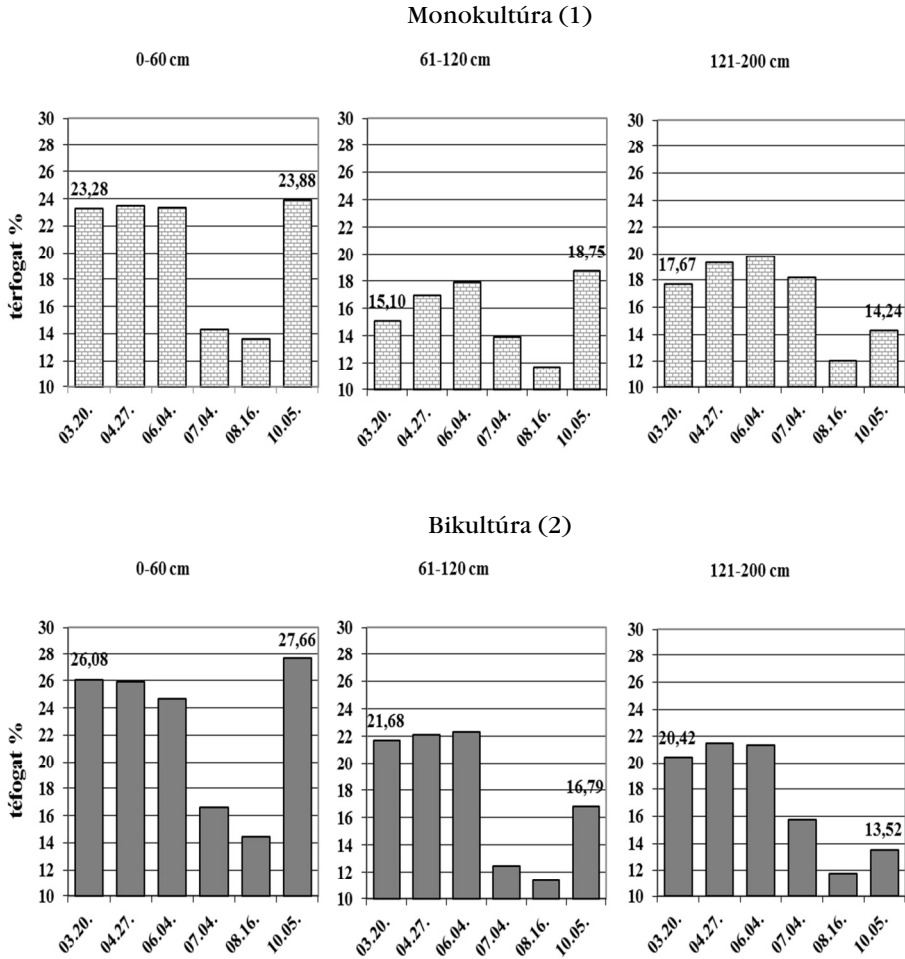


Figure 1. Soil moisture content (vol%) in mono- and biculture in 2007 (60 000 plants per hectare; N₁₂₀P₉₀K₉₀). (1) Monoculture, (2) Biculture, (3) Vol%

2. ábra. A talaj nedvességtartalma (tf %) mono- és bikultúrában a 2008. évben
(60 000 tő/ha; N₁₂₀P₉₀K₉₀)

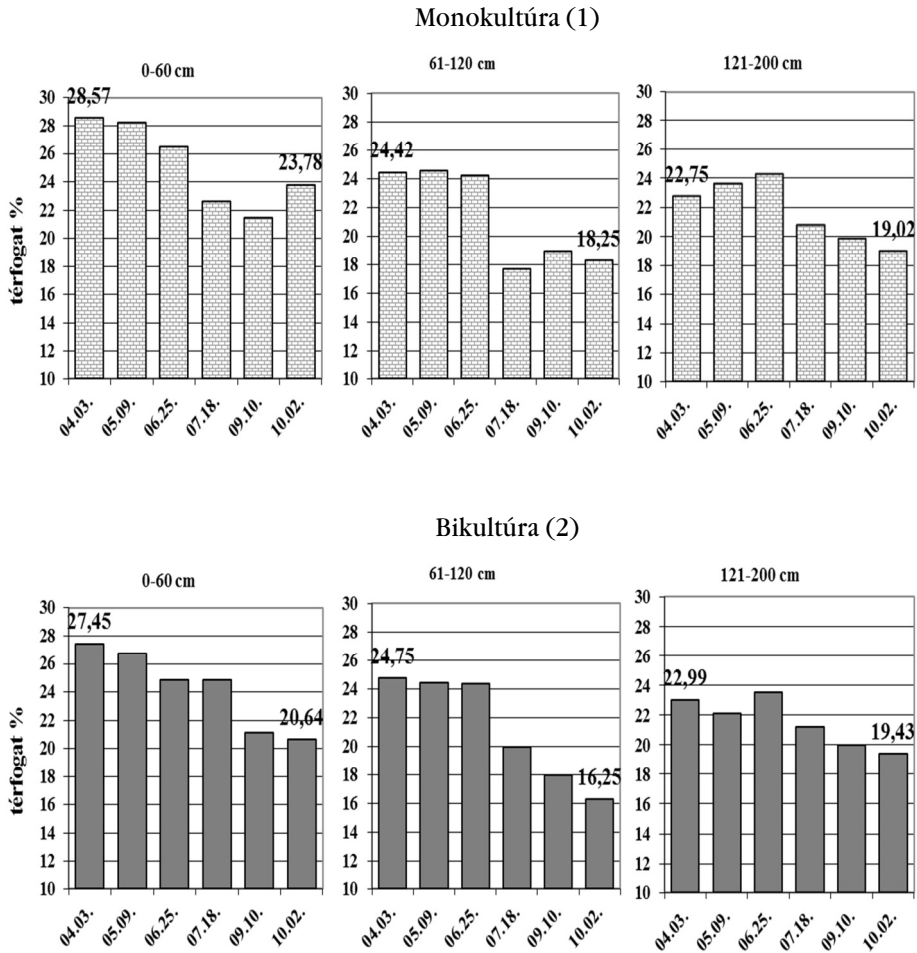


Figure 2. Soil moisture content (vol%) in mono- and biculture in 2008 (60 000 plants per hectare; N₁₂₀P₉₀K₉₀). (1) Monoculture, (2) Biculture, (3) Vol%

3. ábra. A talaj nedvességtartalma (tf %) mono- és bikultúrában a 2009. évben
(60 000 tő/ha; N₁₂₀P₉₀K₉₀)

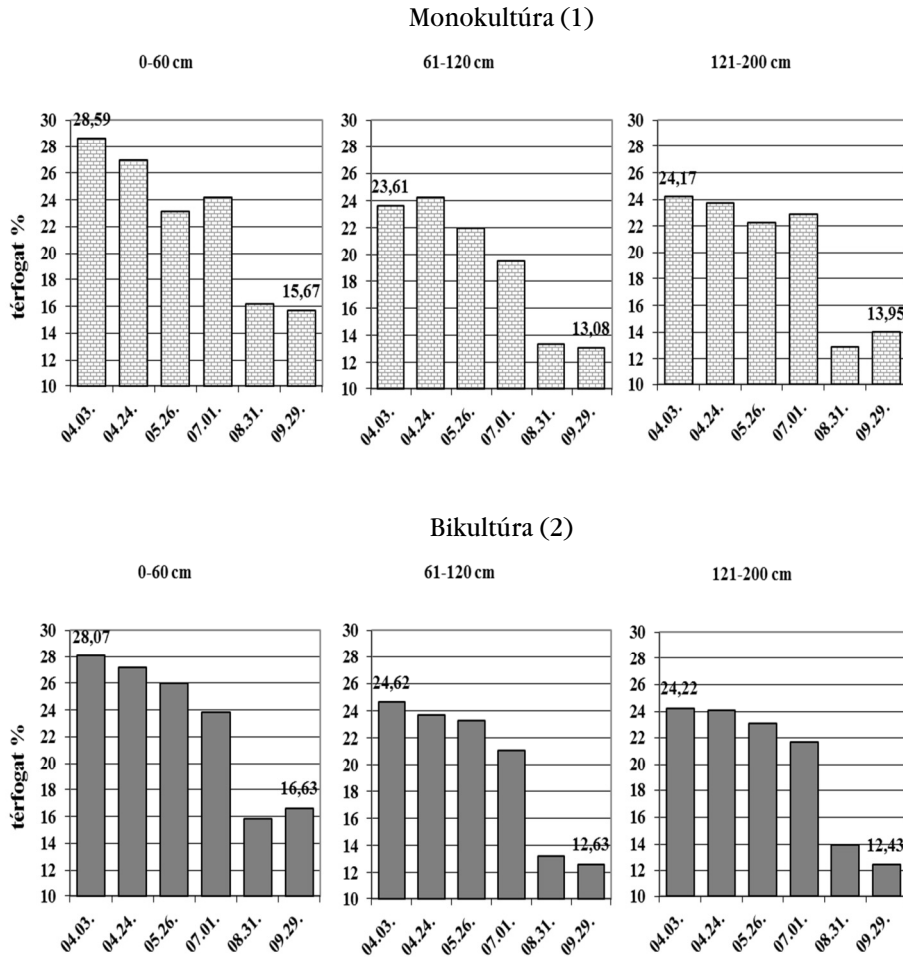


Figure 3. Soil moisture content (vol%) in mono- and biculture in 2009 (60 000 plants per hectare; N₁₂₀P₉₀K₉₀). (1) Monoculture, (2) Biculture, (3) Vol%

Bikultúrás termesztés mellett a talajnedvesség értékek 2–6 tf%-kal nagyobbak voltak a monokultúrában mért értékektől, a kukorica számára kedvezőbb vízellátási viszonyok álltak rendelkezésre már a kezdő, vetést közvetlenül megelőző mintavétel alkalmával. A három talajréteg nedvességkészletének alakulása hasonló volt a monokultúrás kukoricaállományéhoz, de a nedvességértékekben az eltérés az egész tenyészidőszakban megmaradt (1. ábra).

A két vizsgált állománysűrűség esetében is állapíthatók meg különbségek a talajnedvességkészletének alakulására vonatkozóan. Monokultúrás vetésváltási rendszer esetében a nagyobb tőszám több vizet használt fel a tenyészidőszak során. Bikultúrás kukoricaállomány viszont ellentétes eredményt mutatott, a 60 000 tő/ha tőszámú parcellákban mértünk kisebb talajnedvességértékeket a júliusi, megtermékenyülési, szentelítődési időszakban (60 000 tő/ha 13–17 tf%, míg 80 000 tő/ha 16–19 tf%) (2. és 4. ábra).

A 2008. tenyészév a kukorica vízigénye biztosítása szempontjából kedvező volt. Az állomány az optimális körülmények, valamint a rekordtermés következtében „pazarlóan” bánt a vízzel, mindkét vetésváltás, mindkét állománysűrűségű parcelláiban a betakarítást követő talajnedvesség értékek kisebbek voltak, mint a megelőző évben (2. és 5. ábra).

A 2009. év kezdetén a téli félévben lehullott nagy mennyiségű csapadék hatására a kukoricaállomány számára kellő csapadék állt rendelkezésre a csírázáshoz, a kezdeti fejlődéshez (23–29 tf %). A kukorica növekvő vízfelhasználásának következtében a talaj nedvességtartalma mindhárom vizsgált rétegben csökkenni kezdett. A júniusi nagy mennyiségű csapadék ezt a folyamatot megállította, a görbék szinte teljesen párhuzamosan, a májusi értékekhez hasonló szinten futnak, a talaj az esőzések hatására a teljes, 200 cm szelvényben átnedvesedett. A tenyészidőszak további részében elmaradó csapadék, valamint a nagy generatív és vegetatív növényi tömeg következtében a rétegek nedvességkészlete fogyásnak indult, a betakarításra a talajban 13–16 tf%-nyi nedvességet mértünk. A vetésváltási rendszereket elemezve megállapítható, hogy a bikultúrás termesztési módban a kukorica állománya kiegyensúlyozottabban használta a talaj vízkészletét, mindkét állománysűrűség esetében a görbék lefutása egyenletesebb. A 60 000 és a 80 000 tő/ha tőszámú állományok talajának tenyészidőszakbeli vízháztartását vizsgálva különbség nem állapítható meg, az egyes mintavételi időpontokban szinte teljesen megegyező talajnedvesség értékeket kaptunk (2. és 6. ábra).

4. ábra. A talaj nedvességtartalma (tf %) mono- és bikultúrában a 2007. évben
(80 000 tő/ha; N₁₂₀P₉₀K₉₀)

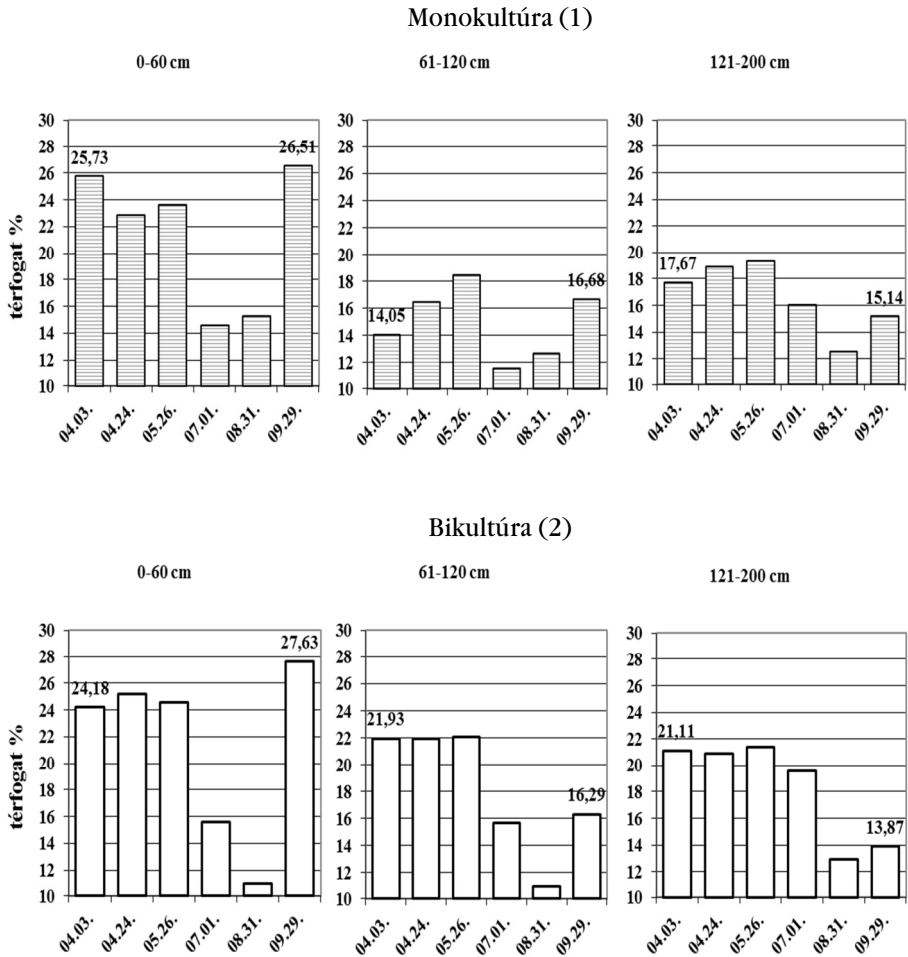


Figure 4. Soil moisture content (vol%) in mono- and biculture in 2007 (80 000 plants per hectare; N₁₂₀P₉₀K₉₀). (1) Monoculture, (2) Biculture, (3) Vol%

5. ábra. A talaj nedvességtartalma (tf %) mono- és bikultúrában a 2008. évben
(80 000 tő/ha; N₁₂₀P₉₀K₉₀)

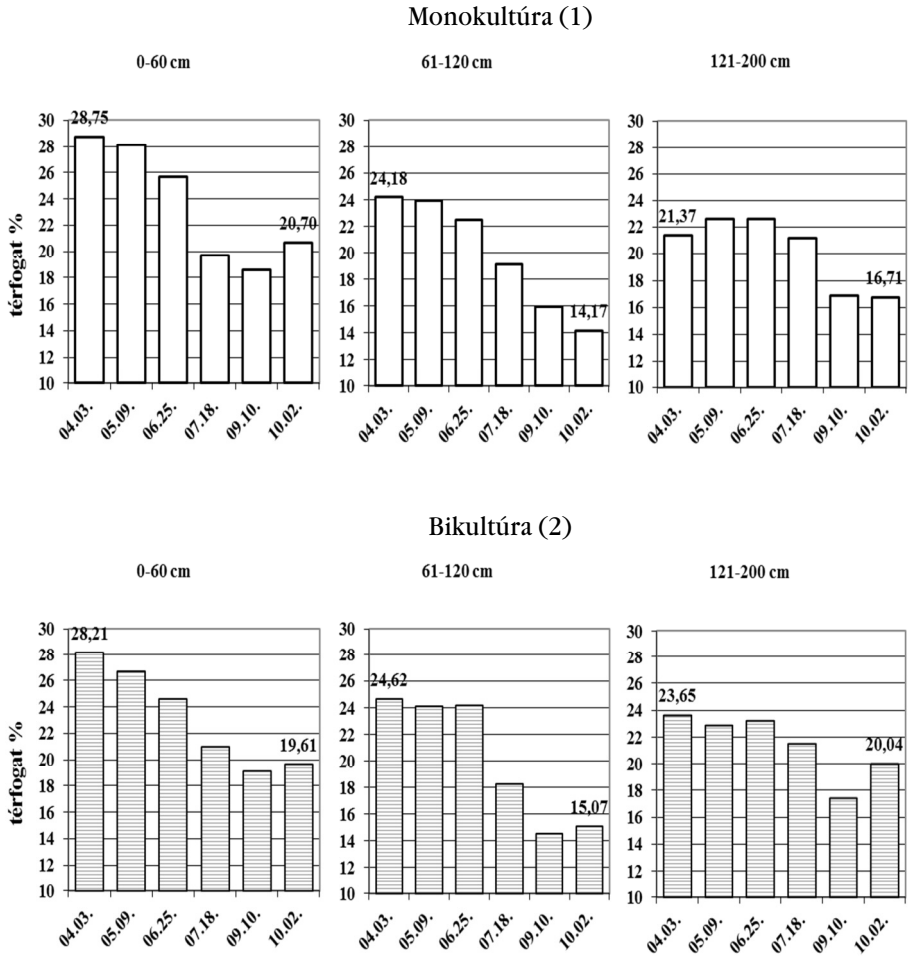


Figure 5. Soil moisture content (vol%) in mono- and biculture in 2008 (80 000 plants per hectare; N₁₂₀P₉₀K₉₀). (1) Monoculture, (2) Biculture, (3) Vol%

6. ábra. A talaj nedvességtartalma (tf %) mono- és bikultúrában a 2009. évben
(80 000 tő/ha; N₁₂₀P₉₀K₉₀)

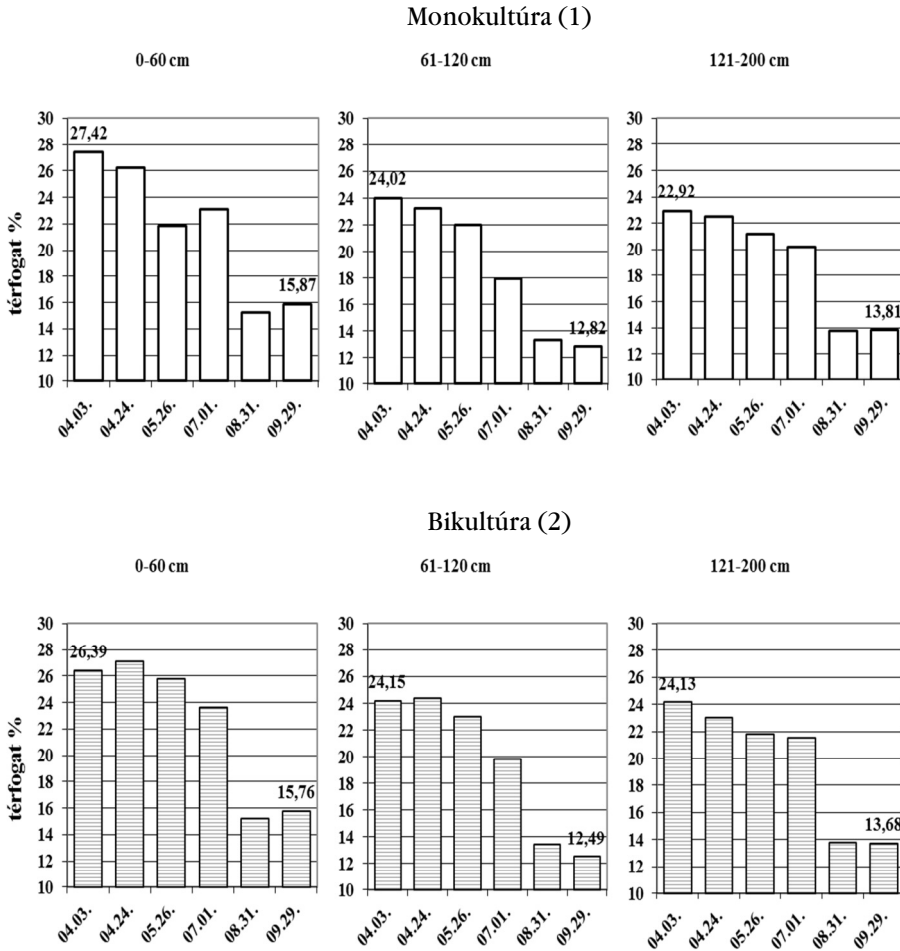


Figure 6. Soil moisture content (vol%) in mono- and biculture in 2009 (80 000 plants per hectare; N₁₂₀P₉₀K₉₀). (1) Monoculture, (2) Biculture, (3) Vol%

A három év talajnedvességekészletét együttesen vizsgálva megállapítható, hogy a felső (0-60 cm) és a középső (61-120 cm) réteg nedvességekészlete változott a legdinamikusabban a kukorica tenyészidőszaka során. A legalsó talaj-

szint (121–200 cm) nedvességkészlete az őszi időszakra kezdett csökkenni, mérsékelve a felette lévő szint nedvességihiányát. A mono- és bikultúrás termesztési módok közül talajnedvességre gyakorolt hatásuk alapján a bikultúrás termesztés javasolható a kukorica számára, kedvezőbb vízgazdálkodása miatt (1–6. ábra).

A növénytermesztési tér vízháztartásának alakulása jelentős hatást gyakorol a terméseredményekre is. A vízháztartási folyamatokat agroökológiai és agrotechnikai tényezők egyaránt befolyásolják, meghatározzák. Az évjárat nagymértékben befolyásolja a talajok vízháztartását, vízkészletük alakulását, ezáltal a termesztett növényünk termésmennyiségét is. Kísérletünkben a vetésváltás és a tőszám a kukorica termésmennyiségére gyakorolt hatását vizsgáltuk három, eltérő csapadékelátottságú évjáratban (2007, 2008, 2009), $N_{120}P_{90}K_{90}$ tápanyagellátás mellett (2. táblázat).

A vetésváltások terméseredményei közötti különbség egyértelműen bizonyítja a bikultúrás vetésváltás adta kedvező feltételeket a monokultúrás vetésváltással szemben (3. táblázat). Azonos ökológiai és agrotechnikai feltételek mellett a monokultúrában termesztett kukorica kisebb terméseredményt tud produkálni. A különbséget az évjárat rendkívüli mértékben befolyásolja, a kukorica vízigénye szempontjából kedvező vízellátású évjáratban (2008) a termesztési módok közötti különbség mérséklődik.

Az állománysűrűség termésre gyakorolt hatását vizsgálva megállapítottuk, hogy a nagyobb (80 000 tő/ha) tőszám szignifikánsan nem növelte a termésmennyiségét, a vizsgált három, karakterisztikájában teljesen eltérő évjáratban. A kisebb (60 000 tő/ha) állománysűrűségű parcellákon szignifikánsan nagyobb termést mértünk: 2007. évben monokultúrában 1089 kg/ha, bikultúrában 550 kg/ha, 2008. évben monokultúrában 1399 kg/ha többlettel. Kivételt képeznek a 2008. évben bikultúrában (172 kg/ha), illetve 2009. évben monokultúrában mért eredmények, ahol, nem szignifikánsan, minimálisan a 80 000 tő/ha állománysűrűségű parcellák teremtek többet (64 kg/ha). 2009-ben bikultúrás termesztéssel a kisebb (60 000 tő/ha) állománysűrűségű kukorica 206 kg-mal termelt többet a 80 000 tő/ha tőszámú állománytól, mely különbség nem szignifikáns. Az eredményekből megállapítható, hogy a kukorica fejlődése és termése nagyban függ az agroökológiai adottságoktól, azonos agrotechnikai feltételek (tápanyagellátás, vetésváltás) mellett, aszályos évjárat esetén a 60 000 tő/ha állománysűrűség a megfelelő.

3. táblázat. A vetésváltás és az állománysűrűség hatása a kukorica terméshozamára kísérleti évenként (Debrecen, 2007–2009, N₁₂₀P₉₀K₉₀)

	Monokultúra (1)			Bikultúra (2)			Terméstöbbslet (vetésváltás) (3)	
	60 ezer tő/ha (4)	80 ezer tő/ha (5)	Termés- többslet (tőszám) (6)	60 ezer tő/ha (4)	80 ezer tő/ha (5)	Termés- többslet (tőszám) (6)	60 ezer tő/ha (4)	80 ezer tő/ha (5)
2007								
Termés (7)	4316	3227	-1089	7706	7156	-550	3390	3929
SzD _{5%} tőszám (8)		312			457		-	-
SzD _{5%} vetésváltás (9)			543				-	-
2008								
Termés (7)	13 494	12 102	-1399	14 137	14 309	172	643	2207
SzD _{5%} tőszám (8)		1001			962		-	-
SzD _{5%} vetésváltás (9)			801				-	-
2009								
Termés (7)	9008	9072	64	12 329	11 517	-812	3321	2445
SzD _{5%} tőszám (8)		534			1356		-	-
SzD _{5%} vetésváltás (9)			598				-	-

Table 3. The impact of crop rotation and crop density on maize yield in each experimental year (Debrecen, 2007–2009, N₁₂₀P₉₀K₉₀). (1) Monoculture, (2) Biculture, (3) Yield surplus (crop rotation), (4) 60 000 plants per hectare, (5) 80 000 plants per hectare, (6) Yield surplus (crop density), (7) Yield, (8) LSD_{5%} crop density, (9) LSD_{5%} crop rotation

Monokultúrás termesztésben a csapadékszegény tenyészidőszak kedvezőtlen hatása a következő évben is megmutatkozik, az állomány kisebb hektáronkénti növényszám mellett nagyobb termést ér el. Ez azt bizonyítja, hogy ha hosszútávon kukorica kukoricát követ a vetésváltási rendszerben, a termesztés, a termésbiztonság rendkívül kiszolgáltatottá válik a természetes csapadék mennyiségének és tenyészidőbeli eloszlásának.

Kiszámítottuk az 1 mm csapadékra jutó termés mennyiségét is (4. táblázat). Ez a vízhasznosulási együttható (WUE) a kukoricaállomány vízfelhasználásának hatékonyságára utal, 1 mm csapadék felhasználásával mekkora termés előállítására képes.

4. táblázat. A vízhasznosulási együttható (WUE) értékei mono- és bikultúrában különböző állománysűrűségeken (Debrecen, 2007–2009)

	Monokultúra		Bikultúra	
	(1)		(2)	
	60 ezer tő/ha (3)	80 ezer tő/ha (4)	60 ezer tő/ha (3)	80 ezer tő/ha (4)
2007				
Termés (kg/ha/mm) (5)	15,2	11,4	27,2	25,2
SzD _{5%} tőszám (6)	1,1		1,6	
SzD _{5%} vetésváltás (7)	1,9			
2008				
Termés (kg/ha/mm) (5)	27,8	25,2	29,2	29,6
SzD _{5%} tőszám (6)	2,1		2,0	
SzD _{5%} vetésváltás (7)	1,7			
2009				
Termés (kg/ha/mm) (5)	53,4	53,7	72,8	71,6
SzD _{5%} tőszám (6)	3,2		8,0	
SzD _{5%} vetésváltás (7)	3,5			

Table 4. Water use efficiency (WUE) values in mono- and biculture in different crop densities (Debrecen, 2007–2009). (1) Monoculture, (2) Biculture, (3) 60 000 plants per hectare, (4) 80 000 plants per hectare, (5) Yield (kg ha⁻¹ mm⁻¹), (6) LSD_{5%} crop density, (7) LSD_{5%} crop rotation

Ha a 4. táblázat eredményei alapján összehasonlítjuk az aszályos évben és az optimális csapadékkellátottságú évjáratban kapott eredményeket és összevetjük a hullott csapadék mennyiségével, megállapítható, hogy 2008. évben a kukoricaállomány „pazarlóan” használta a talajban lévő vizet. A 2009. év száraz volta ellenére a kukoricaállomány kimagasló, ez előző két évhez képest két-

szer akkora volt a termése 1 mm csapadék hatására, vízhasznosítása a legkedvezőbb volt.

A vetésváltások eredményeit vizsgálva megállapítható, hogy a kukorica számára kedvezőtlen csapadékú évjáratokban a bikultúrás termesztés talaj-vízforgalma kedvezőbb, a kukorica a jobb adottságok hatására 1 mm csapadékkal másfélszer-kétszer annyi szemtermésre képes (2007. évben monokultúrában 11,4–15,2 kg/ha/mm, míg bikultúrában 27,2–25,2 kg/ha/mm; 2009. évben monokultúrában 53,4–53,7 kg/ha/mm, míg bikultúrában 71,6–72,8 kg/ha/mm).

Az állománysűrűség esetében a vízhasznosulási együttható értékei a terméseredményeknél tett megállapításokat támasztják alá, melyek szerint aszályos évjáratban, valamint monokultúrás vetésváltásban még az aszályos évjáratot követő évben is a 60 000 tő/ha tőszám kedvezőbb a kukorica vízhasznosítása szempontjából, mint a nagyobb, 80 000 tő/ha. 2007. évben mindkét vetésváltásban (monokultúrában 60 000 tő/ha 15,2 kg/ha/mm, 80 000 tő/ha 11,4 kg/ha/mm; bikultúrában 60 000 tő/ha 27,2 kg/ha/mm, 80 000 tő/ha 25,2 kg/ha/mm), míg a kedvező csapadékellátottságú 2008. évben monokultúrában szignifikánsan nagyobb volt a WUE érték a kisebb állománysűrűség esetében (60 000 tő/ha 27,8 kg/ha/mm; 80 000 tő/ha 25 kg/ha/mm). Az állománysűrűségeket vizsgálva, a WUE értékek aszályos évjáratban a 60 000 tő/ha tőszámú parcellákban kedvezőbb vízhasznosulást mutattak, a nagyobb tőszámú kukoricaállomány „pazarlóan” használja fel a talajban rendelkezésére álló vízmennyiséget.

A vizsgált két vetésváltási rendszer számított vízhasznosulási együtthatói között szignifikáns különbség állapítható meg mindhárom évjáratban. A monokultúrában termesztett kukoricának több vízre van szüksége egységnyi termés képzéséhez, évjáratától függetlenül. A WUE értékekben 2007. évben a 12–13,8 kg/ha/mm, 2008-ban 1,4–4,4 kg/ha/mm, 2009. tenyészévben 17,9–19,4 kg/ha/mm szignifikáns különbséget számítottunk, ami a bikultúrás vetésváltás talajának a kukorica számára kedvezőbb vízforgalmára vezethető vissza. A monokultúrás, a bikultúrás termesztés, valamint az állománysűrűség termésmennyiségre gyakorolt hatását vizsgálva is megállapítható, hogy évjáratától függetlenül a bikultúrában termesztett kukorica terem többet, ezt támasztják alá a vízhasznosulási mutató kiszámított értékei is.

A kísérletben szereplő két vetésváltás közül a monokultúrás kukoricaállománynak egységnyi termésproduktum előállításához nagyobb mennyiségű

vízre van szüksége, évjáratától függetlenül, ami a bikultúrás vetésváltás talajának jobb vízgazdálkodását bizonyítja.

A kukorica tenyészidejét megelőző téli félévben lehullott csapadékösszegének 50%-át is figyelembe véve (5. táblázat), kiszámítottunk egy „módosított vízhasznosítási együtthatót” (mWUE) is (6. táblázat). A kapott eredményeket elemezve megállapítható, hogy a téli időszakban lehullott csapadék „talajfeltöltő hatása” következtében az évjáratok közti különbségek kisebb értékeket mutatnak a csak a tenyészidőben számítottakkal összehasonlítva.

5. táblázat. A kukorica tenyészidejében lehullott, valamint a megelőző téli félév csapadék adatok (Debrecen, 2007–2009)

Évek (1)	A tenyészidő előtti téli félév csapadékösszegének 50%-a (mm) (2)	A tenyészidő csapadékösszegének 100%-a (mm) (3)	Összesen (mm) (4)
2007	64,0	283,8	347,9
2008	107,0	484,0	591,3
2009	101,6	168,8	270,4

Table 5. Precipitation data during the growing season of maize and in the previous winter period (Debrecen, 2007–2009). (1) Years, (2) 50% of the precipitation sum of the winter period before the growing season (mm), (3) 100% of the precipitation sum during the growing season (mm), (4) Total (mm)

Ez a mutató is a bikultúrás termesztés előnyeit hangsúlyozza (2007. évben monokultúrában 9,2–12,4 kg/ha/mm, míg bikultúrában 20,6–22,2 kg/ha/mm; 2008. évben monokultúrában 20,5–22,8 kg/ha/mm, míg bikultúrában 23,9–24,2 kg/ha/mm; 2009. évben monokultúrában 33,3–33,6 kg/ha/mm, míg bikultúrában 44,7–45,5 kg/ha/mm).

Az állománysűrűség szignifikánsan csak az aszályos évben befolyásolta a mWUE értékeket, 2008. évben bikultúrában (60 000 tő/ha 23,9 kg/ha/mm, 80 000 tő/ha 24,2 kg/ha/mm, 2009-ben pedig mono- és bikultúrában (monokultúrában 60 000 tő/ha 33,3 kg/ha/mm, 80 000 tő/ha 33,6 kg/ha/mm, bikultúrában 60 000 tő/ha 45,5 kg/ha/mm, 80 000 tő/ha 44,7 kg/ha/mm) nem

állapítható meg szignifikáns különbség. Ez 2008. év esetében a jó csapadék-ellátottsággal, 2009. évben pedig az előző év nagy mennyiségű téli csapadéka-
val magyarázható (4–5. táblázat).

6. táblázat. A módosított vízhasznosulási együttható (tenyészidő előtti téli félév csapadékösszegének 50%-a+a tenyészidő csapadékösszegének 100%-a) (mWUE) értékei mono- és bikultúrában különböző állománysűrűségeken (Debrecen, 2007–2009)

	Monokultúra		Bikultúra	
	(1)		(2)	
	60 ezer tő/ha	80 ezer tő/ha	60 ezer tő/ha	80 ezer tő/ha
	(3)	(4)	(3)	(4)
2007				
Termés (kg/ha/mm) (5)	12,4	9,2	22,2	20,6
SzD _{5%} tőszám (6)	0,9		1,3	
SzD _{5%} vetésváltás (7)	1,6			
2008				
Termés (kg/ha/mm) (5)	22,8	20,5	23,9	24,2
SzD _{5%} tőszám (6)	1,7		1,6	
SzD _{5%} vetésváltás (7)	1,4			
2009				
Termés (kg/ha/mm) (5)	33,3	33,6	45,5	44,7
SzD _{5%} tőszám (6)	2,0		5,0	
SzD _{5%} vetésváltás (7)	2,2			

Table 6. The values of the modified water use efficiency (50% of the precipitation sum of the winter period before the growing season + 100% of the precipitation sum during the growing season) (mWUE) in mono- and biculture at different crop densities (Debrecen, 2007–2009). (1) Monoculture, (2) Biculture, (3) 60 000 plants per hectare, (4) 80 000 plants per hectare, (5) Yield (kg ha⁻¹ mm⁻¹), (6) LSD_{5%} crop density, (7) LSD_{5%} crop rotation

A módosított vízhasznosulási együttható a télen lehulló és a talajban raktározódó csapadék fontosságát hangsúlyozza. A kukorica tenyészidejében le-
hul-

ló csapadék mellett jelentősen hozzájárulhat a kukorica megfelelő fejlődéséhez szükséges víz biztosításához, így a nagyobb termések eléréséhez.

Irodalom

- David, D.–Jessica, A.–Saleemul, H.*: 2009. Rugalmas alkalmazkodás. [In: 2009 – A világ helyzete. Úton egy felmelegedő világ felé.] A washingtoni Worldwatch Institute jelentése a fenntartható társadalomhoz vezető folyamatról. 189–210.
- Farkas Cs.–Hagyó A.–Horváth E.–Várallyay Gy.*: 2009. A vízgazdálkodás várható változása a prognosztizált klímaváltozás függvényében csernozjom talajon. KLÍMA-21 Füzetek. 57: 3–15.
- Gyuricza Cs.*: 2001. A szántóföldi talajhasználat alapjai. Akaprint Nyomdaipari Kft. 24.
- Fekete, I.–Kotroczo, Zs.–Varga, Cs.–Hargitai, R.–Townsend, K.–Csányi, G.–Várbiró, G.*: 2012. Variability of Organic Matter Inputs Affects Soil Moisture and Soil Biological Parameters in a European Detritus Manipulation Experiment. *Ecosystems*. 15. 5: 792–803.
- Jakab P.*: 2001. A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek termőképességére és trágyareakciójára. *Agrártudományi Közlemények*. 42–46.
- Nagy J.–Kovács J.*: 2005. Az öntözéses mezőgazdaság klímabefolyásoló hatása. *AGRO-21 Füzetek*. 43: 21.
- Nagy J.*: 2007. *Kukoricatermesztés*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Pepó P.–Vad A.–Berényi S.*: 2005. Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére monokultúrás termesztésben. *Növénytermelés*. 54. 4: 317–326.
- Petrasovits I.–Balogh J.*: 1975. *Növénytermesztés és vízgazdálkodás*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Rácz Cs.–Nagy J.*: 2011. A víz- és tápanyagellátottság, illetve –hasznosulás megítélésének kérdései kukorica terméseredmények vonatkozásában. *Növénytermelés*. 60. 1: 97–114.
- Ruzsányi L.*: 1996. Aszály hatása és enyhítésének lehetőségei a növénytermesztésben. [In: Cselőtei L.–Harnos Zs. (szerk.) *Éghajlat, időjárás, aszály*.] Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest. 5–66.
- Stekauerová, V.–Nagy, V.*: 2006. Course of soil layer water content in agricultural cultivated soil during years 1999 and 2000. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 287–290.
- Stewart, B. A.–Steiner, J. L.*: 1990. Water-Use Efficiency. *Dryland Agriculture: Strategies for Sustainability*. *Advances in Soil Science*. Springer-Verlag. New York. 13: 151–173.
- Sváb J.*: 1973. *Biometriai módszerek a kutatásban*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Szász G.*: 1973. A termesztett növények vízigényének és az öntözés gyakoriságának meteorológiai vizsgálata. *Növénytermelés*. 22. 3–4: 241–258.

- Vágó, K.-Dobó, E.-Kumar Singh, M.:* 2006. Predicting the biogeochemical phenomenon of drought and climate variability. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 93-97.
- Várallyay Gy.:* 2005. A magyar Alföld szélsőséges vízgazdálkodása és az ahhoz történő alkalmazkodás lehetőségei és korlátai. [In: Pepó P. (szerk.) *Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: a modern növénytermesztés alapjai.*] Tudományos ülés. Debrecen. 43-51.

A szerző levelezési címe - Address of the author:

*Dr. Dóka Lajos Fülöp
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*doka@agr.unideb.hu

Burgonyafajták nitrogén-hasznosítási paramétereinek vizsgálata tenyészedényes kísérletben

¹KOLLARICSNÉ H. MARGIT - ²POLGÁR ZSOLT - ¹ARANYI NIKOLETT R. -

²CERNÁK ISTVÁN - ¹TALLER JÁNOS - ¹HOFFMANN BORBÁLA

Pannon Egyetem

¹Georgikon Kar, Növénytudományi és Biotechnológiai Tanszék, Keszthely

²Agrártudományi Kutatóközpont, Burgonyakutatói Központ, Keszthely

Összefoglalás

Az elmúlt évtizedekben a világ nitrogén-műtrágya felhasználása többszöröződött. Ha javítani tudnánk a növények számára kijuttatott nitrogén-műtrágyák hasznosulását, annak jelentős gazdasági haszna és kedvező környezeti hatása lenne. Emiatt rendkívül fontos, hogy megismerjük a természetett fajták N-igényét, feltárjuk a N-táplálkozásban meglévő genotípusos különbségeket.

A keszthelyi Burgonyakutatói Központ fajtái, nemesítési vonalai N-hasznosító képességének vizsgálata szántóföldi körülmények között a közelmúltban kezdődött meg. A munka folytatásaként, a N-hasznosításban meghatározó szerepet játszó komponensek részletesebb vizsgálata érdekében üvegházi, tenyészedényes kísérletet állítottunk be a White Lady, Katica, Hópehely, Chipke keszthelyi fajtákkal, illetve az S440 jelű nemesítési vonallal. A kísérletet homok tápközegben, 3 ismétléssel, randomizált elrendezésben állítottuk be. A növényeket három különböző nitrát koncentrációjúra módosított (7,50 mmol; 3,00 mmol; 0,75 mmol) Hoagland tápoldattal öntöztük. A kezelést a növények 3 hetes korában kezdtük meg és az első kezelést követő 42. napon takarítottuk be. A kezelés alatt mértük a levelek klorofilltartalmát, betakarításkor meghatároztuk a növények számos morfológiai- és termésparaméterét, a gumók N-tartalmát és a harvest indexet.

A vizsgált fajták klorofilltartalma a N-kezelések hatására eltérő mértékben és eltérő lefutási görbével változott. A gyökér-hajtás arány tekintetében a vizsgált genotípusok-

nál lényegesen eltérő tendenciájú eredményeket kaptunk. Az S440, Katica és Hópehely genotípusnál a 3,00 mmol-os kezelésben kaptuk a legkisebb, a White Ladynél pedig a legnagyobb gyökér-hajtás arányt. A Chipke esetében a nitrogénadagok csökkenésével arányosan csökkenő gyökér-hajtás arányt figyeltünk meg. A gumótermés tekintetében az S440 és White Lady hasonlóan reagált a N-hiányos kezelésekre, nagyobb számú, de kisebb tömegű gumókat termettek. A Chipke és Katica fajtáknál ennek az ellenkezőjét tapasztaltuk, kevesebb, de nagyobb méretű gumókat hoztak. A harvest-index értékek és a gumók nitrogéntartalmának vizsgálatakor a kísérletbe bevont genotípusoknál a válaszok tendenciájában nem találtunk különbséget, azonban a válaszok erőssége genotípusonként eltérő volt.

A vizsgálati eredmények statisztikai értékelése során megállapítottuk, hogy a tesztelt burgonya genotípusok között szignifikáns különbség van a N-hasznosítás vizsgált paramétereire tekintetében. Ezek az eredmények a későbbiekben felhasználhatóak a burgonyatermesztés gyakorlatában is, segíthetik a termesztési céllal összehangolt műtrágyázást, hozzájárulhatnak a műtrágyaadagok gazdaságosabb, környezetkímélőbb és termesztési célnak megfelelő optimalizálásához.

Kulcsszavak: burgonya, *Solanum tuberosum* L., N-kezelés, klorofilltartalom, gumó N-tartalom, N-hasznosítás

Examination of the nitrogen conversion parameters of potato varieties in a pot experiment

¹M. KOLLARICSNÉ H. – ²ZS. POLGÁR – ¹N. R. ARANYI – ²I. CERNÁK –

¹J. TALLER – ¹B. HOFFMANN

University of Pannonia

¹Georgikon Faculty, Department of Crop Sciences and Biotechnology, Keszthely

²Centre for Agricultural Sciences, Centre of Potato Research, Keszthely

Summary

The nitrogen fertiliser use of the world multiplied during the last decades. The improvement of the conversion rate of applied fertilisers could result in a significant economic advantage and a favourable environmental impact. For this reason, it is

especially important to get to know the N demand of the produced varieties, as well as to explore the difference in genotypes concerning N use.

The analysis of the N conversion of the varieties and breeding lines of the Potato Research Centre of Keszthely has recently been launched under field circumstances. To continue this work and in order to analyse the components of N conversion more thoroughly, a greenhouse pot experiment was established with the Keszthely varieties White Lady, Katica, Hópehely and Chipke, as well as the S440 breeding line. The experiment was established in a sand culture medium with three replications and a randomised design. Crops were irrigated with a Hoagland nutrient solution modified to three different nitrate concentrations (7.50 mmol; 3.00 mmol; 0.75 mmol). Treatment was launched at three weeks of age and harvest took place 42 days after the first treatment. During the treatments, the chlorophyll content of leaves was measured and different morphological and yield parameters, as well as the N content of potatoes and the crops' Harvest index were determined during harvesting.

The chlorophyll content of the examined varieties responded differently and with a different curve as a result of N treatments. The obtained results of the examined genotypes were significantly different in terms of the root-shoot ratio. The genotypes of S440, Katica and Hópehely showed the lowest root-shoot ratio in the 3.00 mmol treatment, while White Lady had the highest value in the same treatment. As regards Chipke, the root-shoot ratio proportionally decreased with decreasing nitrogen doses. As regards the tuber yield, S440 and White Lady responded similarly to N-deficient treatments by producing a higher number of lower weight tubers. The varieties Chipke and Katica showed a contrasting response by producing a lower number of tubers which were larger at the same time. No difference was found in the harvest indexes and the nitrogen content of the tubers, but the strength of responses was different in each genotype.

During the statistical evaluation of the results of analysis, it was concluded that there is a significant difference between the tested potato genotypes in terms of the examined parameters of N conversion ratio. These results can be used subsequently in the practice of potato production and they can contribute to fertilisation synchronised with production purposes and to the more economical and environmental friendly optimisation of fertiliser doses in accordance with production purposes.

Key words: potato, *Solanum tuberosum* L., N treatment, chlorophyll content, N content of tubers, N conversion ratio

Исследования параметров использования азота сортами картофеля в опыте с вегетационными сосудами

¹М. КОЛЛАРИЧНЕ Х. – ²Ж. ПОЛГАР – ¹Н. Р. АРАНЬИ – ²И. ЦЕРНАК –
¹Ё. ТАЛЛЕР – ¹Б. ХОФФМАНН

Паннония Университет

¹Факультет Георгикон, Кафедра Ботаники и Биотехнологии, Кестхей

²Центр Аграрных Наук, Центр Исследования Картофеля, Кестхей

Резюме

В прошедшие десятилетия в мире многократно увеличилось использование азотно-искусственного удобрения. Если бы мы смогли улучшить использование внесенных под растения азотных удобрений, то это имело бы значительную экономическую пользу и благоприятные экологические эффекты. Поэтому чрезвычайно важно узнать потребность в N выращиваемых сортов, раскрыть генотипичные различия в N питании.

Изучение способностей использования азота сортов Исследовательского Центра Картофеля в Кестхее, их селекционных линий в пахотных условиях началось в недавнем прошлом. Продолжением этой работы, в интересах более подробного исследования компонентов, играющих решающую роль в использовании N, установили тепличные опыты и опыты в вегетационных сосудах с кестхейскими сортами «White Lady», «Katica», «Hópehely», «Chipke», а также с селекционной линией обозначенной «S440». Опыты проводили в песчаной питательной среде, в трёх повторениях, в рандомизированном расположении. Растения поливали модифицированным на три различных по концентрации нитрата (7,50 mmol; 3,00 mmol; 0,75 mmol) раствором «Noagland». Удобрять начали в 3-недельном возрасте растений и на 42-ой день после первой обработки собрали урожай. В течении внесения удобрений измеряли содержание хлорофилла в листьях, во время уборки установили многие морфологические и урожайные параметры, содержание клубнями N и harvest-индекс.

Содержание хлорофилла исследованных сортов под влиянием обработок N изменилось в различных размерах и с различными кривыми прохождения. Рассматривая соотношения корень–побег у исследованных генотипов, мы получили результаты с существенно отличающейся тенденцией. У генотипов «S440», «Katica» и

«Hópehely» в 3,00 mmol-ой дозе получили самые маленькие, а у «White Lady» самые большие соотношения корень–побег. В случае «Chipke» с сокращением доз азота обнаружили пропорционально уменьшающееся соотношение корень–побег. Урожай клубней «S440» и «White Lady» одинаково реагировали на недостаточные N-дозы, произвели в большем количестве, но меньшей массы клубни. У сортов «Chipke» и «Katica» обнаружили противоположенное этому: меньше по количеству, но большего размера выросли у них клубни. При исследовании показателей harvest-индекса и содержания азота клубней у включенных в опыт генотипов в тенденции ответов не нашли разницы, однако сила ответов по генотипам была разной.

В ходе статистической оценки результатов исследований установили, что среди тестируемых генотипов картофеля есть значительная разница в исследованных параметрах использования N. Эти результаты можно использовать позже и на практике при выращивании картофеля, они могут помочь сбалансированному внесению удобрений, могут способствовать более экономичной, сохраняющей окружающую среду, и соответствующей цели выращивания оптимизации доз искусственных удобрений.

Ключевые слова: картофель, *Solanum tuberosum* L., N-доза, содержание хлорофилла, N-содержание клубня, N-использование

Bevezetés

Az elmúlt négy évtizedben a világ N-műtrágya felhasználása a hétszeresére növekedett, ezzel párhuzamosan a mezőgazdasági termelés megduplázódott (Hirel et al. 2007). A N-műtrágyák előállítása energiaigényes folyamat, az energiaárak folyamatos emelkedése pedig egyre növeli a műtrágyák gyártási költségét, ami nagyban befolyásolja a mezőgazdasági termelés gazdaságosságát. Ha javítani tudnánk a növények számára kijuttatott N-műtrágyák hasznosulását, annak igen jelentős gazdasági haszna és kedvező környezeti hatása lenne.

Agrotechnikai eljárásokkal bizonyos mértékig javítható a műtrágya hasznosulása, de emellett szükség van olyan, a tápanyagot jobb hatásfokkal hasznosító fajtákra is, amelyek a környezetkímélő növénytermesztés biológiai alapjait adják (Hoffmann et al. 2014). A genotípus×tápanyagellátás kölcsönhatás létezése számos növényfajnál bizonyított (Sanford és MacKown 1986, Gallais és Hirel 2004, Marschner 2012). Ismert az a tény is, hogy a különböző burgonya

fajták N-igénye nagyon elértő lehet (Arsenault et al. 2001). Kleinkopf et al. (1981), valamint Zebarth et al. (2004) a különböző burgonya fajták N-hasznosító képességében is szignifikáns különbséget igazoltak, ezért rendkívül fontos, hogy megismerjük az egyes fajták N-igényét, feltárjuk a N-táplálkozásban meglévő genotípusos különbségeket, mert ezzel lehetőség nyílna nem csak a fajtákra adaptált optimális N-ellátás biztosítására (Joern és Vitosh 1995), de akár jobb N-hasznosító képességgel rendelkező új fajták nemesítésére is.

A Burgonyakutatási Központ fajtáinak, nemesítési vonalainak szántóföldi körülmények közötti vizsgálata a nitrogén-hasznosító képesség tekintetében a közelmúltban kezdődött meg (Hoffmann et al. 2010). Jelen munkánk ezen kísérletek folytatása, melyben az egyes burgonya genotípusok N-hasznosító képességének kontrollált üvegházi, tenyészedényes kísérletekben történő részletes elemzését tűztük ki célul.

Anyag és módszer

Kísérleteinkbe a White Lady, Katica, Hópehely és Chipke keszthelyi fajtákat, illetve az S440 jelű nemesítési vonalat vontuk be. A kísérletet üvegházban állítottuk be, három ismétléssel, randomizált elrendezésben. Az ültető közeg kvarchomok #30 (600 μm) volt. Három liter űrtartalmú tenyészedényeket használtunk, amelyekbe egy darab, méretre szelektált – átlagosan 50 g tömegű – gumót ültettünk el.

A növényeket három hetes korukig egységesen 50%-os Hoagland tápoldattal (Hoagland és Syder 1933) öntöztük. A kezelés megkezdésétől a növényeket három különböző nitrát-koncentrációjúra (7,50 mmol; 3,00 mmol; 0,75 mmol) módosított Hoagland tápoldattal öntöztük 42 napon keresztül. Az egyes kezelésekből minden növény azonos időpontokban kijuttatott és azonos mennyiségű tápoldatot kapott a kísérlet folyamán.

A kezelést megelőző (0.) napon, a kezelés 1., 3. és 7. napján, majd ezt követően hétnaponta klorofilltartalom-mérést végeztünk, amelyhez a roncsolás nélküli mérést lehetővé tevő Konica Minolta Soil Plant Analysis Development (SPAD) 502-es hordozható klorofill-méret használtunk. Minden mintavételi napon növényenként 10 mérést végeztünk a levél színén, a fő ereket elkerülve (Jongschaap és Booij 2004). A méréseket a burgonya középső lombosztóján végeztük, mert ennek a lombosztójának az átlagos SPAD értéke megegyezik a teljes lombzat SPAD értékének átlagával (Dobos et al. 2011, Víg et al. 2012).

A 42. kezelési napot követően bontottuk a kísérletet. Mértük a növények magasságát, hajtás számát és friss lomb tömegét. Az ADC BioScientific Ltd. AM300 levélfelület mérő segítségével felvételeztük növényenként három, a középső lombszintből vett összetett levél felületét. A gyökereket kimostuk a homokból, majd mértük a gyökerek hosszát és friss tömegét, valamint a gumók darabszámát és tömegét. A lombot, a gyökérzetet és a gumókat szárítószekrényben 65 °C-on légszárazra szárítottuk, majd ezután mértük a száraz tömeget.

A harvest-indexet (HI) kétféle módszerrel számítottuk. A gumók száraz tömegét elosztottuk a teljes növény száraz tömegével, beleértve a gumók száraz tömegét, és a növény föld feletti és alatti részeinek száraz tömegét is. A burgonyánál általánosan elfogadott, hogy a gyökér és a sztolók a föld feletti növényi részek tömegének 25%-át teszik ki (*Beukema és Zaag 1990, Mazurczyk et al. 2009*), ezért a HI értéket az alábbi képlet szerint számítottuk:

$$HI_1 = \text{gumó száraz t.} / (\text{gumó száraz t.} + 1,25 * \text{lomb száraz t.})$$

Tenyészedényes kísérlet lévén lehetőségünk volt a gyökerek tömegének mérésére is, így a HI értéket kiszámítottuk a tényleges, általunk mért száraz gyökértömeg alapján is:

$$HI_2 = \text{gumó száraz t.} / (\text{gumó száraz t.} + \text{lomb száraz t.} + \text{gyökér száraz t.})$$

A HI_1 képlet (*Vos 1997, Belanger et al. 2001*) csak a burgonya esetében, míg a HI_2 képlet más fajok estében is használható.

A gumók összes N-tartalmát Kjeldahl-módszer alapján határoztuk meg (*Persson et al. 2008*) FOSS Tecator Digestor Systems berendezés segítségével.

Az adatok statisztikai elemzését az SPSS 20.0 for Windows statisztikai programcsomaggal végeztük Least Significant Difference (LSD vagy SzD) post hoc teszt segítségével, 5%-os szignifikancia szinten.

Eredmények

Klorofilltartalom

A kezelés megkezdése előtt (0. nap) azonos, 7,5 mmol-os N-ellátás mellett a vizsgált genotípusok közül a Katica (49,620) és a White Lady (48,937) fajták

mutatták a legnagyobb relatív klorofilltartalmat (SPAD értéket). A legalacsonyabb klorofilltartalmat az S440 vonalnál mértük (38,440).

A 0,75 mmol NO₃-koncentrációjú kezelésekből a nitrogén hiánytüneteit legkarakteresebben a White Lady és Katica fajtáknál figyeltük meg. Ezek a növények lassabban növekedtek, a levelek világosabbak, vékonyabbak és sárgásak voltak, amely főleg a lombzat alsó részén volt feltűnő, illetve ezeken a növényeken kevesebb számú levelet figyeltünk meg. A N-hiány szemmel látható tünetei a genotípusok többségénél csak a 21. kezelési nap után jelentkezett markánsan, ezzel szemben a klorofill-méterrel kapott adatok már jóval korábban jelezték a N-ellátottságban meglévő különbségeket. A SPAD értékek alakulását a 1. ábra mutatja.

A Chipke fajtánál a 3. kezelési napon a 3,00 mmol-os kezelésben volt a legmagasabb a klorofilltartalom, a 14. naptól a 3,00 és 7,50 mmol-os kezelésben közel azonos értékeket mértünk, és csak a 42. kezelési napra alakult ki szignifikáns különbség a három kezelés között.

A Hópehely fajtánál a kezelés 7. napjától igazoltan magasabb SPAD értéket mértünk a 7,50 mmol-os kezelésben, mint a két alacsonyabb adagú N-kezelésben. A 3,00 és 0,75 mmol-os N-kezelések közötti eltérés csak a 28. naptól volt szignifikáns.

A Katica esetében már a 3. napon szignifikáns csökkenést figyeltünk meg a SPAD értékekben a 0,75 mmol-os kezelésben. A 21. naptól a 3,00 mmol-os és 7,50 mmol-os kezelések között is igazolható különbség alakult ki.

Az S440 nemesítési vonal esetében a SPAD értékekben megmutatókozó különbséget – a többi genotípushoz képest – csak hosszabb idő elteltével tudtuk kimutatni, amely a 14. kezelési napra vált szignifikánssá.

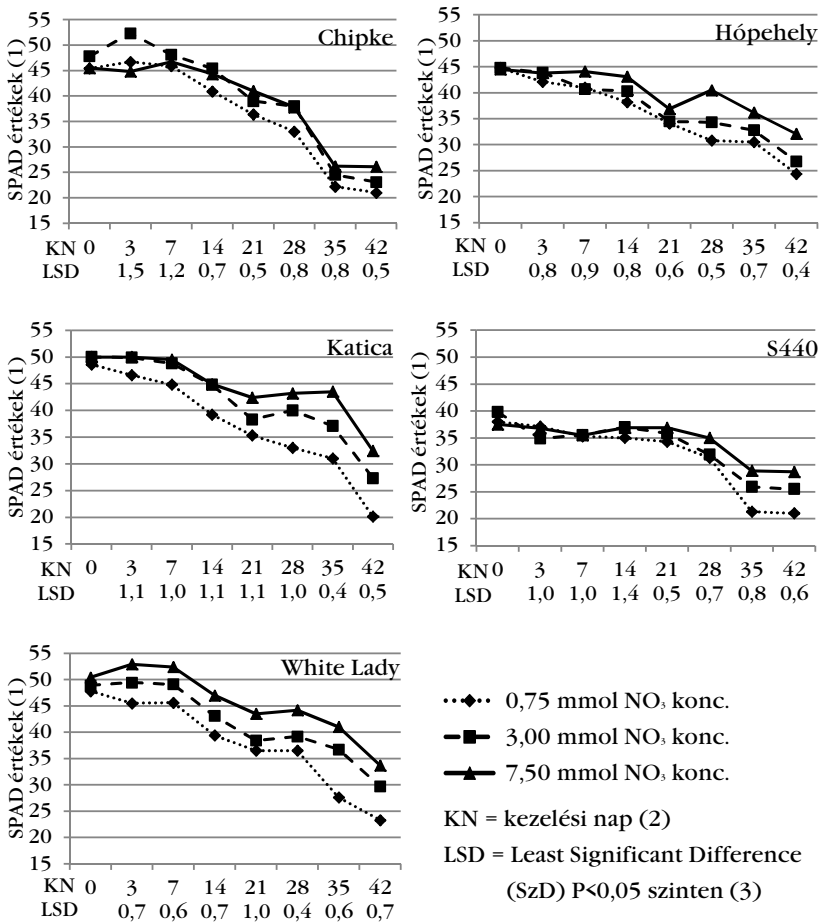
A White Lady reagált leggyorsabban a N-ellátás változására, már a 3. napon kimutattuk a N-kezelések hatását, amely kezeléshatás a kísérlet végéig folyamatosan szignifikáns maradt.

Összegezve a vizsgált genotípusok N-kezelésre adott reakcióját, a válaszok idejében és erősségében jelentős eltéréseket figyeltünk meg. A White Lady reagált a leggyorsabban és legmarkánsabban, amelyből arra következtethetünk, hogy ez a fajta érzékenyen reagál a N-ellátottságra. A SPAD értékekben a leglassabb és leggyengébb reakciót az S440-nél tapasztaltuk.

A vizsgált genotípusok közül mindegyiknél azt tapasztaltuk, hogy a nagyobb N-adagok a SPAD értékek növekedését vonják maguk után. Ez a tapasztalat megegyezik más szerzők eredményeivel: *Minotti et al.* (1994) az 'Allegheny' és

'Castile' fajtáknál, *Busato et al. (2010)* az 'Atlantic', 'Agata', 'Monalisa' és 'Asterix' fajtáknál mért klorofilltartalom-növekedést emelkedő N-adagok mellett. Fenti kutatók eredményeihez hasonlóan mi is azt tapasztaltuk, hogy a SPAD érték a lombozat öregedésével fokozatosan csökken (*Minotti et al. 1994, Busato et al. 2010*). Ezt részben a nitrogén remobilizációja okozhatja, mely során a nitrogén az idősebb levelekből a fiatalabbakba és a gumókba vándorol.

1. ábra. SPAD értékek alakulása a vizsgált burgonya genotípusoknál



Megjegyzés: LSD P<0,05

Figure 1. SPAD readings in the examined potato genotypes. (1) SPAD readings, (2) Treatment days, (3) LSD at the P<0.05 level, Note: LSD P<0.05

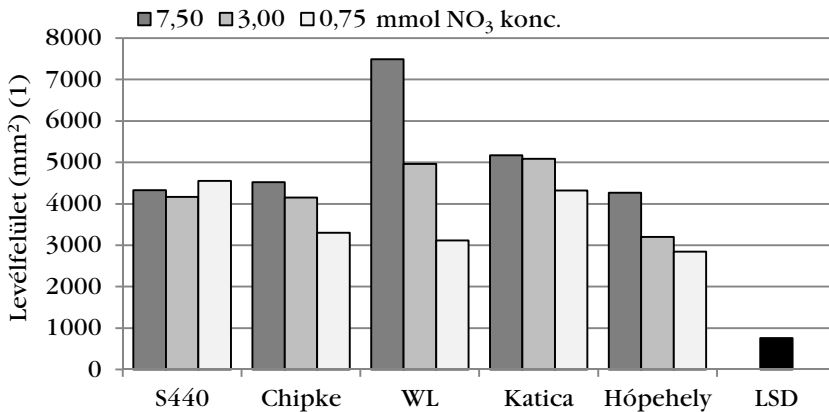
A 42. kezelési napra minden genotípusnál szignifikáns különbség alakult ki a relatív klorofilltartalomban a különböző N-ellátottsági szintek között, amely összhangban van más szerzők eredményével is (Jongschaap és Booij 2004). A vizsgált fajták relatív klorofilltartalma a 7,50 mmol-os N-ellátáshoz képest a 3,00 és 0,75 mmol tartalmú tápoldattal történt kezelés hatására eltérő mértékben és eltérő lefutási görbével csökkent. Ezen eredmények azt igazolják, hogy klorofilltartalom szintjének N-kezelésekre adott változását a genetikai háttér (genotípus) is jelentősen befolyásolja.

Levélfelület

Hirel et al. (2007) szerint a levélfelület és a N-felvétel között egyenes arányosság van. Jelen vizsgálatunkban az S440 kivételével a levélfelület csökkent a N-adag csökkenésével, azonban genotípusonként eltérő mértékben (2. ábra).

Az S440 esetében nem alakult ki különbség a levélfelület méretében a kezelések hatására. Szignifikáns különbséget a kezelések között csak a White Lady-nél tudtunk kimutatni.

2. ábra. A vizsgált burgonya genotípusok levélfelületének alakulása (mm²)



Megjegyzés: P<0,05 szinten, LSD=758,6

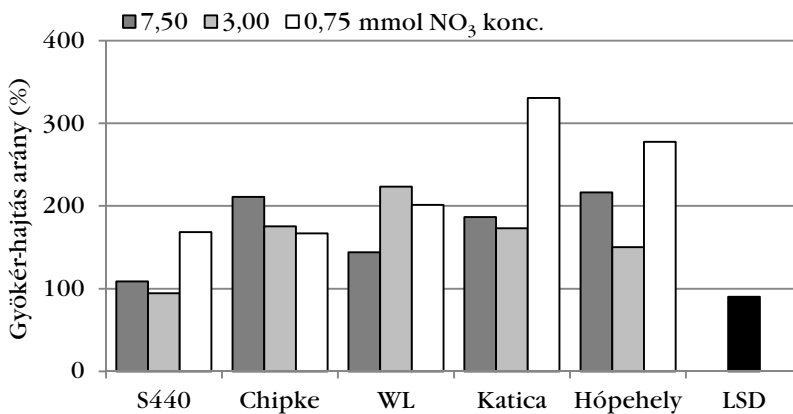
Figure 2. Leaf area of the examined potato genotypes (mm²). (1) Leaf area (mm²), Note: at the P<0.05 level, LSD=758.6

Gyökér-hajtás arány

Szakirodalmi forrásokból ismert tény, hogy a N-ellátásnak jelentős hatása van a gyökér-hajtás arány alakulására (Lloret et al. 1999; Shangguan et al. 2000).

A N-hiány növeli a gyökérzet felületét, ezzel együtt a gyökér energia-felhasználását is, de mérsékli a hajtásba irányuló N-transzportot, vagyis a hajtásnövekedés csökkenését okozza (Passioura 1983). Ezek a folyamatok a gyökér-hajtás arány növekedését eredményezhetik. Ezt figyeltük meg az S440, a Katica, valamint a Hópehely esetében, ahol a 0,75 mmol-os N-kezelésben a fent leírt megfigyeléseknek megfelelő eredményt kaptunk (3. ábra).

3. ábra. A vizsgált burgonya genotípusok gyökér-hajtás arányának alakulása (%)



Megjegyzés: P<0,05 szinten, LSD=90,11

Figure 3. Root-shoot ratio of the examined potato genotypes (%). (1) Root-shoot ratio (%), Note: at the P<0.05 level, LSD=90.11

Ugyanezek a genotípusok azonban a 3,00 mmol-os N-kezelésre eltérően reagáltak. A száraz lombtömegük a 0,75 mmol-os kezeléstől nem különbözött szignifikánsan, azonban a gyökér száraz tömegük ebben a kezelésben volt a legalacsonyabb, ennek megfelelően csökkent a gyökér-hajtás arány. Hasonló eredményeket Debreczeni és Debreczeniné (1983) is leírt, vagyis a N-hiány gyökértömeg-csökkenést okozhat, amely ugyancsak csökkenti a gyökér-hajtás arányt is. Mindhárom genotípusnál a 3,00 mmol-os kezelésben kaptuk a legkisebb gyökér-hajtás arányt, a legnagyobbat a 0,75 mmol-os kezelésben, az előző érték mintegy másfélszeresét.

A N-hiány gyökértömeg-növekedést okozott a White Ladynél is, azonban az előbb említett genotípusoktól eltérően a 3,00 mmol-os kezelésben mértük a legnagyobb száraz gyökértömeget, egyben a legnagyobb gyökér-hajtás arányt is. Ebből az eredményből arra következtethetünk, hogy a White Lady fajtánál

a N-adag csökkentése fokozott gyökérnövekedést válthat ki, és ezt tapasztaltuk a 3,00 és 0,75 mmol-os kezelésben is. A Chipke esetében az előzőekhez képest fordított tendenciát kaptunk, a N-adagok csökkenésével arányosan csökkenő gyökér-hajtás arányt figyeltünk meg, bár ennek mértéke nem érte el az LSD értéket.

A gyökér-hajtás arány N-kezeléstől függő alakulása a vizsgált genotípusok esetében lényeges variabilitást mutatott, amely lehetőséget biztosít a nemesítés során az ez irányú szelekcióra.

Termésparaméterek

A gumók mennyiségi mutatóiban a genotípusok és a kezelések között is eltéréseket találtunk (*1. táblázat*). Az alacsonyabb N-ellátási szinteken csökkent a gumók összes tömege az S440 és White Lady esetében. A Katica és a Hópehely fajtáknál a közepes N-ellátású kezelésben mértük a legnagyobb összes gumó tömeget. Ez a két fajta szántóföldi kísérletben is hasonló eredményt adott (*Hoffmann et al. 2013*).

A gumók átlagos tömege az S440 és White Lady genotípusok esetében csökkent az alacsonyabb adagú N-kezelésekben, míg a többi vizsgált fajtánál ezzel ellentétes tendenciát tapasztaltunk. A legnagyobb méretű gumókat az S440-nél figyeltük meg, amelyek tömege elérte az 50 g-ot.

A nitrogénadag csökkenésével a gumók száma nőtt az S440-nél, csökkent a Chipkénél és a Katicánál. A White Ladynél 3,00 mmol-os kezelésben kaptuk a legtöbb gumót, míg a Hópehely gumószáma lényegesen nem változott a N-kezelések hatására.

A gumótermés eredményei alapján az S440 és White Lady hasonlóan reagált a N-hiányos kezelésekre, nagyobb számú, de kisebb tömegű gumókat neveltek. A Chipke és Katica fajták esetében ennek az ellenkezőjét tapasztaltuk, kevesebb, de nagyobb méretű gumókat fejlesztettek. A Hópehely ezektől eltérően reagált: a gumószám nem változott, azonban a teljes adagú N-ellátás termésnövekedést okozott, amely jelenséget szántóföldi körülmények között is tapasztaltuk (*Hoffmann et al. 2013*).

A gumók szárazanyagának alakulását a *2. táblázat* mutatja. A N-ellátás csökkenésével a 100 g friss tömegre vetített szárazanyag-tartalom növekvő tendenciát mutatott, de ezt csak egy esetben, az S440 nemesítési vonalnál volt szignifikáns.

1. táblázat. A gumók össztömege, száma és a gumók méret szerinti megoszlása kezelésként 3 növény összegeként; valamint a gumók átlagos tömege

Geno- típus (1)	Keze- lés (2)	Gumók össz- tömege (g) (3)	Gumó- szám (db) (4)	Gumó átlagos tömeg (g) (5)	Gumók méretmegoszlása (db)						
					(6)						50 g felett (8)
					0,5 g alatt (7)	0,5 - 10,0 g	10,1 - 20,0 g	20,1 - 30,0 g	30,1 - 40,0 g	40,1 - 50,0 g	
S440	7,50	276,65	9	30,74	0	3	1	0	1	2	2
	3,00	260,15	10	26,02	1	4	0	1	1	1	2
	0,75	224,70	17	13,22	2	3	8	1	3	0	0
Chipke	7,50	141,10	18	7,84	2	11	2	3	0	0	0
	3,00	147,70	14	10,55	3	6	2	1	1	1	0
	0,75	136,30	11	12,39	1	5	4	1	0	0	0
White Lady	7,50	185,10	17	10,89	3	7	6	1	0	0	0
	3,00	146,95	20	7,35	0	16	4	0	0	0	0
	0,75	150,70	18	8,37	0	11	7	0	0	0	0
Katica	7,50	108,40	14	7,74	0	10	3	1	0	0	0
	3,00	142,01	9	15,78	0	4	2	2	0	1	0
	0,75	135,00	10	13,50	0	6	0	4	0	0	0
Hó- pehely	7,50	49,30	8	6,16	0	7	1	0	0	0	0
	3,00	118,85	8	14,86	0	3	2	3	0	0	0
	0,75	101,55	9	11,28	0	7	1	0	0	1	0
LSD P<0,05		18,52	1,73	5,80							

Megjegyzés: P<0,05 szinten, LSD teszt alapján

Table 1. Total weight, number and size classification of tubers in each treatment, as a sum of three plants, average tuber weight. (1) Genotype, (2) Treatment, (3) Total weight of tubers (g), (4) Number of tubers, (5) Average tuber weight (g), (6) Size distribution of tubers (number), (7) Below 0.5 g, (8) Above 50 g. Note: At the P<0.05 level, LSD based on test

2. táblázat. A gumók szárazanyag-tartalmának alakulása 100 g friss tömegre vetítve a N-ellátottság függvényében (g)

Genotípus (1)	N-kezelések (mmol)		
	7,50	3,00	0,75
S440	15,28	18,60	22,88
Chipke	18,19	17,01	19,07
WL	16,91	17,41	17,97
Katica	17,76	19,91	19,66
Hópehely	12,37	14,45	15,66

Megjegyzés: $P < 0,05$ szinten, $LSD = 2,87$

Table 2. Dry matter of tubers in 100 g fresh mass against the N supply level (g). (1) Genotype, (2) N treatments (mmol), Note: at the $P < 0.05$ level, $LSD = 2.87$

Harvest-index (HI)

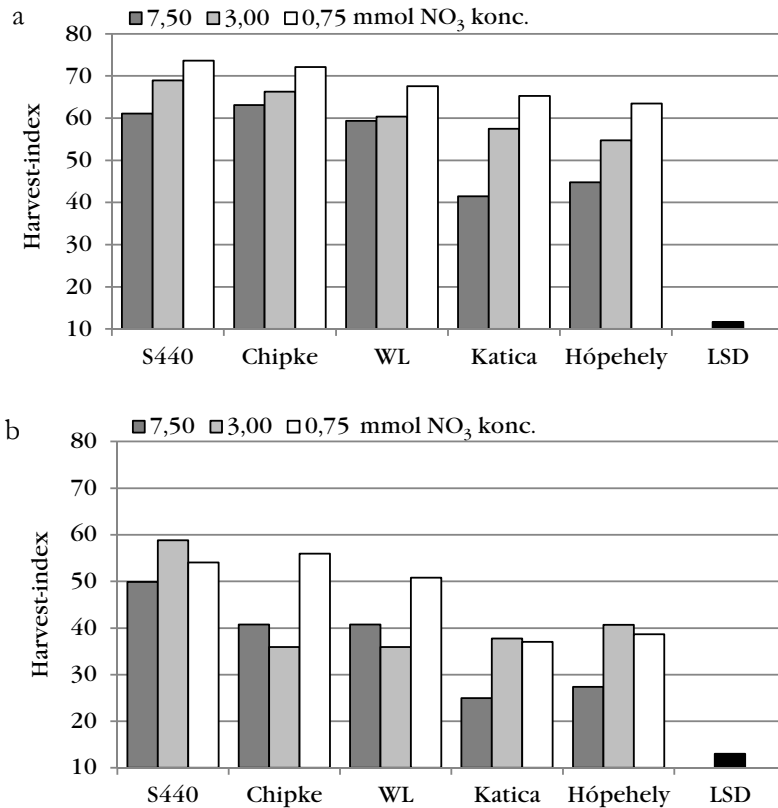
A termesztett növények közül a burgonya harvest-indexe a legnagyobb (Mazurczyk et al. 2009). Tenyészedényes kísérletünk lehetővé tette, hogy a HI értéket két módszer szerint is vizsgáljuk: a szokásos képlet alapján (HI_1), valamint saját mérési eredményeink alapján (HI_2), melyeket a 4. ábra mutat.

Az általunk vizsgált genotípusok HI_1 értéke 36,06 és 77,73 közé esett, amely megfelel az irodalomban, más genotípusok esetében leírt értékeknek. A 0,75 mmol-os kezelésben magasabb HI_1 értékeket kaptunk, mint a 7,50 mmol-os kezelésben (4. ábra). Azok a növények, amelyek kevesebb nitrogént kaptak, az összes általuk megtermelt szárazanyag nagyobb részét fordították gumó-nevelésre, vagyis a csökkenő nitrogénadagok hatására nőtt a HI_1 érték, amely összhangban van más kutatók eredményeivel (Vos 1997; Belanger et al. 2001). E szerint a számítási mód szerint a kezeléshatás csak a Katica és a Hópehely fajták esetében bizonyult szignifikánsnak.

Kísérletünkben mértük a gyökértömeget, így lehetőség nyílt a becsült érték helyett a valós, mért adatokkal számolni. A HI_2 érték 24,95 és 58,83 közé esett, vagyis a számított érték kisebb a becsülnél. A valós, mért adatokból kapott harvest-indexben sokkal jobban megmutatkozik a genotípusok közti különbség, mint a szokásos képlet alapján számítottban. A Chipke és White Lady fajtáknál a mért adatokból számított HI esetében is a 0,75 mmol-os kezelésben kaptuk a legmagasabb értéket. A Katica és a Hópehely fajták a 0,75 mmol-os és

a 3,00 mmol-os kezelésekben kapott eredményei nem tértek el egymástól, az S440 vonal pedig a 3,00 mmol-os kezelésben adta a legnagyobb HI_2 értéket.

4. ábra. A vizsgált burgonya genotípusok harvest-indexe



Megjegyzés: $P < 0,05$ szinten, LSD teszt alapján; - a: $HI_1 = \text{gumó száraz t.} / (\text{gumó száraz t.} + 1,25 * \text{lomb száraz t.})$ képlet alapján $LSD = 11,65$; - b: $HI_2 = \text{gumó száraz t.} / (\text{gumó száraz t.} + \text{lomb száraz t.} + \text{gyökér száraz t.})$ képlet alapján $LSD = 13,00$

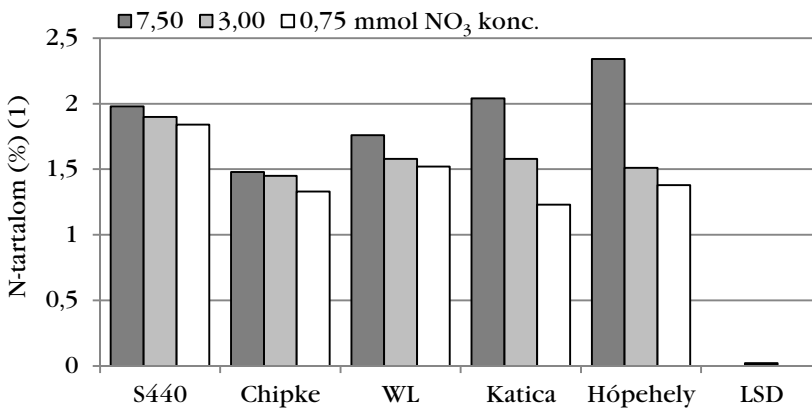
Figure 4. Harvest index of the examined potato genotypes. Note: at the $P < 0.05$ level, LSD based on test; - a: $HI_1 = \text{tuber dry matter content} / (\text{tuber dry matter content} + 1.25 * \text{leaf dry matter content})$ LSD based on equation = 11.65; - b: $HI_2 = \text{tuber dry matter content} / (\text{tuber dry matter content} + \text{leaf dry matter content} + \text{root dry matter content})$ LSD based on equation $LSD = 13.00$

Gumók N-tartalma

A burgonyagumók nitrogéntartalmának eredményeit az 5. ábra mutatja. Az értékek 1,23–2,34% között változtak. A 7,50 mmol-os kezelésben a legtöbb nit-

rogént a Hópehely, a legkevesebbet pedig a Chipke gumói tartalmazták. Az alacsonyabb N-ellátású növények kevesebb nitrogént halmoztak fel a gumóban. Habár a genotípusok többségénél szignifikáns különbséget állapítottunk meg a kezelések között, a N-tartalom csökkenésének mértéke genotípusonként eltérően alakult. A gumó N-tartalma tekintetében a kezelések közötti legnagyobb különbséget a Hópehely fajtánál mértük.

5. ábra. A vizsgált burgonya genotípusok gumóinak N-tartalma (%)



Megjegyzés: $P < 0,05$ szinten, $LSD = 0,02$

Figure 5. N content (%) of tubers of the examined potato genotypes. (1) N content (%), Note: at the $P < 0,05$ level, $LSD = 0,02$

A gumók N-tartalmának vizsgálata során más szerzők eredményeihez hasonlóan (Ruza et al. 2013, Tömösközi-Farkas et al. 2013) azt tapasztaltuk, hogy a jobb N-ellátottság növeli a gumóban található nitrogén mennyiségét.

A gumók N-tartalmában mért különbség a 0,75 és 7,50 mmol-os kezelések között az S440, Chipke és White Lady esetében kevesebb, mint 0,25% volt, míg a Katica és Hópehely fajtáknál megközelítette az 1%-ot. Ezen eredményeink alapján a növekvő N-adagok hatására bekövetkező gumó N-tartalom növekedési aránya genotípus-függő.

A vizsgálati eredmények statisztikai értékelése azt igazolta, hogy a vizsgált burgonya genotípusok között lényeges különbség van a N-hasznosításban szerepet játszó paraméterek tekintetében. Ezek az eredmények a későbbiekben felhasználhatóak a burgonyatermesztés gyakorlatában is, segíthetik a fajta igényeinek megfelelő és a termesztési céllal összehangolt műtrágyázási gyakorlat

kialakítását: a vetőburgonya előállításakor például a gumó darabszám-növelése, míg az étkezési burgonya termesztésénél egy bizonyos gumóméret elérése az elsődleges cél. Eredményeink hozzájárulhatnak a vizsgált fajták termesztése során a műtrágyaadagok gazdaságosabb, környezetkímélőbb és termesztési célnak megfelelő optimalizálásához.

Köszönetnyilvánítás

Kollaricsné Horváth Margitot a TÁMOP-4.2.2.B-15/1/KONV-2015-0004 "A Pannon Egyetem tudományos műhelyeinek támogatása" című projekt támogatta. Cernák Istvánt a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta.

Irodalom

- Arsenault, W. J.–LeBlanc, D. A.–Tai, G. C. C.–Boswall, P.*: 2001. Effects of nitrogen application and seed piece spacing on yield and tuber size distribution in eight potato cultivars. *American Journal Potato Research*. 78: 301–309.
- Belanger, G.–Walsh, J. R.–Richards, J. E.–Milburn, P. H.–Ziadi, N.*: 2001. Tuber growth and biomass partitioning of two potato cultivars grown under different N fertilization rates with and without irrigation. *American Journal of Potato Research*. 78: 109–117.
- Beukema, H. P.–Zaag, D. E. V. D.*: 1990. Introduction to potato production. Pudoc. Wageningen. The Netherland.
- Busato, C.–Fontes, P. C. R.–Braun, H.–Cecon, P. R.*: 2010. Seasonal variation and threshold values for chlorophyll meter readings on leaves of potato cultivars. *Journal of Plant Nutrition*. 33: 2148–2156.
- Debreczeni, B.–Debreczeni B.-né.*: 1983. A tápanyag- és a vízellátás kapcsolata. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Dobos A.–Víg R.–Molnár K.–Nagy J.*: 2011. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága szabadföldi kísérletekben II. – Burgonya (*Solanum tuberosum* L.). *Növénytermelés*. 60. 1: 27–42.
- Gallais, A.–Hirel, B.*: 2004. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. *Journal of Experimental Botany*. 55. 396: 295–306.
- Hirel, B.–Gouis, J. L.–Ney, B.–Gallais, A.*: 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of Experimental Botany*. 58. 9: 2369–2387.

- Hoagland, D. R.–Syder, W. C.: 1933. Nutrition of the strawberry plant under controlled conditions: (a) Effects of deficiencies of Boron and certain other elements: (b) Susceptibility to injury from sodium salts. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 30: 288–294.
- Hoffmann, B.–Hoffmann, S.–Polgár, Zs.: 2010. A nitrogén hasznosítás növelésének lehetőségei a burgonya nemesítésben. 52. Georgikon Napok. Nemzetközi Tudományos Konferencia. Keszthely. CD és online kiadvány.
- Hoffmann, B.–Hoffmann, S.–Simon, S.–Polgár, Zs.: 2013. Evaluation of Nitrogen Use Efficiency (NUE) of Hungarian Potato Cultivars. EUCARPIA Breeding for Nutrient Efficiency. Göttingen. Germany.
- Hoffmann B.–Polgár Zs.–Simon S.–Kollaricsné M. H.–Hoffmann S.: 2014. A nitrogénhasznosító képesség vizsgálata burgonya (*Solanum tuberosum*) fajtákon. Növénynemesítés a megújuló mezőgazdaságban: XX. Növénynemesítési Tudományos Nap. Budapest.
- Joern, B. C.–Vitosh, M. L.: 1995. Influence of applied nitrogen on potato. 1. Yield, quality and nitrogen uptake. American Potato Journal. 72. 1: 51–63.
- Jongschaap, R. E. E.–Booij, R.: 2004. Spectral measurements at different spatial scales in potato: relating leaf, plant and canopy nitrogen status. Int. J. Appl. Earth Observ. Geoinform. 5: 205–218.
- Kleinkopf, G. E.–Westermann, D. T.–Dwells, R. B.: 1981. Dry matter production and nitrogen utilization by six potato cultivars. Agronomy Journal. 73: 799–802.
- Lloret, F.–Casanovas, C.–Penuelas, J.: 1999. Seedling survival of Mediterranean shrub land species in relation to root: shoot ratio, seed size and water and nitrogen use. Functional Ecology. 13: 210–216.
- Marschner, P. (ed.): 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press.
- Mazurczyk, W.–Wierzbicka, A.–Trawczyński, C.: 2009. Harvest index of potato crop grown under different nitrogen and water supply. Acta Scientiarum Polonorum – Agricultura. 8. 4: 15–21.
- Minotti, P. L.–Halseth, D. E.–Sieczka, J. B.: 1994. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. Hortiscience. 29. 12: 1497–1500.
- Passioura, J. B.: 1983. Roots and Drought Resistance. Agric. Water Management. 7: 265–280.
- Persson, J. Å.–Wennerholm, M.–O'Halloran, S.: 2008. Handbook for Kjeldahl digestion. A recent review of the classical method with improvements developed by FOSS. CA Andersson. Malmö. Sweden.
- Ruza, A.–Skrabule, I.–Vaivode, A.: 2013. Influence of nitrogen on potato productivity and nutrient use efficiency. Proceedings of Latvian Academy of Sciences. 67. 3: 247–253.

- Sanford, D. A. V.-MacKown, C. T.*: 1986. Variation in nitrogen use efficiency among soft red winter wheat genotypes. *Theor. Appl. Genet.* 72: 158-163.
- Shangguan, Z. P.-Shao, M. A.-Ren, S. J.-Zhang, L. M.-Xue, Q.*: 2000. Effect of nitrogen on root and shoot relations and gas exchange in winter wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica.* 45: 49-54.
- Tömösközi-Farkas, R.-Berki, M.-Nagy-Gasztonyi, M.-Wolf, I.-Polgár, Zs.*: 2013. Investigation of antinutritive components in Hungarian potato cultivars depending on production technology. *Acta Alimentaria.* 43: 188-206.
- Víg, R.-Huzsvai, L.-Dobos, A.-Nagy, J.*: 2012. Systematic Measurement Methods for the Determination of the SPAD Values of Maize (*Zea mays* L.) Canopy and Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Communications in Soil Science & Plant Analysis.* 43. 12: 1684-1693.
- Vos, J.*: 1997. The nitrogen response of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the field: nitrogen uptake and yield, harvest index and nitrogen concentration. *Potato Research.* 40: 237-248.
- Zebarth, B. J.-Tai, G.-Tarn, R.-Jong, H. D.-Milburn, P. H.*: 2004. Nitrogen use efficiency characteristics of commercial potato cultivars. *Canadian Journal Plant Science.* 84: 589-598.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

*Kollaricsné H. Margit - Aranyi Nikolett R. - Dr. Taller János - Dr. Hoffmann Borbála
Pannon Egyetem Georgikon Kar
Növénytudományi és Biotechnológia Tanszék
Keszthely
Festetics u. 7.
H-8360
*khmargit@gmail.com

Dr. Polgár Zsolt - Dr. Cernák István
Pannon Egyetem Agrártudományi Centrum
Burgonyakutatási Központ
Keszthely
Festetics u. 7.
H-8360

Klímaváltozás: csapadék változékonyság és az NPK-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére 1969 és 2013 között

MÁRTON LÁSZLÓ

Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Központ,
Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

Összefoglalás

Az OMTK A-17 jelű tartamkísérlet (Nagyhörcsök, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet Kísérleti Telepe) 21 kísérleti évében vizsgáltuk a természetes csapadék változékonyságának, valamint a N, P és K tápelemek hatását a kukorica termésére. A termőhely mészlepedékes csernozjom talajának legfontosabb jellemzői: pH (KCl): 7,3; CaCO₃: 5%; humusz: 3%; agyag: 20–22%; AL-oldható P₂O₅ és K₂O: 60–80 és 180–200; KCl-Mg: 150–180; KCl+EDTA-oldható Mn-, Cu- és Zn-tartalom: 80–150, 2–3 és 1–2 mg/kg. A 20 kezeléssel, 4 ismétléssel kétszeresen osztott (split-split-plot) elrendezéssel, összesen 80 parcellán működő kísérletben a nitrogén és foszfor hatása 3–3, a káliumé 2–2 szinten vizsgálható az összes lehetséges 3×3×2=18 kombinációban. Ehhez járul a kezeletlen kontroll kezelés és egy, a faktoriális rendszerben nem szereplő, nagyobb NPK-adagú kezelés. Főbb eredményeink a következők:

A 21 kukorica kísérleti évből 9,5%-ban normál, 9,5%-ban száraz, 42,9%-ban aszályos, és 38,1%-ban csapadékos időjárás uralkodott. A vízhiányos évek (száraz+aszályos) 52,4%-ot jelentettek.

Normál években a kontroll talajokhoz hasonlítva a terméseket szignifikánsan egyenlített műtrágyahatások jellemezték. Az egyoldalú N, a hiányos NP és a NK-műtrágyázás 2,7 t/ha, 2,8 t/ha és 3,4 t/ha hozamnövekményt eredményezett. A termés a teljes NPK (8,3 t/ha) kezeléssel alig volt fokozható.

Szárazságban a N, a NP és a NK-műtrágyázás 1,1 t/ha, 2,8 t/ha és 3,1 t/ha többlet-hozamot mutatott, amely a teljes NPK (3,2 t/ha) kezelésekkkel szignifikánsan nem volt

növelhető. A száraz évjáratú kísérletek kezeléseinek átlaga 6,0 t/ha jelentett, ez 18%-kal volt kevesebb, mint a normál éveké.

Aszálykor a N, NP, NK és NPK kezeléseknél hasonló hatásokat rögzítettünk, mint szárazságkor. A kezeléseknél átlaga 6,4 t/ha, ez 12%-kal volt kevesebb, mint a normál éveké.

Csapadékbőségkor az egyoldalú N és a hiányos NP és NK trágyázásoknál jelentkezett a kedvezőbb vízellátottság pozitív hatása (N: 43%, NP: 49%, NK: 59%). Az NPK kezeléseknél a termés nem volt tovább fokozható. A csapadékbő évjáratú kísérletek kezeléseinek átlaga 7,5 t/ha, ez 3%-kal volt több, mint a normál éveké.

A kukorica termését meghatározó időszakokat tekintve a téli félévekkel ellentétben ($R^2=0,1232^*$) a nyári félévek időjárása volt a döntő jelentőségű ($R^2=0,5670^{***}$). A teljes évre vonatkoztatott R^2 érték 0,6822^{***}-nek adódott. Hasonló hatással bírtak a termesztési évek egyes hónapjai, ahol az R^2 érték 0,6784^{***}-gyel volt egyenlő. A vegetációs időszakok csapadék viszonyai szintén döntőnek bizonyultak ($R^2=0,5670^{***}$). A vegetációban lévő kukorica termését főként a júniusi hónapok csapadéka döntötték el ($R^2=0,4730^{**}$). Jelentősnek mutatkozott a betakarításkori időjárás is, ahol az $R^2=0,4797^{**}$ értéket jelzett. Termést meghatározóként jelentkezett a csapadék anomáliák frekvenciája ($R^2=0,5253^{***}$). A kísérletek teljes determinációs koefficiense ($R^2=0,6822$) azt mutatta, hogy az éves csapadék és a műtrágyázás együttesen közel 70%-ban határozta meg a kukorica termését.

Az éghajlat fentebb bemutatott változásait figyelembevéve (aszályosodás) arra a következtetésre jutottunk, hogy a jövőben a csapadék optimumok előfordulása és az optimális termések elérésének lehetősége a kukorica esetében csökkenni fog, ezért az öntözés szerepe egyre jobban meghatározóvá válhat. A nemzetközi vonatkozásban is újnak tekinthető modell értékű eredményeink a különböző évjáratok: normál-, száraz-, aszályos-, csapadékbő és az NPK-műtrágyázás számszerűsített t/ha-ban kifejezett hatásait mutatják be. Ezek jó támpontul szolgálhatnak az aszályosodási folyamatok termésbefolyásoló fizikai és kémiai hatásainak konkrét tudományos leírására.

Kulcsszavak: klímaváltozás, csapadék változékonyság, NPK-műtrágyázás, kukorica, termés

Climate change: the impact of precipitation variability and NPK fertilisation on maize (*Zea mays* L.) yield between 1969 and 2013

L. MÁRTON

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

Summary

The impact of the variability of natural precipitation and NPK fertilisation on maize yield was examined in the 21 year of the long-term experiment 'OMTK A-17' (Nagyhörcsök, Experiment site of the Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences). The main characteristics of the calcareous chernozem soil of the production site are as follows: pH (KCl): 7.3, CaCO₃: 5%; humus content: 3%; clay content: 20–22%; AL-soluble P₂O₅ and K₂O: 60–80 and 180–200; KCl-Mg: 150–180; KCl+EDTA-soluble Mn, Cu and Zn content: 80–150, 2–3 and 1–2 mg kg⁻¹. The experiment had 20 treatments, 4 replications and a split-split-plot design on a total of 80 plots. The impact of nitrogen and phosphorus could be examined on 3–3 levels, while that of potassium on 2–2 levels in all of the possible 3×3×2=18 combinations. These combinations are supplemented by a non-treated control treatment and high NPK dose treatment which was not listed in the factorial system. The main findings are described as follows:

Of the 21 experimental years of maize, the weather was normal in 9.5%, dry in 9.5%, drought in 42.9% and rainy in 38.1% of the time. Water deficient times (dry and drought) represented 52.4% of the experimental period.

In normal years, yields were characterised by balanced fertiliser impacts in comparison with control soils. N fertilisation, deficient NP and NK fertilisation resulted in extra yields of 2.7 t ha⁻¹, 2.8 t ha⁻¹ and 3.4 t ha⁻¹, respectively. Yield could hardly be increased by total NPK (8.3 t ha⁻¹) treatment.

In dry conditions, N, NP and NK fertilisation resulted in extra yields of 1.1 t ha⁻¹, 2.8 t ha⁻¹ and 3.1 t ha⁻¹, respectively, which could not be significantly increased with the total NPK (3.2 t ha⁻¹) treatments. The average of treatments in dry crop years resulted in 6.0 t ha⁻¹, which is 18% less than in normal years.

During drought, similar impacts of N, NP, NK and NPK fertilisation was obtained as in drought. The average of treatments was 6.4 t ha^{-1} , which is 12% less than in normal years.

In times of abundant precipitation, one-sided N and deficient NP and NK fertilisations resulted in a more positive effect of favourable water supply (N: 43%, NP: 49%, NK: 59%). NPK treatments could not further increase yield. The average of experiments in years with abundant precipitation was 7.5 t ha^{-1} , which is 3% more than in normal years.

As regards the period that is determinant in terms of maize yield, the weather during summer periods was of chief importance ($R^2=0.5670^{***}$) as opposed to winter periods ($R^2=0.1232^*$). The R^2 value of the whole year was 0.6822^{***} . R^2 was 0.6784^{***} in each month of the growing years. Also, the precipitation circumstances of the different vegetation periods were determinant ($R^2=0.5670^{***}$). The yield of maize during the vegetation period was mostly determined by precipitation in June ($R^2=0.4730^{**}$). Weather during harvesting was also significant ($R^2=0.4797^{**}$). The frequency of precipitation anomalies determined yield ($R^2=0.5253^{***}$). The whole coefficient of determination of the conducted experiments ($R^2=0.6822^{***}$) showed that the yearly precipitation and fertilisation had a nearly 70% impact on maize yield.

Considering the above described changes in climate (increasing frequency of drought), the author of this paper came to a conclusion that precipitation optimums and the possibility of obtaining optimal maize yields will decrease in the future; therefore, the role of irrigation could be increasingly dominant. The results obtained with this model, which can be regarded novel even on the international scale, show the impact of normal, dry, drought and rainy years, as well as NPK fertilisation quantified in t ha^{-1} . These results could be a favourable basis for the specific scientific description of the yield-affecting physical and chemical impacts of drought processes.

Key words: climate change, precipitation variability, NPK fertilisation, maize, yield

Изменение климата: изменчивость осадков и влияние искусственных удобрений NPK на урожай кукурузы (*Zea mays* L.) в 1969–2013 годы

Л. МАРТОН

Венгерская Академия Наук, Центр Аграрных Наук, Институт Почвоведения и Агротехнологии, Будапешт

Резюме

В обозначенном «ОМТК А-17» знаком продолжительном опыте в Надхёрчёке (Nagyhörcsök, Опытная База Исследовательского Института Почвоведения и Агротехнологии Центра Аграрных Наук Венгерской Академии Наук) на 21 году опыта исследовали влияние изменчивости естественных осадков и питательных элементов N, P и K на урожай кукурузы. Наиболее важные характеристики чернозёмной почвы места выращивания с известковым налётом: pH (KCl): 7,3; CaCO₃: 5%; гумус: 3%; глина: 20–22%; AL-растворимый P₂O₅ és K₂O: 60–80 и 180–200; KCl-Mg: 150–180; KCl+EDTA-растворимый Mn-, Cu- и Zn-содержание: 80–150, 2–3 és 1–2 mg/kg. С 20 дозами, с 4 повторениями, с дважды разделённым (split-split-plot) расположением, всего на 80 парцеллах действующем опыте можно исследовать влияние азота и фосфора на 3-х уровнях, влияние калия на 2-х уровнях во всех возможных 3×3×2=18 комбинациях. Вдобавок есть контроль (без дозы) и одна, не участвующая в факториальной системе, обработка с большой дозой NPK. Главные результаты следующие.

Из 21 года опыта кукурузы в 9,5%-ах преобладала нормальная погода, в 9,5% сухая, в 42,9%-ах засушливая, и в 38,1%-ах дождливая погода. Годы с дефицитом воды (сухие+засушливые) составили 52,4%.

В нормальные годы по сравнению с контрольными почвами для урожая было характерно значительное уравнивающее влияние искусственного удобрения. Одностороннее N, недостаточное NP и NK искусственное удобрение дали в результате прибавку урожая 2,7 t/ha, 2,8 t/ha и 3,4 t/ha. Урожай с полной дозой NPK (8,3 t/ha) уже едва можно было ещё увеличить.

В засуху внесение искусственного удобрения N, NP и NK показало прибавку урожая 1,1 t/ha, 2,8 t/ha и 3,1 t/ha, которую с полными NPK (3,2 t/ha) дозами невоз-

можно было значительно увеличить. Средний урожай опытов сухого года выращивания составил 6,0 t/ha, это на 18%-ов было меньше, чем в нормальные годы.

При засухе в обработках N, NP, NK и NPK зафиксировали похожие влияния, как и при сухой погоде. Средний урожай был 6,4 t/ha, это на 12%-ов меньше, чем в нормальные годы.

При обильных осадках при внесении одностороннего N и недостаточного NP и NK удобрения проявилось позитивное влияние более благоприятной водообеспеченности (N: 43%, NP: 49%, NK: 59%). Обработками NPK урожай невозможно было увеличить дальше. Средний урожай опытов в богатых осадками годах выращивания был 7,5 t/ha, это на 3% больше, чем в нормальные годы.

Рассматривая времена года, определяющие урожай кукурузы, в отличии от погоды зимних полугодий ($R^2=0,1232^*$) погода летних полугодий была решающего значения ($R^2=0,5670^{***}$). Относящиеся к целому году R^2 показатель был 0,6822^{***}. Похожим влиянием обладали некоторые месяцы годов выращивания, где R^2 показатель был равен 0,6784^{***}. Влажные обстоятельства вегетационных периодов также оказались решающими ($R^2=0,5670^{***}$). Урожай находящейся в вегетации кукурузы главным образом определили осадки июньских месяцев ($R^2=0,4730^{**}$). Также значительной оказалась погода во время уборки, где показала величины $R^2=0,4797^{**}$. В качестве решающей урожай проявилась частота аномалий осадков ($R^2=0,5253^{***}$). Полный детерминационный коэффициент опытов ($R^2=0,6822^{***}$) показал то, что годовые осадки и внесение искусственных удобрений вместе приблизительно на 70%-ов определили урожай кукурузы.

Принимая во внимание показанные выше изменения климата (засушливость), мы пришли к выводу, что в будущем наличие оптимумов осадков и возможность достижения оптимальных урожаев в случае кукурузы будет уменьшаться, поэтому роль орошения может стать все более решающей. И в международном отношении можно рассматривать как новую модель наши результаты влияния различных годов выращивания: нормальный, сухой, засушливый, обильно влажный, и выраженные численно в t/ha влияния искусственного удобрения NPK. Они могут служить хорошей точкой опоры для конкретного научного описания физических и химических влияний, влияющих на урожай засушливых процессов.

Ключевые слова: изменение климата, изменчивость осадков, удобрения NPK, кукуруза, урожай

Bevezetés

A ma már kifejezetten érzékelhető globális felmelegedés trendje az elmúlt évszázad kezdetétől fokozatos emelkedést mutat, amely kedvezőtlenül befolyásolhatja a klíma fontos elemeit: csapadék, hőmérséklet, sugárzás, szél stb. (Cline 2007, Deque 2007, Kendon et al. 2008, Boberg et al. 2010, Maraun 2013, Márton 2013, Neenu et al. 2013). Ennek következtében világszerte drámaivá fokozódik a sújtóaszályok, az árvizek és a tornádók gyakorisága, intenzitása (IPCC 2014). Mindezek kiszámíthatatlanul, egymást követve rendszeresen jelentkeznek felmérhetetlen károkat okozva az emberi tevékenység szinte minden területén. Ezért egyre nagyobb az igény az olyan jellegű tudományos kutatások iránt, amelyek komplett és konkrét válaszokat adnak a globális, a regionális, a lokális időjárási eseményekre, anomáliákra (IPCC 2014). Választ adnak ezek tulajdonságaira, valószínűségeikre, irreverzibilis következményeikre, előrejelezhetőségükre, és a felvetődő ökoetikai kérdésekre egyaránt.

A klíma a fenntartható agrár és növénytermelés egyik alapvető ökológiai faktora, amelynek változékonysága (főként a csapadéké, mivel a szántóföldi növények szemterméstömegét közel 75%-ban is befolyásolhatja) a fentiek alapján döntően meghatározza az említett szférák produktivitását és a profittermelés lehetőségeit. A klíma-növény kapcsolatok nemzetközi kutatásában Smith (1903), Rosenzweig és Parry (1994), Barrow et al. (2000), Lal (2010), Iglesias et al. (2012), Kostyuchenko et al. (2012), Neenu et al. (2013), Movchan et al. (2014); a hazai Szász (1971), Rácz (1999), Láng (2005), Jolánkai (2005), Harnos (2007), Kádár et al. (2007), Várallyay (2007), Kádár (2012), Márton (2013) nevét és munkáit kell megemlíteni.

Hazánkban Rácz (1999) szerint az 1900-as évek első felétől a téli, az 1950-es évektől a tavaszi, az 1980-as évektől a nyári és az 1950-es évektől napjainkig az őszi csapadék fokozatosan csökken. A szerző kutatásai alapján továbbá megállapítja azt is, hogy a hazai klímánk melegedésével és szárazabbá válásával kell számolnunk a jövőben. Erre a következtetésre jutott 2004-ben Biacs et al. (2004) és Domonkos (2004). A Nyírség csapadékelátottságának romlását támasztják alá Márton (2002b) adatai. A nyírlugosi tartamkísérlet 39 évének (1962 és 2001 között) csapadékváltozásait értékelve a szerző megállapítja, hogy a régió időjárása 56%-kal aszályosodott, miközben 15%-kal nőtt az átlagos, 20%-kal csökkent a csapadékos és 52%-kal a száraz évek gyakorisága.

A szántóföldi növényeink éghajlat és tápanyag-reakciói eltérőek a termés-mennyiség és -minőség tekintetében (Jolánkai 2005). Márton (2002abcd) őszi búza, tritikálé, rozs és burgonya kutatásai is ezt mutatják. Az optimális csapadékmennyiségek 1 mm-re eső szem-, illetve gumótermés tömegek a különböző tápanyagszintektől függően a búzánál 3,7 és 7,2 kg/ha, a tritikálénál 3,6 és 9,5 kg/ha, a rozsnál 3,8 és 9,0 kg/ha és a burgonyánál 38,1 és 63,0 kg/ha között alakult (1. táblázat).

1. táblázat. Az optimális csapadékmennyiségek 1 mm-re eső szem-, illetve gumótermés tömegei különböző tápanyag szinteken (kg/ha)

Tápanyag- szintek (1)	Növénykultúrák (2)				
	Búza (3)	Tritikálé (4)	Rosz (5)	Burgonya (6)	Átlag (7)
0	3,7	3,6	3,8	38,1	12,3
N	4,6	6,2	7,9	44,6	15,8
NP	6,1	7,9	9,0	50,1	18,3
NK	4,8	7,3	7,5	55,0	18,7
NPK	6,2	7,1	8,8	63,0	21,3
NPKCa	-	7,8	-	-	-
NPKMg	7,2	9,0	8,4	53,4	19,5
NPKCaMg	-	9,5	-	-	-
Átlag (7)	5,4	7,3	7,6	50,7	17,8

Table 1. Grain and tuber yields of 1 mm rain of optimal precipitation amounts at different fertilisation levels (kg ha⁻¹). (1) Fertilisation levels, (2) Crop cultures, (3) Wheat, (4) Triticale, (5) Rye, (6) Potato, (7) Average

A kukorica egy C4-es mélyen gyökerező indikátor növény mindkét természetes faktort (csapadék és tápanyagellátás) illetően (Arnon 1975, Jolánkai 2005, Szász 2005, Varga-Haszonits és Varga 2005, Kádár és Márton 2007, Kádár et al. 2007, Zhu et al. 2010, Iglesias 2012, Márton 2013). Zhu et al. (2010) szerint ez a növény érzékenyebben reagál e tekintetben mint a C3-as búza, árpa, rizs, szója, burgonya, napraforgó és a gyapot. Mivel a klímaváltozás és a tápanyag-ellátás objektív kölcsönhatásai a kukorica esetében is csak 40–50 éves tartam

hatásvizsgálatokban (tartamkísérletek) mérhetőek megnyugtatóan a nemzetközi és a hazai szakirodalom is hiányos az idevonatkozó konkrét számszerűsíthető adatok tekintetében.

Kutatásaink célja az volt, hogy az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet Nagyhorcsöki Kísérleti Telepén működő OMTK A-17 jelű szántóföldi műtrágyázási kísérletében vizsgáljuk a kukorica csapadék×tápanyagellátás×termés összefüggéseket. A közleményben az 1969 és 2013 közötti eredményeket mutatjuk be.

Anyag és módszer

A kísérlet 1967 őszén került beállításra Mezőföldön, az akkori MTA Talajtani és Agrokémiai Intézet Nagyhorcsöki Kísérleti Telepén, amely Fejér megye déli részén, Sárbogárdtól mintegy 20 km-re északnyugatra fekszik. A telep az Alföld nagy tájának Dunántúlra eső Mezőföld részén helyezkedik el, a Nyugat-Mezőföld "Bozót-Sárvíz közti löszhát" geomorfológiai tájrészében. Tengerszint feletti magassága 140–150 m, talajképző kőzete a 15–20 m vastagságú lösz. A részletes talajföldrajzi feltárás alapján a kísérleti terület a dunavölgyi mészlepedékes csernozjomok közepes és mélyebb humuszrétegű változatába sorolható 50–100 cm humuszréteggel. A löszön létrejött vályog csernozjom mechanikai összetétele meglehetősen állandó az egész talajszelvényben. Az agyagfrakció (0,002 mm alatti) mennyisége mintegy 20–25%, a leiszapolható (0,02 mm alatti) részé pedig 55–60% körüli. Meghatározó a löszre jellemző 0,02–0,05 mm frakció mennyisége 35–50%. Az összes agyagásvány 47%-a illit, 29%-a klorit, 16%-a szmektit, a maradék 8%-ot illit-szmektit, illetve illit-klorit alkotja. A kicserélhető kationok közül a Ca 80, a Mg 16, a K 3, a Na 1 %-ban található, a talaj bázikus kationokkal telített. Az S értéke 40 meq/100 g körüli, tehát a kicserélhető kationok mennyisége jelentős. A vizes kivonat elemzések szerint a vízben oldható sók mennyisége kicsi: 1 mgé/100 g, növénytermesztési szempontból elhanyagolható. Az oldható sókban a Ca és a HCO₃ mellett a Mg és a SO₄ említésre méltó. A szántott réteg nagyfokú felszíni tömörödéésre, illetve cserepedésre hajlamos. A termőhely talaja 5% körüli CaCO₃-ot, 3% humuszt, és 22% agyagot tartalmaz a művelt rétegben. A pH (KCl) 7,3; az AL-oldható P₂O₅ 60–80, az AL-oldható K₂O 140–160 mg/kg, a KCl-Mg 150–180, az KCl+EDTA-oldható Mn 80–150, az EDTA-Cu 2–3, az EDTA-Zn 1–2 mg/kg értékkel jellemezhető. A talajok gyenge P- és Zn-, közepes N- és K-, valamint kielégítő Mn-

és Cu-tartalmakat mutattak. A kezelések száma 20, az ismétléseké 4 kétszeresen osztott (split-split-plot) elrendezésben, összesen 80 parcellával. A nitrogén és a foszfor hatása 3-3, a káliumé 2-2 szinten vizsgálható az összes lehetséges $3 \times 3 \times 2 = 18$ kombinációban. Ehhez járul a kezeletlen kontroll és egy a faktoriális rendszerben nem szereplő nagyobb NPK adagú kezelés. A kísérletben a K-kezelések a főparcellát míg a N és a P kombinációk az alparcellákat jelentik. A műtrágyák a kísérlet 1-4. évében N: 0, 40, 80, 120, 160 kg/ha; P_2O_5 : 0, 35, 70, 105 kg/ha; K_2O : 0, 100, 200 kg/ha; a kísérlet 5-20. évében N: 0, 50, 100, 150, 200 kg/ha; P_2O_5 : 0, 50, 100, 150 kg/ha; K_2O : 0, 100, 0 kg/ha; a kísérlet 21. évétől a N: 0, 100, 150, 200, 250 kg/ha; P_2O_5 : 0, 60, 120, 180 kg/ha; K_2O : 0, 200, 250 kg/ha adagokban került kijuttatásra. A P és K műtrágyákat, valamint a N adagjának felét őszi szántás előtt, a N másik felét fejtrágyaként szórjuk ki pétisó, szuperfoszfát és kálisó formájában. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található. A terület az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny. A kísérlet 1967-től búza-kukorica-kukorica-borsó forgóval működik két év kivételével, amikor tavaszi árpa (1970) és tavaszi repce (1985) volt a jelzőnövény. A csapadék hatásvizsgálatokban a kísérleti telepen mért adatok szerepelnek. Az évhathások elemzésekor a 2. táblázat csapadékhiány (%) értékeit vettük figyelembe.

2. táblázat. Csapadékhiány értékek, eltérések a sokévi* átlagtól

Időszak (1)	Sokéves átlag (2)	Eltérés a sokéves átlagtól (3)	
		%	mm
Év (okt.-szept.) (4)	622	20	124
Nyári félév (ápr.-szept.) (5)	368	30	110
Téli félév (okt.-márc.) (6)	254	30	76
Hónap (okt.-szept.) (7)	52	50	26

Megjegyzés: *sokéves átlag (1884-1983=100 év) 8 mérőállomás (Budapest, Debrecen, Keszthely, Mosonmagyaróvár, Nyíregyháza, Pécs, Szeged, Szombathely) átlagában.

Table 2. Precipitation deficiency values, deviations from the multiple-year*-average. (1) Period, (2) Multiple-year-average, (3) Deviation from the multiple-year-average, (4) Year (Oct.-Sept.), (5) Summer period (Apr.-Sept.), (6) Winter period (Oct.-March), (7) Month (Oct.-Sept.), Note: *multiple-year-average (1884-1983=100 years), averaged over the measurements of 8 stations (Budapest, Debrecen, Keszthely, Mosonmagyaróvár, Nyíregyháza, Pécs, Szeged, Szombathely).

Aszályos év = az októbertől szeptemberig lehullott csapadék mennyisége legalább 20%-kal, aszályos nyári (április-szeptember) és téli félév (október-március) = 30%-kal, aszályos hónap = 50%-kal kevesebb, mint a sokévi átlag (1961-1990=30 év). A műtrágyázás és a termés kapcsolatát variancia analízissel (Sváb 1981), a csapadékmennyiségek és a termés összefüggéseit regresszió analízissel (SPSS 2000) határoztuk meg.

Eredmények

Kidolgozásra kerültek a kukoricára specifikus csapadékhiány értékek a 3. táblázat szerint. Az aszályos hónap a kukorica vetése előtt (március) = a csapadék mennyisége az adott hónapban legalább 50%-kal, aszályos kukorica vegetáció (április-szeptember) = 30%-kal, aszályos időszak a kukorica betakarítása idején (szeptember) = 50%-kal kevesebb mint a sokévi átlag. A 4. táblázatban a kukorica Növény-specifikus Aszály Index (NAI) rendszerét mutatjuk be.

3. táblázat. *Kukorica növény specifikus csapadékhiány értékek*

Időszak (1)	Sokéves átlag* (2)	Eltérés a sokéves átlagtól (3)	
		%	mm
Év (október-szeptember) (4)	557	20	111
Nyári félév (április-szeptember) (5)	321	30	96
Téli félév (október-március) (6)	236	30	71
Hónap (okt.-szept.) (7)	47	50	24
Vetés előtti hónap (március) (8)	35	50	18
Vegetáció (április-szeptember) (9)	321	30	96
Betakarítás hónapja (szeptember) (10)	43	50	22

Megjegyzés: *sokéves átlag (1961-1990=30 év) Nagyhorcsók, MTA Talajtani és Agrokémiai Intézet Kísérleti Telepe.

Table 3. Specific precipitation deficiency values of maize. (1) Period, Multiple-year-average*, (3) Deviation from the multiple-year-average, (4) Year (Oct.-Sept.), (5) Summer period (Apr.-Sept.), (6) Winter period (Oct.-March), (7) Month (Oct.-Sept.), (8) Month before sowing (March), (9) Vegetation period (Apr.-Sept.), (10) Month of harvesting (Sept.). Note: *multiple-year-average (1961-1990=30 years) Nagyhorcsók, Experiment site of the Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences.

4. táblázat. *Kukorica (Zea mays L.) Növény-specifikus Aszály Index (NAI) rendszer*

Periódus (1)	Aszályosság (1 - 9) (2)														
	Normál (3)					Szárazság (4)					Aszály (5)				
	Enyhe (6)	Mérsékelt (7)	Közepes (8)	Erős (9)	Sújtó (10)	Enyhe (6)	Mérsékelt (7)	Közepes (8)	Erős (9)	Sújtó (10)	Enyhe (6)	Mérsékelt (7)	Közepes (8)	Erős (9)	Sújtó (10)
Téli félév (okt.-márc.) (11)	-1	-2	-	-3	-9	-1	-2	-	-3	-9	-1	-2	-6	-8	-9
Nyári félév (ápr.-szept.) (12)	-1	-2	-	-3	-9	-1	-2	-	-3	-9	-1	-2	-6	-8	-9
Hónap (okt.-szept.) (13)	-1	-3	-4	-5	-9	-1	-3	-4	-5	-9	-1	-3	-7	-8	-9
Vetés előtti hónap (márc.) (14)	-1	-3	-4	-5	-9	-1	-3	-4	-5	-9	-1	-3	-7	-8	-9
Tenyészdő (ápr.-szept.) (15)	-1	-2	-	-3	-9	-1	-2	-	-3	-9	-1	-2	-6	-8	-9
Betakarítási hónap (szept.) (16)	-1	-3	-4	-5	-9	-1	-3	-4	-5	-9	-1	-3	-7	-8	-9
Év (okt.-szept.) (17)	-1	-	-	-2	-9	-1	-	-	-2	-9	-1	-	-6	-8	-9

A 4. táblázat folytatása a következő oldalon ...

... a 4. táblázat folytatása

Periódus (1)	Normál (3)	Csapadékos (19)							Csapadékoss (1-9) (18)				Csapadékbő (20)			
		Enyhe (6)	Mérsékelt (7)	Közepes (8)	Erős (9)	Mérsékelt (7)	Erős (9)	Közepes (8)	Mérsékelt (7)	Erős (9)	Közepes (8)	Mérsékelt (7)	Erős (9)	Sújtó (10)		
Téli félév (okt.-márc.) (11)	1	-	2	-	-	3	4	6	8	9						
Nyári félév (ápr.-szept.) (12)	1	-	2	-	-	3	4	6	8	9						
Hónap (okt.-szept.) (13)	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
Vetés előtti hónap (márc.) (14)	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
Tenyészdő (ápr.-szept.) (15)	1	-	2	-	-	3	4	6	8	9						
Betakarításkori hónap (szept.) (16)	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
Év (okt.-szept.) (17)	1	-	-	-	2	3	6	8	9							

Forrás: Márton (2014) Megjegyzés: NAI kukoricára: aszályosság: -1=0-9%, -2=9-19%, -3=19-29%, -4=29-39%, -5=39-49%, -6=49-59%, -7=59-69%, -8=69-79%, -9=79% \leq ; csapadékosság: 1=0-9%, 2=9-19%, 3=19-29%, 4=29-39%, 5=39-49%, 6=49-59%, 7=59-69%, 8=69-79%, 9=79% \leq ; %=eltérés a sokévi átlagtól.

Table 4. Crop-specific Drought Index (CDI) system of maize (*Zea mays* L.). (1) Period, (2) Drought (-1- -9), (3) Normal, (4) Dryness, (5) Drought, (6) Mild, (7) Moderate, (8) Medium, (9) Strong, (10) Striking, (11) Winter period (Oct.-March), (12) Summer period (Apr.-Sept.), (13) Month (Oct.-Sept.), (14) Month before sowing (March), (15) Growing season (Apr.-Sept.), (16) Month of harvesting (Sept.), (17) Year (Oct.-Sept.), (18) Precipitation (1-9), (19) Rainy, (20) Abundant precipitation. Source: Márton (2014) Note: Crop-specific Drought Index for maize: drought: -1=0-9%, -2=9-19%, -3=19-29%, -4=29-39%, -5=39-49%, -6=49-59%, -7=59-69%, -8=69-79%, -9=79% \leq ; precipitation: 1=0-9%, 2=9-19%, 3=19-29%, 4=29-39%, 5=39-49%, 6=49-59%, 7=59-69%, 8=69-79%, 9=79% \leq ; %=deviation from the multiple-year-average.

Kísérleti évek csapadékváltozásai

A kísérleti évek időjárás-elemzésekor az előforduló anomáliák meghatározása és azok termés befolyásoló hatásainak számszerűsítése volt a cél. Megállapítható, hogy a 21 kísérleti év között (100%) az átlagosnak megfelelő (normál) év 2006-ban és 2013-ban (9,5%) fordult elő. Két évet szárazság (1981, 1982) (9,5%), kilenc évet (1973, 1978, 1986, 1989, 1990, 1993, 1997, 2002, 2003) aszály (42,9%), és nyolc évet (1969, 1974, 1977, 1994, 1998, 2001, 2005, 2010) csapadékbőség (38,1%) jellemezte. A vízhiányos évek (száraz+aszályos) összességében 52,4%-ot jelentettek.

A normál évek időjárását főként a márciusi (vetés előtti) hónap csapadékmennyiségei határozták meg. A száraz években a vegetációs időszakok voltak dominánsak. Aszálykor a téli félévek és a március hónapi; csapadékbőségkor a vegetációs időszakok és a betakarításkori (szeptember) hónapok voltak meghatározóak. A téli féléveket az aszály; a vetés előtti márciusi hónapokat a normál és az aszály; a nyári féléveket, illetve a vegetációs időszakokat a szárazság és a betakarításkori hónapokat a szárazság és a csapadékbőség jellemezte.

A legaszályosabb évben; 1997-ben a három átlagos (december, május, július) mellett egy hónap volt száraz (június) és 8 aszályos (október, november, január, február, március, április, augusztus, szeptember) amelyből három a kukorica vegetációs időszakára esett. A legcsapadékosabb évben; 2010-ben is gyakoriak voltak a száraz és az aszályos hónapok, ahol a 4 száraz (július, október, december, január) mellett egy aszályosnak (március) adódott. A kísérleti évek hónapjainak időjárását összességében az átlagosnak megfelelő csapadékmennyiségek jellemezték. Az időjárási anomáliák objektív értelmezésében nagy segítséget nyújt az egymást követő száraz, aszályos, csapadékos és csapadékbő hónapok gyakoriságának ismerete. A kísérleti évek között különösen aszályosnak mondható a fentiekkel egybehangzóan az 1997. év (273 mm), mivel a vegetációban 5 (-7), a teljes évben 8 (-7) aszályos hónap volt tapasztalható (5. táblázat). A legcsapadékbőbb 2010. kísérleti évben (861 mm) a vegetációban 3 (9), a teljes évben 5 (9) csapadékbő hónap adódott. Összességében a kísérleti évek időjárását fontossági sorrendben a téli félévek -24%-ban, és a nyári félévek -10%-ban, az egész évre vonatkozólag -34%-ban határozták meg.

Elemeztük még 1961-től 2013-ig a kísérleti telepen mért havi csapadékok alakulását, amely az 52 év alatt 0 és -50% közötti csökkenő tendenciát mutatott (január: -38%, február: -23%, március: -14%, április: -20%, május: -2%, június: -20%, július: -17%, augusztus: -2%, szeptember: 0%, október: 0%, november: -50%, december: -21%).

5. táblázat. *Természetes csapadék anomáliák frekvenciája az A-17-es kukorica kísérletekben 1969 és 2013 között*

Év (1)	Frekvencia (2)		Év (1)	Frekvencia (2)	
	Egymást követő kritikus hónapok száma (3)			Egymást követő kritikus hónapok száma (3)	
	Vegetáció (ápr.-szept.) (4)	Teljes év (okt.-szept.) (5)		Vegetáció (ápr.-szept.) (4)	Teljes év (okt.-szept.) (5)
1969	2*(-7)**, 3(3), (7)	4(-7), (-2), 5(2), 2(7)	1994	2(-7), 2(3), 2(7)	4(-7), 2(-2), 4(2), (7)
1973	(1), 2(-7), 2(-3), (3)	2(1), 4(-7), 3(-2), 3(2)	1997	(1), 5(-7)	3(1), 8(-7), (-2)
1974	(1), 2(-7), (-3), 2(7)	(1), 2(-7), 3(-2), 3(2), 3(7)	1998	(1), 2(-7), (-3), (3), (7)	2(1), 3(-7), (-2), 2(2), 4(7)
1977	2(-3), 2(3), 2(7)	2(1), 6(-2), 2(2), 2(7)	2001	(-7), 2(-3), 2(3), (7)	(1), 2(-7), 3(-2), 3(2), 3(7)
1978	(1), 2(-7), 2(-3), (3)	2(1), 3(-7), 3(-2), (2), 3(7)	2002	(1), 3(-7), 2(-3)	2(1), 4(-7), 2(-2), 2(2), (7),
1981	(1), 2(-7), (-3), 2(7)	3(1), 3(-7), 3(-2), (2), 2(7)	2005	(3), (-7), (-5), 2(9)	(7), (1), (-1), (-6), 2(2), (3), (-7), (-5), (4), 2(9)
1982	(1), 3(-3), (3), (7)	3(1), (-7), 5(-2), (2), 2(7)	2006	2(-3), (-4), (2), (9)	3(-3), (1), (-1), (2), (-2), (4), (5), (-5), (9), (-9)
1986	(1), (-7), 3(3), (7)	4(1), 4(-7), 3(2), (7)	2009	2(-9), (5), (-7), (-4)	3(-5), 2(5), 2(-7), (2), (4), (-4), 2(-9)
1989	2(-7), 3(-3), (3)	3(-7), 5(-2), 3(2), (7)	2010	3(9), (4), (-2)	5(9), 2(2), (-2), (1), (-3), (-7), (4)
1990	(1), 3(-7), 2(-3)	(1), 4(-7), 4(-2), 2(2), (7)	2013	2(-5), 2(3), (-9)	2(1), 3(3), (-5), (7), (-7), 2(9), (-9)
1993	3(-7), (-3), (3), (7)	5(-7), 3(-2), 2(2), 2(7)	2014	-	-

Megjegyzés: *frekvencia (egymást követő kritikus hónapok száma), ** Kukorica NAI értékek.

Table 5. Frequency of natural precipitation anomalies in A-17 maize experiments between 1969 and 2013. (1) Year, (2) Frequency, (3) Number of consecutive critical months, (4) Vegetation period (April-September), (5) Whole year (October-September), Note: *frequency (number of consecutive critical months), ** Maize CDI values.

Csapadék-tápanyagellátás-termés összefüggések

Az 6. táblázat a kukorica termését és az időjárási anomáliák kapcsolat rendszerét mutatja be különböző tápanyag-ellátottságoknál. Amint azt a táblázat ismerteti, a sokéves átlaghoz hasonló normál-, száraz-, aszályos-, és csapadékbő évek voltak megkülönböztethetők.

Tápanyagellátás és a kukorica termése normál években

A 3,0% körüli humusztartalmú, felvehető foszforral gyengén, nitrogénnel és káliummal közepesen ellátott, mészlepedékes csernozjom talajon a trágyázatlan kontroll parcellák termése 4,8 t/ha körül stabilizálódott. A trágyázatlan talajokhoz hasonlítva a terméseket nagy szignifikáns kiegyenlített műtrágyahatások jellemezték. A minimális (4,8 t/ha) terméstömeget a maximális (10,0 t/ha) 5,2 t/ha-ral haladta meg. Az egyoldalú N, a hiányos NP és a NK-műtrágyázás 2,7 t/ha, 2,8 t/ha és 3,4 t/ha hozamnövekményt eredményezett. A kukorica termése a teljes NPK (8,3 t/ha) trágyázásokkal szignifikánsan nem volt fokozható. A kísérletek kezeléseinek átlaga 7,3 t/ha.

Tápanyagellátás és a kukorica termése szárazságban

A trágyázatlan talajok termése 4,0 t/ha körül alakult a száraz évjáratnak megfelelő két kísérleti (1981 és 1982) év átlagában. A minimális (4,8 t/ha) szemtermést a maximális (7,3 t/ha) 2,5 t/ha-ral haladta meg. A N-, a NP- és a NK-műtrágyázás 1,1 t/ha, 2,8 t/ha és 3,1 t/ha többlethozamot eredményezett a kontroll talajokhoz viszonyítva. A kukorica többlet termése a teljes NPK (3,2 t/ha) kezeléssel alig volt fokozható. A száraz évjáratú kísérletek kezeléseinek átlaga 6,0 t/ha, ez 18%-kal volt kevesebb, mint a normál évjáratoké.

Tápanyagellátás és a kukorica termése aszálykor

A kedvezőtlen csapadékelátást a kukorica általában kisebb hozamokkal jelezte. A kontroll parcellák termése (5,0 t/ha) szignifikánsan nem tért el a normál évjáratokétól (4,8 t/ha). A trágyázási szintek minimális termése 1,5; a maximális 9,8 t/ha adódott. Ezen a mélyrétegű, nagy víztározó kapacitással rendelkező meszes csernozjom talajon a N-, NP-, NK- és NPK-kezelésekben hasonló hatásokat rögzítettünk, mint a száraz évjáratok ugyanezen kezeléseit tekintve. Az aszályos évjáratú kísérletek kezeléseinek átlaga 6,4 t/ha, ez 12%-kal volt kevesebb, mint a normál évjáratoké.

6. táblázat. NPK-műtrágyázás hatása a kukorica termésére normál, száraz, aszályos és csapadékbő években
(Nagyhörcsök, 1969–2013, mészlepedékes csernozjom talaj)

Év (1)	Termés (t/ha) (2)					SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	N	NP	NK	NPK		
Normál évek (5)							
2006	4,8	8,4	8,7	9,9	10,0	1,3	8,4
2013	4,7	6,5	6,5	6,4	6,5	0,5	6,1
SzD _{5%} (3)				0,5			
Átlag (4)	4,8	7,5	7,6	8,2	8,3	0,9	7,3
Száraz évek (6)							
1981	3,9	4,3	6,6	7,0	7,1	0,7	5,8
1982	4,0	5,8	6,9	7,2	7,3	0,6	6,2
SzD _{5%} (3)				0,6			
Átlag (4)	4,0	5,1	6,8	7,1	7,2	0,7	6,0
Aszályos évek (7)							
1973	7,7	6,7	8,0	7,8	7,7	0,7	7,6
1978	3,3	5,7	6,2	6,8	6,9	0,5	5,8
1986	5,9	7,0	7,8	8,1	8,1	0,4	7,4
1989	5,4	6,0	7,2	7,8	7,8	0,8	6,8
1990	2,5	1,8	1,5	1,7	1,7	0,4	1,8
1993	5,4	6,2	6,9	7,0	6,8	0,6	6,5
1997	6,6	8,9	9,5	9,8	9,7	0,8	8,9
2002	3,8	6,4	6,7	7,4	7,3	0,9	6,3
2009	4,1	6,4	7,3	7,5	7,5	0,8	6,6
SzD _{5%} (3)				0,4			
Átlag (4)	5,0	6,1	6,8	7,1	7,1	0,7	6,4

A 6. táblázat folytatása a következő oldalon ...

... a 6. táblázat folytatása

Év (1)	Termés (t/ha) (2)					SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	N	NP	NK	NPK		
Csapadékbő évek (8)							
1969	7,4	8,0	8,5	8,8	8,9	0,5	8,3
1974	4,5	6,1	6,2	6,3	6,3	0,5	5,9
1977	5,5	6,4	7,2	7,7	7,8	0,6	6,9
1994	3,4	5,1	5,5	5,7	5,7	0,5	5,1
1998	4,5	7,7	8,4	9,2	8,7	0,8	7,7
2001	6,8	7,0	6,7	7,6	7,4	0,9	7,1
2005	6,9	9,5	10,3	11,2	11,3	1,4	9,8
2010	3,5	10,7	10,7	10,7	10,7	0,4	9,3
SzD _{5%} (3)				0,5			
Átlag (4)	5,3	7,6	7,9	8,4	8,4	0,7	7,5

Megjegyzés: a normál évek csapadécai megfelelnek a Nagyhörcsökön 1961 és 1990 között mért 30 éves csapadék átlagokkal.

Table 6. The impact of NPK fertilisation on maize yield in normal, dry, drought and rainfall abundant years (Nagyhörcsök, 1969–2013, calcareous chernozem soil). (1) Year, (2) Yield (t ha⁻¹), (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Normal years, (6) Dry years, (7) Drought years, (8) Rainfall abundant years. Note: precipitation values of the normal years are equal to the 30-year-averages of precipitation in Nagyhörcsök between 1961–1990.

Tápanyagellátás és a kukorica termése csapadékbőségek

A természetes csapadék bősége a normál évekhez hasonló hatásokat jelzett. A trágyázás nélküli területek szemtermése 5,3 t/ha volt, amely 1,3 t/ha növekményt (32,5%) mutatott a száraz évjáratokhoz (4,0 t/ha) hasonlítva. A különböző trágyázási szintek között a minimális termés 5,1 t/ha a maximális 11,3 t/ha-nak adódott. A kontroll talajokhoz viszonyítva az egyoldalú N-, és a hiányos NP- és NK-ellátottságoknál jelentkezett a kedvezőbb vízellátottság pozitív hatása (N: 43%, NP: 49%, NK: 59%). Az NPK-műtrágyázással a termés nem volt tovább fokozható. A csapadékbő évjáratú kísérletek kezeléseinek átlaga 7,5 t/ha, ez 3%-kal volt több, mint a normál évjáratoké.

Egyszerű „csapadék×műtrágyázás×termés” modellek

Értékeltek az „éves csapadék×NPK-műtrágyázás×termés” (TÉ-CSMT1), „évtípusok×NPK-műtrágyázás×termés” (TÉT-CSMT2), „éves szezonális csapadék×NPK-műtrágyázás×termés” (TÉSZ-CSMT3), „vegetációs csapadék×NPK-műtrágyázás×termés” (VP-CSMT4), és az „éves csapadék anomáliák frekvenciája×NPK-műtrágyázás×termés” (CSF-CSMT5) összefüggés rendszereket. Az eredményeket a 7. táblázat ismerteti. Megállapítottuk, hogy a kukorica termését főként az évtípusok határozták meg (normál: $R^2=0,9168^{***}$, száraz: $R^2=0,9740^{***}$, aszályos: $R^2=0,9936^{***}$, csapadékbő: $R^2=0,9479^{***}$). A termesztési év időszakait tekintve a téli félévekkel ellentétben ($R^2=0,1232^*$) a nyári félévek időjárása volt a döntő ($R^2=0,5670^{***}$). A teljes évekre vonatkoztatott R^2 érték $0,6822^{***}$ -nek adódott. Hasonló jelentőséggel bírtak a termesztési évek hónapjai, ahol az R^2 érték $0,6784^{***}$ -gyel volt egyenlő. A vegetációs időszakok csapadék viszonyai szintén jelentősek ($R^2=0,5670^{***}$). A vegetáción belül a szemtermést főként a júniusi hónapok csapadécai döntötték el ($R^2=0,4730^{**}$). A termés mennyiségét tekintve jelentősnek mutatkozott a betakarításkori időjárás, ahol az $R^2=0,4797^{**}$ értéket mutatott. Termést meghatározó tényezőként szerepelt a csapadék anomáliák frekvenciája is $R^2=0,5253^{***}$ értékkel. A kísérletek teljes determinációs koefficiense ($R^2=0,6822^{***}$) azt jelezte, hogy az éves csapadék és a műtrágyázás együttesen közel 70%-ban határozta meg a kukorica termését. Az egyes trágyázások optimális csapadékmennyiségei (egyenletek első differenciál hányadosa) és az ezekhez rendelhető szemterméstömegek 451–643 mm és 5,0–6,5 t/ha között változtak (0=455 mm, 5,0 t/ha; N=451 mm, 6,2 t/ha; NP=643 mm, 6,2 t/ha; NK=643 mm, 6,3 t/ha; NPK=580 mm, 6,5 t/ha; kezelések átlaga=554 mm, 6,0 t/ha). A minimum és maximum szélsőértékek: 0=451 mm, 2,5 t/ha és 444 mm, 7,7 t/ha; nitrogén=451 mm, 1,8 t/ha és 861 mm, 10,7 t/ha; NP=451 mm, 1,5 t/ha és 861 mm, 10,7 t/ha; NK=451 mm, 1,7 t/ha és 661 mm, 11,2 t/ha; NPK=451 mm, 1,7 t/ha és 661 mm, 11,3 t/ha; kezelések átlaga=451 mm, 1,8 t/ha és 698 mm, 10,3 t/ha-nak bizonyultak.

Számítottuk a maximális termések 1 kg légszáranyag előállításához felhasznált éves természetes csapadékmennyiségeket literben (kontroll=567-, N=805-, NP=805-, NK=590-, NPK=585, műtrágyakezelések átlaga=678 liter). Az eredmények azt mutatják, hogy a N-nel, NP-ral, NK-mal és NPK-mal kezelt területek növényállománya 42, 42, 4 és 3%-kal fogyasztott több vizet, mint a trágyázatlan kontroll területeké (műtrágya kezelések átlaga=23%).

7. táblázat. *Csapadék, NPK-műtrágyázás és termés modellek az A-17-es kísérletben 1969 és 2013 között*

Modell (1)	R ²	n	P
TÉ-CSMT₁			
TÉ-CSMT _{1K}	0,3463	2688	***
TÉ-CSMT _{1N}	0,3825	2688	***
TÉ-CSMT _{1NP}	0,2375	2688	**
TÉ-CSMT _{1NK}	0,2421	2688	**
TÉ-CSMT _{1NPK}	0,2318	2688	**
TÉT-CSMT₂			
TÉT-CSMT _{2NORMÁL(NO)}	0,9168	2688	***
TÉT-CSMT _{2SZÁRAZ(SZ)}	0,9740	2688	***
TÉT-CSMT _{2ASZÁLYOS(A)}	0,9936	2688	***
TÉT-CSMT _{2CSAPADÉKOS(CS)}	0,9479	2688	***
TÉSZ-CSMT₃			
TÉSZ-CSMT _{3TÉLIFÉLÉV(TFÉ)}	0,1232	2688	*
TÉSZ-CSMT _{3NYÁRIFÉLÉV(NYFÉ)}	0,5670	2688	***
TÉSZ-CSMT _{3TEJESÉV(TÉ)}	0,6822	2688	***
TÉSZ-CSMT _{3HÓNAP(H)}	0,6784	2688	***
TÉSZ-CSMT _{3VEGPER(VP)}	0,5670	2688	***
TÉSZ-CSMT _{3MÁRCIUSHÓNAP(MH)}	0,1491	2688	*
TÉSZ-CSMT _{3BETAKARÍTÁS(B)}	0,4797	2688	**

A 7. táblázat folytatása a következő oldalon ...

... a 7. táblázat folytatása

Modell (1)	R ²	n	P
VP-CSMT ₄			
VP-CSMT ₄ ÁPRILIS(ÁPR)	0,0891	2688	*
VP-CSMT ₄ MÁJUS(MÁJ)	0,0633	2688	*
VP-CSMT ₄ JÚNIUS(JÚN)	0,4730	2688	***
VP-CSMT ₄ JÚLIUS(JÚL)	0,1061	2688	*
VP-CSMT ₄ AUGUSZTUS(AUG)	0,1434	2688	*
VP-CSMT ₄ SZEPEMBER(SZEPT)	0,1040	2688	*
VP-CSMT ₄ VEGPER(VP)	0,5670	2688	***
CSF-CSMT ₅			
CSF-CSMT ₅ VEGPER (VP)	0,1930	2688	*
CSF-CSMT ₅ TELJESÉV (TÉ)	0,5253	2688	***

Megjegyzés: TÉ-CSMT1 = Teljes Év-Csapadék-Műtrágyázás, Termés modell., TÉT-CSMT2 = Teljes Év Típus-Csapadék-Műtrágyázás, Termés modell, TÉSZ-CSMT3 = Teljes Év Szezon-Csapadék-Műtrágyázás, Termés modell, VP-CSMT4 = Vegetációs Periódus-Csapadék-Műtrágyázás, Termés modell, CSF-CSMT5 = Csapadék Frekvencia, Csapadék-Műtrágyázás, Termés modell. P 10% = +, P 5% = *, P 1% = **, P 0.1% = ***.

Table 6. Precipitation, NPK fertilisation and yield models in the A-17 experiment between 1969–2013. (1) Model. Note: TÉ-CSMT1 = Whole year-Precipitation-Fertilisation, Yield model, TÉT-CSMT2 = Whole Year Type-Precipitation-Fertilisation, Yield model, TÉSZ-CSMT3 = Whole Year Season-Precipitation-Fertilisation, Yield model, VP-CSMT4 = Vegetation Period-Precipitation-Fertilisation, Yield model, CSF-CSMT5 = Precipitation Frequency, Precipitation-Fertilisation, Yield model. P 10% = +, P 5% = *, P 1% = **, P 0.1% = ***.

Az éghajlat fentebb bemutatott változásait figyelembevéve (aszályosodás) arra a következtetésre jutottunk, hogy a jövőben a csapadék optimumok előfordulása és az optimális termések elérésének lehetősége a búzához hasonlóan (Márton 2002a) a kukorica esetében is jelentősen csökkenni fog.

A nemzetközi vonatkozásban is újnak tekinthető modell értékű eredményeink a különböző évjáratok-, átlagos-, száraz-, aszályos-, csapadékos-, csapadékbő és a N, P, K műtrágyázás számszerűsített t/ha-ban kifejezett hatásait mutatják be a kukorica termésére. Ezek jó támpontul szolgálhatnak az aszályosodási folyamatok termést befolyásoló hatásainak tudományos leírására.

Irodalom

- Arnon, I.*: 1975. Mineral Nutrition of Maize. International Potash Institute. Bern. Switzerland.
- Barrow, E. M.–Hulme, M.–Semenov, M. A.–Brooks, R. J.*: 2000. Climate change scenarios. [In: Downing, T. E. et al. (eds.) Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe.] European Commission. Brussels. 76.
- Biacs P.–Kocsondi Cs.–né–Dobos Gy.*: 2004. A magyar mező- és erdőgazdaság feladatai a klímaváltozás tükrében. AGRO-21 Füzetek. 33: 70–83.
- Boberg, F.–Berg, P.–Thejll, P.–Gutowski, W. J.–Christensen, J. H.*: 2010. Improved confidence in climate change projections of precipitation further evaluated using daily statistics from ENSEMBLES models. *Clim. Dyn.* 35: 1509–1520.
- Cline, W.*: 2007. Global warming and agriculture: Impact estimates by country. Centre for Global Development. Washington DC. USA. 250.
- D'equ'e, M.*: 2007. Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: model results and statistical correction according to observed values *Glob. Planet. Change.* 57: 16–26.
- Domonkos P.*: 2004. Éghajlat előrejelzés a 2005–2025 időszakra. AGRO-21 Füzetek. 33: 18–35.
- Iglesias, A.–Quiroga, S.–Moneo, M.–Garrote, L.*: 2012. From climate change impacts to the development of adaptation strategies: challenges for agriculture in Europe. *Clim. Change.* 112: 143–168.
- IPCC*: 2014. Summary for Policymakers, In: Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III. to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge. United Kingdom and New York. NY. USA.
- Harnos Zs.*: 2007. Klímaváltozással összefüggő hazai kutatások: A VAHAVA folytatása. KLÍMA-21 Füzetek. 49: 3–15.
- Jolánkai, M.*: 2005. Effect of climate change on plant cultivation. (In Hungarian). AGRO-21 Füzetek. 41: 47–58.
- Kádár I.*: 2012. A Mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet első évtizedének tanulságai. MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet. Budapest. 177.
- Kádár, I.–Márton, L.*: 2007. Fertiliser response of maize grown after wheat in national long-term fertilization trials in the Mezőföld region between 1969 and 2005 (in Hungarian, with english summary). *Növénytermelés.* 56: 147–159.
- Kádár, I.–Márton, L.–Németh, T.*: 2007. Effect of liming and mineral fertilization on the soil and plants in a 44-year long-term experiment in Nyírlugos (in Hungarian, with english summary). *Agrokémia és Talajtan.* 56: 255–270.
- Kendon, E. J.–Rowell, D. P.–Jones, R. G.–Buonomo, E.*: 2008. Robustness of future changes in local precipitation extremes. *J. Clim.* 21: 4280–4297.

- Kostyuchenko, Y. V.–Kopachevsky, I.–Yuschenko, M.–Solovyov, D.–Marton, L.–Levynsky, S.:* 2012. "Spectral reflectance indices as indirect indicators of ecological threats". Research Publishing, Singapore. 557–562.
- Lal, R.:* 2010. Managing soils for a warming earth in a food-insurance and energy-starved world. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 173: 4–15.
- Láng, I.:* 2005. Weather and climate change: change-effect-response (In Hungarian). *AGRO-21 Füzetek*. 43: 3–10.
- Maraun, D.:* 2013. When will trends in European mean and heavy daily precipitation emerge? *Environ. Res. Lett.* 8 014004.
- Márton L.:* 2002a. A csapadék, a tápanyagellátás és az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termése közötti kapcsolat. *Növénytermelés*. 51: 529–542.
- Márton L.:* 2002b. A csapadék- és a tápanyagellátottság hatásának vizsgálata a triticálé termésére tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 51: 687–701.
- Márton L.:* 2002c. Az éghajlatingadozás és a N-műtrágyázás hatása a rozs (*Secale cereale* L.) termésére. *Növénytermelés*. 51: 199–210.
- Márton L.:* 2002d. Az évhatás elemzése az északkelet-magyarországi, nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérletben. A természetes csapadék és a tápanyagellátottság hatása a burgonya (*Solanum tuberosum* L.) termésére. *Növénytermelés*. 51: 71–87.
- Márton, L.:* 2013. Natural water and N, P, K, Ca, Mg fertilization interactions in long term field experiments (In Hungarian). *ISSAC CAR HAS*. Budapest. 271.
- Movchan, D.–Kostyuchenko, Y.–Marton, L.–Frayer, O.–Kýryzyuk, S.:* 2014. Uncertainty Analysis in Crop Productivity and Remote Estimation for Agricultural Risk Assessment. [In: Beer M. et al. (eds.) *Vulnerability, Uncertainty, and Risk: Quantification, Mitigation, and Management*.] ASCE. Liverpool. UK. 1008–1015.
- Neenu, S.–Biswas, A. K.–Subba Rao, A.:* 2013. Impact of climatic factors on crop production. A review. *Agri. Reviews*. 34. 2: 97–106.
- Rácz, L.:* 1999. *Climate History of Hungary Since 16th Century: Past, Present and Future*. Discussion paper. Center for Regional Studies of the Hungarian Academy of Sciences. Pécs.
- Rosenzweig, C. P.–Parry, M. L.:* 1994. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*. 367: 133–137.
- Smith, J. W.:* 1903. Relation of precipitation to yield of corn. In: *USDA Yearbook 1903*. USDA. Washington DC. 215–224.
- SPSS:* 2000. *SigmaPlot for Windows*. Ver. 3.2. Chicago. III. SPSS Inc. Chicago. USA.
- Sváb J.:* 1981. *Biometriai módszerek a kutatásban*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Szász G.:* 1971. A természetes csapadékviszonyokra épülő növénytermesztés agrometeorológiai kérdései Magyarországon. *MTA X. Oszt. Közl.* 4: 187–198.
- Szász, G.:* 2005. Climatic instability causing variability in crop output in the Carpathian Basin (In Hungarian). *AGRO-21 Füzetek*. 40: 33–69.
- Varga-Haszonits, Z.–Varga, Z.:* 2005. Climate of West-Hungary and maize (In Hungarian). *AGRO-21 Füzetek*. 43: 71–79.

- Várallyay, Gy.:* 2007. Soil conservation strategy in an extended Europe and in Hungary. 2nd International Symposium on Environment Management. Sept. 12-14, 2007. Zagreb. Croatia. 133-146.
- Zhu, J.-Brown, K. M.-Lynch, J. P.:* 2010. Root cortical aerenchyma improves the drought tolerance of maize (*Zea mays* L.). *Plant Cell Environ.* 33. 5: 740-749.

A szerző levelezési címe - Address of the author:

*Dr. Márton László
MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet
Budapest
Herman O. út 15.
H-1022
*laszlo.marton@gmail.com

A csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. saccharata) termésének és vízhasznosításának változása eltérő vízellátottság mellett

¹MOLNÁR KRISZTINA - ¹RÁCZ CSABA - ¹DÖVÉNYI-NAGY TAMÁS -
¹BAKÓ KÁROLY - ²NEMESKÉRI ESZTER - ³NAGY JÁNOS - ¹DOBOS ATTILA CSABA
Debreceni Egyetem

¹Agrártudományi Központ, Agrometeorológiai és Agroökológiai
Monitoring Központ, Debrecen

²Agrártudományi Központ, Kutatóintézetek és Tangazdaság, Debrecen
³Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Föld-
hasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A 2011–2013 közötti időszakban kisparcellás kísérletben vizsgáltuk a csemegekukorica termésképzését és vízhasznosítását optimális vízellátottságban (I_2 : ET 100%), 50%-os vízhiányban (I_1 : ET 50%) és nem öntözött (I_0) körülmények között. A különböző kezelésekben kijuttatott öntözővíz mennyiségét az evapotranszpirációs veszteség alapján határoztuk meg. A csemegekukorica hibridek vízhasznosító képességét (WUE) a parcellákban termett fosztott csőtömeg evapotranszpirációra vonatkoztatott értékéből állapítottuk meg. Az öntözővíz felhasználás hatékonyságát (IWUE) az öntözött parcellákban termett fosztott csőtömeg és a kijuttatott öntözővíz aránya; az öntözéshatást (IWUE₂) a nem öntözött és az öntözött kezelésekben termelt fosztott csőtömeg különbségének egységnyi öntözővízre jutó mennyisége fejezte ki.

A három év átlagolt WUE értékei alapján a kezelésekben a növények vízfelhasználása minimális eltéréseket mutatott. Az eltérő vízellátottságban részesülő csemegekukorica hibridek a rendelkezésre álló vízmennyiség csökkenésére a termésmennyiség csökkenésével reagáltak.

A csemegekukorica vízhasznosítása és termésátlaga között szoros pozitív korrelációt mutattunk ki. A csemegekukorica öntözővíz-hasznosítása (IWUE) és a betakarított csőtömeg mennyisége közötti kapcsolat erős, az öntözéshatás (IWUE₂) és az öntözés következtében keletkezett terméstöbblet között 50%-os vízhiányban R²=0,668; optimális vízellátottságnál R²=0,884 a korreláció.

A vizsgálat során megállapítottuk, hogy eltérő vízellátottsági viszonyok között a csemegekukorica produkcióját nagymértékben befolyásolja a növények vízhasznosítása.

Kulcsszavak: csemegekukorica, vízhasznosítás, öntözés

Changes of the yield and water use efficiency of sweet maize (*Zea mays* L. convar. *saccharata*) in different water supply conditions

¹K. MOLNÁR - ¹CS. RÁCZ - ¹T. DÖVÉNYI-NAGY - ¹K. BAKÓ -

²E. NEMESKÉRI - ³J. NAGY - ¹A. CS. DOBOS

University of Debrecen

¹Centre for Agricultural Sciences, Agrometeorological and Agroecological Monitoring Centre, Debrecen

²Centre for Agricultural Sciences, Research Centres and Study Farm, Debrecen

³Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute for Land Utilisation, Regional Development and Technology, Debrecen

Summary

A small plot experiment was carried out between 2011–2013 to determine the yield and water use of sweet maize in well irrigated (I₂: ET 100%), water deficient (I₁: ET 50%) and non-irrigated (I₀) conditions. The dose of irrigation water was determined on the basis of evapotranspirational loss. The water use efficiency (WUE) of sweet maize was calculated as ear weight without husk of plots divided by seasonal ET. The irrigation water use efficiency (IWUE) was expressed as the ratio of yield in irrigated plots and total seasonal irrigation water applied, while the irrigation effect (IWUE₂) was expressed as the yield difference between irrigated and rain fed treatments divided by amount of irrigation water.

There were small differences in average WUE values in the different treatments. Despite this fact, decreasing available water caused decreasing yield. Strong positive correlation was also found between the water use and yield of sweet maize. The relationship between irrigation water use efficiency (IWUE) and the amount of harvested ear weight of sweet maize is strong. The correlation between the effect of irrigation (IWUE₂) and yield is $R^2=0.668$ in 50% water deficit and $R^2=0.884$ in full irrigation.

During the experiment we concluded that the production of maize in different water supply conditions highly affects the water use of plants.

Key words: sweet maize, water use, irrigation

Изменения урожая и водопользования сахарной кукурузы (*Zea mays* L. convar. saccharata) при различной водообеспеченности

¹К. МОЛНАР – ¹Ч. РАЦ – ¹Т. ДОВЕНЬИ-НАДЬ – ¹К. БАКО – ²Э. НЕМЕШКЕРИ – ³Я. НАДЬ – ¹А. Ч. ДОБОШ

Дебреценский Университет

¹Центр Аграрных Наук, Центр Мониторинга Агрометеорологии и Агроэкологии, Дебрецен

²Центр Аграрных Наук, Исследовательские Институты и Учебное Хозяйство, Дебрецен

³Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента, Институт Землепользования, Технический и Развития Территорий, Дебрецен

Резюме

В 2011–2013 годы в опыте на малых парцеллах исследовали плодообразование и водопользование сахарной кукурузы в оптимальной водообеспеченности (I_2 : ET 100%), при 50%-ом недостатке воды (I_1 : ET 50%) и при неполивных условиях (I_0). Внесённое в различных дозах количество воды определили на основе эвапотранспирационных потерь. Способность водопользования гибридов сахарной кукурузы (WUE) установили на основе величин, относящихся к эвапотранспирации выра-

щенной в парцеллах облущённой массы початков. Эффективность использования поливной воды (IWUE) в поливаемых парцеллах определялось соотношением между созревшей облущённой массой початков и внесённой поливной водой; влияние полива (IWUE₂) определялось разницей массы облущённых початков кукурузы в поливных и неполивных обалотках, приходящихся на единицу поливной воды.

На основании усреднённых показателей WUE за три года в обработках водопользование растений показало минимальные отличия. Гибриды сахарной кукурузы, получающие различную обеспеченность водой, реагировали на уменьшение получаемой воды сокращением количества урожая.

Между водопользованием сахарной кукурузы и средним урожаем показали тесную позитивную корреляцию. Связь между водопользованием поливной воды сахарной кукурузы (IWUE) и количеством собранной массы початков сильная, влияние полива (IWUE₂) и возникшая впоследствии полива прибавка урожая в 50%-ом недостатке воды $R^2=0,668$, при оптимальной водообеспеченности корреляция $R^2=0,884$.

В ходе исследования установили, что в различных условиях водообеспеченности на продукцию сахарной кукурузы в большой мере влияет водопользование растений.

Ключевые слова: сахарная кукуруза, водопользование, полив

Bevezetés

Napjainkban az éghajlat igen szélsőséges, az évi átlagos csapadék és középhőmérséklet alapján egyre aszályosabb. A téli csapadékból tárolt víz és a természetes csapadék a tenyészidőszak alatt nem fedezi a növények vízigényét, ami különösen a június-augusztus időszakban okoz gondot. Ehhez társul az is, hogy a csapadék mennyisége a különböző területeken és az egyes évek között is nagyon változó, eloszlása a tenyészidőszakban nagy fluktuációval jellemezhető.

A szántóföldi növénytermesztésben, azon belül pedig a zöldségtermesztésben az egyik legmeghatározóbb termesztési tényező a csapadékellátottság. Ha az adott tenyészidőszakban nem áll rendelkezésre a növények optimális fejlődéséhez szükséges csapadékmennyiség, akkor a növények vízigényét öntözéssel kell kielégíteni. Az öntözés nemcsak a termés növelésében, a termésminőség javításában és a termésbiztonság fokozásában, hanem a folyamatos piaci jelenlét megalapozásában is fontos.

A csemegekukorica vízigényes növény, a legtöbb vizet virágzás előtti egy és virágzás utáni három hétig igényli (Daniel 1978). Magas vízfogyasztású növény, a rendelkezésre álló vizet jól hasznosítja. Magyarországi körülmények között eredményesen csak öntözött körülmények között termesztendő (Helyes 2007).

Vízszükséglete a talaj és a tenyészidő függvényében 350–500 mm a vegetációs periódusban. Évjáráttól függően mintegy 100–250 mm vizet kell öntözéssel pótolni (Pereczes 1999).

A vízhiány a növények különböző fiziológiai folyamatainak befolyásolásával határozza meg a termésmennyiséget. Több évtizedes kísérleti eredmények igazolják, hogy a vízellátottság, valamint a talaj vízzolgáltató képessége jelentős mértékben befolyásolja a termés hozamot (Szász 1968, Ruzsányi 1989, Antal és Jolánkai 2005).

A vízhiány – termésre gyakorolt – kedvezőtlen hatásainak nagysága szoros összefüggésben van azzal, hogy a vízstressz melyik fejlődési állapotban éri a növényt, mennyi ideig tart, és milyen erősségű (Salter és Goode 1967). A csemegekukorica termesztés legkritikusabb szakasza a címerhányás előtti 2–3 héttől a szemek teljes kifejlődéséig tart (Herczeg 1978).

A kukorica, így a csemegekukorica tenyészidőszaka is az év szárazabb, csapadékszegényebb részét fogja át. Ebben az időszakban a potenciális párolgás okozta veszteségnél kevesebb csapadék hull, erőteljes vízhiány alakul ki. A kukorica termés hozama csökken, ha a vízvesztés 45%-nál nagyobb (Varga-Haszonits et al. 2008). A tenyészidő vízfelhasználás menetének ismerete a rövid tenyészidejű fajok esetében különösen fontos, főként a termés kialakulása és az öntözés időzítése szempontjából (Varga 1996).

A vízhasznosítási együtthatóval fejezzük ki egy növényállomány összes vízfelhasználásának (a növény által elpárologtatott és a talajról elpárologtatott víz) és termésének arányát. A növény vízfogyasztása a tenyészidőszak folyamán jelentősen változik. A vízfogyasztási együttható értéke függ a növény élettevékenységétől, valamint a környezeti viszonyoktól is (Cselőtei et al. 1993).

A termés és WUE optimalizálása öntözött körülmények között úgy valósítható meg, ha az öntözés időzítésekor figyelembe vesszük, hogy az elkerülhetetlen vízhiányos időszakok egybeessenek a legkevésbé érzékeny növekedési szakaszokkal (Arora és Gajri 1998).

Az öntözési technikák alkalmazásánál és az öntözőrendszer kiépítésénél alapvető cél, hogy a kijuttatott öntözővíz mennyisége minél jobban haszno-

suljon. Napjainkban egyre elterjedtebb a vízhiányos (deficites) öntözés. Ebben az öntözési módban a növény vízigénye alapján juttatják ki az öntözővizet, így szabályozzák a növények növekedését, a termés mennyiségét és minőségét. A deficites öntözés növeli a vízfelhasználás hatékonyságát, technológiájában tudatosan kevesebb vizet juttatnak ki a növénynek, mint ami az optimális párologtatást biztosítaná, így jelentősen csökken az öntözési költség (Ombódi és Helyes 2011).

A költséghatékony és biztonságos növénytermesztés elengedhetetlen feltétele a szántóföldi és a kertészeti kultúrák vízellátottságának vizsgálata. A növényfajták fejlődésével, vízfelhasználásával összefüggő fiziológiai tulajdonságok vizsgálatán alapuló módszerek hozzájárulhatnak a hatékony vízutánpótlási stratégiák kidolgozásához. Vizsgálataink célja az volt, hogy a csemegekukorica termőképessége és vízhasznosítása alapján meghatározzuk a vizsgált köztermesztésben lévő csemegekukorica hibridek számára legoptimálisabb vízellátottsági viszonyokat.

Anyag és módszer

A vizsgálatokat 2011–2013 között a Debreceni Egyetem MÉK Kertészettudományi Intézetének bemutatókertjében végeztük csernozjom talajon, kisparcellás kísérletben három csemegekukorica hibriddel (GSS 1477, GSS 2259, Overland), kezelésként 3 ismétlésben. A csemegekukoricát 8,4 m² nagyságú parcellákba, 70 cm-es sortávval és 60 db tő/parcella tőszámmal, vetőpuskával vetettük 2011. 05. 19-én, 2012. 05. 09-én és 2013. 05. 07-én (1. táblázat).

1. táblázat. A kísérletben vizsgált csemegekukorica hibridek
(Debrecen, 2011–2013)

Hibrid (1)	Tenyészeitő (nap) (2)	Szemszín (3)	Vizsgálati idő (4)
GSS 1477	79	aranysárga (5)	2011–2013
Overland (GSS 3287)	84	közepes sárga (6)	2011–2013
GSS 2259 (Shinerock)	87	közepes sárga (6)	2011–2013

Table 1. Sweet maize hybrids involved in the experiments (Debrecen, 2011–2013). (1) Hybrid, (2) Growing period (day), (3) Colour of grain, (4) Experiment time, (5) Golden yellow, (6) Medium yellow

A 2011-es év vegetációs időszakának kezdetén az ország egész területén melegebb volt az átlagnál, májusban azonban egy hűvösebb periódus miatt a sokéves átlaghoz igazodtak az értékek. Júniusban és júliusban a havi átlaghőmérsékletek 21,02 és 21,3 °C-ig emelkedtek, augusztusban pedig már a 22 °C-ot is meghaladta (22,39 °C), ami 2,19 °C-kal magasabb a sokéves átlagnál. A magas hőmérséklet értékekhez csekély mennyiségű csapadék párosult.

A vegetációs időszakban egyedül júliusban esett nagyobb mennyiségű eső (138,4 mm), mely azonban felhőszakadások alkalmával érkezett és a sokéves átlag (63 mm) kétszerese volt. A csapadékhiány a vegetációs időszakra vetítve ezzel együtt is több mint 100 mm. Az előző évhez hasonlóan a 2012-es év is aszályosnak bizonyult. A március és az augusztus száraz volt, amelyhez nyáron hosszan tartó kánikulák társultak. A tenyészidőszakban az átlaghőmérsékletek jóval a sokévi átlag felett alakultak. Június-augusztus hónapokban a középhőmérsékletek 2–3 °C-al voltak magasabbak az átlagnál. A 2012-es év első kilenc hónapját súlyos aszályal jellemezhetjük. A kísérleti területen egyedül júniusban (97,8 mm) volt a sokéves átlagot (74 mm) meghaladó csapadék. A tenyészidőszak még ezzel együtt is 85 mm csapadékdeficittel zárult, amit tovább fokozott a szintén csapadékszegény tavaszi időszak. 2013-ban a nyári időszak havi középhőmérséklete az előző évekhez hasonlóan 1–2 °C-kal haladta meg a sokéves átlagot, egyedül májusban (74,4 mm) esett több csapadék a sokéves átlagnál (64 mm). Július volt a legszárazabb hónap, 54 mm-es csapadékhiánnyal zárult (1–2. ábra).

A különböző kezelésekben kijuttatott öntözővíz mennyiségét a vizsgálati területen lévő meteorológiai állomás napi adatai alapján határoztuk meg és csepegtető öntözőrendszerrel juttattuk ki. Optimális vízellátottságban (I_2 : ET 100%) a visszajuttatott víz mennyisége a Shuttleworth-Wallace módszer alapján becsült evapotranszpirációs veszteségnek felelt meg, az 50%-os vízhiány (I_1 : ET 50%) ennek a felét jelentette. Az öntözés nélküli (I_0) parcellák pedig csak a természetes csapadékelátásban részesültek (2. táblázat).

A növényállomány vízmérlegének tér- és időbeli változását a FAO ajánlások (Allen *et al.* 1998) alapján kidolgozott MetAgro öntözési alrendszerrel modelleztük.

1. ábra. A hőmérséklet 30 éves átlagtól való eltérése a kísérleti években
(Debrecen, 2011–2013)

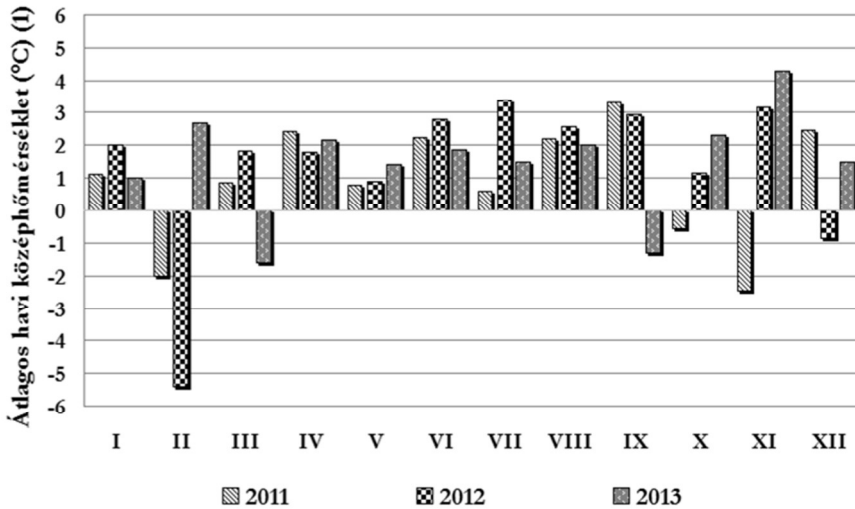


Figure 1. Temperature deviation from the 30-year-average in the experimental period (Debrecen, 2011–2013). (I) Average monthly amean temperature (°C)

2. ábra. A csapadék 30 éves átlagtól való eltérése a kísérleti években
(Debrecen, 2011–2013)

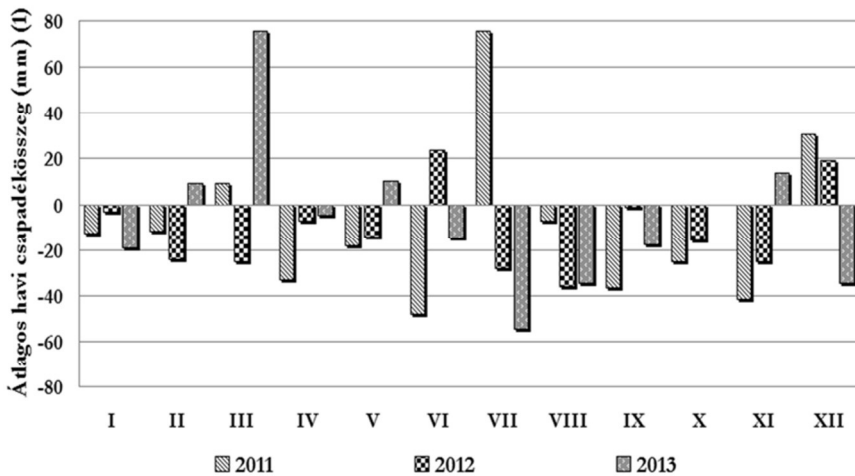


Figure 2. Precipitation deviations from the 30-year-average in the experimental period (Debrecen, 2011–2013) (I) Average monthly precipitation (°C)

2. táblázat. A kijuttatott öntözővíz mennyisége
(Debrecen, 2011–2013)

Év (1)	50%-os vízhiány (I ₁) (2)	Optimális vízellátottság (I ₂) (3)
Kijuttatott öntözővíz (mm)(4)		
2011	50	100
2012	62	124
2013	59	118

Table 2. Amount of irrigation water applied in the experimental period (Debrecen, 2011–2013). (1) Year, (2) 50% water deficit (I₁), (3) Full irrigation (I₂), (4) Amount of irrigation water (mm)

Növényállomány tényleges evapotranszpirációját a következő egyenlettel kalkulálja a modell:

$$ET = (K_s * K_{cb} * K_e) * ET_0$$

ahol:

K_s = transzspirációs-redukciós (stressz-) koefficiens,

K_{cb} = növényállományi-együttható (transzspirációra),

K_e = talajpárolgás-koefficiens (evaporációra).

A vízhasznosítás (WUE) és az öntözővíz-hasznosítás (IWUE, IWUE₂) hatékonyságát az egységnyi víz felhasználásával előállított termésmennyiséggel jellemeztük (Viets 1962, Ványiné et al. 2012, Ertek és Kara 2013) és a következő képletek alapján számítottuk ki:

$$WUE = \frac{\text{termés (kg ha}^{-1}\text{)}}{ET \text{ (mm)}}$$

$$IWUE = \frac{\text{termés öntözött (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{kijuttatott öntözővíz (mm)}}$$

$$IWUE_2 = \frac{\text{termés öntözött (kg ha}^{-1}\text{)} - \text{termés nem öntözött (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{kijuttatott öntözővíz (mm)}}$$

Az adatok feldolgozását Microsoft Excel, valamint SPSS for Windows 16.0 statisztikai programcsomaggal végeztük. A különböző paraméterek közötti kapcsolat megállapításához regresszió analízist használtunk.

Eredmények

A csemegekukoricánál a vizsgált időszakban optimális vízellátottság mellett volt a legmagasabb a tényleges evapotranszpiráció (ET). 2011-ben a rendszer által kalkulált evapotranszpiráció 50%-os vízhiányban 9%-kal, optimális vízellátottságban 13%-kal haladta meg a természetes csapadékellátottság értékeit. A növények ebben az évben a rendelkezésre álló víz nagy részét az öntözött kezelésekben is csak termésképzésre tudták fordítani.

2012-ben és 2013-ban 50%-os vízhiányban 21%-kal, optimális vízellátottságban 40–42%-kal magasabb volt az ET, mint természetes csapadékellátottságnál.

2012-ben a tenyészidőszak elején a növények fejlődéséhez megfelelőek voltak a vízellátottsági viszonyok, viszont a 6–8 leveles állapot elérése után egy csapadékszegényebb időszak következett. A csapadékhiány és az öntözés beindítása miatt egyre nagyobb eltérések voltak a kezelések ET értékei között.

2013-as tenyészidőszakban az előző évhez hasonlóan alakultak a csapadékviszonyok: a fejlődés kezdetén megfelelő mennyiségű csapadék hullott, viszont címerhányástól betakarításig mindössze 11,4 mm, ami az előző évhez hasonlóan a tenyészidőszak végére jelentős evapotranszpirációs különbségeket okozott a kezelések között (3. táblázat).

A csemegekukorica hibridek vízhasznosító képességét (WUE) a parcellákban termelt fosztott csőtömeg evapotranszpirációra vonatkoztatott értékéből állapítottuk meg (4. táblázat).

A csemegekukorica hibridek vízhasznosítási együtthatóinak átlaga alapján 2011-ben és 2012-ben 50%-os vízhiányban hasznosították legjobban a növények a rendelkezésre álló vizet, 2013-ban pedig természetes csapadékellátottságban.

2011-ben 50%-os vízhiányban 3%-kal magasabb volt a hibridek vízhasznosítási együtthatóinak átlaga az optimális vízellátottsághoz képest, de ez 1%-os termésnövekedéssel párosult. A nem öntözött növényeknél a 11%-os WUE csökkenés 22%-os termésnövekedést okozott az optimális vízellátottságban részesülő növények vízhasznosításához képest.

2012-ben 50%-os vízhiányban 8%-kal voltak magasabbak az átlagos vízhasznosítási együtthatók, ennek ellenére 6%-os termésnövekedést tapasztaltunk. Természetes vízellátottságban 4%-kal volt magasabb a hibridek vízhasznosító képessége, mint optimális vízellátottságban, de ez 25%-os termésnövekedéssel párosult.

2013-ban természetes csapadékellátottság mellett volt a legmagasabb a vízhasznosítási együttható értéke. Ehhez képest 50%-os vízhiányban 22%-kal alacsonyabb vízhasznosítás mellett 3%-os termés kiesést tapasztaltunk, optimális vízellátottságnál a 12%-os vízhasznosítás csökkenés ellenére 20%-os terméshozamnövekedést figyeltünk meg.

3. táblázat. A csemegekukorica vízellátottsági viszonyai
(Debrecen, 2011–2013)

Év (1)	Hibrid (2)	Nem öntözött (I ₀) (3)		50%-os vízhiány (I ₁) (4)		Optimális vízellátottság (I ₂) (5)	
		Csapadék (mm) (6)	ET (7)	Kijuttatott öntözővíz (mm) (8)	ET (7)	Kijuttatott öntözővíz (mm) (8)	ET (7)
2011	GSS 1477	210,8	263,94	50	287,75	100	299,49
	GSS 2259	210,8	276,43	50	300,24	100	311,98
	Overland	210,8	263,94	50	287,75	100	299,49
	Átlag (9)	210,8	268,10	50	291,91	100	303,65
2012	GSS 1477	152,4	256,32	62	305,59	124	347,86
	GSS 2259	164,2	267,48	62	323,7	124	375,43
	Overland	152,4	262,1	62	315,68	124	363,62
	Átlag (9)	156,3	261,97	62	314,99	124	362,30
2013	GSS 1477	110,6	241,89	59	289,59	118	333,14
	GSS 2259	114,8	246,73	59	299,71	118	349,92
	Overland	111,8	245,24	59	297,11	118	345,88
	Átlag (9)	112,4	244,62	59	295,47	118	342,98

Table 3. Water supply of sweet maize in the experimental period (Debrecen, 2011–2013). (1) Year, (2) Hybrid, (3) Rain fed (I₀), (4) 50% water deficit (I₁), (5) Full irrigation (I₂), (6) Precipitation (mm), (7) Evapotranspiration, (8) Amount of irrigation water (mm), (9) Mean

4. táblázat. *A csemegekukorica hibridek vízhasznosítása*
(Debrecen, 2011–2013)

Év (1)	Hibrid (2)	Nem öntözött (I ₀) (3)		50%-os vízhiány (I ₁) (4)		Optimális vízellátottság (I ₂) (5)	
		Fosztott csőtömeg (kg/ha) (6)	WUE (kg/ha/ mm) (7)	Fosztott csőtömeg (kg/ha) (6)	WUE (kg/ha/ mm) (7)	Fosztott csőtömeg (kg/ha) (6)	WUE (kg/ha/ mm) (7)
2011	GSS 1477	26017	98,57	35236	122,45	32866	109,74
	GSS 2259	22186	80,26	25985	86,55	29435	94,35
	Overland	22703	86,02	28354	98,54	28066	93,71
	Éves átlag (8)	23635	88,28	29858	102,51	30122	99,27
2012	GSS 1477	23659	92,30	31497	103,07	32402	93,15
	GSS 2259	26548	99,25	30647	94,68	36807	98,04
	Overland	21686	82,74	27470	87,02	26616	73,20
	Éves átlag (8)	23965	91,43	29871	94,92	31942	88,13
2013	GSS 1477	19670	81,32	16402	56,64	25754	77,31
	GSS 2259	21693	87,92	21357	71,26	27334	78,11
	Overland	16093	65,62	17911	60,28	18889	54,61
	Éves átlag (8)	19152	78,29	18557	62,73	23992	70,01
3 év átlaga (9)							
		22251	86,00	26095	86,72	28685	85,80
Hibridek 3 éves átlaga (10)							
GSS 1477		23115	90,73	27712	94,05	30341	93,40
GSS 2259		23476	89,15	25996	84,16	31192	90,17
Overland		20161	78,13	24578	81,95	24524	73,84

Table 4. Water use of sweet maize (Debrecen, 2011–2013). (1) Year, (2) Hybrid, (3) Rain fed (I₀), (4) 50% water deficit (I₁), (5) Full irrigation (I₂), (6) Ear weight without husk (kg ha⁻¹), (7) Water use efficiency (kg ha⁻¹ mm⁻¹), (8) Mean of the year, (9) Mean of the three year, (10) Mean of the three year of the hybrids

A három év átlagolt WUE értékei alapján megállapítható, hogy a kezelésekben a vízfelhasználás minimális eltéréseket mutatott (50%-os vízhiányban 1%-kal magasabb átlagos vízhasznosítási együttható értéket kaptunk, mint a másik két kezelésben). Ennek ellenére a rendelkezésre álló vízmennyiség csökkenésével a termésmennyiség is csökkent. 50%-os vízhiányban 9%-kal, természetes csapadékellátottságban 22%-kal volt kevesebb termés, mint optimális vízellátottságban. 50%-os vízhiányban az öntözővíz-hasznosítás (IWUE) 83%-kal, az öntözéshatás (IWUE₂) 47%-kal volt magasabb, mint optimális vízellátottságnál, viszont a fosztott csőtömeg 9%-kal alacsonyabb volt. Számos szerző (Wiswanatha 2002, Garcia et al. 2009, Ertek és Kara 2013) hasonlóképpen azt állapította meg, hogy az öntözővíz mennyiségének növekedésével csökkent a növények vízhasznosítása.

Vízhasznosítás szempontjából a három év adatai alapján mindhárom kezelésben a GSS 1477 volt a leghatékonyabb (a 4. táblázatban kiemelt értékek), majd a GSS 2259 és az Overland következett. Természetes csapadékellátottságban a GSS 1477 és a GSS 2259 vízhasznosítási együtthatója mindössze 2%-os eltérést mutatott, az Overland ennél 14%-kal alacsonyabb értéket ért el. 50%-os vízhiányban a GSS 1477 94,05 kg termést tudott előállítani hektáronként 1 mm vízből, a GSS 2259 11%-kal, az Overland 13%-kal kevesebbet. Optimális vízellátottságban a GSS 2259 3%-kal, az Overland 21%-kal hasznosította gyengébben a rendelkezésre álló vizet, mint a GSS 1477.

Az öntözővíz felhasználás hatékonyságát (IWUE) az öntözött parcellákban termett fosztott csőtömeg és a kijuttatott öntözővíz aránya, az öntözéshatást (IWUE₂) a nem öntözött és az öntözött kezelésekben termelt fosztott csőtömeg különbségének egységnyi öntözővízre jutó mennyisége fejezte ki (5. táblázat).

Az öntözött parcellákban (Ö₁, Ö₂) mindhárom évben hibridenként számítottuk az öntözővíz-felhasználás hatékonyságát. Az évenkénti átlagos öntözővíz-hasznosítási együttható (IWUE) 2011-ben 98%-kal, 2012-ben 87%-kal, 2013-ban 55%-kal volt magasabb 50%-os vízhiányban, mint optimális csapadékellátottságban. Az öntözéshatás (IWUE₂) esetében hasonló, de mérsékeltebb különbségeket tapasztaltunk: 50%-os vízhiányban egységnyi öntözővíz mennyiségből 2011-ben 92%, 2012-ben 48%-kal tudtak több termést előállítani a növények, mint optimális vízellátottságnál. 2013-ban 50%-os vízhiányban 3%-kal kevesebb termést takarítottunk be, mint természetes csapadékellátottság mellett, így az öntözéshatás nem volt értelmezhető. Optimális vízellátottság mellett a növények 1 mm öntözővíz felhasználásával 41,06 kg/ha terméstöbbletet értek el.

5. táblázat. *A csemegekukorica hibridek öntözővíz-hasznosítása (Debrecen, 2011–2013)*

Év (1)	Hibrid (2)	50%-os vízhiány (I ₁) (3)			Optimális vízellátottság (I ₂) (4)		
		Fosztott csőtömeg (kg/ha) (5)	IWUE (kg/ha/ mm) (6)	IWUE ₂ (kg/ha/ mm) (7)	Fosztott csőtömeg (kg/ha) (5)	IWUE (kg/ha/ mm) (6)	IWUE ₂ (kg/ha/ mm) (7)
		2011	GSS 1477	35236	700,45	183,26	32866
	GSS 2259	25985	516,55	75,52	29435	292,56	72,05
	Overland	28354	563,64	112,32	28066	278,96	53,30
	Éves átlag (8)	29858	593,54	123,70	30122	299,39	64,47
2012	GSS 1477	31497	509,58	126,81	32402	262,09	70,72
	GSS 2259	30647	495,82	66,31	36807	297,72	82,98
	Overland	27470	444,42	93,57	26616	215,29	39,88
	Éves átlag (8)	29871	483,27	95,56	31942	258,37	64,52
2013	GSS 1477	16402	278,29	-55,43	25754	218,48	51,62
	GSS 2259	21357	362,36	-5,70	27334	231,88	47,85
	Overland	17911	303,88	30,84	18889	160,24	23,72
	Éves átlag (8)	18557	314,84	-10,10	23992	203,53	41,06
3 év átlaga (9)							
		26095	463,89	83,31	28685	253,76	56,69
Hibridek 3 éves átlaga (10)							
	GSS 1477	27712	496,10	84,88	30341	269,08	63,47
	GSS 2259	25996	458,24	45,38	31192	274,05	67,63
	Overland	24578	437,31	78,91	24524	218,16	38,96

Table 5. Irrigation water use of sweet maize (Debrecen, 2011–2013). (1) Year, (2) Hybrid, (3) 50% water deficit (I₁), (4) Full irrigation (I₂), (5) Ear weight without husk (kg ha⁻¹), (6) Irrigation water use efficiency (kg ha⁻¹ mm⁻¹), (7) Irrigation effect (kg ha⁻¹ mm⁻¹), (8) Mean of the year, (9) Mean of the three year, (10) Mean of the three year of the hybrids

A három év átlagában 50%-os vízhiányban a GSS 1477 öntözővíz-hasznosítása (IWUE) volt a legeredményesebb, a GSS 2259 ennél 8%-kal, az Overland 12%-kal ért el alacsonyabb értéket. Az optimális vízellátottságban kijuttatott öntözővíz mennyiséget a GSS 2259 tudta a legjobban hasznosítani, 1 mm öntözővíz felhasználásával 274,05 kg csövet termelt hektáronként. A GSS 1477 ennél 2%-kal, az Overland 19%-kal kevesebbet (az 5. táblázatban kiemelt értékek).

Az öntözéshatás (IWUE₂) vizsgálata során megállapítottuk, hogy 50%-os vízhiányban a GSS1477 1 mm öntözővíz felhasználásával 84,88 kg termés-többletet ért el hektáronként, az Overland ennél 7%-kal, a GSS 2259 47%-kal produkált kevesebbet. Optimális vízellátottságban a GSS 2259 hozta a legjobb eredményt, ennél a GSS 1477 esetében 6%-kal, az Overlandéban 42%-kal volt alacsonyabb az IWUE₂ értéke.

A csemegekukorica vízhasznosítása és termése között szoros pozitív korrelációt mutattunk ki. A három év adatai alapján eltérő vízellátottsági viszonyok között a csemegekukorica produkcióját nagymértékben befolyásolja a növények vízhasznosítása (3. ábra). A determinációs együttható értéke 50%-os vízhiányban ($R^2=0,965$) és természetes csapadékelátottság mellett ($R^2=0,923$) magasabb, mint optimális vízellátottságnál ($R^2=0,779$).

A csemegekukorica öntözővíz-hasznosítása (IWUE) és a betakarított csőtömeg mennyisége közötti kapcsolat erős, 50%-os vízhiányban a determinációs együttható $R^2=0,87$, optimális vízellátottságnál $R^2=0,753$. Az öntözéshatás (IWUE₂) és az öntözés következtében keletkezett terméstöbblet között szintén erős pozitív összefüggés volt, 50%-os vízhiányban $R^2=0,668$, optimális vízellátottságnál $R^2=0,884$ (4. ábra).

Következtetések

Mindhárom év tenyészidőszakában optimális vízellátottságban volt a legmagasabb a tényleges evapotranszspiráció (ET). A vízellátottság okozta evapotranszspirációs különbségek alapján a csemegekukorica 2011-ben tudott a legegyöntetűbben fejlődni, mivel a csapadékosabb tenyészidőszak mérsékeltbb evapotranszspirációs eltéréseket okozott a kezelések között.

Megállapításaink szerint a csemegekukorica WUE csökkenése mérsékeltbb terméskiesést eredményezett. Az öntözővíz-hasznosítás (IWUE) és a fosztott csőtömeg valamint az öntözéshatás (IWUE₂) és az öntözés miatt kialakult terméstöbblet között erős pozitív korrelációt tapasztaltunk.

3. ábra. A csemegekukorica termése és vízfelhasználása közötti összefüggések a három év (2011–2013) átlagában

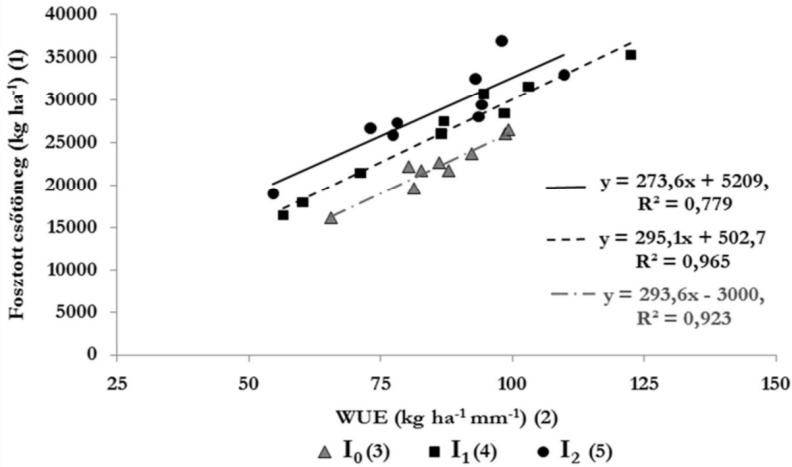


Figure 3. Correlation between yield and WUE of sweet maize in the three experimental years (2011–2013). (1) Ear weight without husk (kg ha^{-1}), (2) Water use efficiency ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$), (3) 50% water deficit, (4) Full irrigation

4. ábra. A csemegekukorica termése és öntözővíz-felhasználása közötti összefüggések a három év (2011–2013) átlagában

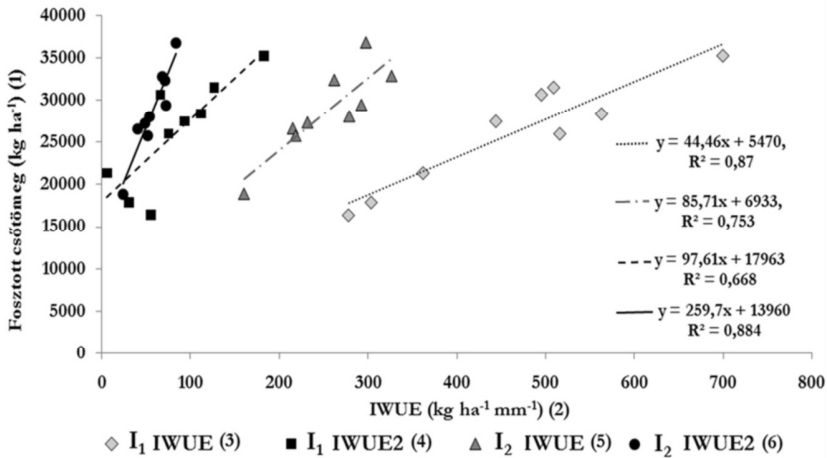


Figure 4. Correlation between yield and IWUE of sweet maize in the three experimental years (2011–2013). (1) Ear weight without husk (kg ha^{-1}), (2) Irrigation water use efficiency ($\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$), (3) Irrigation water use efficiency of 50% water deficit, (4) Irrigation effect of 50% water deficit, (5) Irrigation water use efficiency of full irrigation, (6) Irrigation effect of full irrigation

Az eredmények alapján meghatározható a hibridek termesztéséhez legmegfelelőbb vízellátottsági szint: a csemegekukorica hibridek közül a GSS 1477 az öntözést meghalálja, a GSS 2259 az optimális vízellátottságot részesíti előnyben, az Overland pedig inkább a szárazabb körülményeket.

Irodalom

- Allen, R. G.–Pereira, L. S.–Raes, D.–Smith, M.*: 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage. Paper No. 56. FAO. Rome.
- Antal J.–Jolánkai M.*: 2005. Növénytermesztés tan 1. A növénytermesztés tan alapjai. Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 315–316.
- Arora, V. K.–Gajri, P. R.*: 1998. Evaluation of crop growth-water balance model for analyzing wheat responses to climate and water-limited environment. Field Crops Research. 59: 213–224.
- Cselőtei L.–Nyújtó S.–Csáki A.*: 1993. Kertészet. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 85–245.
- Daniel, L.*: 1978. A csemege- és pattogatni való kukorica termesztése. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 49–151.
- Ertek, A.–Kara, B.*: 2013. Yield and quality of sweet maize under deficit irrigation. Agricultural Water Management. 129: 138–144.
- García, Y.–García, A.–Guerra, L. C.–Hoogenboom, G.*: 2009. Water use and water use efficiency of sweet maize under different weather conditions and soil moisture regimes. Agricultural Water Management. 96: 1369–1376.
- Helyes L.*: 2007. Kertészet. Egyetemi tankönyv. DE AMTC AVK. Debrecen. 17–21.
- Herczeg M.*: 1978. A csemegekukorica termesztése. Martonvásár. 1–11.
- Ombódi A.–Helyes L.*: 2011. Öntözés, kevesebb vízzel. Kertészet és Szőlészet. 60. 2: 7–9.
- Pereczes J.*: 1999. Csemegekukorica. [In: Mártonffy B.–Rimóczi I. (szerk.) Nagymagvú zöldségfélék. Zöldborsó, zöldbab és csemegekukorica.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 50–72.
- Ruzsányi L.*: 1989. Az aszály enyhítésének agrotechnikai lehetőségei. ÖKI Kiadvány. Szarvas. 49–54.
- Salter, R. J.–Goode, J. B.*: 1967. Crop response to water at different stages of growth. Commonw. Agric. Bur. Farham Royal Bucks. England. 246.
- Szász G.*: 1968. A kukorica és lucernaállomány nyári vízfogyasztásának meteorológiai vizsgálata. Növénytermelés. 17. 1: 120–138.
- Varga Gy.*: 1996. A zölségnövények növekedésének és vízfelhasználásának kapcsolata. Hajtás, korai termesztés. 27. 2: 15–23.

- Varga-Haszonits Z. – Varga Z. – Lantos Zs. – Enzsölné Gerencsér E. – Milics G.:* 2008. A talajok vízellátottságának hatása a gazdasági növények vízigényének alakulására. *Agrokémia és Talajtan*. 57. 1: 7–20.
- Ványiné Széles, A. – Megyes, A – Nagy, J.:* 2012. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management*. 107: 133–144.
- Viets, Jr. F. G.:* 1962. Fertilizers and the efficient use of water. *Adv. Agron*. 14: 223–264.
- Viswanatha, G. B. – Ramachandrappa, B. K. – Ninjappa, H. V.:* 2002. Soil-plant water status and yield of sweet maize (*Zea mays* L. cv. Saccharata) as influenced by drip irrigation and planting methods. *Agricultural Water Management*. 55: 85–91.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Molnár Krisztina – Dr. Rácz Csaba – Dr. Dövényi-Nagy Tamás –
Bakó Károly – Dr. Dobos Attila Csaba
DE ATK Agrometeorológiai és Agroökológiai Monitoring Központ
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*molnark@agr.unideb.hu

Dr. Nemeskéri Eszter
DE ATK Kutatóintézetek és Tangazdaság
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Dr. Nagy János
DE MÉK Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Növényfiziológiai tulajdonságok hatása őszi búza (*Triticum aestivum* L.) genotípusok termésére eltérő évjáratokban

PEPÓ PÉTER – SZILÁGYI GERGELY

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

Összefoglalás

Két eltérő évjáratban (2013. év = átlagos, 2014. év = kedvező) vizsgáltuk a tápanyag-ellátás hatását két eltérő genotípusú őszi búzafajta (GK Csillag, Mv Toldi) termésére, levélterületére (LAI), relatív klorofilltartalmára (SPAD), illetve ezen növényfiziológiai paraméterek dinamikájára. Tartamkísérletben, csernozjom talajon 2013. évben a búzafajták termése 1600–6200 kg/ha, 2014. évben pedig 4400–8500 kg/ha között változott genotípustól és műtrágyaadagától függően. Az évjárat hatása különösen jelentős volt a kontroll kezelésben (2013-ban 1600–1700 kg/ha, 2014-ben 4400–5400 kg/ha termés műtrágyázás nélkül). A trágyázás termésmenvelő hatása 2013-ban 4,0–4,5 t/ha, 2014-ben pedig 2,9–4,1 t/ha között változott.

A levélterületet legnagyobb mértékben az évjárat és a trágyázás befolyásolta, a genotípus pedig kisebb mértékben módosította. A maximális levélterület értékeket (LAI_{max}) a BBCH 61–69 (virágzás) és BBCH 71–77 (tejesérés) fenofázisokban kaptuk (2013. évben 0,8–2,8 m² m⁻², 2014-ben 0,9–7,9 mm⁻² LAI_{max} értékek trágyakezeléstől és fajtától függően).

A relatív klorofilltartalom (SPAD) értékeit az évjárat és a genotípus kevésbé, a trágyázás jelentős mértékben befolyásolta. A maximális SPAD értékeket az őszi búza a BBCH 30–37 (szárbaindulás) és a BBCH 61–69 (virágzás) fenofázisaiban mértük (2013-ban 29,6–49,7, 2014-ben 43,2–62,2 között változtak a $SPAD_{max}$ értékek).

A Pearson-féle korrelációs analízissel a búzafajták termése és LAI értékei (0,681** – 0,802**), valamint a termés és a SPAD értékek (0,767** – 0,893**) között szoros, szignifikáns összefüggést lehetett megállapítani.

Kulcsszavak: őszi búza, termés, LAI, SPAD

The impact of plant physiological characteristics on the yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in different crop years

P. PEPÓ – G. SZILÁGYI

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

Summary

The impact of nutrient supply on the yield, leaf area (LAI), relative chlorophyll content (SPAD) of two winter wheat varieties with different genotypes (GK Csillag, Mv Toldi) and the dynamics of these plant physiological parameters were examined in two different crop years (2013 = average, 2014 = favourable). In 2013, the yield of the different wheat varieties was between 1600–6200 kg ha⁻¹ in a long-term experiment on chernozem soil, while the obtained yield was between 4400–8500 kg ha⁻¹ in 2014, depending on genotype and the applied fertiliser dose. The impact of crop year was especially significant in the control treatment (1600–1700 kg ha⁻¹ in 2013 and 4400–5400 kg ha⁻¹ in 2014 without fertilisation). The yield increasing impact of fertilisation was 4.0–4.5 t ha⁻¹ in 2013 and 2.9–4.1 t ha⁻¹ in 2014.

Leaf area was most significantly affected by crop year and fertilisation, while genotype had a less notable impact. The highest leaf area (LAI_{max}) values were obtained at the BBCH 61–69 (silking) and BBCH 71–77 (milk stage) phenophases (0.8–2.8 m² m⁻² in 2013 and 0.9–7.9 mm² in 2014, depending on the applied fertiliser doses and varieties).

The relative chlorophyll content (SPAD) was less affected by crop year and genotype, but it was significantly influenced by fertilisation. The highest SPAD values were obtained at the BBCH 30–37 (shooting) and the BBCH 61–69 (silking) phenophases

of winter wheat (SPAD_{max} values were between 29.6–49.7 in 2013 and 43.2–62.2 in 2014).

Pearson's correlation analysis showed a close and significant correlation between the yield the different wheat varieties and their LAI (0.681**–0.802**), as well as between yield and SPAD readings (0.767**–0.893**).

Key words: winter wheat, yield, LAI, SPAD

Влияния физиологических свойств растений на урожай генотипов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в различные годы выращивания

П. ПЕПО – Г. СИЛАДЬИ

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

Резюме

В два различных года выращивания (2013 год = средний, 2014 год = благоприятный) исследовали влияние обеспеченности питательным веществом на урожай, площадь листа (LAI), относительное содержание хлорофилла (SPAD), а также на динамику физиологических параметров растений, отличающихся генотипами сортов озимой пшеницы (GK Csillag, Mv Toldi). В продолжительном опыте, на чернозёмной почве в 2013 году урожай сортов пшеницы изменялся в зависимости от генотипа и дозы удобрений в рамках 1600–6200 kg/ha, а в 2014 году 4400–8500 kg/ha. Влияние года выращивания было особенно значительным в контрольной дозе (в 2013 году урожай 1600–1700 kg/ha, в 2014 году урожай 4400–5400 kg/ha без внесения искусственных удобрений). Увеличивающее урожай влияние удобрений в 2013 году менялось в пределах 4,0–4,5 t/ha, а в 2014 году 2,9–4,1 t/ha.

На площадь листа в наибольшей мере повлияли год выращивания и удобрение, а генотип в меньшей степени изменял это. Максимальные величины площади листа (LAI_{max}) получили в фенофазы ВВСН 61–69 (цветение) и ВВСН 71–77 (молочная спелость) (в 2013 году 0,8–2,8 m² m⁻², в 2014 году 0,9–7,9 mm² LAI_{max} величины в зависимости от доз удобрений и сорта).

На величины относительного содержания хлорофилла (SPAD) год выращивания и генотип оказали меньшее влияние, а внесение удобрений оказало значительное влияние. Максимальные величины SPAD измерили в фазе озимой пшеницы ВВСН 30–37 (стеблевание) и ВВСН 61–69 (цветение) (в 2013 году 29,6–49,7, в 2014 году 43,2–62,2 изменялись показатели SPAD_{max}).

Корреляционным анализом по методу Pearson-а можно было установить тесную значительную взаимосвязь между урожаем сортов пшеницы и показателями LAI(0,681**–0,802**), а также между урожаем и величинами SPAD(0,767**–0,893**).

Ключевые слова: озимая пшеница, урожай, LAI, SPAD

Bevezetés

A búzatermesztés meghatározó jelentőségű a hazai szántóföldi növénytermesztésben. Napjainkban a második legnagyobb területen (~1,1 millió ha) termelt növényünk. Az elmúlt évtizedekben a hazai termésátlagok (3–5 t/ha) jelentősen elmaradtak a korszerű termesztéstechnológiát bevezető nyugat-európai országok termésszintjéhez (~6–8 t/ha) képest, valamint a termésszűkítés is igen jelentős mértékűvé vált (Pepó 2014). A búza termésmennyiségét az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők egyaránt erőteljesen befolyásolják. Az ökológiai feltételek közül különösen fontos az adott évszázad vízellátottsága (Jolánkai et al. 2009, Kádár és Márton 2009, Szabó 2013). Az őszi búza fajtaportfóliója rendkívül széles hazánkban, a legkorszerűbb hazai és külföldi fajták állnak a termesztők rendelkezésére. A búzatermesztésben rendkívül fontos a megfelelő fajta, genotípus megválasztása adott termőhelyi és agrotechnikai feltételek közé (Dotlacil et al. 2000, Kondora et al. 2002). Az agrotechnikai tényezők közül különösen fontos a tápanyagellátás hatása. Pepó és Csajbók (2014) szerint a trágyázás búza termésére gyakorolt hatása kedvezőbb vízellátottságú évszázadokban mérsékeltebb (26–28%), szárazabb évszázadokban sokkal jelentősebb (50–75%) volt.

A búza termésmennyiségét jelentősen befolyásolja az állományok fotoszintetikus kapacitása, amely egyrészt a levélterület (LAI), másrészt a levelek klorofill tartalmának (SPAD) abszolút értékeit, ill. azok tenyészedőbeli dinamikáját jelenti. A búza levélterületét, annak dinamikáját jelentősen befolyásolja az évszázad (Porter 1984, Ashraf et al. 1994, Steduto és Hsiao 1998), valamint a fajta,

a genotípus is (*Mu et al.* 2010, *Szabó* 2013). Az agrotechnikai elemek közül a tápanyagellátás, elsősorban a nitrogénellátás szerepe kiemelkedő a LAI értékek nagyságára (*Bojovič és Markovič* 2009, *Casa et al.* 2012). *Sugár és Berzsényi* (2012) szerint az őszi búza maximális LAI értékei a virágzást megelőző 14–21 nappal alakulnak ki, míg *Li et al.* (2008) a maximumokat a virágzás fenofázisában tapasztalták. Számos kutató vizsgálatai szerint a búza LAI értékei és termésmennyisége között pozitív összefüggés mutatható ki (*Hansen és Schjoerring* 2003, *Tian et al.* 2011, *Garg et al.* 2013).

A fotoszintetikus kapacitás másik fontos eleme a növény, a levelek klorofilltartalma, amelynek szántóföldi, roncsolásmentes (non-destructive) meghatározása közvetett úton, a SPAD értékek használatával valósítható meg. *Delgado et al.* (1994) vizsgálatai szerint a SPAD értékek stressz körülmények között nőttek. *Chen et al.* (2012) megállapította, hogy a nitrogénellátás és a SPAD értékek között szignifikáns kapcsolat volt. Több közleményben a kutatók a SPAD érték és a termésmennyiség közötti összefüggést bizonyították (*Arreguri et al.* 2006, *Fekete et al.* 2013, *Yildirim et al.* 2013).

Anyag és módszer

A szabatos, szántóföldi kisparcellás tartamkísérletet 1983. évben állítottuk be a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Látóképi Kísérleti Telepén mézlepedékes csernozjom talajon. A kísérleti terület talajának beállításkori humusztartalma 2,7–2,8%, kémhatása közel semleges (pH_{KCl} 6,46) volt. A humuszréteg vastagsága 80–100 cm. A talaj felső 0–25 cm-es rétegének AL-oldható P_2O_5 tartalma 135 mg/kg, AL-oldható K_2O tartalma 240 mg/kg. A csernozjom talaj kiváló vízgazdálkodási tulajdonságokkal jellemezhető.

A kísérletben 6 tápanyagszinten vizsgáljuk a különböző genotípusú búzafajták tápanyagigényét és -reakcióját. Jelen közleményünkben a kontroll, az $\text{N}=60+\text{P}_2\text{O}_5=45+\text{K}_2\text{O}=53$ kg/ha, az $\text{N}=120+\text{P}_2\text{O}_5=90+\text{K}_2\text{O}=106$ kg/ha műtrágyakezelések eredményeit ismertetjük. A tartamkísérlet split-split-plot elrendezésű, a parcellák 10 m^2 területűek. A tartamkísérlet 30 éves időtartama alatt a foszfor és kálium műtrágyák 100%-át, valamint a nitrogén műtrágya 50%-át összesen juttattuk ki. A nitrogén további 50%-ának a kiszórása koratavasszal történt meg. A kísérlet előveteménye valamennyi évben csemegekukorica volt.

A kísérletben egységes, korszerű agrotechnikát (talajművelés, vetés, növényvédelem, betakarítás) alkalmaztunk.

A tartamkísérletben az őszi búza vegetációs periódusa során folyamatosan, több alkalommal, szántóföldi körülmények között határoztuk meg az állományok asszimilációs területét (LAI) és a relatív klorofilltartalmát (SPAD):

Fenofázis	Mérési időpontok	
BBCH 30–37 (szárbaindulás)	2013. 04. 24.	2014. 03. 27.
BBCH 61–69 (virágzás)	2013. 05. 29.	2014. 05. 05.
BBCH 71–77 (tejesérés)	2013. 06. 10.	2014. 05. 26.
BBCH 83–89 (viaszérés)	2013. 06. 29.	2014. 06. 10.

A levélfelület értékeket a SunScan Canopy Analysis Systems (SS1) hordozható levélfelület mérő segítségével, a levél relatív klorofilltartalmát pedig a Soil Plant Analysis Development (SPAD-502 Plus, Konica Minolta) klorofill mérőműszer használatával határoztuk meg.

A LAI vizsgálatokat minden mérési időpontban parcellánként 6 mintahegyen (kezelésenként 24 mérés) végeztük el. A SPAD méréseket parcellánként 20 növényen (kezelésenként 80 mérés) hajtottuk végre úgy, hogy a kalászoságig a legfejlettebb leveleken, majd a kalászoslást követően a zászlósleveleken történt a mérés.

A búza terméseredményeit 14% nedvességtartalomra átszámítva közöljük a táblázatokban.

A kísérleti eredményeket az SPSS for Windows 13.0 és a Microsoft Office 2013 Excel program segítségével értékeltük variancia-analízissel és Pearson-féle korrelációs számítással.

Eredmények

Bár az őszi búza az időjárási hatásokra kevésbé érzékeny növény, de hosszú tenyészideje során számos környezeti hatás érheti az állományokat. A búza elsősorban a vízellátásra érzékeny, de a hőmérséklet is befolyásolja a fejlődését. A vizsgált két évjárat meteorológiai feltételei jelentősen eltértek egymástól (1. táblázat). A 2012/2013. tenyészév száraz őszi időszaka nem kedvezett az állományok kelésének és kezdeti fejlődésének. A téli időszak és kora tavaszi, márciusi télies időjárás és extrém csapadékmennyiség (136,3 mm) szintén kedvezőtlenül befolyásolta a növények bokrosodását és vegetatív fejlődését.

1. táblázat. A csapadék (mm) és hőmérséklet (°C) havt értékei az őszi búza vegetációs periódusában (Debrecen, 2013–2014)

Év (1)	Okt. (5)	Nov. (6)	Dec. (7)	Jan. (8)	Febr. (9)	Márc. (10)	Ápr. (11)	Máj. (12)	Jún. (13)	Júl. (14)	Összes (15)
	Csapadék (mm) (2)										
2012/2013	22,4	16,6	65,8	38,7	52,9	136,3	48,0	68,7	30,8	15,6	495,8
2013/2014	39,1	51,5	0	39,2	26,0	11,3	39,6	69,4	7,9	128,0	412,0
30 éves átlag (4)	30,8	45,2	43,5	37,0	30,2	33,5	42,4	58,8	79,5	65,7	466,6
	Hőmérséklet (°C) (3)										
2012/2013	11,1	7,2	-1,2	-1,0	2,3	2,9	12,0	16,6	19,6	21,2	9,07
2013/2014	11,8	7,6	0,5	2,0	7,8	8,9	12,3	15,4	19,0	21,2	10,65
30 éves átlag (4)	10,3	4,5	-0,2	-2,6	0,2	5,0	10,7	15,8	18,7	20,3	8,27

Table 1. Monthly values of precipitation (mm) and temperature (°C) in the vegetation period of winter wheat (Debrecen, 2013–2014). (1) Year, (2) Precipitation (mm), (3) Temperature (°C), (4) 30-year-average, (5) October, (6) November, (7) December, (8) January, (9) February, (10) March, (11) April, (12) May, (13) June, (14) July, (15) Total, (16) Average

Bár a 2012/2013. vegetációs periódusban lehullott összes csapadék mennyisége (495,8 mm) meghaladta a 30 éves átlagot (466,6 mm), mégis annak kedvezőtlen eloszlása a termésre kedvezőtlen hatású volt. A 2013/2014. tényészév rendkívül különleges volt, elsősorban a havi hőmérsékleti értékek vonatkozásában (1. táblázat). Ebben az évjáratban a téli hónapok hőmérséklete extrém módon meghaladta a sokévi átlagokat (decemberben 0,5 °C, a sokévi átlag -0,2 °C, januárban 2,0 °C, illetve -2,6 °C, februárban 7,8 °C, illetve 0,2 °C), amely lehetővé tette az állományok zavartalan, folyamatos vegetatív fejlődését. Ennek következtében egyrészt hatalmas vegetatív tömeget képeztek a vizsgált őszi búzafajták, másrészt a növények fenológiai szakaszai is mintegy 2–3 héttel korábban következtek be. Ez a jelentős vegetatív tömeg teremtette meg a nagy termések fiziológiai alapját a 2014. évben.

A vizsgált őszi búzafajták terméseredményeit a 2. táblázat tartalmazza, ahol a tartamkísérletek valamennyi műtrágya kezelésének terméseredményeit közöljük, külön kiemelve azoknak a terméseit, amelyekben a növényfiziológiai méréseket (LAI, SPAD) végeztük.

2. táblázat. Az évjárat és trágyázás hatása az őszi búzafajták termésére (Debrecen, 2013–2014)

Műtrágya- kezelés (1)	GK Csillag		Mv Toldi	
	2013	2014	2013	2014
Kontroll (2)	1652	5431	1547	4372
N ₆₀ +PK	4589	8350	4172	8520
N ₁₂₀ +PK	6207	7519	5616	8019
SzD _{5%} (3)	587		590	

Table 2. The impact of crop year and fertilisation on the yield of each winter wheat variety (Debrecen, 2013–2014). (1) Fertiliser treatment, (2) Control, (3) LSD_{5%}

A 2013. évben a vizsgált kezelések (kontroll, N₆₀+PK, N₁₂₀+PK) terméseredménye a GK Csillag fajtánál 1652–6207 kg/ha, az Mv Toldinál pedig 1547–5616 kg/ha között változott. Ebben az évben a kedvezőtlen időjárási hatások okozta stressz a hiányos tápanyag-ellátású kezelés (kontroll 1983. év óta) rendkívül mérsékelt terméseredményében jelentkezett (1,55–1,65 t/ha). A trágyázás hatására a búzafajták termése jelentős mértékben (4,0–4,5 t/ha) növeke-

dett, az $N_{120}+PK$ kezelésben – a kedvezőtlen időjárási hatások ellenére – átlagos termésszintet (5,62–6,21 t/ha) ért el. A 2014. év rendkívül enyhe téli időjárása és kedvező csapadékviszonyai lehetővé tették egyrészt a búzafajták földfeletti vegetatív tömegének és a gyökérzetének zavartalan fejlődését, másrészt a kiváló N-szolgáltató képességű csernozjom talajban az ásványi N-feltáródást. Ennek együttes eredményeként a 2014. évben – a kiemelt műtrágyakezelésekben – a GK Csillag fajta termése 5431–7519 kg/ha, az Mv Toldi fajtáé pedig 4372–8520 kg/ha között változott. A kontroll kezelésben a búzafajták termésszintje igen magas volt (4,37–5,43 t/ha), amely a műtrágya kezelésekre hatására 2,9–4,1 t/ha-ral növekedett. A búzafajták termésmaximuma 1,3–2,4 t/ha-ral múlta felül 2014. évben a 2013. évi szintet.

A 2013. és 2014. évben folyamatosan mértük a búza állományok LAI értékeit meghatározott fenológiai szakaszokban (BBCH 30–37 = szárbaindulás, BBCH 61–69 = virágzás, BBCH 71–77 = tejesérés, BBCH 83–89 = viaszérés), melyeknek időpontjai a két év eltérő időjárása miatt jelentősen különböztek (1–2. ábra). A két évben mindkét fajta LAI értékei a virágzás (BBCH 71–77) és tejesérés (BBCH 83–89) időszakában érték el a maximumukat. 2013. évben a GK Csillag LAI_{max} értékei 0,8–1,8 $m^2 m^{-2}$, az Mv Toldié pedig 0,9–2,8 $m^2 m^{-2}$ között, 2014. évben pedig 2,6–5,3 $m^2 m^{-2}$, illetve 3,5–7,9 $m^2 m^{-2}$ között változtak. Mindkét évjáratban a kontroll kezeléshez képest a műtrágyázás 2–2,5-szeresére növelte az asszimilációs területet az $N_{120}+PK$ kezelésben. A 2014. évi nagyobb LAI értékek mellett az eltérő LAI dinamika (korán, már a szárbainduláskor kialakult nagy asszimilációs terület) is hozzájárult a nagyobb szemtermés kialakulásához.

A relatív klorofilltartalom (SPAD) értékeit a vegetációs periódusban a 3–4. ábra tartalmazza. A kísérleti adataink azt bizonyították, hogy a két évjárat között a különbségek mérsékeltebbek voltak, mint a LAI értékek vonatkozásában. Ugyanakkor a korai fenofázisban (BBCH 30–37) már igen kedvező SPAD értékeket mértünk a 2014. évben és ezek a kedvező értékek a virágzáskor (BBCH 61–69) is megmaradtak. A 2013. évben és a 2014. évben is a $SPAD_{max}$ értékeket szárbainduláskor (BBCH 30–37) és virágzáskor (BBCH 61–69) mértük. A GK Csillag fajta $SPAD_{max}$ értékei 2013. évben 31,1–49,7, 2014. évben pedig 43,2–62,2 között, az Mv Toldi fajtáé pedig 30,3–45,9, illetve 49,9–54,3 között változtak. Különösen jelentős volt a $SPAD_{max}$ értékekben a különbség a kontroll tápanyagszinten a két évjárat között.

1. ábra. Az évjárat és trágyázás hatása a GK Csillag őszi búzafajta
LAI dinamikájára
(Debrecen, 2013–2014)

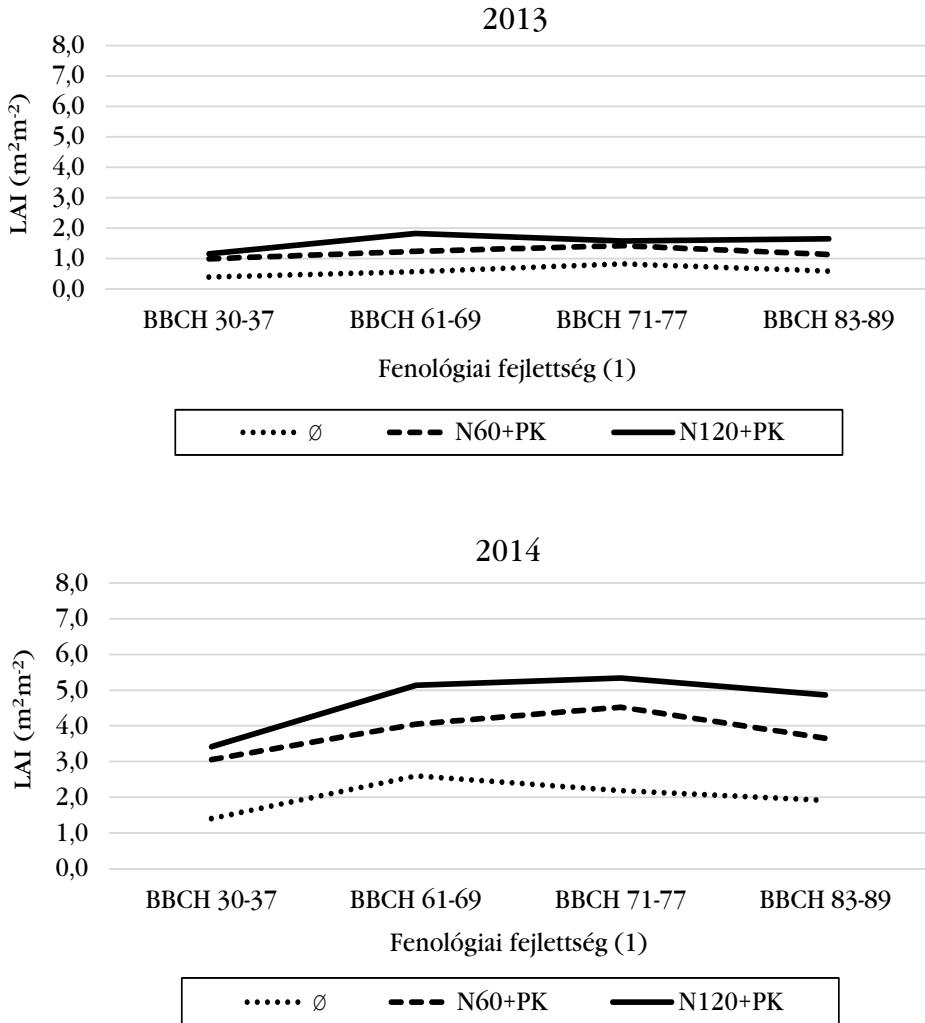


Figure 1. The impact of crop year and fertilisation on the LAI dynamics of the winter wheat variety GK Csillag (Debrecen, 2013–2014). (1) Phenological development level

2. ábra. Az évjárat és trágyázás hatása az Mv Toldi őszi búzafajta LAI dinamikájára (Debrecen, 2013–2014)

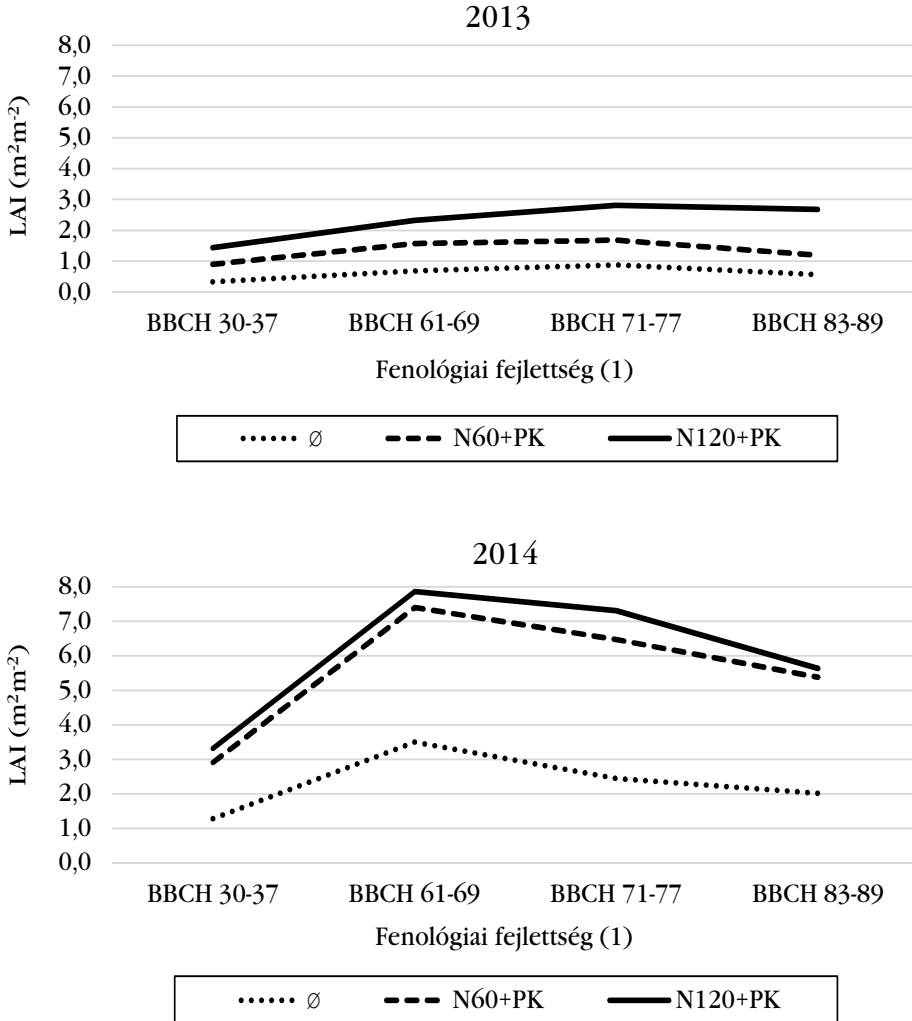


Figure 2. The impact of crop year and fertilisation on the LAI dynamics of the winter wheat variety Mv Toldi (Debrecen, 2013–2014). (1) Phenological development level

3. ábra. Az évjárat és trágyázás hatása a GK Csillag őszi búzafajta relatív klorofilltartalmának (SPAD) dinamikájára (Debrecen, 2013–2014)

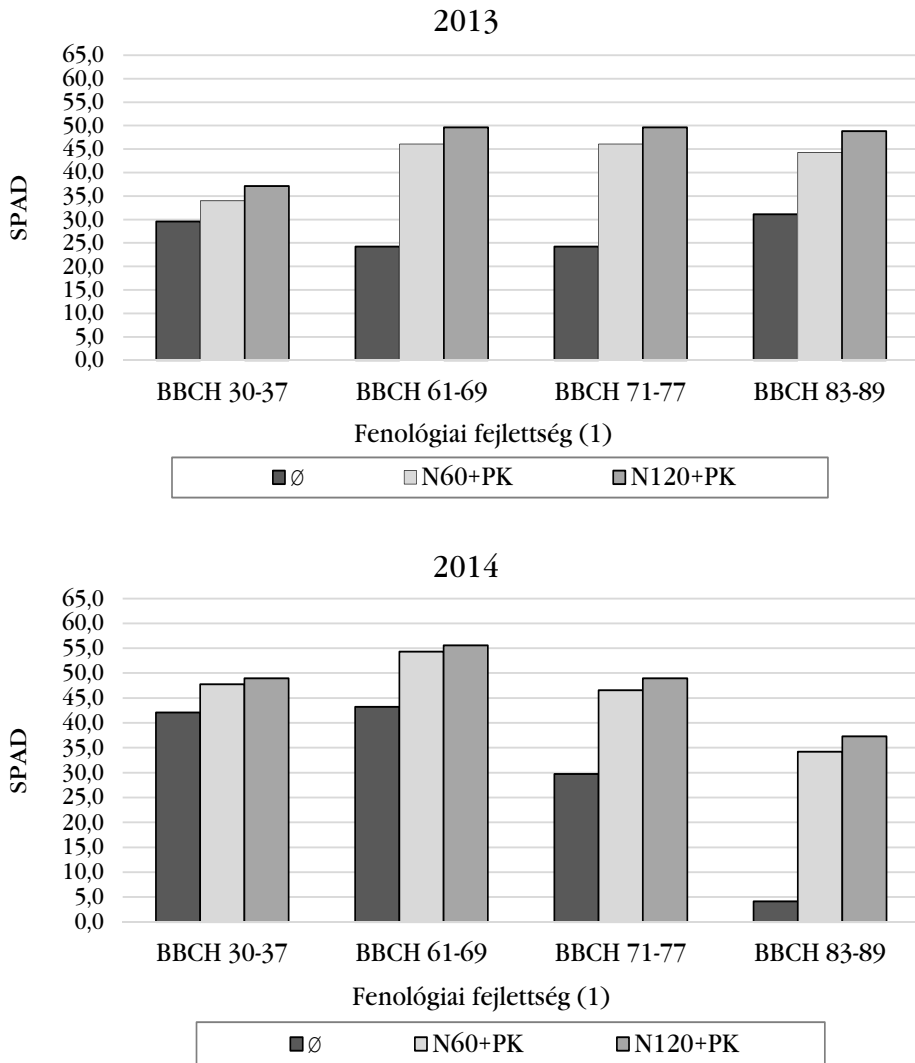


Figure 3. The impact of crop year and fertilisation on the relative chlorophyll content (SPAD) dynamics of the winter wheat variety GK Csillag (Debrecen, 2013–2014). (1) Phenological development level

4. ábra. Az évjárat és trágyázás hatása az Mv Toldi őszi búzafajta relatív klorofilltartalmának (SPAD) dinamikájára (Debrecen, 2013–2014)

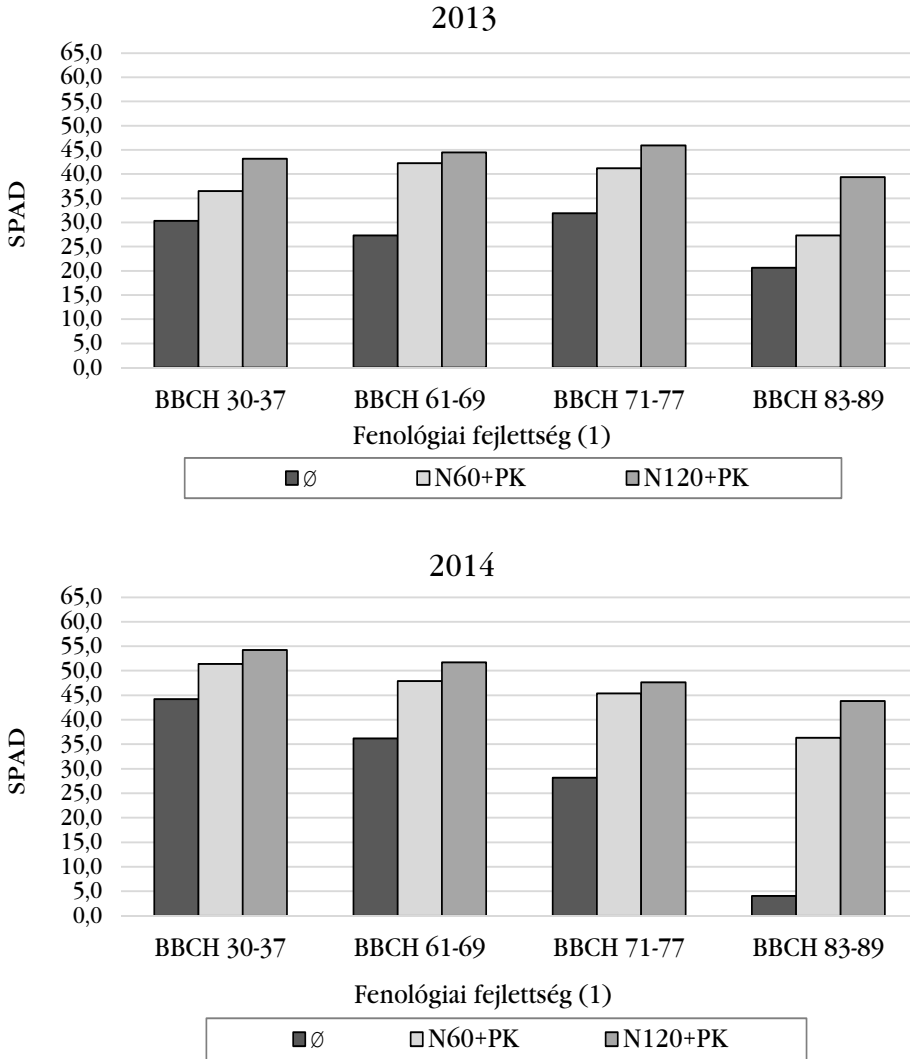


Figure 4. The impact of crop year and fertilisation on the relative chlorophyll content (SPAD) dynamics of the winter wheat variety Mv Toldi (Debrecen, 2013–2014). (1) Phenological development level

Következtetések

Tartamkísérletben, csernozjom talajon, a Hajdúságban két eltérő időjárású évjáratban (2013. és 2014. évek) vizsgáltuk a tápanyagellátás hatását a GK Csillag és az Mv Toldi őszi búzafajták termésére, levélterület (LAI) és relatív klorofilltartalmának (SPAD) dinamikájára. A Pearson-féle korrelációs számítás eredményei (3. táblázat) azt bizonyították, hogy szoros összefüggés állapítható meg a búzafajták terméseredménye és a LAI értékek (0,681**–0,802**), valamint a termés és a SPAD értékek (0,767**–0,893**) között. Kísérleti eredményeink szerint – a korábbi kutatási eredményekkel egyezően – a búzafajták termés-eredményét az időjárás tényezők (Jolánkai *et al.* 2009), a genotípus (Dotlacil *et al.* 2000), valamint a trágyázás (Pepó és Csajbók 2014) egyaránt befolyásolta. A 2013. évben a GK Csillag fajta termése – a növényfiziológiai vizsgálatok kezeléseiben – 1652–6207 kg/ha, az Mv Toldié pedig 1547–5616 kg/ha között változott. A kedvező vízellátottságú és extrém enyhe telű 2014. évben a búzafajták termésmaximuma 1,3–2,4 t/ha-ral múlta felül a 2013. évi értékeket (GK Csillag termése 5431–8350 kg/ha, Mv Toldi termése 4372–8520 kg/ha között változott). Különösen jelentős volt a különbség a kontroll kezelésben. A műtrágyázás hatására 2013. évben 4,0–4,5 t/ha, 2014. évben 2,9–4,1 t/ha terméstöbbletet kaptunk.

Hasonlóan Porter (1984), Ashraf *et al.* (1994) által közölt adatokhoz kísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy a búza LAI értékeit az évjárat és tápanyagellátás (Bojovič és Markovič 2009, Casa *et al.* 2012) jelentősen befolyásolta. Vizsgálatainkban a LAI_{max} értékeket a BBCH 61–69 (virágzás) és BBCH 71–77 (tejesérés) fenofázisaiban kaptuk (2013-ban a GK Csillag fajta LAI_{max} értékei 0,8–1,8 m² m⁻², az Mv Toldié 0,9–2,7 m² m⁻², 2014-ben pedig 2,6–5,4 m² m⁻², illetve 3,5–7,9 m² m⁻² között változtak).

A relatív klorofilltartalmat (SPAD) az évjárat és a fajta kevésbé befolyásolta. Chen *et al.* (2012) vizsgálataihoz hasonlóan viszont szoros összefüggést lehetett kimutatni a N-ellátás és a SPAD értékek között. A LAI értékekkel ellentétben a SPAD maximális értékeit a BBCH 30–37 (szárbaindulás) és BBCH 61–69 (virágzás) fenofázisaiban mértük.

A korábbi kutatási eredményeket megerősítették a saját vizsgálataink, amely szerint a LAI és termés között (Hansen és Schjoerring 2003, Garg *et al.* 2013), valamint a SPAD és termés között (Arreguri *et al.* 2006, Yildirim *et al.* 2013) szoros, pozitív kapcsolat állapítható meg a Pearson-féle korreláció-analízissel.

3. táblázat. A maximális asszimilációs terület (LAI_{max}), a maximális relatív klorofilltartalom ($SPAD_{max}$) és az őszi búzafajták termése közötti összefüggés-vizsgálat Pearson-féle korrelációanalízissel (Debrecen, 2013–2014)

Tenyészév (1)	Tényezők (2)	Termés (3)	LAI_{max} (4)	$SPAD_{max}$ (5)
2013	Termés (3)	1		
	LAI_{max} (4)	0,681(**)	1	
	$SPAD_{max}$ (5)	0,892(**)	0,621(**)	1
2014	Termés (3)	1		
	LAI_{max} (4)	0,703(**)	1	
	$SPAD_{max}$ (5)	0,767(**)	0,635(**)	1
2013–2014	Termés (3)	1		
	LAI_{max} (4)	0,802(**)	1	
	$SPAD_{max}$ (5)	0,893(**)	0,703(**)	1

Megjegyzés: (**) – a korreláció szignifikáns $SzD_{1\%}$ -os szinten

Table 3. Pearson's correlation analysis between the maximum assimilation area (LAI_{max}), the maximum relative chlorophyll content ($SPAD_{max}$) and the yield of the different winter wheat varieties (Debrecen, 2013–2014). (1) Growing year, (2) Factors, (3) Yield, (4) LAI_{max} , (5) $SPAD_{max}$. Note: (**) – the correlation is significant at the $LSD_{1\%}$ level

Irodalom

- Arregui, L. M.–Lasa, B.–Lafarga, A.–Irañeta, I.–Baroja, E.–Quemada, M.: 2006. Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 24. 2: 140–148.
- Ashraf, M. Y.–Azmi, A. R.–Khan, A. H.–Ala, S. A.: 1994. Effect of water stress on total phenols peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Physiol. Plant.* 16: 185–191.
- Bojović, B.–Marković, A.: 2009. Correlation between nitrogen and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Kragujevac J. Sci.* 31: 69–74.
- Casa, R.–Varela, H.–Buis, S.–Guérif, M.–de Solan, B.–Baret, F.: 2012. Forcing a wheat crop model with LAI data to access agronomic variables: Evaluation of the impact of model and LAI uncertainties and comparison with an empirical approach. *European Journal of Agronomy*. 37. 1: 1–10.

- Chen, X.–Min, D.–Yasir, T.–Hu, Y. G.: 2012. Evaluation of 14 morphological, yield-related and physiological traits as indicators of drought tolerance in Chinese winter bread wheat revealed by analysis of the membership function value of drought tolerance (MFVD). *Field Crops Research*. 137: 195–201.
- Delgado, E.–Mitchell, R. A. C.–Parry, M. A. J.–Driscoll, S. P.–Mitchell, V. J.–Lawlor, D. W.: 1994. Interacting effects of CO₂ concentration, temperature and nitrogen supply on the photosynthesis and composition of winter wheat leaves. *Plant Cell Environ.* 17: 1205–1213.
- Dotlacil, L.–Hermuth, J.–Tisová, V.–Brindza, J.–Debre, F.: 2000. Yield potential and stability in selected winter wheat landraces and obsolete cultivars of European origin. *Rostl. Vyr.* 46: 153–158.
- Fekete, Á.–Pósa, B.–Sallai, A.–Tarnaava, Á.–Klupács, H.: 2013. Evaluating the correlation between yield characteristics and spad values of winter (*Triticum aestivum* L.) treated different N doses. *Növénytermelés. Supple.* 62: 179–182.
- Garg, R. N.–Singh, G. P.–Gupta, V. K.–Singh, S.–Singh, R.: 2013. Hyperspectral remote sensing for growth-stage-specific water use in wheat Sudipta Chattaraj, Debashis Chakraborty. *Field Crops Research*. 144: 179–191.
- Hansen, P. M.–Schjoerring, J. K.: 2003. Reflectance measurement of canopy biomass and nitrogen status in wheat crops using normalized difference vegetation indices and partial least squares regression. *Remote Sensing of Environment*. 86. 4: 542–553.
- Jolánkai P.–Tóth Z.–Kismányoky T.–Farkas I.: 2009. Agrokémiai kezelések hatása őszi búza (*Triticum aestivum* L.) monokultúrában. *Növénytermelés*. 58. 1: 39–50.
- Kádár I.–Márton L.: 2009. Kísérleti eredmények a műtrágyázás, évjáratok elővetemények hatása eltérő agroökológiai körzetek sajátos körülményeinél: Nagyhorcsök. [In: Debreceni B.-né-Németh T. (szerk.) *Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967–2001).*] Akadémiai Kiadó – Argumentum Kiadó. Budapest. 124–142.
- Kondora C.–Szabó M.–Ángyán J.: 2002. Őszi búzafajták terméseredményeinek vizsgálata földhasználati zónarendszer alapján. *Növénytermelés*. 51. 6: 713–723.
- Li, F.–Meng, P.–Fu, D.–Wang, B.: 2008. Light distribution, photosynthetic rate and yield in a Paulownia-wheat intercropping system in China. *2008 Agroforestry Systems An International Journal Incorporating Agroforestry Forum* ©Springer Science+ Business Media B.V. 2008. 10.1007/s10457-008-9122-9
- Mu, H. D.–Jiang, B.–Wollenweber, B.–Dai, T.–Jing, Q.–Cao, W.: 2010. Long-term low radiation decreases leaf photosynthesis, photochemical efficiency and grain yield in winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 196: 38–47.
- Pepó P.: 2014. Az intenzív búzatermesztés agronómiai tényezői. *Agrofórum*. 25. 9: 12–18.
- Pepó P.–Csajbók J.: 2014. Az agrotechnikai elemek szerepe az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termesztésben. *Növénytermelés*. 63. 3: 73–94.

- Porter, J. R.:* 1984. A model of canopy development in winter wheat. *J. Agric. Sci.* 102: 383–392.
- Steduto, P.–Hsiao, T. C.:* 1998. Maize canopies under two soil water regimes II. Seasonal trends of evapotranspiration, carbon dioxide assimilation and canopy conductance, and as related to leaf area index. *Agric. For. Meteorol.* 89: 185–200.
- Sugár, E.–Berzsenyi, Z.:* 2012. Effect of N fertilisation on the dynamics of dry matter production and leaf area of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties in different years. *Acta Agronomica Hungarica.* 60: 385–396.
- Szabó É.:* 2013. Növekvő NPK műtrágya adagok hatása néhány őszi búzafajta termésére különböző évjáratokban csernozjom talajon. *Növénytermelés.* 62. 2: 67–88.
- Tian, Z.–Jing, Q.–Dai, T.–Jiang, D.–Cao, W.:* 2011. Effects of genetic improvements on grain yield and agronomic traits of winter wheat in the Yangtze River Basin of China. *Field Crops Research.* 124. 3: 417–425.
- Yıldırım, M.–Koç, M.–Akinci, C.–Barutçular, C.:* 2013. Variations in morphological and physiological traits of bread wheat diallel crosses under timely and late sowing conditions. *Field Crops Research.* 140: 9–17.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Pepó Péter – Szilágyi Gergely
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*pepopeter@agr.unideb.hu



NAGY JÁNOS főszerkesztő

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

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika
