

Crop
Production

 NAKVI Nemzeti Agrárszaktanácsadási,
Képzési és Vidékfejlesztési Intézet

NÖVÉNYTERMELÉS

63. kötet | 4. szám | 2014. december

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



A vetésidő hatása három eltérő tenyészidejű kukoricahibrid mennyiségi és egyes minőségi paramétereire

Gyökérrendszer növekedésének és vízfelvételeinek *in situ* monitorozása elektromos kapacitás méréssel

A talaj vízháztartásának vizsgálata eltérő vetésidejű borsó (*Pisum sativum* L.) állományban

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

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

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

DEBRECENI EGYETEM
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 63 (2014) 4
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

63. kötet, 4. szám, 2014. december

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

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

FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM

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

A nyomást és kötést a D-Plus Nyomda Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Dr. Csajbók József

Megjelent: 7 (A/5) iv terjedelemben

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Bene Enikő – Sárvári Mihály – Futó Zoltán</i> : A vetésidő hatása három eltérő tenyészidejű kukoricahibrid mennyiségi és egyes minőségi paramétereire	5
<i>Cseresnyés Imre – Rajkai Kálmán – Takács Tünde</i> : Gyökérrendszer növekedésének és vízfelvételének <i>in situ</i> monitorozása elektromos kapacitás mérésével	25
<i>Dóka Lajos Fülöp</i> : A talaj vízháztartásának vizsgálata eltérő vetésidejű borsó (<i>Pisum sativum</i> L.) állományban	45
<i>Emődi Andrea – Gyulai Ferenc – Mravcsik Zoltán – Gyulai Gábor – Vinogradov Sergey – Szabó T. Attila – Irwin Rovner</i> : Digitális magmorfometria I. – A termesztett alakor fajták és tájfajták (<i>T. m. ssp. monococcum</i>) elemzése	61
<i>Jóvér János – Czimbalmos Ágnes – Győri Zoltán – Puskás Árpád</i> : Silócirok (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) hibridkombinációk néhány értékmérő tulajdonságának vizsgálata	71
<i>Szabó András</i> : Időjárás extrémítások a napraforgó-termesztésben III. – A kritikus agrotechnikai tényezők szerepe a termésminőség javításában	87

CONTENTS

<i>E. Bene – M. Sárvári – Z. Futó</i> : The effect of sowing date on three maize hybrids with different growing seasons on their quantity and some of their quality parameters	5
<i>I. Cseresnyés – K. Rajkai – T. Takács</i> : <i>In situ</i> monitoring of root development and water uptake by electrical capacitance measurement	25
<i>L. F. Dóka</i> : Examination of the water balance of the soil in pea (<i>Pisum sativum</i> L.) populations with different sowing dates	45
<i>A. Emődi – F. Gyulai – Z. Mravcsik – G. Gyulai – S. Vinogradov – A. Szabó T. – I. Rovner</i> : Digital grain morphometry I. – Analysis of the grown einkorn wheat and regional varieties (<i>T. m. ssp. monococcum</i>)	61
<i>J. Jóvér – Á. Czimbalmos – Z. Győri – Á. Puskás</i> : Examination of certain value indicators of sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) hybrid combinations ...	71
<i>A. Szabó</i> : Weather extremities in sunflower production III. – The role of critical agrotechnical factors in improving yield quality	87

СОДЕРЖАНИЕ

Э. Бене – М. Шарвари – З. Футо: Влияние срока посева на количественные и некоторые качественные параметры трёх гибридов кукурузы с различными вегетационными периодами	5
И. Черешнеш – К. Райкаи – Т. Такач: Мониторинг <i>in situ</i> роста корневой системы и поглощения воды измерением электрической ёмкости	25
Л. Ф. Дока: Исследование влагооборота почвы в насаждении гороха (<i>Pisum sativum</i> L.) разного срока посева	45
А. Эмоди – Ф. Дьюлаи – З. Мравчик – Г. Дьюлаи – С. Виноградов – А. Сабо Т. – И. Ровнер: Цифровая морфометрия семян I. – Анализ выращиваемых сортов и местных сортов пшеницы-однозернянки (<i>T. m. ssp. monosocum</i>)	61
Я. Ёвер – А. Цимбалмош – З. Дьори – А. Пушкаш: Исследование некоторых измеряющих показатели свойств комбинаций гибридов силосного сорго (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench)	71
А. Сабо: Погодные экстремальности в выращивании подсолнечника III. – Роль критичных агротехнических факторов в улучшении качества урожая	87

A vetésidő hatása három eltérő tenyészidejű kukoricahibrid mennyiségi és egyes minőségi paramétereire

¹BENE ENIKŐ - ¹SÁRVÁRI MIHÁLY - ²FUTÓ ZOLTÁN

¹Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Növénytudományi Intézet, Debrecen

²Szent István Egyetem Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar,
Környezettudományi Intézet, Szarvas

Összefoglalás

A globális felmelegedés okozta klímaváltozás miatt néhány melegigényes szántóföldi növénynél a jövőben változhat az optimális vetésidő. A kukorica termésmennyiségének alakulásában az optimális vetésidő megválasztása – különösen száraz években – döntő jelentőségű a rohamosan megváltozó körülményekhez való alkalmazkodásban. A fosszilis energiahordozók mennyiségének csökkenésével egyre inkább előtérbe kerül a kukorica bioetanolként való hasznosítása. Emiatt indokolt a kukorica beltartalmi paramétereinek vizsgálata, amelynek alakulását a vetésidő is befolyásolja.

Kísérletünkben arra kerestük a választ, hogy az évről-évre megjelenő újabb korszerű kukoricahibridek termésére és beltartalmi paramétereire milyen hatással van a vetésidő. A kísérleteket a Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézetének Bemutatókertjében 2012–2013 években állítottuk be, jelen cikkünkben pedig három hibrid specifikus vetésidő reakcióját vizsgáltuk (DKC 4590, DA Sonka, Szegedi 386).

A két hasonlóan szélsőséges évjárat körülményeinek hatására a vetésidők jelentős eltéréseket okoztak a vizsgált hibridek termésmennyiségében és minőségében egyaránt. A 2012. tenyészévet klimatikus szempontból extrémítások jellemezték, amely év időjárása rendkívül ellentmondásosnak tekinthető a kukoricatermesztés szempontjából. A téli és tavaszi hónapok aszályos körülményei negatívan hatottak a csírázásra és kezdeti fejlődésre egyaránt. Az intenzív növekedés és a generatív folyamatok szempontjából a kedvező május-júliusi időjárás ideális körülményeket teremtett, az augusztus-szeptemberi csapadékhiány viszont a szemtelítődési folyamatokra volt káros hatású.

A 2012. év kísérleti eredményei alapján megállapítható, hogy aszályos évjáratban a rövidebb tenyészidejű DKC 4590 hibrid késői vetésidőben is nagyobb biztonsággal vethető, azonban a hosszabb tenyészidejű DA Sonka és Szegedi 386 hibrideknél a késői vetésidő alkalmazása akár 2–3 t/ha nagyságú termés kiesést is okozhat. A kapott eredmények igazolják, hogy a bemutatott vizsgált hibridek közül a DKC 4590 a legnagyobb termőképességű és keményítő-tartalmú hibrid, míg olaj- és fehérjetartalmat tekintve a Szegedi 386 hibrid emelhető ki.

A 2013. évben mindhárom hibrid termése a második vetésidőt követő jelentős lehűlési periódus miatt szignifikánsan csökkent az első vetésidő terméseredményeihez viszonyítva. A kora tavaszi belvíz miatt jóval kitolódtak a vetésidők, ami a terméseredményekben megmutatkozott, azonban a vetésidők közötti tendenciák az előző évhez hasonlóak voltak.

A beltartalmi vizsgálatok eredményei szintén igazolják, hogy a nagyobb termőképesség mellé nagyobb keményítőtartalom is párosult. A vetésidők átlagában ugyanis a legnagyobb terméseredményt elérő DA Sonka hibrid (10,1 t/ha) a legnagyobb keményítőértékkel (73,69%) rendelkezett. A Szegedi 386 volt a legmagasabb olajtartalmú hibrid, míg a DKC 4590 a fehérjetartalom szempontjából kimagasló.

Kulcsszavak: kukorica, vetésidő, szemnedvesség-tartalom, beltartalmi paraméterek

The effect of sowing date on three maize hybrids with different growing seasons on their quantity and some of their quality parameters

¹E. BENE – ¹M. SÁRVÁRI – ²Z. FUTÓ

¹University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Crop Sciences, Debrecen

²Szent István University, Faculty of Agricultural and Health Sciences, Institute of Environmental Sciences, Szarvas

Summary

As an effect of climate change caused by global warming, optimum sowing date of some arable plants requiring high temperature can change in the future. Optimum sowing date is crucial from the aspect of adaptation to rapidly changing conditions in the case

of maize yield, especially in dry years. With the decrease of fossil fuels, usage of maize as bioethanol is becoming an increasingly important topic. Therefore, the analysis of the nutritional parameters of maize is strongly reasonable and this factor is also affected by sowing date.

During our experiment, we were interested in the effect of sowing date on new modern hybrids appearing on a yearly basis in terms of yield results and nutritional parameters. The experiments took place in the Demonstration Garden of the Institute of Crop Sciences in 2012 and 2013. In this article we examined the specific reaction of three hybrids (DKC 4590, DA Sonka, Szegedi 386) to sowing date.

As an effect of the conditions in the two similarly extreme crop years, sowing dates caused significant differences both in yield and crop quality of the examined hybrids.

The crop year of 2012 was extreme from the climate point of view, and the weather can be also considered extremely antinomic with regards to maize production. The prevailing dry conditions during the winter and spring months affected germination and the initial development of plants adversely. The favorable weather in May and June provided ideal conditions for the intensive growing and generative processes, while the lack of rain in August and September had a harmful effect on grain filling.

Based on the experiment results of 2012, it can be concluded that in the dry crop year the hybrid DKC 4590 with shorter growing season can be more safely sown even at the late sowing date, while in the case of hybrids DA Sonka and Szegedi 386 with longer growing season, application of late sowing date can cause a yield loss of 2–3 t ha⁻¹.

Results prove that among the analyzed hybrids, DKC 4590 is the hybrid with the highest yield potential and starch content, and hybrid Szegedi 386 is outstanding in terms of oil and protein content.

In 2013, the yield of all three hybrids considerably decreased compared to yield results with the first sowing date, due to the strong cold period following the second sowing date. Due to inland inundation in early spring, sowing dates needed to be significantly postponed, which affected yield results, although the tendency of sowing dates was similar to the previous year.

Analyses of nutritional parameters also confirm that higher yield potential occurs with higher starch content. Averaged over the different sowing dates, the hybrid DA Sonka produced the highest yield (10.1 t ha⁻¹) with the highest starch content (73.69%). Hybrid Szegedi 386 had the highest oil content, while hybrid DKC 4590 was outstanding in terms of protein content.

Key words: maize, sowing date, grain moisture content, nutritional value parameters

Влияние срока посева на количественные и некоторые качественные параметры трёх гибридов кукурузы с различными вегетационными периодами

¹Э. БЕНЕ – ¹М. ШАРВАРИ – ²З. ФУТО

¹Дебреценский Университет, Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента, Институт Ботаники, Дебрецен

²Университет им. Св. Иштвана, Факультет Экономики, Аграрный и Гигиены, Институт Экологии, Сарваш

Резюме

Из-за причинённого глобальным потеплением изменения климата у некоторых теплолюбивых растений в будущем может измениться оптимальный срок посева. В формировании количества урожая кукурузы выбор оптимального срока посева – особенно в засушливые годы – имеет решающее значение в приспособлении к быстро меняющимся условиям. С сокращением количества ископаемых энергоносителей всё более на первый план выдвигается использование кукурузы для производства биоэтанола. Поэтому мотивировано исследование параметров внутреннего содержания кукурузы, на формирование чего влияет и срок посева.

В нашем опыте мы искали ответ на вопрос, какое влияние имеет срок посева на урожай и внутреннее содержание появляющихся из года в год новых современных гибридов кукурузы. Опыты проводили в Демонстрационном саду Института Ботаники Дебреценского Университета в 2012–2013 годах, в этой статье описываем реакции трёх гибридов на специфичные сроки посева (DKC 4590, DA Sonka, Szegedi 386).

Под влиянием одинаково крайних погодных условий двух годов выращивания сроки посева причинили значительное различие как в количестве, так и в качестве исследованных гибридов. 2012 вегетационный год с климатической точки зрения характеризовался экстремальностью, погода данного года была крайне противоречивой с точки зрения выращивания кукурузы. Засушливые условия зимних и весенних месяцев одинаково негативно повлияли на произрастание и начальное развитие. С точки зрения интенсивного роста и генеративных процессов благоприятная погода мая-июля создала идеальные условия, но отсутствие осадков в августе-сентябре было вредным для процессов наливания зерна.

На результатах опытов 2012 года можно установить, что в засушливый год более короткого вегетационного периода гибрид ДКС 4590 при позднем сроке посева также с большей безопасностью можно сажать, однако у гибридов более длинного вегетационного времени DA Sonka и Szegedi 386 применение позднего срока посева может причинить уменьшение урожая даже на 2–3 t/ha. Полученные результаты подтверждают, что среди показанных исследованных гибридов ДКС 4590 – самой большой продуктивности гибрид с наибольшим содержанием крахмала, а учитывая содержание белка и масла можно выделить гибрид Szegedi 386.

В 2013 году урожай всех трёх гибридов из-за значительного прохладного периода, последовавшего после второго срока посева, значительно уменьшился по сравнению с результатами урожая первого срока посева. Из-за ранних весенних грунтовых вод значительно затянулись сроки посева, что проявилось и в результатах урожая, однако тенденции среди сроков посева были такими же, как и в предыдущем году.

Результаты исследований внутреннего содержания также подтверждают, что вместе с большей продуктивностью сочетается и большее содержание крахмала. В среднем по срокам посева также дающий самый большой результат урожая гибрид DA Sonka (10,1 t/ha) обладал самыми большими показателями крахмала (73,69%). Гибрид Szegedi 386 имел самое большое содержание масла, а гибрид ДКС 4590 выделялся с точки зрения содержания белка.

Ключевые слова: кукуруза, срок посева, содержание влаги зерна, параметры внутреннего содержания

Bevezetés

A gabonatermelést a Föld népességének folyamatos növekedése, a fogyasztói szokások megváltozása, az alternatív üzemanyag egyre szélesebb körben történő előállítása mind jelentősen meghatározzák, aminek hatására az utóbbi évtizedekben világviszonylatban az egyik legnagyobb területen termesztett szántóföldi növény, a kukorica vetésterülete és termésátlaga dinamikus növekedést mutat.

A globális felmelegedés okozta klímaváltozás miatt néhány melegéjszék szántóföldi növénynél a jövőben változhat az optimális vetésidő. A termesztési tényezők, a közöttük lévő interakciók, valamint az adott ökológiai viszonyok-

hoz igazodó hibridválasztás jelentős mértékben befolyásolja a produktivitás mellett a termés biztonságát is. A biológiai alapok ellátottsága és agronómiai tulajdonságai egyre kedvezőbbek, széles a hibridválaszték, de sokszor kevésbé tudatos a „fajtaválasztás”. Magyarországon az elmúlt 1,5 évtizedben a hibridek száma 77-ről 420-ra nőtt (Sárvári és Bene 2012).

A szántóföldi növénytermesztés eredményességét, színvonalát, hatékonyságát a növényfaj, azon belül a fajta genotípusa, az agroökológiai feltételek és az alkalmazott agrotechnika együttesen határozzák meg. A biológiai alapokat és az agrotechnikai elemeket tudatosan lehet szabályozni, az agroökológiai szempontokat azonban csak részben befolyásolhatjuk (Pepó 2001).

A vetéstechnológián belül a vetésidőnek nagy hatása van a termésre, a termésbiztonságra és a termesztés hatékonyságára. Sárvári (2013) többéves kísérletei alapján a rendkívül aszályos 2007-es évben viszonylag alacsony termés szinten, de a korábbi vetésidővel közel 2 t/ha-ral nagyobb terméseredményt ért el. 2008-ban szintén a korábbi vetésidővel, de lényegesen magasabb termésszinten kapta a nagyobb termést. Az ismételt aszályos 2012-ben 1–2 hibrid kivételével az első vetésidőben volt nagyobb a termés.

Lényeges a vetésidő és a betakarításkori szemnedvesség-tartalom közötti igen szoros összefüggés. A klímaváltozás okozta időjárási szélsőségek következtében az utóbbi években már április 5–10. között a talajhőmérséklet (0–5 cm réteg) elérte a 10 °C-ot. Ez a tény is a kukorica optimális vetésidőjével kapcsolatos korábbi ismeretek átértékelését teszi szükségessé. A rövidebb tenyészidejű hibrideknek szélesebb az optimális vetésidő-intervalluma. A hosszabb tenyészidejű hibrideknek nagyobb a potenciális termőképessége, de a többlettermés bevételét csökkentheti a szárítási költség. A korábbi vetésidővel 5–8%-kal lehet csökkenteni a hektáronkénti szárítási költséget. Az ökológiai adottságoknak és a ráfordítás intenzitásának megfelelő hibrideket kell választani (Széll et al. 2005).

A megkésést, illetve a késői vetésidő csökkenti a termésátlagot és növeli a betakarításkori szemnedvességet. Ezen túlmenően a vetés optimális időpontját a talaj típusa is meghatározza. Egy gyorsan felmelegedő, jó hőháztartású talajon a vetést korábban el lehet kezdeni, mint a lassan felmelegedő (réti öntéstalaj), illetve a levegő hőmérsékletváltozását rosszul ellensúlyozó (pl. homok) talajon. Ezen szempontok figyelembe vételét követően kell és lehet a hibridek eltérő vetésidő reakciójára gondolni (Széll és Makra 2012).

Széll et al. (2010) két szélsőséges évjáratot vizsgálva azt tapasztalták, hogy a 2010. év hűvös és csapadékos időjárása a száraz és meleg időjárású 2009. évhez viszonyítva a hibridek tenyészidejét a vetésidők átlagában 4 nappal növelte. A 2009–2010. évi adatok a 2007–2009. három év eredményeihez hasonlóan azt bizonyították, hogy viszonyaik között az április második dekádjának végén lévő napokon történő vetésidő az optimális.

Berzsényi et al. (1998) öt eltérő tenyészidejű kukoricahibrid növekedési dinamikáját vizsgálva megállapították, hogy a korai vetés a kukoricahibridek produktív növekedését, a kései vetés a kezdeti vegetatív növekedést segítette elő.

A kukorica beltartalmi paramétereinek vizsgálatát a fosszilis energiahordozók mennyiségének csökkenésével egyre inkább előtérbe kerülő, a kukorica bioetanolként való hasznosítása indokolja, amely tényező alakulását a vetésidő is befolyásolja. *Ványiné et al.* (2010) három évben vizsgálták a vetésidő, a genotípus és évjárat hatását a kukorica termésének és minőségi paramétereinek alakulására. Vizsgálati eredményeik alapján legnagyobb jelentősége az évjárat-hatásnak van. A vetésidő a termést és keményítőtartalmat szignifikánsan befolyásolta. A szemtermés fehérje- és olajtartalma aszályos években jelentősen nagyobb volt, mint a kedvező időjárású vizsgálati évben. Mind a száraz, mind a csapadékos években az optimális vetésidő (április 24.) bizonyult legjobbnak a keményítő-, fehérje- és az olajtartalom tekintetében.

Célszerű olyan hibridspecifikus technológiát alkalmazni a kukoricatermesztésben, amely a vetésidőt a többi termesztési tényezővel összhangban, megfelelően adaptálja a termesztett hibridre, figyelembe véve a hibrid egyedi genotípusából adódó érzékenységet is (*Sárvári et al.* 2002).

A betakarításkori szemnedvesség tartalom befolyásolja a termelés hatékonyságát is. A betakarításkori szemnedvesség tartalom a korai és az optimális vetésidőben volt a legkisebb (*Berzsényi és Lap* 2001). Azonban az évjárat is befolyásolta a betakarításkori szemnedvesség tartalmat. 1995-ben 14,4–19,6%, 1996-ban 22,9–27,8% között változott vetésidőtől függően (*Berzsényi és Szundy* 1998).

A kukorica termésmennyiségének alakulásában az optimális vetésidő megválasztása – különösen száraz években – döntő jelentőségű a rohamosan megváltozó körülményekhez való alkalmazkodásban. Kísérletünkben arra kerestük a választ, hogy az évről-évre megjelenő újabb korszerű kukoricahibridek termésére és beltartalmi paramétereire milyen hatással van a vetéstechnológia.

Anyag és módszer

A vetésidő kísérleteket a Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézetének Bemutatókertjében 2012–2013. években állítottuk be egységes NPK műtrágyázás (N 120 kg/ha, P₂O₅ 80 kg/ha, K₂O 110 kg/ha hatóanyag) és az üzemi körülményeknek megfelelő növényápolás, vegyszeres gyomirtás mellett. A kísérlet kéttényezős véletlen blokk elrendezésű.

Célunk a vetésidő és a termés, illetve a vetésidő és a betakarításkori szemnedvesség-tartalom közötti összefüggés megállapítása volt. A fiziológiai érést követően hetente mértük a hibridek vízleadás dinamikáját, továbbá a betakarítást követően Infratec 1229 gabona-analizátorral vizsgáltuk a beltartalmi paraméterek (keményítő%, fehérje%, olaj%) alakulását.

A kísérlet talaja

Debrecenben a kísérleti terület talajtípusa kilúgzott csernozjom. A feltalaj meszet nem tartalmaz, az altalaj 7–9 m mélységben helyezkedik el. A talaj felső szintje a mészhiány miatt száraz, aszályos évjáratokban cserepedésre hajlamos. A humuszszint vastagsága 50–70 cm, a talaj szervesanyag-tartalma 2,57%.

Időjárás

2012-ben a rendkívüli aszály következtében a hőmérséklet és a csapadék adatok egyaránt jelentősen eltértek a 30 éves átlag adataitól. Januártól szeptemberig mindössze 268,8 mm, a tenyészidőszak alatt 223,1 mm csapadék hullott, ami előbbi esetében 177,0 mm-el, utóbbinál 122,1 mm-el alatta maradt a sokéves átlagnak. A vízhiányt fokozta, hogy a tenyészidőszak átlaghőmérséklete a sokéves átlagnál 2,16 °C-kal volt magasabb.

A kísérleti területünk talajhőmérséklete márciusban 6,15 °C, áprilisban 13,89 °C, májusban 20,88 °C volt.

Debrecenben a 2013. év első kilenc hónapjában a csapadék mennyisége 33,6 mm-rel volt kevesebb a sokévi átlaghoz viszonyítva. Jelentős problémát okozott annak eloszlása. Január, február és március hónapokban 96,8 mm-rel több csapadék hullott, ugyanakkor június-szeptember között 136,7 mm-rel kevesebb volt a csapadék a sokéves átlag hasonló időszakához képest.

A havi középhőmérsékletek is kedvezőtlenül alakultak, márciusban 2,1 °C-kal volt alacsonyabb összevetve a többévi átlaggal. Januártól szeptemberig 12,1 °C-kal, a tenyészidőszak alatt pedig 0,7 °C-kal volt magasabb az átlaghőmérséklet a 30 éves átlaghoz viszonyítva.

A talajhőmérséklet értékei jóval alatta maradtak az előző vizsgálati év adatainak. Márciusban a talajhőmérséklet átlaga 4,5 °C, áprilisban 10,2 °C, májusban pedig 17,6 °C volt. A márciusi alacsony hőmérséklet a talaj felmelegedését, a szeptemberi jelentős lehűlés pedig a kukorica érését és a vízleadás mértékét lassította.

Kísérletünk során három vetésidőt állítottunk be. Az időjárási körülményeknek köszönhetően a vetésidők eltérően alakultak a két vizsgált évben.

2012. évi vetésidők	2013. évi vetésidők
I. vetésidő: március 23–24.	I. vetésidő: április 16.
II. vetésidő: április 10.	II. vetésidő: május 3.
III. vetésidő: május 2.	III. vetésidő: május 16.

A két vizsgálati évben (2012–2013) 12 eltérő tenyészidejű és nemesítésű hibridet teszteltünk, jelen cikkünkben három eltérő genotípusú kukorica-hibrid specifikus vetésidő-reakcióját vizsgáltuk (DKC 4590, DA Sonka, Szegedi 386). A hibridek csírázaskori hidegtűrését, a vetési idő és a terméseredmény, valamint a szemnedvesség-tartalom közötti összefüggéseket számszerűsítettük.

A szemnedvesség-tartalmat 2012-ben augusztus 14-én mértük először, azt követően pedig hetente, 5 héten keresztül. 2013-ban szintén augusztus 21-től kezdődően 5 alkalommal vizsgáltuk a hibridek szemnedvesség-tartalmának változását az érés időszakában.

A betakarítás után a szemtermést egységesen 14%-os szemnedvességtartalomra számoltuk át. Az eredmények kiértékelése során kéttényezős variancia-analízist alkalmaztunk.

Eredmények

A 2012. tenyészévet klimatikus szempontból extrémítások jellemezték, amely év időjárása a kukoricatermesztés szempontjából rendkívül ellentmondásosnak tekinthető. A téli és tavaszi hónapok aszályos körülményei negatívan ha-

tottak a csírázásra és kezdeti fejlődésre egyaránt. Az intenzív növekedés és a generatív folyamatok szempontjából a kedvező május-júliusi időjárás ideális körülményeket teremtett, az augusztus-szeptemberi csapadékhiány viszont a szemtelítődési folyamatokra volt káros hatású.

A DKC 4590 (FAO 350) az aszályos évjáratot és a stresszt jól toleráló hibrid, melynek termése vetésidőtől függően 10,0–12,4 t/ha volt. A DKC 4590 hibrid a kedvezőtlen vetéskori talajnedvesség miatt a második, április eleji vetésidőre jelentős termésdepresszióval reagált (10,0 t/ha). Ezzel szemben 2,4 t/ha-ral és 1,5 t/ha-ral szignifikánsan nagyobb terméseredményeket kaptunk az első (12,4 t/ha) és a harmadik (11,5 t/ha) vetésidőkben.

A vetés idejének kitolódása a szemnedvesség alakulására kedvezőtlenül hatott. Az első vetésidőben elért 11,0%-hoz képest a harmadik vetésidőben 4,2%-kal szignifikánsan magasabb volt a hibrid betakarításkori szemnedvesség-tartalma.

A DA Sonka (FAO 380) nagy termőképességével, kiváló termésbiztonságával és jó hőstressz-tűrő képességével kiemelkedő hibrid. Az igen kedvező agronómiai tulajdonságú hibrid termése 10,2–12,1 t/ha között változott. A DKC 4590 hibridhez képest a vetésidők már más tendenciát mutattak ennél a hosszabb tenyészidejű hibridnél. Itt a vetésidő későbbre tolódása, ezáltal a tenyészidő lerövidülése termés csökkentő tényezőnek bizonyult. Az első vetésidőhöz képest a második vetésidőben szignifikánsan 1,1 t/ha, a harmadik vetésidőben igen jelentős 1,9 t/ha termésdeficit jelentkezett az ismétlések átlagában.

A DA Sonka hibrid vízleadó képessége is kiemelkedő volt. Betakarításkori szemnedvesség-tartalma vetésidőtől függően 10,9–16,1% között változott.

A Szegedi 386 (FAO 390) hibridnél a vetésidők közötti különbség a harmadik vetésidőben mutatkozott meg a rendkívüli aszályos évnek köszönhetően. Míg az első és a második vetésidőben 10,3 és 10,8 t/ha termésmennyiséget produkált, addig a május eleji vetésidőben az első vetésidőhöz képest szignifikánsan 2,0 t/ha, a második vetésidőhöz képest pedig igen jelentős, 2,5 t/ha termés kiesés jelentkezett.

A betakarításkori szemnedvesség-tartalom alakulása szempontjából az év időjárása kedvező volt, hiszen a korábbi vetésidők esetén itt sem volt szükség szárításra. Az első két vetésidőben a terméseredményekhez hasonlóan a szemnedvesség-tartalmuk is közel azonos volt (12,9%), a harmadik vetésidőben azonban szignifikánsan magasabban alakult (15,3%) a szemek betakarításkori víztartalma.

A három kiválasztott hibrid vízleadása az érés időszakában a különböző vetésidőkben igen jelentős volt. A DKC 4590 szemtermésének víztartalma az első és második vetésidőben is 37,6% volt az első vizsgálat alkalmával, majd hasonló tendenciát követve szeptember 14-re 11,0%-ra és 12,2%-ra csökkent. A harmadik vetésidőben a kezdeti 56,8%-ról a heti 8% körüli egyenletes vízvesztés ellenére a betakarítás idejére így is magasabb maradt a szemek nedvességtartalma (15,2%).

Hasonlóan intenzív volt a DA Sonka vízleadása az érés időszakában. A 35,6–55,2% közötti szemnedvesség-tartalmak az első méréstől a betakarításig kedvező, 10,9–16,1% közötti értékre csökkentek.

Legalacsonyabb értékeket az augusztus 14-i mérés során a Szegedi 386-nál kaptunk, így még a lassabb vízleadás dinamika ellenére is szeptember közepére 12,9–15,3% volt a víztartalom. A trendfüggvények illeszkedése a hibrideknél az eltérő vetésidőkben igen szoros volt, az R^2 értéke minden esetben 0,9 feletti (1. ábra).

A kukorica szemtermésének minőségi paraméterei legnagyobb részben a hibrid genetikai tulajdonságainak függvénye. Az ökológiai és agrotechnikai tényezők, ezen belül is a vetésidő közvetett módon meghatározzák az egyes beltartalmi paraméterek érvényre jutását.

A DKC 4590, a DA Sonka és a Szegedi 386 hibridek beltartalmi paramétereinek vizsgálatát is elvégeztük a vetésidők függvényében. A vizsgált hibridek keményítőértékei között statisztikailag is igazolható különbséget találtunk, a vetésidők közötti eltérések azonban nem voltak megbízhatóak. A DKC 4590 hibrid esetében a vetésidő későbbre tolódása az ismétlések átlagában a keményítőtartalom 1,0% és 0,6%-os csökkenését eredményezte az első vetésidő 74,1%-os keményítőtartalmához képest. A DA Sonka keményítőértékei azonban ellentétesen reagáltak a vetésidő kitolódására, a legkisebb keményítőtartalma a FAO 390-es Szegedi 386 hibridnek volt.

Mindegyik vizsgált hibrid a vetésidő késésére az olajtartalom kismértékű növekedésével reagált. A DKC 4590 hibridnél az első vetésidőben 3,1%, a második vetésidőben 3,3% és a harmadik vetésidőben 3,5%-os olajtartalom eredmények realizálódtak. A vetésidők között szignifikáns különbségeket találtunk. A DA Sonka esetén az átlagos olajtartalom a harmadik vetésidőben volt a legnagyobb (3,3%) és az első vetésidőben a legkisebb (2,9%). A Szegedi 386 beltartalmának vizsgálatánál az olajtartalom minimális különbségeket mutatott (3,7–3,8%) (1. táblázat).

1. ábra. A vizsgált hibridek vízleadás dinamikája (Debrecen, 2012)

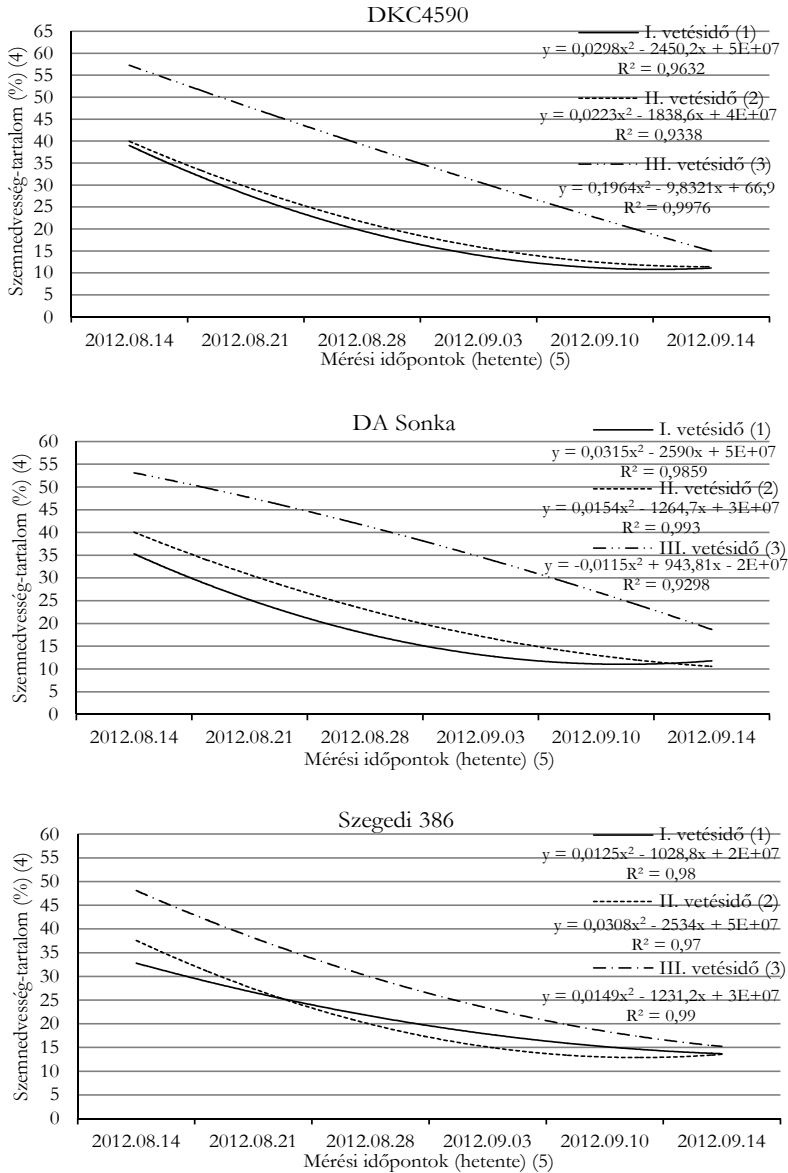


Figure 1. Water release dynamics of the observed hybrids (Debrecen, 2012). (1) 1st sowing date, (2) 2nd sowing date, (3) 3rd sowing date, (4) Grain moisture content, (5) Dates of measurements (weekly)

1. táblázat. A termésmennyiség és a beltartalmi paraméterek alakulása a vizsgált vetésidőkben (Debrecen, 2012)

Hibridek (1)	I. vetésidő: 2012. 03.23-24. (2)	II. vetésidő: 2012. 04.10. (3)	III. vetésidő: 2012. 05.02. (4)	Átlag (5)
Szemtermés (t/ha) (6)				
DKC 4590 (FAO 350)	12,4	10,0	11,5	11,3
Da Sonka (FAO 380)	12,1	11,0	10,2	11,1
Szegedi 386 (FAO 390)	10,3	10,8	8,3	9,8
SzD _{5%} (7)	Hibrid (8) 0,6; Vetésidő (9) 0,3; Kölcsönhatás (10) 1,0			
Keményítőtartalom (%) (11)				
DKC 4590 (FAO 350)	74,1	73,1	73,5	73,6
Da Sonka (FAO 380)	73,0	73,1	73,4	73,2
Szegedi 386 (FAO 390)	72,1	71,6	72,2	72,0
SzD _{5%} (7)	Hibrid (8) 0,3; Vetésidő (9) 0,2; Kölcsönhatás (10) 0,6			
Olajtartalom (%) (12)				
DKC 4590 (FAO 350)	3,1	3,3	3,5	3,3
Da Sonka (FAO 380)	2,9	2,9	3,3	3,0
Szegedi 386 (FAO 390)	3,7	3,7	3,8	3,7
SzD _{5%} (7)	Hibrid (8) 0,2; Vetésidő (9) 0,1; Kölcsönhatás (10) 0,4			
Fehérjetartalom (%) (13)				
DKC 4590 (FAO 350)	8,0	8,8	8,6	8,5
Da Sonka (FAO 380)	8,8	9,0	9,2	9,0
Szegedi 386 (FAO 390)	9,2	9,9	9,1	9,4
SzD _{5%} (7)	Hibrid (8) 0,3; Vetésidő (9) 0,2; Kölcsönhatás (10) 0,5			

Table 1. Change of yield and nutritional values during the observed sowing dates (Debrecen, 2012). (1) Hybrids, (2) 1st sowing date, (3) 2nd sowing date, (4) 3rd sowing date, (5) Average, (6) Yield (t ha⁻¹), (7) LSD_{5%}, (8) Hybrid, (9) Sowing date, (10) Interaction, (11) Starch (%), (12) Oil (%), (13) Protein (%)

A későbbi vetés esetén mindhárom hibridnél növekedett a fehérjetartalom. Szignifikáns különbség mutatkozott a Szegedi 386 fehérjeértékeiben, ugyanis a második vetésidőben elért 9,9%-hoz képest az első vetésidőben 0,7%-kal, a harmadik vetésidőben 0,8%-kal megbízhatóan csökkent az értéke. Hasonló volt a tendencia a DKC 4590 hibridnél is, a DA Sonka hibridnél azonban a vetésidő előre haladtával megbízhatóan nőtt a fehérjetartalom (8,8%, 9,0%, 9,2%).

2013-ban a vetésidők kitolódására minden hibrid termés-csökkenéssel reagált. A vizsgált hibridek közül a DKC 4590 és a DA Sonka a vetésidők átlagában közel azonos terméseredményt értek el, azonban megfigyelhető, hogy a különböző vetésidőkre eltérő módon reagáltak. A DKC 4590 (FAO 350) hibrid vetésidőtől függően 8,5–11,5 t/ha terméseredményt ért el. A termésmaximumát a harmadik vetésidőben érte el, azonban a csapadékhiány következtében az első és második vetésidőkben szignifikánsan 1,7 és 3,0 t/ha-ral termett kevesebbet.

A betakarításkori szemnedvesség-tartalma vetésidőtől függően 13,7–29,5% között változott. Az első két vetésidőben még 20% alatti volt ez az érték, viszont az első vetésidőhöz viszonyítva a harmadik vetésidőben már 15,8%-kal volt nagyobb a szemnedvesség-tartalom, ami rendkívül nagy szárítási költséget jelent.

A DA Sonka (FAO 380) hibrid – hasonlóan az előző vizsgálati évhez – itt is az első vetésidőben a legmagasabb, 11 t/ha-t meghaladó terméseredményt ért el, majd a csapadékmentes időszakra 2,2 t/ha-ral szignifikánsan alacsonyabb terméssel reagált. A harmadik vetésidőben 10,0 t/ha termést realizáltunk a május második felében jelentkező 67 mm csapadéknak köszönhetően.

A termésmennyiséggel ellentétben a DA Sonka betakarításkori szemnedvesség-tartalma hasonló tendenciát mutatott a DKC 4590 hibridhez viszonyítva. Az első vetésidőben 14,5%, a másodikban 19,2% és a harmadik vetésidőben a termesztés hatékonysága szempontjából kedvezőtlen (30,5%) volt a betakarításkori szemnedvesség-tartalom.

A Szegedi 386 (FAO 390) hibrid esetében igen jelentős termésdepresszió figyelhető meg az ismétlések átlagában. Az első két vetésidőben 9,1 és 8,2 t/ha volt a termése, ehhez viszonyítva a harmadik vetésidőben – mivel a virágzás és szemtelítődés időszaka a szélsőséges aszályos periódusra esett – termése csak 7,0 t/ha volt, ami az első vetésidőhöz viszonyítva 2,1 t/ha-ral megbízható mértékű termés-csökkenést jelentett. Emellé magasabb, 25,7% betakarításkori szemnedvesség párosult, ami jelentős szárítási többletköltséget jelent. Az április közepén és május elején történt vetésidők mellé viszonylag alacsonyabb, 14,3% és 17,3% szemnedvesség tartozott.

A szemek vízleadásának vizsgálatát 2013-ban is elvégeztük, ekkor azonban a vetésidők között már nagyobb különbségek mutatkoztak, mint az előző vizsgálati évben. A DKC 4590 szemnedvessége a vetésidők függvényében augusztus 21-én 27,2%, 48,6% és 55,4%-ról indult. A második és harmadik vetésidők esetén gyorsabb volt a vízleadás üteme, azonban így is magasabb, 18,0% és 29,5%-ot mértünk az október eleji betakarítás idején.

A DA Sonka vízleadása valamivel magasabb értékekről indult. A mérési időszak végére az első vetésidőben 14,5%-ot, a második vetésidőben 19,2%-ot mérünk. A harmadik vetésidőben a gyorsabb vízleadás ellenére is csak 30,5%-ig csökkent a szemek víztartalma.

Szintén jelentős hatékonyság csökkenést jelent, hogy a Szegedi 386 szemnedvesség-tartalma az érés időszakában magas volt és a vízleadás üteme nem érte el a napi 1%-ot sem. Ennek következtében a betakarításkori szemnedvesség-tartalom is magas, 25,7% volt. A második vetésidőben a kezdeti intenzív vízvesztést követően a szeptember elején bekövetkező csapadék hatására a szemek jelentősen visszanedvesedtek (17,3%). Hasonló volt az első vetésidő vízleadás dinamikája is, minimálisabb visszanedvesedés mellett (14,3%) (2. ábra).

A szemnedvesség-tartalmat a hibridek vízleadó képessége, tenyészideje, a vetésidő és az évjárat is befolyásolja. Rövidebb tenyészidejű, gyors vízleadó képességű hibridek esetén hamarabb következik be a fiziológiai érés, ezáltal hamarabb kezdődik meg a szemek vízleadása, így korábbi vetésidővel már szeptember elején 20% alá csökkenhet a víztartalom. A hosszabb tenyészidejű, nagyobb potenciális termőképességű hibrideknél későbbi vetésidő esetén a szárítási költség jelentős részben csökkentheti a terméstöbbletet.

Ebben az évben is elemeztük a keményítő-, fehérje- és olajtartalmak változását a kiválasztott hibrideknél. A vetésidő a keményítő felhalmozódást statisztikailag igazolhatóan egyik hibridnél sem befolyásolta. A DKC 4590 és a DA Sonka hibrideknél a vetésidők között nem volt számottevő különbség, a Szegedi 386 esetén viszont az első vetésidőhöz képest (72,7%) a másodikban 1,2%-kal, a harmadik vetésidőben 1,3%-kal volt nagyobb a keményítő-koncentráció.

Az olajtartalom tekintetében az első és a második vetésidőben a legmagasabb értéket a Szegedi 386 hibridnél kaptuk. Szignifikáns eltérés mutatkozott a DKC 4590 olajtartalma között is, ahol a második vetésidőhöz képest az első vetésidőben 0,4%-kal, míg a harmadik vetésidőben 0,7%-kal magasabb olajtartalmat realizáltunk. A DA Sonka hibrid olajtartalma az első vetésidő értékeihez képest a második és harmadik vetésidőben megbízhatóan növekedett.

A DKC 4590 esetében a második vetésidőben volt a legmagasabb (9,7%) a fehérjetartalom, ehhez képest a szemek fehérjetartalma 1,7%-kal csökkent az első, és 0,7%-kal a harmadik vetésidőben. A fehérjefrakció változása a DA Sonka esetében a vetésidő kitolódásával szignifikánsan nőtt, valamint a Szegedi 386 fehérjeértékei között is szignifikáns volt a vetésidők közötti differencia (2. táblázat).

2. ábra. A vizsgált hibridek vízleadás dinamikája (Debrecen, 2013)

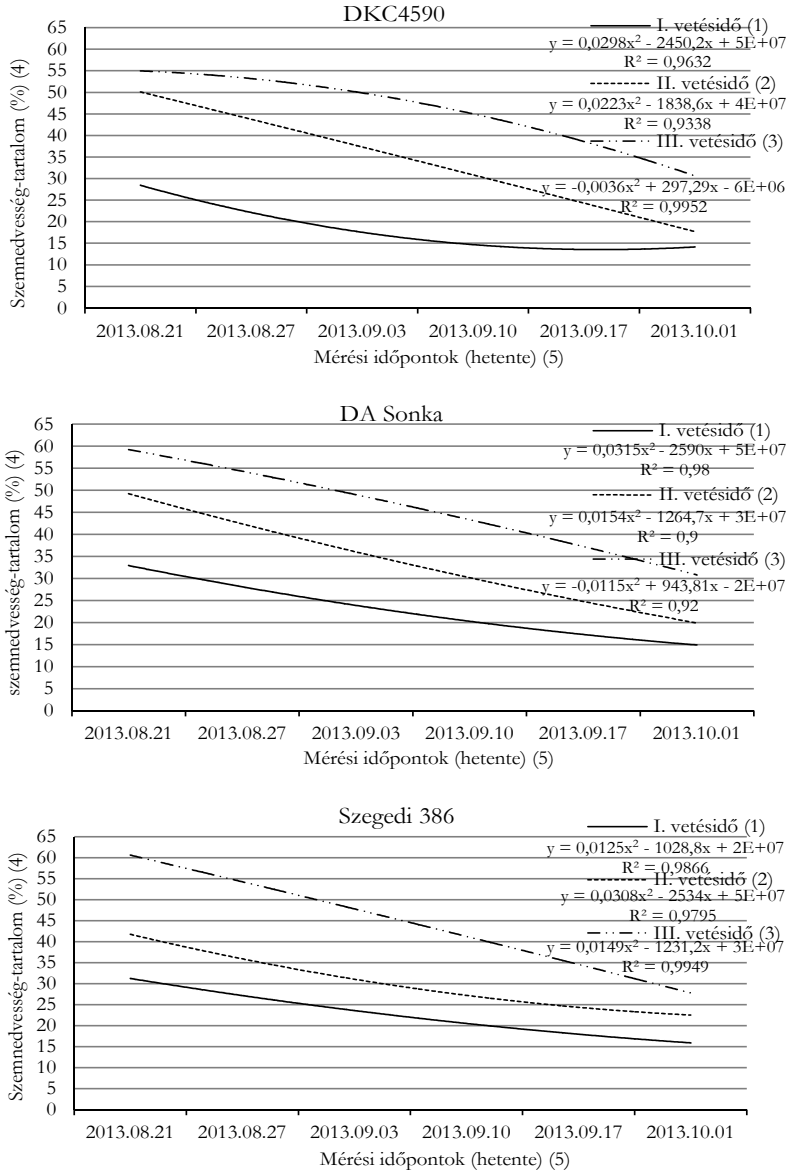


Figure 2. Water release dynamics of the observed hybrids (Debrecen, 2013). (1) 1st sowing date, (2) 2nd sowing date, (3) 3rd sowing date, (4) Grain moisture content, (5) Dates of measurements (weekly)

2. táblázat. A termésmennyiség és a beltartalmi paraméterek alakulása a vizsgált vetésidőkben (Debrecen, 2013)

Hibridek (1)	I. vetésidő:	II. vetésidő:	III. vetésidő:	Átlag (5)
	2013. 04. 16. (2)	2013. 05. 03. (3)	2013. 05.16. (4)	
Szemtermés (t/ha) (6)				
DKC 4590 (FAO 350)	9,8	8,5	11,5	9,9
Da Sonka (FAO 380)	11,2	9,0	9,9	10,1
Szegedi 386 (FAO 390)	9,1	8,2	7,0	8,1
SzD _{5%} (7)	Hibrid (8) 0,7; Vetésidő (9) 0,4; Kölcsönhatás (10) 1,2			
Keményítőtartalom (%) (11)				
DKC 4590 (FAO 350)	73,8	73,5	73,0	73,4
Da Sonka (FAO 380)	73,7	73,4	73,9	73,7
Szegedi 386 (FAO 390)	72,7	73,9	74,0	73,5
SzD _{5%} (7)	Hibrid (8) 0,6; Vetésidő (9) 0,3; Kölcsönhatás (10) 1,1			
Olajtartalom (%) (12)				
DKC 4590 (FAO 350)	4,1	3,7	4,4	4,1
Da Sonka (FAO 380)	3,9	4,1	4,6	4,2
Szegedi 386 (FAO 390)	4,8	4,1	4,8	4,6
SzD _{5%} (7)	Hibrid (8) 0,2; Vetésidő (9) 0,1; Kölcsönhatás (10) 0,3			
Fehérjetartalom (%) (13)				
DKC 4590 (FAO 350)	8,3	9,7	9,0	9,0
Da Sonka (FAO 380)	8,4	8,7	9,1	8,7
Szegedi 386 (FAO 390)	8,6	8,2	9,0	8,6
SzD _{5%} (7)	Hibrid (8) 0,4; Vetésidő (9) 0,2; Kölcsönhatás (10) 0,7			

Table 2. Change of yield and nutritional values during the observed sowing dates (Debrecen, 2013). (1) Hybrids, (2) 1st sowing date, (3) 2nd sowing date, (4) 3rd sowing date, (5) Average, (6) Yield (t ha⁻¹), (7) LSD_{5%}, (8) Hybrid, (9) Sowing date, (10) Interaction, (11) Starch (%), (12) Oil (%), (13) Protein (%)

Következtetések

A két hasonlóan szélsőséges évjárat körülményeinek hatására a vetésidők jelentős eltéréseket okoztak a vizsgált hibridek termésmennyiségében és minőségében egyaránt.

A 2012. év kísérleti eredményei alapján megállapítható, hogy aszályos évjáratban a rövidebb tenyészidejű DKC 4590 hibrid késői vetésidőben is nagyobb biztonsággal vethető, azonban a hosszabb tenyészidejű DA Sonka és Szegedi 386 hibrideknél a késői vetésidő alkalmazása akár 2–3 t/ha termés kiesést is okozhat.

A kapott eredmények igazolják, hogy a bemutatott vizsgált hibridek közül a DKC 4590 a legnagyobb termőképességű és keményítőtartalmú hibrid, míg olaj- és fehérjetartalmat tekintve a Szegedi 386 hibrid emelhető ki. A vetésidők között szignifikáns különbségeket nem minden esetben tapasztaltunk, azonban elmondható, hogy a vetésidő későbbre tolódása minden esetben a keményítőtartalom csökkenését vonta maga után. Ezzel ellentétben a szem fehérje- és olajtartalma magasabb volt a későbbi vetésidőkben, mint a korábbi vetésidőkben.

A 2013. év vizsgálati eredményeiből megfigyelhető, hogy mindhárom hibrid termése a második vetésidőt követő jelentős lehűlési periódus miatt szignifikánsan csökkent az első vetésidő terméseredményeihez viszonyítva. A kora tavaszi belvíz miatt kitolódtak az optimális vetésidők, ami a terméseredményekben megmutatkozott, azonban a vetésidők közötti tendenciák az előző évhez hasonlóak voltak. A DKC 4590 ebben az évjáratban is a kései, május 16-i vetésidőben megbízható terméseredményt adott, a DA Sonka és a Szegedi 386 hibridek nagyfokú termés csökkenéssel reagáltak a vetésidők kitolódására.

A beltartalmi vizsgálatok eredményei hasonlóan igazolják, hogy a nagyobb termőképesség mellé nagyobb keményítőtartalom is párosult, amely a DA Sonka hibrid esetében is kimutatható. A vetésidők átlagában ugyanis a 10,1 t/ha legmagasabb terméseredményhez a legnagyobb keményítőérték tartozott (73,69%).

A Szegedi 386 a legmagasabb olajtartalmú hibrid volt, míg a DKC 4590 a fehérjetartalom szempontjából kimagasló. A vetésidők közötti különbségeket megfigyelve a május eleji vetésidő kedvezett a kukorica fehérje- és olajtartalmát illetően. 2013-ban a május 3-ai második vetésidőben voltak a legmagasabbak ezek az értékek, az előző évi május 2-ai harmadik vetésidőhöz hasonlóan. A keményítőtartalom azonban az előző évhez képest ellentétesen alakult, növekvő tendenciát mutatott az ismétlések átlagában.

A kukorica optimális vetésidőjének meghatározása több tényező együttes kölcsönhatásának eredménye. A vetésidő hibridspecifikus módon történő alkalmazása pozitívan befolyásolja a terméseredményt, a termesztés hatékony-

ságát, kedvezőbb sugárzási, hőmérsékleti viszonyok teremtésével a kukorica generatív fejlődési szakaszában. A vetésidő és a hibrid mellett az évjárat hatására különös figyelmet kell fordítani.

IRODALOM

- Berzsényi Z.–Lap, D. Q.*: 2001. A vetésidő és a N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésére és termésbiztonságára 1991 és 2000 között. Növénytermelés. 50. 2–3: 309–311.
- Berzsényi Z.–Ragab, A. Y.–Dang, Q. L.*: 1998. A vetésidő hatása a kukoricahibridek növekedésének dinamikájára 1995-ben és 1996-ban. Növénytermelés. 47. 2: 165–180.
- Berzsényi Z.–Szundy T.*: 1998. Vetés. [In: Széll E.–Szieberth D. (szerk.) Amit a kukorica-termesztésről a gyakorlatban tudni kell.] Mezőmag Kft. Székesfehérvár. 96–104.
- Pepó P.*: 2001. A genotípus és a vetésváltás szerepe a kukorica tápanyagellátásában csernozjom talajon. Növénytermelés. 50. 2–3: 141–372.
- Sárvári M.*: 2013. A termesztési tényezők hatása. Magyar Mezőgazdaság. 39.
- Sárvári M.–Bene E.*: 2012. A kukorica termesztési tényezői. Magyar Mezőgazdaság. 67. 18: 18–21.
- Sárvári M.–Futó Z.–Zsoldos M.*: 2002. A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica termésére 2001-ben. Növénytermelés. 51. 3: 291–307
- Széll E.–Kovács Gy.–Makra M.*: 2010. A 2009. és 2010. évek eltérő időjárásának hatása a kukorica vetésidő-reakciójára Szegeden. Agrofórum Extra. 21. 37: 53–56.
- Széll E.–Makra M.*: 2012. A kukorica hibridspecifikus technológiai ajánlásának szerepe a precíziós növénytermesztési eljárások alkalmazásánál. Agrártudományi Közlemények. 49: 297–302.
- Széll, E.–Szél, S.–Kálmán, L.*: 2005. New maize hybrids from Szeged and their specific production technology. Acta Agronomica Hungarica. 53. 2: 143–152.
- Ványiné Széles A.–Megyes A.–Nagy J.*: 2010. Vetésidő és az évjárat hatása a kukoricahibridek terméshozamára és a minőségére. Növénytermelés 59. 4: 63–88.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Bene Enikő – Dr. Sárvári Mihály
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

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

Gyökérrendszer növekedésének és vízfelvételének *in situ* monitorozása elektromos kapacitás méréssel

CSERESNYÉS IMRE – RAJKAI KÁLMÁN – TAKÁCS TÜNDE
Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont,
Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

Összefoglalás

A gyökér–talaj rendszer elektromos kapacitásának (EC) mérése lehetőséget nyújt a gyökér tömegének és aktív felszínének gyors, *in situ* becslésére. A módszer alkalmazását a gyökérzet növekedésének és vízfelvételi aktivitásának monitorozása céljából tenyészedény-kísérletekkel teszteltük. Az 1. kísérlet során *Funneliformis mosseae* arbuskuláris mikorrhiza gombával (AMF) oltott, valamint kontroll (oltatlan) uborka és bab növények napi transzspirációját (NT) követtük nyomon ontogenezisük folyamán, az EC rendszeres mérése mellett. A 2. kísérletben négy szófajfajta (cv. Bagera, Martina, Aliz, Emese) gyökérfejlődésének és transzspirációjának dinamikáját vizsgáltuk.

Kimutattuk, hogy az EC és a NT (gyökérzet vízfelvétele) az ontogenezis során megfigyelt trendeket mutat: mindkét paraméter folyamatosan emelkedett a vegetatív fenofázis alatt, majd a virágzás kezdetét (uborka: 38. nap; bab: 33. nap) követően a termésérés során folyamatosan csökkent. A gyökerek mikroszkópos vizsgálata szerint az AMF-infekció, majd kolonizáció az ültetést követő 18–23. nap közé tehető. A mikorrhiza kialakulása néhány napon belül szignifikánsan növelte az oltott növények gyökérkapacitását és transzspirációját, és a relatív növekedés a nagyobb mikorrhiza-függésű babnál jelentősebb mértékű (75%) volt, mint az uborka esetén (15%). Az AMF-kezelés szignifikánsan növelte mindkét faj hajtástömegét (uborka: 29%; bab: 69%), valamint a bab gyökértömegét (37%) is.

Az EC méréssel kimutattuk a szófajfajta gyökérfejlődési dinamikájának jellegzetes különbségeit. Az EC időbeni változása ez esetben is szoros összefüggést mutatott a

NT alakulásával. Mindkét érték – a növény korától függően különböző intenzitással – hozzávetőleg a virágzás kezdetéig (fajtától függően 40–56. nap) emelkedett, majd állandóvá vált. A kísérlet végén (60. nap) az EC és NT egyaránt a Bagera, Emese, Aliz, Martina sorrendben szignifikánsan növekedett (EC: 2,39–3,05 nF; NT: 116–147 ml). A biomassa mérése a hajtás tömegének hasonló különbségeit (13,24–17,71 g) mutatta ki a fajták tekintetében, az Aliz és Martina gyökértömege ugyanakkor azonosnak (5,48 g) bizonyult. A nagyobb hajtásból eredően a Martina transzspirációja – így a gyökérzet vízfelvétele is – magasabb volt, mint az Alizé, mely különbséget a Martina szignifikánsan magasabb gyökérkapacitása is jelzett.

Eredményeink alapján az EC mérés megfelelő módszer a gyökérzet növekedésének és vízfelvételének *in situ* monitorozására, a fajták között mutatkozó különbségek kimutatására, valamint a gyökéraktivitást befolyásoló tényezők detektálására. A módszer további előnye, hogy egyszerű és gyors eljárás, mely – a hagyományos technikákat kiegészítve – a növénytani kutatások számos területén eredményesen alkalmazható, így további fejlesztése indokolt.

Kulcsszavak: elektromos gyökérkapacitás, *in situ* gyökérvizsgálat, mikorrhiza-kolonizáció, transzspiráció, vízfelvétel

***In situ* monitoring of root development and water uptake by electrical capacitance measurement**

I. CSERESNYÉS – K. RAJKAI – T. TAKÁCS

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

Summary

Electrical capacitance (EC) measurement in a root–soil system is a suitable technique for the rapid *in situ* determination of root mass and active root surface area. Pot experiments were designed to test the applicability of the EC method for monitoring of root water uptake activity. In Experiment 1, cucumber and bean plants were grown; half of them were inoculated with *Funneliformis mosseae* arbuscular mycorrhizal

fungi (AMF) beside the non-infected controls. Root EC and daily transpiration (DT) were monitored during plant ontogeny. In Experiment 2, temporal changes in root development and transpiration of four soybean cultivars (cv. Bagera, Martina, Aliz, Emese) were studied.

Phenology-dependent changes of root EC and DT (related to root water uptake) proved to be similar, as they showed increasing trends from seedling emergence to the beginning of flowering (cucumber: day 38; bean: day 33), thereafter decreased continuously during yield formation. A few days after AMF infection and root colonization (on days 18–23), root EC and DT of AMF-infected plants became significantly higher than those of their non-infected counterparts, and the relative increment of the measured parameters was greater for the more mycorrhizal-dependent bean cultivar (75%) compared to that of cucumber (15%). AMF inoculation resulted in significant enhancement in shoot dry mass of cucumber (29%) and bean (69%), and in root dry mass of bean (37%).

Characteristic changes in root extension dynamics for various soybean cultivars were detected by measuring EC. Trends of EC were in conformity with the temporal changes of DT in this case, too. Both parameters increased continuously until the beginning of flowering (days 40–56 for different cultivars) with different intensity depending on plant age, then remained nearly constant. At the end of the experiment (day 60) EC and DT of Bagera, Emese, Aliz and Martina showed a significantly increasing order (EC: 2.39–3.05 nF; DT: 116–147 ml). Biomass weighing revealed similar rank and significance of shoot dry mass for the four cultivars (13.24–17.71 g), nevertheless the root dry mass of Aliz proved to be fully equal to those of Martina (5.48 g). Due to the greater shoot of cultivar Martina, its transpiration rate – thus root water uptake activity – was higher as compared to Aliz, which disparity was clearly indicated by the significantly higher root EC for Martina.

Our results suggest that EC measurement can be an adequate method for *in situ* monitoring of root growth and water uptake activity, for studying the disparities in root development among various plant cultivars, and for detection of environmental factors influencing root functionality. By supplementing the conventional methods, this simple and rapid technique may be profitable for a wide scope of plant investigations, thus its further development is obviously reasonable.

Key words: root electrical capacitance, *in situ* root investigation, mycorrhizal colonization, transpiration, water uptake

Мониторинг *in situ* роста корневой системы и поглощения воды измерением электрической ёмкости

И. ЧЕРЕШНЕС – К. РАЙКАИ – Г. ТАКАЧ

Венгерская Академия Наук, Исследовательский Центр Аграрных Наук,
Институт Почвоведения и Агрохимии, Будапешт

Резюме

Измерение электроёмкости (ЕС) системы корень-почва даёт возможность быстро, *in situ* оценить массу корня и активной поверхности. С целью мониторинга пригодности метода и активности роста корня и поглощения им воды проводили тестирование в опытах с вегетационными сосудами. В ходе 1-го опыта прослеживали дневную транспирацию (NT) привитых грибами арбускулы микоризы *Funneliformis mosseae* (AMF), и контрольных растений (непривитых) огурцов и фасоли в процессе онтогенеза, вместе с регулярными измерениями ЕС. Во 2-ом опыте исследовали динамику транспирации и развития корня четырёх сортов сои (cv. Bagera, Martina, Aliz, Emese).

Выяснили, что ЕС и NT (поглощение воды корневой системой) в ходе онтогенеза показывает совпадающие тренды: оба параметра постоянно увеличивались в период вегетативной фазы, затем, после начала цветения (огурцы: 38 день; фасоль: 33 день) в ходе созревания урожая постоянно уменьшались. Согласно микроскопическому исследованию корней AMF-инфекция, колонизация возможна после насаждения через 18–23 дня. Образование микоризы в течении нескольких дней значительно увеличило мощность корня и транспирацию привитых растений, и относительный рост у более зависимой от микоризы фасоли был значительно больше (75%), чем в случае огурцов (15%). Обработка AMF значительно увеличила массу побегов обоих сортов (огурцы: 29%; фасоль: 69%), и массу корня фасоли тоже (37%).

Измерением ЕС показали характерные отличия динамики развития корней сортов сои. В этом случае временное изменение ЕС также показало тесную связь с формированием NT. Обе величины – в зависимости от возраста растения с различной интенсивностью – приблизительно до начала их цветения (в зависимости от сорта 40–56 дней) увеличились, затем стали постоянными. В конце опыта (60 день) ЕС и NT в одинаковой степени в порядке Bagera, Emese, Aliz, Martina значительно увеличились (ЕС: 2,39–3,05 nF; NT: 116–147 ml). Измерения биомассы также пока-

зали схожие отличия в массе побегов (13,24–17,71 g) в сортах, масса корней Aliz и Martina однако оказалась одинаковой (5,48 g). Из-за больших побегов транспирация Martina – а также и поглощение воды корневой системой – была выше, чем у сорта Aliz, эту разницу показывала и значительно более высокая ёмкость корня сорта Martina.

На основании наших результатов – измерение ЕС – подходящий метод для мониторинга роста корневой системы и поглощения воды *in situ*, для демонстрации разницы сортов, для обнаружения факторов, влияющих на активность корня. Также преимуществом метода является то, что простой и быстрый способ, который, дополнив традиционными техниками, можно успешно применять во многих областях биологических исследований, таким образом мотивировано его дальнейшее развитие.

Ключевые слова: электроёмкость корня, *in situ* исследование корня, микориза-колониализация, транспирация, поглощение воды

Bevezetés

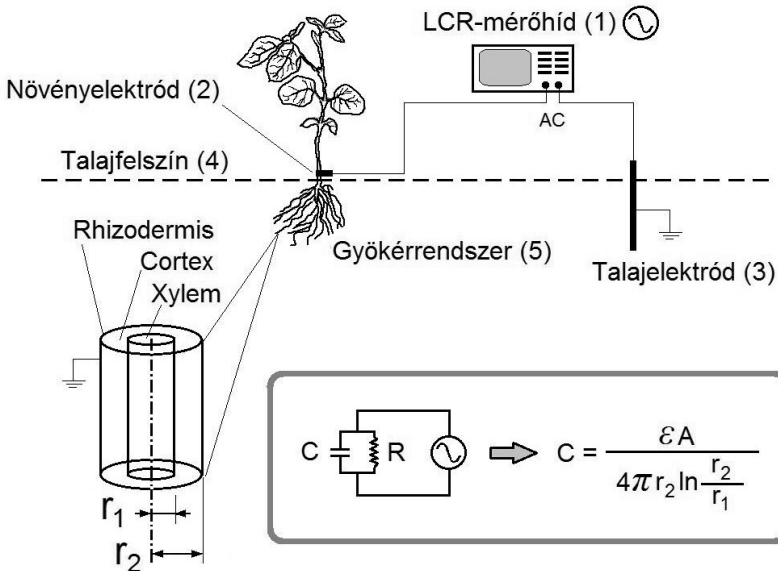
A gyökérrendszer fejlődésének, méretének és aktivitásának vizsgálata a növénytani kutatások számos területén elengedhetetlenül szükséges. A gyökér rejtett jellegéből eredően a hagyományos gyökérvizsgáló módszerek általában rendkívül munka-, eszköz- és időigényesek, ráadásul destruktív jellegüknél fogva nem alkalmasak nagyszámú növény folyamatos monitorozására. A modernbb, *in situ* technikák (pl. minirizotron, MRI, izotópos nyomjelzés, röntgensugaras eljárások) használatára során sok esetben szintén jelentős korlátokkal kell számolnunk (Cao *et al.* 2010). E módszerekkel ugyanis gyakran csak a gyökérrendszer egy részéről nyerhetünk információt, emellett felbontó- és adatszolgáltató képességük a – csekély tömegű, de funkcionalitás szempontjából nagy jelentőséggel bíró – hajszálgökök és főként a gyökérszőrök szintjén nem elégtő, vagy teljesen hiányzik. Ily módon a teljes gyökérrendszer tömegének és aktív felszínének meghatározására szolgáló, egyszerű *in situ* módszerek alkalmazása sok szempontból fontos és előnyös.

Az eljárások egyike a gyökér-talaj rendszer elektromos kapacitásának (EC) mérése, melynek kifejlesztése *Chloupek* (1972) cseh kutató nevéhez fűződik. Mind tenyészedényekben, mind szabadföldön nevelt növények (kukorica,

napraforgó, repce, lucerna, zab és paradicsom) vizsgálata során kimutatta, hogy a közegbe helyezett talajelektrod (fémrúd) és a növény tövébe szúrt növényelektrod (fémű) között elektromos kapacitás mérhető, melynek nagysága a gyökér tömegével és felületével egyenesen arányos. A pF vagy nF egységben kifejezhető EC meghatározásához 1000 Hz frekvenciájú és 1 V feszültségű váltakozó árammal működő mérőműszert (LCR-híd) alkalmazott. A módszer alapjait elsőként Dalton (1995) ismertette elvi modelljében (1. ábra). A fizikai megközelítés a talajoldattal kontaktusban lévő (aktív) gyökérszegmenseket velük azonos átmérőjű, párhuzamosan kapcsolt hengerkondenzátorok együtteseként értelmezi. A gyökér-talaj-elektrod hálózatban a xylem- és phloemnedv belső, a talajoldat pedig külső vezetőként funkcionál, melyet elektromosan szigetelő gyökérmembránok választanak el egymástól. A váltakozó áram hatására polarizálódó membrán így a kondenzátor dielektrikumának tekinthető, mely a gyökér-talaj kontaktfelülettel arányos mennyiségű elektromos töltést tárol, kialakítva a mérhető EC-t. A Dalton-modell módosított formái ma is elfogadottnak tekinthetők. Rajkai et al. (2002, 2005) egy kettős dielektrikumú kondenzátor-modell alkalmazását javasolják (eszerint a talajoldat kapacitása is figyelembe veendő), míg Ellis et al. (2013) a gyökérszövet permittivitása (ϵ) meghatározásának fontosságát hangsúlyozzák.

Más módszerekhez hasonlóan, az EC-mérés használatakor is korlátozó tényezőkkel kell számolnunk. A szakirodalomban „edafikus faktorok”-nak nevezett külső körülmények, úgymint a talaj tulajdonságai (vízállapot, ionösszetétel, textúra, szervesanyag-tartalom), a növényelektrod elhelyezése és a mérőfrekvencia nagysága jelentősen befolyásolják a mért elektromos jellemzőket, így az eredmények pontosságát és megbízhatóságát (Dalton 1995, Beem et al. 1998, Ozier-Lafontaine és Bajazet 2005, Cseresnyés et al. 2013a). Ugyanakkor jól definiált és beállított körülmények biztosítása mellett, megfelelő nedvességtartalmú homogén közegben, az eljárással egyszerűen és gyorsan becsülhető a gyökérrendszer mérete és aktivitása (Preston et al. 2004, Chloupek et al. 2006). Adott közegre és növényfajra felvett kalibrációval a mért EC-értékből közvetlenül is meghatározható a gyökérrendszer nagysága (McBride et al. 2008), de a módszert leginkább a gyökérfejlődésben és -aktivitásban – különböző tényezők hatására – jelentkező különbségek detektálására alkalmazzák (Cseresnyés et al. 2012, 2013b, Svačina et al. 2014).

1. ábra. A gyökér-talaj rendszer elektromos kapacitásának (EC) mérési elve



Megjegyzés: az egyenletben ϵ a gyökérszövet permittivitását jelzi.

Forrás: Dalton (1995), Ellis et al. (2013)

Figure 1. Principle of the electrical capacitance (EC) measurement in a root-soil system. (1) LCR-instrument, (2) Plant electrode, (3) Ground electrode, (4) Soil surface, (5) Plant root system. Note: in the equation, ϵ indicates the permittivity of root tissue. Source: Dalton (1995), Ellis et al. (2013).

A gyökérrendszer és a talaj (talajoldat) között váltakozó áram kizárólag az elektromosan is vezető, víz- és ionabszorpciós zónákon keresztül folyhat, a gyökér permeabilitásával arányos mértékben, míg a nem-abszorptív felszínnek (pl. szuberinizálódott régiók) a vezetéstől kizáródnak (Čermák et al. 2006). A gyökérrendszer konduktivitása és permeabilitása megbízhatóan jelzi az abszorptív gyökérfelszín nagyságát, valamint a növény víz- és ionfelvételi aktivitását (Aston és Lawlor 1979, Aubrecht et al. 2006). Ebből adódóan célunk volt annak igazolása, hogy a különböző növényfajok vagy -fajták gyökérnövekedésében és vízfelvételében jelentkező különbségek, illetve a vízfelvétel korfüggő (fenofázisos) változásai gyökérkapacitás-méréssel egyszerűen, *in situ* monitorozhatók. Mivel az arbuskuláris mikorrhiza gombák (AMF) kolonizációja sok esetben jelentősen befolyásolja a gyökér morfológiáját, konduktivitását és víz-

felvételi kapacitását, ennek következtében a gyökér-talaj rendszerben mérhető elektromos jellemzőket (Augé 2001, Cseresnyés et al. 2013b), ezért a kísérleti munkánk során AM-gombával oltott, valamint oltatlan növényeket is vizsgáltunk.

Anyag és módszer

A módszertani munkát két tenyészedény-kísérletre alapoztuk. Az 1. kísérlet során oltatlan és AM-gomba oltóanyaggal kezelt uborka és bab növények gyökérkapacitásának és transzspirációjának időbeni változását vizsgáltuk, míg a 2. kísérlet négy szófafajta gyökérfejlődési dinamikájának monitorozására irányult.

Fenotípusos változások és AMF-kolonizáció hatásának vizsgálata (1. kísérlet)

Uborka (*Cucumis sativus* L. cv. Perez-F1) és bab (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Goldrush) vetőmagot petricsészékben, megnedvesített vattapapíron 2 napig előcsíráztattunk, 25 °C-on, sötét termosztátban. Ezt követően – azonos nagyságú csiranövényeket válogatva – azokat kettesével, összesen 60 db, 3,75 literes, 240 cm² felületű tenyészedénybe ültettük át. Nevelőközegként 3,3 kg steril (AMF-propagulumoktól mentes), 0,6–1 mm szemcseméretű, 6,53 pH-értékű pumicitet (horzsakőtufa) használtunk. A pumicit szabadföldi vízkapacitását nyomásmembrános készülékkel előzetesen meghatároztuk (0,18 cm³/cm³). A 30–30 db uborka (U) és bab (B) neveléséhez előkészített edény felének közegét egyenként 10 g, AM-gombát tartalmazó inokulummal oltottuk [U(F) és B(F) növények; n=15], az oltatlan (kontroll) csoportok mellett [U(0) és B(0); n=15]. AMF oltóanyagként az MTA ATK TAKI törzsgyűjteményéből származó *Funneliformis mosseae* (Schüssler és Walker; syn. *Glomus mosseae* Nicholson és Gerdeman) pumicit alapú inokulumát alkalmaztuk, melyet fehér here (*Trifolium repens* L.) gazdanövényen állítottunk elő. Az oltóanyagot 5 cm-es mélységben, rétegezve helyeztük a termesztő közegbe.

A növényeket fényszobában neveltük, megfelelő hőmérsékleti (26/18 °C) és fotoperiodizmus (16/8 óra), valamint páratartalom (40–70%) és megvilágítás (300 μmol/m²/s) biztosításával. Az edényeket a helyiségben random módon rendeztük el, és pozíciójukat rendszeresen változtattuk, hogy az esetlegesen heterogén klímaviszonyok hatását kiküszöböljük. Az ültetést követő 5. napon minden edényből eltávolítottuk az egyik növényt, törekedve arra, hogy a meg-

maradt példányok minél egységesebb csoportot képezzenek. A növényeket naponta mérlegre helyezve, tömegüket grammos pontossággal mértük az evapotranszpirációs tömegvesztés meghatározása céljából, majd a közeget – szintén tömegmérés mellett – csapvízzel szabadföldi vízkapacitásig öntöttük. Az optimális tápanyagellátás érdekében az öntözéshez hetente egyszer 200 ml foszforszegény (10% KH_2PO_4) Hoagland-tápoldatot használtunk (a foszforszegény közeg az AM-gomba kolonizációját segíti). A pumicitból eredő felszíni evaporációt növények nélküli tenyészedények elhelyezésével, napi tömegmérésével és súlyra öntözésével folyamatosan mértük. A növények napi transzspirációját a mért evapotranszspiráció és a pumicit evaporációjának különbségként határoztuk meg. A napi transzspirációt a gyökérzet napi vízfelvételével tekintettük egyenlőnek (*Lai és Katul 2000, Nomiyama et al. 2013*), mivel a biomassza-növekmény – különösen összehasonlító vizsgálatok esetén – ehhez képest elhanyagolhatónak tekinthető (*Yang et al. 1990*). A vízfelvételt a napi transzspiráció (NT) ötnapos mozgóátlagával adtuk meg. A vizsgálatokat a növények termésérésének kezdetéig (uborka: 64 nap, bab: 50 nap) végeztük.

Elektromos kapacitás (EC) mérése

A növények gyökérkapacitását egyedfejlődésük 15. napjától hetente mértük, GW 8101G típusú precíziós LCR-mérőhíddal (GW Instek Co., Ltd., Taiwan), 1000 Hz frekvencián, 1 V kapcsolófeszültséggel. Talajelektrodként 6 mm átmérőjű, 15 cm hosszú rozsdamentes acélrudat alkalmaztunk, melyet 10 cm mélységben szúrtunk a közegbe, 6 cm távolságra a növény tövétől. Növényelektrodként a szárra – a szubsztrát felszínétől számítva 15 mm magasságban – rögzített csipesz funkcionált; a megfelelő elektromos kontaktus biztosításához a csipesz alatt a szárat áramvezető géllal kentük be (*Kendall et al. 1982, Rajkai et al. 2005*). A mérést a pumicit szabadföldi vízkapacitásra történő öntözését követően végeztük, így a nedvességállapot elektromos jellemzőkre gyakorolt hatását kiküszöbölhettük (*Dalton 1995*). A nedvességtartalmat Trime-FM3 típusú TDR-műszerrel is ellenőriztük.

Biomassza és gyökérkolonizáció meghatározása

Közvetlenül az utolsó EC-mérés után a hajtásokat levágtuk, és a gyökérrendszert a közegből folyóvízzel, szűrő felett óvatosan kimostuk, ügyelve a hajszálgyökerek minél kisebb mértékű veszteségére. Az intakt gyökérzet tömegét meghatároztuk, majd az AM-gomba kolonizációjának vizsgálatához egy ran-

dom módon gyűjtött – főként hajszálgyökereket tartalmazó – mintát különítettünk el. A hajtásokat és a gyökérszövetek fennmaradó részét 70 °C-on 72 óráig szárítottuk, majd száraz tömegüket meghatároztuk.

Az AM-gombák kimutatásához a megtisztított gyökérmintákat KOH-ban való főzés után anilinkék oldattal festettük, majd a felesleges festékkoldatot tejsavas áztatással eltávolítottuk (*Phillips és Hayman 1970*). A gyökérekolonizációt Olympus B71 típusú sztereomikroszkóp (40–100X) segítségével vizsgáltuk, az infekció intenzitását (M%) növényenként 30 db 1 cm-es gyökérszegmens elemzése alapján számítottuk ki (*Trouvelot et al. 1986*). Az AMF-oltott U(F) és B(F) növényekből további példányokat nevelve, azokból 3–3 db-ot heti rendszerességgel bontva, majd gyökereiket a fenti módon vizsgálva meghatároztuk az AMF kolonizáció kezdetét és intenzitásának időbeli változását is.

Szójafajták gyökérfejlődési dinamikájának összehasonlítása (2. kísérlet)

A vizsgálatot szója [*Glycine max* (L.) Merr.], különböző tulajdonságokkal jellemezhető négy fajtájával (cv. Bagera, cv. Martina, cv. Aliz, cv. Emese) végeztük el (*1. táblázat*). Az ezermagtömeget fajtánként 5×100 db mag mérésével állapítottuk meg. A magvak csíráztatását és ültetését, a növények nevelését, valamint a transzspirációt, az EC és a biomassa mérését az előbbieken leírtak szerint kiviteleztek, így most csak a fentiekől való eltérésekre térünk ki.

A kísérlet során fajtánként 15 ismétlést alkalmaztunk; AM-gombával történő oltást nem végeztünk. A tápanyag-ellátást hetente 200 ml normál Hoagland-oldattal biztosítottuk. A gyökérfejlődés dinamikájának pontosabb monitorozása érdekében a gyökér EC-értékét hetente kétszer mértük, a korai vegetatív fázistól (7. nap) a teljes virágzásig (60. nap), 16 alkalommal.

Alkalmazott statisztikai eljárások

Az eredmények értékelését Statistica programcsomaggal (ver. 12, StatSoft Inc., OK, USA) végeztük. A mért EC- és biomassa-adatok összehasonlításához kétmintás t-próbát, illetve varianciaanalízist (ANOVA) és Tukey–Kramer post-hoc tesztet alkalmaztunk. Amennyiben az összehasonlítandó csoportok szórásai egymástól szignifikánsan különböztek (F-próba vagy Bartlett-próba alapján), az értékelést Welch-teszttel, illetve Kruskal–Wallis-próbával és Dunn post-hoc teszttel végeztük. Az EC- és NT-értékek közötti korrelációt regresszióanalízissel vizsgáltuk. Statisztikailag szignifikáns különbséget $P < 0,05$ szint teljesülése esetén fogadtunk el.

1. táblázat. Az alkalmazott szójafajták jellemző tulajdonságai

Fajta (1)	Éréscsoport (2)	Jellemzők (3)	Ezermagtömeg (g) (4)
Bagera	Nagyon korai [00] (5)	Jó szárazságtűrés (8) Nagy termés hozam (9)	148,7±7,0
Martina	Korai [0] (6)	Kiváló szárazságtűrés (10) Nagy szárszilárdság (11)	202,3±5,2
Aliz	Korai [0] (6)	Kiváló szárazságtűrés (10) Nagy szárszilárdság (11)	182,2±5,2
Emese	Középerésű [I] (7)	Jó szárazságtűrés (8) Jó alkalmazkodóképesség (12)	176,4±3,2

Table 1. Characteristics of soybean cultivars applied in experiment. (1) Cultivar, (2) Maturity group, (3) Characteristics, (4) Thousand-grain weight, (5) Very early, (6) Early, (7) Medium, (8) High drought tolerance, (9) High grain yield, (10) Very high drought tolerance, (11) Great stem stability, (12) Broad adaptability.

Eredmények

Fenotípusos változások és AMF-kolonizáció hatásának vizsgálata (1. kísérlet)

Mindkét vizsgált kultúrnövény gyökérkapacitása (EC) folyamatos növekedést mutatott a vegetatív fázis során, majd csúcspontját a virágzáskor elérve a termésérés során csökkent (2/A ábra). A virágzás kezdete, azaz a növények legalább 50%-ának virágzása a 38. (uborka), illetve a 33. (bab) napra esett. A legnagyobb EC-értékeket – az AMF kolonizációtól függetlenül – uborka esetén a 43. napon [U(0): 2,03 nF; U(F): 2,31 nF], bab esetén pedig a 36. napon [B(0): 0,80 nF; B(F): 1,12 nF] mértük. Az uborka gyökérkapacitása – a fenofázistól függően – általában másfél-háromszorosán haladta meg a babét. A mért kapacitásokat az AMF-kolonizáció is befolyásolta: a 29. napon végzett mérés során az oltott növények EC-értéke már szignifikánsan ($P < 0,05$) meghaladta a kontroll csoportokét, és a különbség a kísérlet végéig fennmaradt.

A tömegvesztés alapján meghatározott napi transzspiráció (NT), azaz a vízfelvétel időbeli változása összhangban állt az EC-mérés során tapasztalt trendekkel és különbségekkel (2/B ábra). Az NT ötnapos mozgóátlaga – a virágzás kezdetének megfelelően – uborkánál a 35–39. napon [U(0): 17,6 ml; U(F): 22,4 ml], babnál a 31–36. napon [B(0): 9,0 ml; B(F): 12,0 ml] érte el maximális értékét. Az uborka gyökerének vízfelvétele kétféle-négyszeresen meghaladta a

babét. A mért NT termésérés során bekövetkező (a maximális értékhez viszonyított) csökkenése a babnál jelentősebb mértékű volt, mint az uborkánál [U(0): 28%; U(F): 26%; B(0): 71%; B(F): 50%], vélhetően az alkalmazott bokorbab-fajta determinált növekedésének köszönhetően (szemben az indeterminált növekedésű uborkával). Az AM-gombával oltott növények transzspirációja a 22–25. naptól kezdve nagyobb volt, mint a kontroll csoportoké. A regresszióanalízis az EC és NT között szignifikáns ($P < 0,05$), pozitív lineáris korrelációt mutatott ki mind az uborka ($r = 0,768$), mind a bab ($r = 0,896$) esetén.

A mikroszkópos vizsgálatok igazolták, hogy az AMF-inokulummal oltott növényeknél az infekció és a gyökérkolonizáció kezdete a 18–23. nap közötti időszakra tehető, a kolonizáció intenzitása pedig folyamatos emelkedést mutatva a termésérésig $M = 50,9\%$ [C(F)], illetve $M = 47,6\%$ [B(F)] értéket ér el (2/C ábra).

Az arbuskuláris mikorrhiza kialakulása mindkét kultúrnövény biomassza-termelésére szignifikáns ($P < 0,05$) hatást gyakorolt (3. ábra). Az uborka, illetve a bab teljes biomasszájának száraztömege a kolonizáció hatására 26%-kal, illetve 60%-kal emelkedett [U(0): 3,67 g; U(F): 4,61 g; B(0): 2,42 g; B(F): 3,87 g]. Ezen belül a hajtás tömegében 29%-os (U), valamint 69%-os (B) növekedést figyeltünk meg. A gyökértömegek közti különbség csak a bab esetében bizonyult szignifikánsnak, itt az AMF-kolonizáció 37%-os száraztömeg-növekedést eredményezett, míg az uborkánál nem tapasztaltunk szignifikáns változást [U(0): 0,51 g; U(F): 0,54 g].

Szójafajták gyökérfejlődési dinamikájának összehasonlítása (2. kísérlet)

Az ismételt EC-mérések eredményei jól szemléltették a különböző szójafajták gyökérnövekedésében és vízfelvételében az egyedfejlődésük során mutatkozó különbségeket (4/A ábra). Az első mérés (7. nap) szerint a fajták gyökérmérete Martina, Aliz, Emese, Bagera sorrendben szignifikánsan (kiv. Aliz és Emese közt) csökkent, összhangban azok ezermagtömegével (1. táblázat).

Az Emese gyökérnövekedése a 20. napig igen lassú volt, majd ezt követően egyenletes ütemben fejlődött. Virágzását (56. nap) követően EC-értéke már alig emelkedett (60. nap: 2,64 nF). A legintenzívebb növekedést a Martina mutatta, főként a 17–41. nap közötti időszakban. A 46. napon megkezdődött virágzása után gyökérkapacitása – a négy fajta közül a legmagasabb értéket mutatva – 3,05 nF körül stagnált. Az Aliz esetében a 34. napig hasonló növekedést tapasztaltunk, de ezt követően fejlődése lelassult, az EC az 52. naptól lényegében állandó volt (2,85 nF). A fajta virágzása az 55. napon kezdődött.

2. ábra. (A) – a gyökér elektromos kapacitásának (EC) átlaga és szórása, (B) – a napi transzspiráció (ötnapos mozgóátlag), valamint (C) – az arbuskuláris mikorrhiza gomba (AMF) kolonizáció intenzitása (M%) a növény korának függvényében az oltatlan (O) és oltott (F) uborka (U) és bab (B) növényeknél

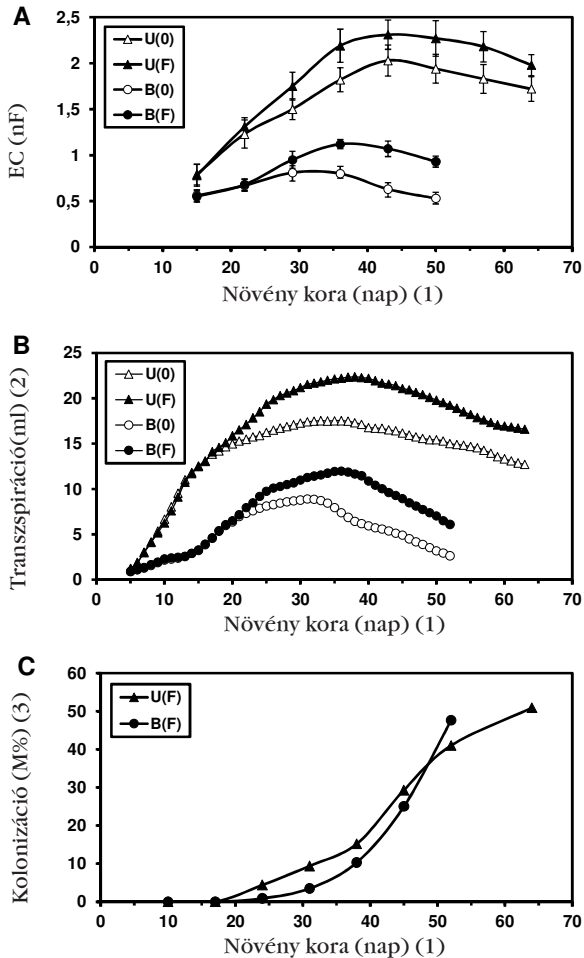


Figure 2. (A) – changes in root electrical capacitance (EC), (B) – in daily transpiration (5-day moving average), and (C) – in intensity of AMF colonization (M%) related to growth time in non-AMF (O) and AMF-colonized (F) cucumber (U) and bean (B) plants. (1) Growth time in days, (2) Daily transpiration, (3) AMF colonization. Vertical bars indicate standard deviations.

3. ábra. Az oltatlan (0) és AMF-oltott (F) uborka (U) és bab (B) gyökér- és hajtástömegeinek átlaga és szórása

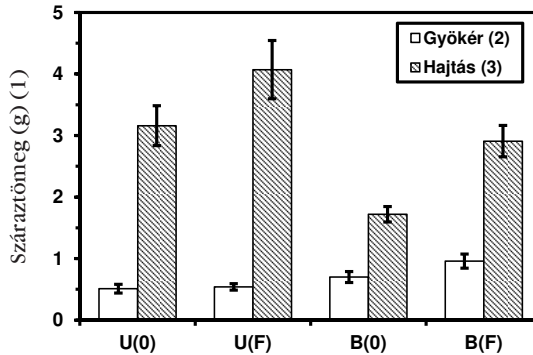


Figure 3. Root and shoot dry mass of non-AMF (0) and AMF-colonized (F) cucumber (U) and bean (B) plants. (1) Dry mass, (2) Root, (3) Shoot. Vertical bars indicate standard deviations.

A Bagera a 24–38. nap között produkált igen erőteljes gyökérfejlődést; az EC a 38. napon meg is haladta a Martináét. A korai virágzást (40. nap) követően a mért kapacitások már alig emelkedtek, sőt a kísérlet végén kismértékű csökkenést észleltünk (60. nap: 2,39 nF). Az utolsó mérés során detektált gyökérkapacitások közti különbségek egyaránt szignifikánsnak ($P < 0,01$) bizonyultak mind a négy szófajta vonatkozásában.

A napi transzspiráció (NT) mérésének eredményei ez esetben is megfeleltek az EC monitorozása során nyert adatoknak (4/B ábra). A transzspiráció útján meghatározott vízfelvételi aktivitás az összes szófajta esetén hozzávetőleg a generatív fázis (virágzás) kezdetéig folyamatos, de eltérő intenzitású növekedést mutatott, majd többé-kevésbé állandóvá vált. A 60. napon a NT - hasonlóan a gyökérkapacitáshoz - Bagera (116 ml), Emese (124 ml), Aliz (140 ml), Martina (147 ml) sorrendben növekedett. Az Emese, Aliz és Martina transzspirációja rendre 7%-kal, 21%-kal, illetve 27%-kal haladta meg a Bageráét, ami összhangban van az EC 10 %-os, 19%-os, illetve 28%-os különbségeivel. A regresszióanalízis az EC és NT igen szoros lineáris korrelációját mutatta mind a négy fajta esetében ($r = 0,973 - 0,983$).

Az *in situ* monitorozást követő biomassza-mérés a gyökér szárztömegek közt szignifikáns különbségeket mutatott ki. Az EC-értéknek megfelelően, a Bagera gyökértömege (4,10 g) alacsonyabb volt, mint az Emeséé (4,79 g), utóbbi pedig kisebb volt, mint a Martina és Aliz fajtáké. A Martina és Aliz esetén tel-

jesen megegyező átlagos gyökértömeget (5,48 g) határoztunk meg. A hajtástömegek a Bagera (13,24 g) és Emese (14,88 g) tekintetében a gyökértömeghez hasonló különbséget mutattak. A Martina hajtástömege azonban (17,71 g) szignifikánsan meghaladta az Alizét (16,48 g), ebből eredően e fajta gyökér/hajtás aránya ($0,310 \pm 0,018$) alacsonyabb volt, mint az Alizé ($0,332 \pm 0,015$) (5. ábra). A Martina nagyobb hajtása mérési eredményeink szerint nagyobb transzspirációt eredményezett, ennek megfelelően gyökérzetének vízfelvétele – azonos gyökértömeg mellett – is intenzívebb volt, melyet a szignifikánsan magasabb EC formájában is detektáltunk.

4. ábra. A vizsgált szójafajták (A) elektromos gyökérkapacitásának (EC) átlaga és szórása, valamint (B) napi transzspirációja (ötnapos mozgóátlag) a növény korának függvényében

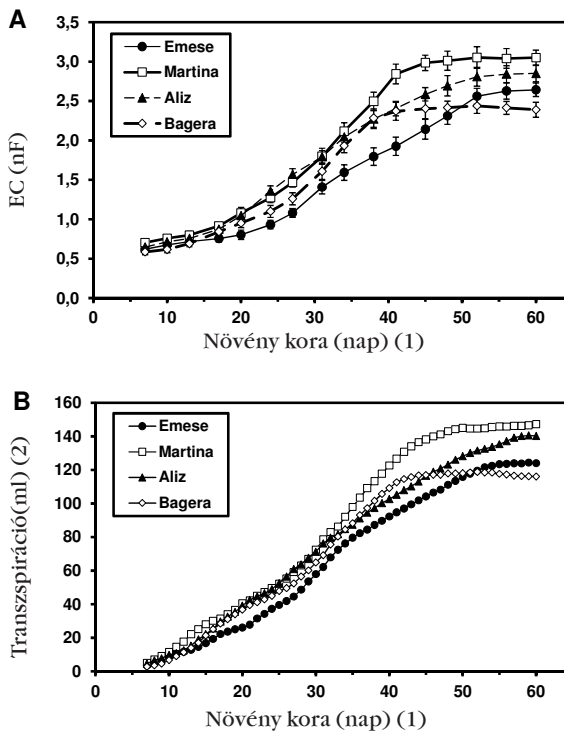


Figure 4. (A) Changes in root electrical capacitance (EC) and (B) in daily transpiration (5-day moving average) related to growth time in various soybean cultivars. (1) Growth time in days, (2) Daily transpiration. Vertical bars indicate standard deviations.

5. ábra. A vizsgált szófafajták gyökér- és hajtástömegeinek átlaga és szórása

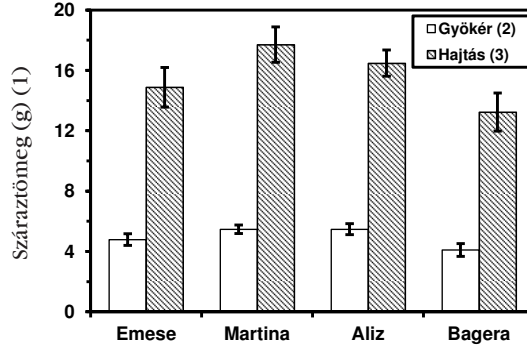


Figure 5. Root and shoot dry mass of soybean cultivars. (1) Dry mass, (2) Root, (3) Shoot. Vertical bars indicate standard deviations.

Eredmények értékelése

Eredményeink igazolják, hogy az EC-mérés – megfelelő kísérleti körülmények között – alkalmas eljárás a gyökérméret és -aktivitás változásának egyszerű, *in situ* monitorozására, és az AMF-kolonizáció hatásának kimutatására.

A vízfelvétel és a transzspiráció fenofázisos változását korábbi vizsgálatok is megerősítik. Számos haszonnövénynél (pl. búza, cirok, kukorica, napraforgó, uborka) tapasztalták, hogy e folyamatok a fiziológiailag leginkább aktív fenofázisok, így a vegetatív fázis vége és a generatív fázis kezdete során a legintenzívebbek, majd aktivitásuk a termésérés során csökken (Fu *et al.* 2002, Novák és Vidovič 2003). Az öregedéssel mind a felszívó gyökérrégiók aránya és felvételi aktivitása, mind az egységnyi levélfelületre eső transzspiráció mérséklődik (Yang *et al.* 1990, Gao *et al.* 1998).

Az uborka és bab oltásához alkalmazott *F. mosseae* gombatorzs 18–23. nap között bekövetkező kolonizációja néhány napon belül a gyökérzet vízfelvétele és EC-értékének növekedéséhez vezetett, hasonlóan az AM-gombák fiziológiai hatásvizsgálatai során szerzett korábbi tapasztalatokhoz (Augé 2001, Cseresnyés *et al.* 2013b). A pillangósvirágúakra jellemző nagyobb mikorrhizafüggést az EC, illetve a biomassa – AM-kolonizáció hatására bekövetkező – nagyobb relatív növekedése is mutatja: a bab gyökérkapacitása az utolsó mérés szerint 75%-kal, míg az uborkáé mindössze 15%-kal növekedett a kontroll csoportéhoz képest.

A vizsgált, indeterminált növekedési típusú szójafajtáknál a gyökérrendszer aktivitás-növekedésének üteme a virágzás kezdetekor ugyan jelentősen csökkent, de a mért gyökérkapacitás és vízfelvétel csökkenését csak a nagyon korai éréscsoportú Bagera fajta virágzását követően tapasztaltuk.

A szója gyökérnövekedésének monitorozása jól jelzi a különböző fajták fejlődési dinamikájának eltérő jellegét. A magtömeg pozitív hatása a csíranövények méretére és korai fejlődési sebességére jól ismert jelenség (*Baskin és Baskin* 2014), csakúgy, mint a szója kumulatív transzspirációjának esetenként jelentős fajtafüggése (*Purcell et al.* 2007). *Turman et al.* (1995) videokamerákkal felszerelt minirizotron-rendszerrel követték nyomon az eltérő éréscsoportú szójafajták gyökérfejlődését, melyek főként a korai növekedési szakasz során mutattak jellegzetes különbségeket, de a későbbi biomassza-termelést nem befolyásolták. Eszköz- és munkaigényes módszerrel kapott eredményeik megfelelnek saját, egyszerű mérési eljárással nyert tapasztalatainknak, bár meg kell jegyeznünk, hogy az EC-mérés – a rizotronnal szemben – nem szolgáltat adatot a gyökérrendszer morfológiájáról és mélységi megoszlásáról (ellenben mutatja annak aktivitását).

Megállapíthatjuk, hogy az EC a teljes gyökérrendszer vízfelvételének időbeni változását, az egyes növényfajták közötti különbségeket, valamint a rizoszféra aktivitásának környezeti tényezők (pl. AMF gyökérkolonizáció) hatására bekövetkező változását jól jelzi. Ugyanakkor a gyökérzet mérete és az egységni abszorptív felületre eső vízfelvétel intenzitása a mért kapacitásban csak együttesen fejeződhet ki (mindezt igazolja a Martina és Aliz szójafajták gyökér- és hajtástömegének, transzspirációjának és EC-értékének viszonya). A vízfelvétel sebessége kizárólag EC-mérések alapján még megfelelő kalibrációk alkalmazásával is csak körülményesen számítható ki a gyökérszövetek öregedésével járó, az elektromos tulajdonságokat is befolyásoló változások miatt (*Čermák et al.* 2006, *Ellis et al.* 2013). Ennek ellenére az eljárás összehasonlító vizsgálatok keretében egyszerű, gyors és olcsó tesztmódszer lehet. Jelentős előnye, hogy – *in situ* jellegéből adódóan – a változások időbeli nyomon követésére is alkalmas, és nem csak azok eredményéről tájékoztat. Bár szabadföldi alkalmazását a talajtulajdonságok heterogenitása és a növényállomány nagyobb interpopulációs változatossága nehezíti, elegendően nagy mintaelemszám megválasztásával e körülmények között is megbízható eredményt nyújthat (*Beem et al.* 1998, *Preston et al.* 2004, *Chloupek et al.* 2006, *Svačina et al.* 2014). Az EC mérési módszer bevezetése – az általánosan használt, destruktív, munka- és

költségigényes eljárásokat kiegészítve vagy legalább részben helyettesítve – a növényfiziológiai, ökofiziológiai és agrártudományi kutatások számos területén (pl. fajtaszelekció) jelentős tudományos és gyakorlati haszonnal járhat.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti dr. Füzy Annát, Kelemen Bettinát és Kovács Ramónát a növénynevelés és a mikroszkópos vizsgálatok során nyújtott segítségéért. A szója-vizsgálatokat az Ökológiai és Mezőgazdasági Kutatóintézet által finanszírozott 05-Gv/80-1/2013 sz. pályázat keretében végeztük. A szója vetőmagot a Kaposvári Egyetem Takarmánytermesztési Kutatóintézete és a SUMI AGRO Hungary Kft. biztosította.

IRODALOM

- Aston, M. J.–Lawlor, D. W.*: 1979. The relationship between transpiration, root water uptake and leaf water potential. *Journal of Experimental Botany*. 114: 169–181.
- Aubrecht, L.–Staněk, Z.–Koller, J.*: 2006. Electrical measurement of the absorption surfaces of tree roots by the earth impedance methods: 1. Theory. *Tree Physiology*. 26: 1105–1112.
- Augé R. M.*: 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*. 11: 3–42.
- Baskin, C. C.–Baskin, J. M.*: 2014. *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. 2nd edition., Elsevier. San Diego.
- Beem, J. van–Smith, M. E.–Zobel, R. W.*: 1998. Estimating root mass in maize using a portable capacitance meter. *Agronomy Journal*. 90: 566–570.
- Cao, Y.–Repo, T.–Silvennoinen, R.–Lehto, T.–Pelkonen, P.*: 2010. An appraisal of the electrical resistance method for assessing root surface area. *Journal of Experimental Botany*. 61: 2491–2497.
- Čermák, J.–Ulrich, R.–Staněk, Z.–Koller, J.–Aubrecht, L.*: 2006. Electrical measurement of tree root absorbing surfaces by the earth impedance method: 2. Verification based on allometric relationships and root severing experiments. *Tree Physiology*. 26: 1113–1121.
- Chloupek, O.*: 1972. The relationship between electric capacitance and some other parameters of plant roots. *Biologia Plantarum*. 14: 227–230.
- Chloupek, O.–Forster, B. P.–Thomas, W. T. B.*: 2006. The effect of semi-dwarf genes on root system size in field-grown barley. *Theoretical and Applied Genetics*. 112: 779–786.

- Cseresnyés, I.–Fekete, G.–Végh, R. K.–Székács, A.–Mörtl, M.–Rajkai, K.: 2012. Monitoring of herbicide effect in maize based on electrical measurements. *International Agrophysics*. 26: 243–247.
- Cseresnyés, I.–Rajkai, K.–Vozáry, E.: 2013a. Role of phase angle measurement in electrical impedance spectroscopy. *International Agrophysics*. 27: 377–383.
- Cseresnyés, I.–Takács, T.–Végh, R. K.–Anton, A.–Rajkai, K.: 2013b. Electrical impedance and capacitance method: a new approach for detection of functional aspects of arbuscular mycorrhizal colonization in maize. *European Journal of Soil Biology*. 54: 25–31.
- Dalton, F. N.: 1995. *In-situ* root extent measurements by electrical capacitance methods. *Plant and Soil*. 173: 157–165.
- Ellis, T.–Murray, W.–Kavalieris, L.: 2013. Electrical capacitance of bean (*Vicia faba*) root systems was related to tissue density – a test for the Dalton Model. *Plant and Soil*. 366: 575–584.
- Fu, S.–Cheng, W.–Susfalk, R.: 2002. Rhizosphere respiration varies with plant species and phenology: a greenhouse pot experiment. *Plant and Soil*. 239: 133–140.
- Gao, S.–Pan, W. L.–Koenig, R. T.: 1998. Integrated root system age in relation to plant nutrient uptake activity. *Agronomy Journal*. 90: 505–510.
- Kendall, W. A.–Pederson, G. A.–Hill, R. R.: 1982. Root size estimates of red clover and alfalfa based on electrical capacitance and root diameter measurements. *Grass and Forage Science*. 37: 253–256.
- Lai, C.-T.–Katul, G.: 2000. The dynamic role of root water-uptake in coupling potential to actual transpiration. *Advances in Water Resources*. 23: 427–439.
- McBride, R.–Candido, M.–Ferguson, J.: 2008. Estimating root mass in maize genotypes using the electrical capacitance method. *Archives of Agronomy and Soil Sciences*. 54: 215–226.
- Nomiyama, R.–Yasutake, D.–Sago, Y.–Kitano, M.: 2013. Transpiration integrated model for root ion absorption under salinized condition. *Biologia*. 68: 1113–1117.
- Novák, V.–Vidovič, J.: 2003. Transpiration and nutrient uptake dynamics in maize (*Zea mays* L.). *Ecological Modelling*. 166: 99–107.
- Ozier-Lafontaine, H.–Bajazet, T.: 2005. Analysis of root growth by impedance spectroscopy (EIS). *Plant and Soil*. 277: 299–313.
- Phillips, J. M.–Hayman, D. S.: 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*. 55: 157–160.
- Preston, G. M.–McBride, R. A.–Bryan, J.–Candido, M.: 2004. Estimating root mass in young hybrid poplar trees using the electrical capacitance method. *Agroforestry Systems*. 60: 305–309.
- Purcell, L. C.–Edwards, J. T.–Brye, K. R.: 2007. Soybean yield and biomass response to cumulative transpiration: Questioning widely held beliefs. *Field Crops Research*. 101: 10–18.

- Rajkai, K.-Végh, R. K.-Nacsa, T.*: 2002. Electrical capacitance as the indicator of root size and activity. *Agrokémia és Talajtan*. 51: 89-98.
- Rajkai, K.-Végh, R. K.-Nacsa, T.*: 2005. Electrical capacitance of roots in relation to plant electrodes, measuring frequency and root media. *Acta Agronomica Hungarica*. 53: 197-210.
- Svačina, P.-Středa, T.-Chloupek, O.*: 2014. Uncommon selection by root system size increases barley yield. *Agronomy for Sustainable Development*. 34: 545-551.
- Trouvelot, A.-Kough, J. L.-Gianinazzi-Pearson, V.*: 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherches et méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. [In: Gianinazzi-Pearson, V.-Gianinazzi, S. (eds.) *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae*.] INRA. Paris. 217-221.
- Turman, P. C.-Wiebold, W. J.-Wrather, J. A.-Tracy, P. W.*: 1995. Cultivar and planting date effects on soybean root growth. *Plant and Soil*. 176: 235-241.
- Yang, X.-Short, T. H.-Fox, R. D.-Bauerle, W. L.*: 1990. Transpiration, leaf temperature and stomatal resistance of a greenhouse cucumber crop. *Agricultural and Forest Meteorology*. 51: 197-209.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Dr. Cseresnyés Imre - Dr. Rajkai Kálmán - Dr. Takács Tünde
MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet
Budapest
Herman Ottó út 15.
H-1022

A talaj vízháztartásának vizsgálata eltérő vetésidejű borsó (*Pisum sativum* L.) állományban

DÓKA LAJOS FÜLÖP

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

Összefoglalás

27 éves polifaktoriális tartamkísérletben vizsgáltuk eltérő vetésidejű (optimális időben történő és megkésett idejű vetés) szárazborsó talajának vízforgalmát 2010-ben, egy csapadékos évben. A vizsgálati eredményekből megállapítottuk, hogy a 200 cm-es talajszelvény nedvességtartalmának alakulását a borsó előveteményeként szereplő kukorica vízfelhasználása is nagymértékben meghatározta. A borsó a 0–100 cm-es talajszelvény nedvességtartalmát használja intenzíven, az alsó 100–200 cm-es réteg nem vesz részt az állomány vízellátásában. A két vetésidő közül a megkésett vetésidejű (V_2) parcellákban a nedvesség változása dinamikusabb volt az egész tenyészidőszak során mindhárom rétegben, a borsóállomány vízfelhasználása intenzívebb volt. A terméseredmények vizsgálatából megállapítható, hogy az öntözött területeken a talaj vízháztartása nem teremtette meg a borsó statikus vízigényéhez szükséges körülményeket, levegőtlen viszonyok alakultak ki a gyökerezési zónában. A tenyészidőszak folyamán lehulló nagy mennyiségű csapadék hatására a később vetett borsóállomány virágzása is későbbre tolódott, a talajban raktározódó nagyobb mennyiségű víz hatására kedvezőtlenebb körülmények uralkodtak a termékenyüléshez.

Kulcsszavak: talajnedvesség, vízhiány, öntözés, csapadék borsó, termés, vetésidő

Examination of the water balance of the soil in pea (*Pisum sativum* L.) populations with different sowing dates

L. F. DÓKA

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

Summary

The water flow of the soil was examined in the rainy crop year of 2010 in pea population of various sowing dates (optimal and late sowing) in a 27-year-long multifactorial long-term experiment. The examination results showed that the moisture content of the 200 cm soil profile was also greatly affected by the water use of maize which was the previous crop of pea. Pea intensively relies on the moisture content of the 0–100 cm soil profile, while the lower 100–200 cm layer has no role in the water supply of the population. Of the two sowing dates, the change of moisture in the late sowing date (V_2) plots was more dynamic in all three layers during the whole growing season and the water use of the pea population was more intensive. The analysis of yield leads to the conclusion that the water balance of the soil in irrigated areas was not enough to provide the necessary circumstances for the static water need of pea and airless conditions developed in the root zone. As a result of the high amount of precipitation during the growing season, the flowering of the pea population sown at the late sowing date was also protracted and unfavourable circumstances prevailed during fertilisation as a result of the high amount of water stored in the soil.

Key words: soil moisture, water loss, irrigation, precipitation, pea, yield, sowing date

Исследование влагооборота почвы в насаждении гороха (*Pisum sativum* L.) разного срока посева

Л. Ф. ДОКА

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

Резюме

В 27-летнем полифакторном продолжительном опыте исследовали влагооборот почвы сухого гороха разного срока посева (посев в оптимальное время и посев более позднего времени) в 2010-ом влажном году. По результатам исследований установили, что формирование содержания влаги 200 см почвенного профиля в большей мере определило водопользование кукурузой, как растения -предшественника гороха. Горох интенсивно использует влажность почвенного профиля 0–100 см, более глубокий 100–200 см слой не принимает участие в обеспечении насаждения водой. Среди двух сроков посева в парцеллах с более поздним сроком посева (V_2) изменение влажности было более динамичным в ходе всего вегетационного периода во всех трёх слоях, водопользование насаждения гороха было интенсивнее. По результатам урожая можно установить, что на орошаемых территориях влагооборот почвы не создал необходимых условий для статических потребностей в воде гороха, безвоздушные условия сформировались в зоне корневища. Под влиянием большого количества осадков, выпавших в ходе вегетационного периода, цветение посаженного позже насаждения гороха тоже передвинулось на позднее время, под влиянием накопленного в почве большого количества воды более неблагоприятные условия преобладали при оплодотворении.

Ключевые слова: влажность почвы, дефицит воды, орошение, осадки, горох, урожай, срок посева

Bevezetés

A borsó az egyik legrégebb kultúrnövényünk, amely egyes feltevések szerint kortársa az ember által legelőször termesztésbe vett gabonaféléknek, a megvál-

tozott gazdasági tényezők ellenére is még mindig a legnagyobb területen termesztett szántóföldi hüvelyes növényünk. Termesztése a vetésforgóba jól beilleszthető. Tenyészideje rövid, talajszerkezet-javító hatása kiváló, gazdagítja a talaj tápanyagkészletét (*Kurnik 1969, Iszályné 2000*). A borsót étkezési szárazborsónak, zölden friss fogyasztásra cukorborsónak vagy konzervipari célra, illetve abrak vagy zöldtakarmánnyként egyaránt hasznosítják. A szélsőséges, extrém savanyú vagy szikes, ill. a levegőtlen agyag, vagy a sülevényes homoktalajok kivételével mindenütt termesztendő. Ideális termőhelye a karbonátos csernozjom, a löszhátak (*Kádár és Németh 2011*). A növények talajnedvesség iránti igénye növényenként és fejlődési fázisonként is változhat. A talajnedvességszint iránti igényben is vannak kritikus időszakok. Ez a legtöbb növény esetében a virágzás körüli időszakra esik (*Varga-Haszonits et al. 2008*). Az elmúlt évtized hosszabb aszályos periódusai miatt különös hangsúlyt kapott a fajták termésbiztonsága, az a magas fokú ökológiai plaszticitás, amely a szélsőséges időjárású években is elfogadható nagyságú termést biztosít (*Iszályné 2000*). A termőképességet az évjárat rendkívüli mértékben befolyásolja, a virágzás előtti csapadékhiányt nem pótolja a virágzás utáni csapadékbőség. A borsó vízigénye közepes, kezdeti fejlődéséhez egyenletes vízellátást kíván, vízigénye virágzás és hüvelykötés idején a maximális, éréskor a legkisebb. A szárazságtűrése a reprodukzív fázisban erősen csökken. Fejlődéséhez a túl sok csapadék éppoly kedvezőtlen, mint a szárazság. Csapadékos években meghosszabbodik a tenyészidő, a borsó termésátlaga kevesebb lesz (*Brouwer 1958, Kíss 1980, Sárvári 1991, Kismányoky 2005, Mendlerné et al. 2012*). Ezt támasztja alá *Velich és Csizmadia (1985)* megállapítása is, mely szerint a talajnedvesség elsősorban a növekedést, a lehullott csapadék mennyisége és eloszlása viszont a termés mennyiségét határozza meg. A vetésidő hatással van a termés mennyiségére, viszont a talajnedvesség a kora tavaszi alacsony hőmérséklettel együtt az egyik legjelentősebb korlátozó tényező (*Rapčan et al. 2007, Hanaa és Ali 2011*). *Mándy et al. (1980)* szerint a statikai vízigénye a hézagterefogat százalékában megadva 63% víz és 37% levegő. A borsótermesztés egyik legfontosabb technológiai művelete a vetés. Fontos szabály, hogy a biológiai határokon belül korán, egyenletes mélységben, optimális csíraszámmal végezzük. Ez a jó termés záloga. Legkésőbb március végéig el kell vetni a borsót, mert az ettől későbbi vetés miatt az amúgy is rövid tenyészidő tovább rövidül és a virágzás kedvezőtlenebb időszakra esik (*Sárvári 2008*).

A fentiek alapján megállapítható, hogy a borsótermesztés egyik kritikus eleme a talaj vízháztartásának tenyészidőbeli alakulása, valamint az állomány vetésének időpontja. A dolgozatban ezen elemek vizsgálatát végzem a termésmennyiségek, valamint a talajnedvesség-értékek elemzésén keresztül, összefüggések keresése, tendenciák megállapítása céljából.

Anyag és módszer

A vizsgálatokat 1983-ban beállított polifaktoriális tartamkísérletben végeztük 2010-ben a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Növénytudományi Intézet Látóképi Kísérleti Telepén. A kísérlet talaja jó vízbefogadó és víztartó képességű mészlepedékes csernozjom. A parcellák területe 41,1 m² volt.

A kísérletben két vetésidőt (optimális vetésidő - V₁: 2010. 03. 30. és megkésett vetésidő - V₂: 2010. 04. 23.), két vízellátási kezelést (nem öntözött - Ö₁ és öntözött - Ö₂), valamint N₁₀₅P₉₀K₇₅ tápanyagkezelést alkalmaztunk. A talajművelés, a növényvédelem és a betakarítás egységesen történt.

A talaj vízháztartásának vizsgálatára 3 alkalommal vettünk bolygatott talajmintát 200 cm-ig 20 cm-es rétegenként, négy ismétlésben. Az első mintavétel a vetés előtt, a második a V₁ vetésidő esetén teljes virágzáskor, a későbbi vetésnél az állomány virágzásának kezdetén, míg a harmadik a borsó betakarítása után, tarlóból történt.

A borsó trikulturnál vetésváltási rendszerben szerepel, a kukoricát váltva, a búza előveteményeként. A vetésváltásban a kukoricaállomány kerül minden esetben öntözésre.

Megmértük a talajminták mintavétele utáni nedves tömegét, ezután szárítószekrényben 105 °C-on súlyállandóságig szárítottuk. A száraz mintákat visszamértük a nedves és száraz tömeg különbsége adta a talajnedvesség-tartalmat, amit tömegszázalékban fejeztünk ki. Az így kapott eredményeket térfogatszázalékban is kifejeztük az adott talajréteg térfogattömegének (1,2–1,35 g/cm³) felhasználásával.

A vizsgált 2010. év igen csapadékos volt. A tenyészidőszakban összesen 407,8 mm csapadék hullott, ami 127,9 mm-rel több a 30 éves átlagértéktől. A 30 éves átlagtól egyedül márciusban esett kevesebb eső, a többi hónapban jóval (21–52 mm-rel) több csapadék volt. Áprilisban és májusban kétszer annyi csapadékot kapott a borsóállomány, mint az elmúlt 30 évben átlagosan, ami a

növény fejlődése, virágzása terméskötése szempontjából mindkét vetésidő esetében kedvező hatással volt. A borsó termése szempontjából jelentős, hogy még június is csapadékos volt, 21,4 mm-rel több eső esett, és a júliusi 97,2 mm is 31,5 mm-rel haladta meg a sokévi átlagot, ami már nem befolyásolta a termés-képződési folyamatokat (1. táblázat).

1. táblázat. A borsó tenyészidőszakának havi csapadéértékei és a 30 éves átlagtól való eltérések (Debrecen-Látókép, 2010)

	Március (1)	Április (2)	Május (3)	Június (4)	Július (5)	Összes (6)
2010. év csapadék (mm) (7)	14,4	83,9	111,4	100,9	97,2	407,8
30 éves átlag (mm) (8)	33,5	42,4	58,8	79,5	65,7	279,9
30 éves átlagtól eltérés (mm) (9)	-19,1	41,5	52,6	21,4	31,5	127,9
2010. év hőmérséklet (°C) (10)	7,6	11,6	16,6	19,7	22,0	15,5
30 éves átlag (°C) (11)	5,0	10,7	15,8	18,7	20,3	14,1
30 éves átlagtól eltérés (°C) (12)	2,6	0,9	0,8	1,0	1,7	1,4

Table 1. Monthly precipitation data of the growing season of pea and differences from the 30-year-average (Debrecen-Látókép, 2010). (1) March, (2) April, (3) May, (4) June, (5) July, (6) Total, (7) Precipitation in 2010 (mm), (8) 30-year-average (mm), (9) Difference from the 30-year-average (mm), (10) Temperature in 2010 (°C), (11) 30-year-average (°C), (12) Difference from the 30-year-average (°C)

A hőmérsékleti értékek – a csapadékhhoz hasonlóan – jóval meghaladták a 30 éves átlagértékeket (1,4 °C-kal). A táblázat hőmérséklet átlagai alapján megállapítható, hogy a vizsgált évben az átlagosnál nagyobb volt a tenyészidőszak átlaghőmérséklete, ami a csapadékmennyiségekkel összevetve nem mindig teremtett kedvező körülményeket a borsó fejlődéséhez, termésképzéséhez.

Eredmények

Polifaktoriális tartamkísérletben vizsgáltuk a borsóállomány talajának 200 cm-es szelvényében a térfogatszázalékban kifejezett nedvességtartalom tenyészidőbeli alakulását egy optimális és egy kései vetésidejű borsóállomány tenyészideje során, melyet a *1. ábra* mutat be.

A kedvező vízellátás ellenére is a kései vetésidejű állomány talajának nedvességében erőteljesebb folyamatok zajlottak, a görbék lefutása nincs olyan kiegyenlített, mint az optimális vetésidejű borsó esetében. A jó vízellátás hatására a nem öntözött és az öntözött vízellátási kezelések talajának vízforgalmában nem állapítható meg különbség. A görbék lefutását, azaz a talaj nedvességtartalmának alakulását az előző tenyészévben ezen a területen lévő kukorica vízfelhasználása is nagymértékben meghatározza. A március végén mért talajnedvesség értékek alapján a talaj 0–100 cm-es rétege vízkapacitásig telített volt (22–31 tf%), viszont a 100–140 cm-es talajrétegben az értékek kisebbek voltak (18–20 tf%), megközelítették a holtvíz értékét (16 tf%), mind a nem öntözött, mind az öntözött kezelésekben. Ez bizonyítja a kukorica, mint elővetemény, nagymértékű vízfelvételét, gyökereinek legnagyobb része ebben a rétegben helyezkedik el.

A teljes talajszelvény vízháztartását vizsgálva megállapítható, hogy a borsó csapadékos tenyészévben a 0–100 cm-es talajszelvény nedvességtartalmát használja intenzíven, az alsó, 100–200 cm-es réteg nedvességtartalmában nem történt változás, a görbék lefutása a vetéskori értékeket követi a teljes tenyészidőben.

A talaj vízforgalmára az elővetemény öntözése hatást gyakorol. Az öntözött kezelésekben (az elővetemény volt öntözve) a borsó tenyészidőszaka során kisebb vízhiányértékeket kaptunk, mint a vízutánpótlásban nem részesült parcellákban ($V_1 - 6,1-25,5$ mm, $V_2 - 4,0-26,3$ mm a különbség).

A szakirodalmi források szerint a borsó gyökerezési mélysége 60–100 cm, de 80–140 cm-ig is lehatolhat, ugyanakkor szárazság esetén 2 méter mélységig is képes a talaj nedvességtartalmát hasznosítani. A gyökértömeg nagy része – 70–80%-a – a felső 60–80 cm rétegig hatol le (*Sárvári 1991, Balázs 2004, Mendlerné et al. 2012*). Egyértelmű tehát, hogy a borsó vegetációs időszaka során fellépő vízfogyasztásával a talaj vízháztartását is ebben a talajszelvényben befolyásolja a legnagyobb mértékben, a legszembetűnőbben. Ezért érdemesnek találtuk erre irányuló vizsgálatok végzését, azt, hogy az évjárat, valamint az egyes agrotechnikai elemek milyen hatást gyakorolnak a növényre, annak vízfelhasználására, ezáltal a talaj víztartalmára.

1. ábra. A talaj nedvességtartalmának alakulása egy optimális időben történő (V_1) és egy késői (V_2) vetésű borsóállományban nem öntözött (\ddot{O}_1) és öntözött (\ddot{O}_2) vízellátottsági változatokban (Debrecen-Látókép, 2010)

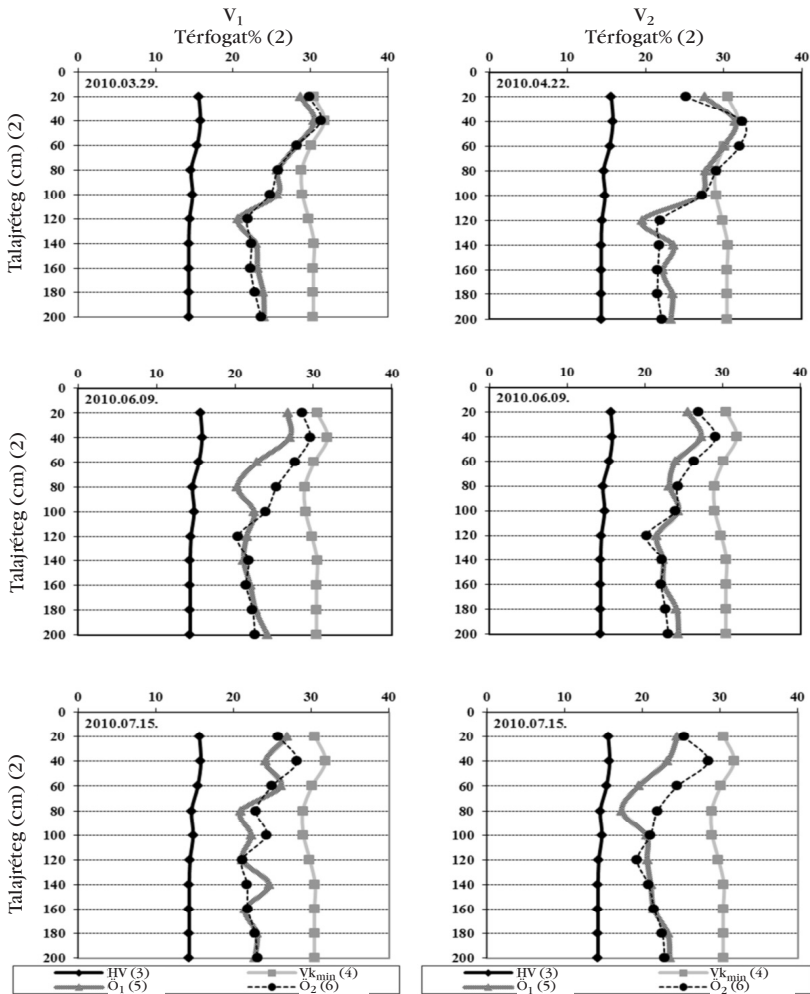


Figure 1. Moisture content of the soil in pea sown at the optimal (V_1) and late sowing date (V_2) in the case of non-irrigated (\ddot{O}_1) and irrigated treatments (\ddot{O}_2) in 2010 (Debrecen-Látókép, 2010). (1) V_1 volume%, (2) Soil layer (cm), (3) WP, (4) FC_{min} , (5) Irrigation treatment 1, (6) Irrigation treatment 2

Összehasonlítottuk az egyes vetésidők nem öntözött (\ddot{O}_1) és öntözött (\ddot{O}_2) kezeléseiben a talaj nedvességtartalmának alakulását 200 cm talajszelvényben, 2010. tenyészévben. A mértékadó talajréteget három szintre osztottuk: 0–60 cm – a borsó gyökértömegének döntő része itt helyezkedik el; 61–120 cm – a gyökértömeg egy része a növény növekedésével párhuzamosan lehatol ebbe a rétegbe is; 121–200 cm – a borsó gyökere szempontjából nem meghatározó talajréteg, viszont a talajszelvény vízforgalmát tekintve mindenképpen fontos. A három rétegen belül a 20 cm-enként kapott eredményeket átlagoltuk. A 2–3. ábra a három mintavételi időpont talajnedvességét mutatja térfogatszázalékban.

2. ábra. Az egyes talajrétegek átlagos nedvességtartalma (tf%) optimális vetésidejű (V_1) borsóállományban nem öntözött (\ddot{O}_1) és öntözött (\ddot{O}_2) kezeléseiben (Debrecen-Látókép, 2010)

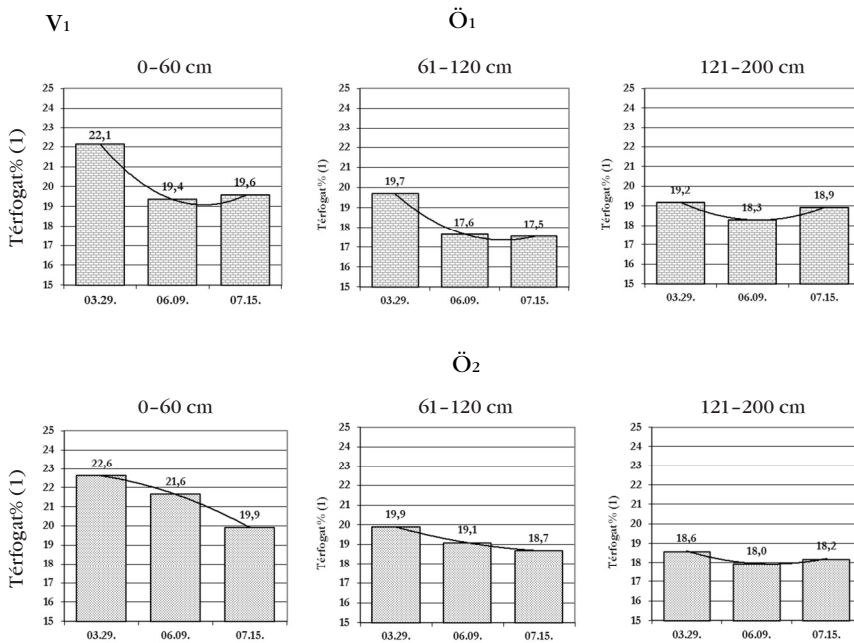


Figure 2. Average moisture content (vol%) of each soil layer in pea sown at the optimal sowing date (V_1) in the case of non-irrigated (\ddot{O}_1) and irrigated treatments (\ddot{O}_2) in 2010 (Debrecen-Látókép, 2010). (1) Volume percentage (%), (2) Date (month, day)

3. ábra. Az egyes talajrétegek átlagos nedvességtartalma (tf%) megkésett vetésidőjű (V_2) borsóállományban nem öntözött (\ddot{O}_1) és öntözött (\ddot{O}_2) kezelésekben (Debrecen-Látókép, 2010)

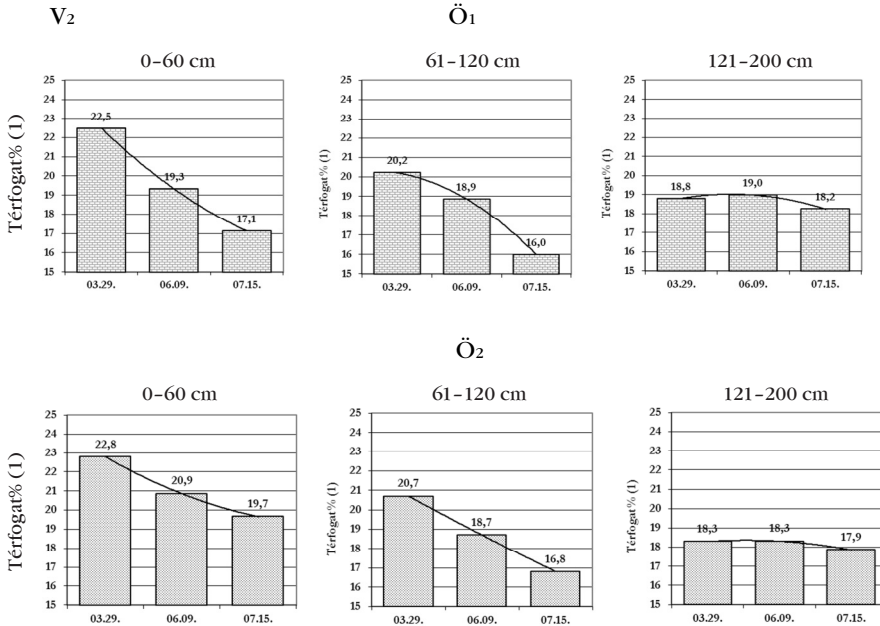


Figure 3. Average moisture content (vol%) of each soil layer in pea sown at the late sowing date (V_2) in the case of non-irrigated (\ddot{O}_1) and irrigated treatments (\ddot{O}_2) in 2010 (Debrecen-Látókép, 2010). (1) Volume percentage (%), (2) Date (month, day)

A talajszelvény vízforgalmában a három szint nedvességtartásának tenyészedőbeli alakulásának vizsgálatánál megállapítottuk, hogy a nem öntözött parcellák esetében a legfelső, 0–60 cm talajréteg vízvesztése – kisebb ingadozásokkal – folyamatos, mindkét vetésidő esetében. Ez a folyamatos csökkenés az optimális vetésidő esetén júniusban lelassult, megállt és a talajnedvesség elérte minimumát (19,4 tf%), az utolsó mintavételi időpontban az értékek pedig már kismértékben növekedtek (19,6 tf%). A késői vetésű borsóállományban a betakarítás utáni időpontig tovább csökkentek a kezdeti értékek.

A 61–120 cm talajszintben a felső réteghez hasonló folyamat zajlott le. A tenyészedőszak közepén júniusban, a virágzás időszakában a gyökértömeg elérte ezt a talajréteget, ez megmutatkozik a nedvességi értékekben is (17,7 tf%). A te-

nyésidőszak végén itt további nedvességtartalom csökkenés nem állapítható meg (17,5 tf%).

A legelső (121–200 cm) talajszelvényben optimális vetésidőben (V_1) a talajnedvesség tendenciájában a felső két talajszinthez hasonlóan alakult, itt a virágzás időszakára a csökkenés 0,9 tf%.

A későbbi vetésidő (V_2) térfogatszázalékos értékeiben ezt a tendenciát nem lehetett megállapítani, ebben az esetben kisebb ingadozásokkal egyértelmű csökkenő tendencia állapítható meg. A trendvonalak alapján a nedvességkészlet folyamatosan és egyértelműen csökkent egészen a betakarítás utáni időszakig, a 0–60 cm és a 61–120 cm-es talajrétegben a nem öntözött és az öntözött kezelésekben egyaránt. A legelső, 121–200 cm réteg nedvességtartalmában a felsőbb rétegek értékeihez viszonyítva kismértékű (nem öntözött: 0,5 tf%; öntözött: 1,3 tf%) változás következett be, mely a borsó vízellátását nem befolyásolta.

A 200 cm-es talajszelvény térfogatszázalékos nedvesség értékeiből vízhiányértékeket is számítottunk (4. ábra). A vetés előtt mindkét vetésidő esetében hasonló vízhiányértékeket kaptunk. A tenyészidőszak során ezek az értékek növekedtek, virágzáskor már 15,6 mm különbség állapítható meg az optimális és a kései vetésű borsóállomány talajának vízhiányértékei között a nem öntözött kezelésekben. Az érési fenofázisban a kései vetésű borsó több vizet volt kénytelen felhasználni a termésképzéshez. A V_2 vetésidőben számított értékek a betakarításkor, július közepén a nem öntözött kezelésekben 36,3 mm-rel, az öntözött kezelésekben 13,1 mm-rel voltak nagyobbak az optimális időben (V_1) vetett borsóállomány értékeitől.

A tartamkísérletben a rendszeresen történő öntözés – mely a vetésváltásban szereplő kukoricánál történik – hatása a vízhiányértékekben is megmutatkozik. Az optimális vetésidő (V_1) esetében a nem öntözött és az öntözött parcellák vízhiányértékei között különbség állapítható meg. A kezdő nedvességtartalom esetében ez a különbség csak 1,1 mm, a virágzás időszakában 25,5 mm, a betakarítás után pedig 6,1 mm. V_2 vetésidőjű borsó talajában a nem öntözött és az öntözött kezelések vízhiányértékei közötti különbség a vetés idejében 3,7 mm, mely a virágzáskor is 4 mm, a betakarítás idejére pedig 26,3 mm-re növekedett.

A növénytermesztési tér vízháztartásának alakulása jelentős hatást gyakorol a terméseredményekre is.

4. ábra. A talaj vízhiányának tenyészidőbeli alakulása eltérő vetésidőjű (V_1 , V_2) borsóállományban nem öntözött (\ddot{O}_1) és öntözött (\ddot{O}_2) vízellátottsági változatokban (Debrecen-Látókép, 2010)

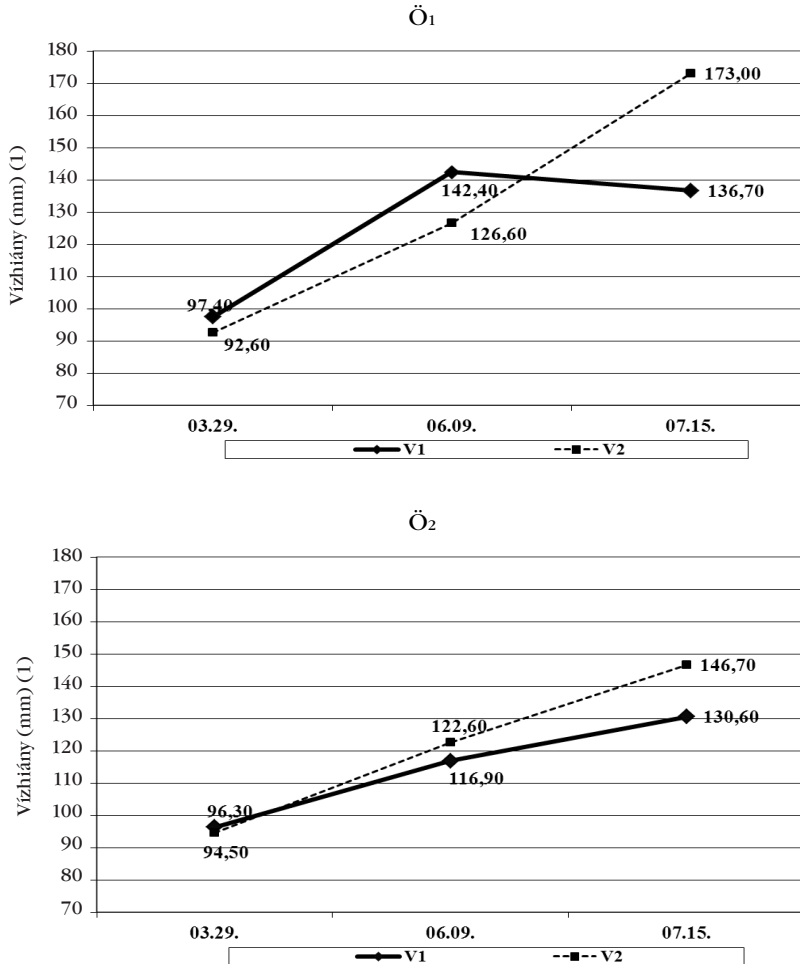


Figure 4. Water shortage of the soil during the growing season in pea sown at different sowing dates (V_1 , V_2) in the case of non-irrigated (\ddot{O}_1) and irrigated treatments (\ddot{O}_2) in 2010 (Debrecen-Látókép, 2010). (1) Water shortage (mm)

A talaj vízháztartása mellett vizsgáltuk az eltérő vetésidőjű borsóállomány terméseredményeit is, mind a nem öntözött, mind az öntözött kezelésekben. Az optimális időben vetett borsó a nem öntözött parcellákon a négy ismétlés

átlagában 2522 kg/ha, míg az előző években borsó előveteményeként szereplő öntözött kukorica után 1970 kg/ha volt a termés. A későbbi vetésidő esetén nem öntözött kezelésekben átlagosan 232 kg/ha-ral nagyobb termést mérünk, ezzel ellentétben az öntözött területen termesztett borsó 326 kg/ha-ral kevesebbet termelt (2. táblázat).

2. táblázat. A vetésidő és az öntözés közötti összefüggések szárazborsó állományban (Debrecen-Látókép, 2010)

	V ₁	V ₂
	(1)	(2)
Ö ₁ (3)	2522	2754
Ö ₂ (4)	1970	1644
SzD _{öntözés} (5)	944	653
SzD _{termés} (6)	952	

Table 2. Correlations between sowing date and irrigation in pea (Debrecen-Látókép, 2010). (1) Sowing date 1, (2) Sowing date 2, (3) Irrigation treatment 1, (4) Irrigation treatment 2, (5) LSD_{irrigation}, (6) LSD_{yield}

Vizsgáltuk az előző évek rendszeres öntözésének hatását is a terméseredményekre. Megállapítható, hogy a 2010. év csapadékos volta az öntözött kezelésekben termés csökkenéssel járt a nem öntözött parcellák terméseredményeihez viszonyítva. Az ismétlések átlagában nem öntözött és öntözött körülmények között mért termések különbsége az optimális vetésidőjű borsó esetén 552 kg/ha, míg a kései vetésnél az eltérés szignifikáns, 1110 kg/ha. Ez azzal magyarázható, hogy az öntözött területeken a talaj vízháztartása nem teremtette meg a borsó statikus vízigényéhez szükséges körülményeket, a borsó számára levegőtlen viszonyok alakultak ki a gyökerezési zónában.

A csernozjom talaj vízháztartását vizsgáltuk egy jó vízellátottságú évben, 2010-ben, szárazborsó állományban.

Az eredmények alapján a 200 cm-es talajszelvény nedvességtartalmának alakulását a tartamkísérletben a borsó előveteményeként szereplő kukorica vízfelhasználása is nagymértékben meghatározta.

A teljes talajszelvény vízháztartását vizsgálva megállapítható, hogy a borsó a 0–100 cm-es talajszelvény nedvességtartalmát használja intenzíven.

A két vetésidő talaja nedvességtartalmának alakulását összehasonlítva megállapítható, hogy a megkésett vetésidőjű (V_2) parcellákban a nedvesség változása dinamikusabb volt az egész tenyészidőszak során mindhárom rétegben.

A vízhiányértékek jól bizonyítják az elővetemény öntözésének utóhatását is. Az öntözött kezelésekben a borsó tenyészidőszaka során kisebb vízhiányértékeket kaptunk, ellentétben a vízutánpótlásban nem részesült parcellákkal ($V_1 - 6,1-25,5$ mm, $V_2 - 4,0-26,3$ mm a különbség).

A két vetésidő vízhiányértékei alapján a későbbi vetésidőjű borsóállomány vízfelhasználása intenzívebb volt.

A terméseredmények vizsgálatából megállapítható, hogy az öntözött területeken a talaj vízháztartása nem teremtette meg a borsó statikus vízigényéhez szükséges körülményeket, a borsó számára levegőtlen viszonyok alakultak ki a gyökerezési zónában. A tenyészidőszak folyamán lehulló nagy mennyiségű csapadék hatására a később vetett borsóállomány virágzása is későbbre tolódott, a talajban raktározódó nagyobb mennyiségű víz hatására kedvezőtlenebb körülmények uralkodtak a termékenyüléshez.

A vizsgálati eredményekből megállapítható az is, hogy a fenti következtetések még pontosabb levonása érdekében további, a vizsgált évtől eltérő időjárási paraméterekkel jelentkező tenyészévekben is érdemes lenne vizsgálatokat végezni, valamint a borsó tenyészideje során több alkalommal, több fázisban lenne szükség a talajnedvesség-profil elemzésére, a talaj nedvességkészlet dinamikai változásának meghatározásához.

IRODALOM

- Balázs J.: 2004. Étkezési és szárazborsó. [In: Izsáki Z.-Lázár L. (szerk.) Szántóföldi növények vetőmagtermesztése és kereskedelme.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 308-323.
- Brouwer, W.: 1958. Drei - bzw vierjahrige versuche mit kontinierte Düngung. Wasserung. Nahrung. 3.p. 11-16.
- H. M., Hanaa, E. A., Ali: 2011. Agronomic performance of seven pea (*Pisum sativum* L.) genotypes with five sowing dates in sandy soil. Acta Agronomica Hungarica. 59. 4: 337-347.
- Iszállyné Tóth J.: 2000. Szárazborsó (*Pisum sativum* L.). A Nyírség mezőgazdasága. Növénynevelés és fajtafenntartás a Debreceni Egyetem Kutató Központjában. 40-51.

- Kádár I.–Németh T.*: 2011. Műtrágyázás hatása a borsóra (*Pisum sativum* L.) karbonátos homoktalajon. Növénytermelés. 60. 2: 67–82.
- Kismányoky T.*: 2005. Borsó. [In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztéstan 2.] 109–134.
- Kiss Á.*: 1980. A borsó termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Kurnik E.*: 1969. Borsótermesztés. Gabona Tröszt. Budapest. 1–30.
- Mándy Gy.–Szabó L.–Ács A.*: 1980. A borsó. Magyarország kultúrflórája. 3. 17: 77–84.
- Mendlerné Drienyovszki N.–Kuroli G.–Németh L.–Reisinger P.–Csathó P.–Árendás T.–Németh T.–Fodor N.*: 2012. Borsó. [In: Radics L. (szerk.) Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztéstan 2.] Agroinform Kiadó. Budapest. 241–262.
- Rapčan, I.–Jurisic, M.–Lisjak, M.*: 2007. Green mass and dry matter yields of field pea (*Pisum sativum* L.) in dependence of seed vigor and agroecological conditions of Eastern Croatia. Cereal Res. Commun. 35. 2: 977–980.
- Sárvári M.*: 1991. Borsó. Növénytermesztési füzetek 4. – Borsó, Szója és egyéb maghüvelyes növények. DATE. Debrecen. 5–50.
- Sárvári M.*: 2008. Borsó. [In: Pepó P. (szerk.) Növénytermesztési praktikum I.] Debrecen. 151–178.
- 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.
- Velich I.–Cstzmadia L.*: 1985. Zöldbab- és zöldborsótermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 249–254.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Dóka Lajos Fülöp
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Digitális magmorfometria I. – A termesztett alakor fajták és tájfajták (*T. m. ssp. monococcum*) elemzése

¹EMŐDI ANDREA – ¹GYULAI FERENC – ¹MRAVCSIK ZOLTÁN – ²GYULAI GÁBOR –

³VINOGRADOV SZERGEY – ⁴SZABÓ T. ATTILA – ⁵IRWIN ROVNER

¹Szent István Egyetem MKK Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő

²Szent István Egyetem MKK Genetika és Biotechnológiai Intézet, Gödöllő

³Szent István Egyetem GTK Közgazdaságtudományi, Jogi és
Módszertani Intézet, Gödöllő

⁴Biológiai Adatbázislabor, Balatonfüred

⁵1902 Alexander Road, Raleigh, NC 27608, USA

Összefoglalás

Kilenc génbanki alakorfajta és tájfajta (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) digitális magmorfometriai elemzését végeztük el Fovea Pro 4.0 programmal egy digitális fajtaazonosítási módszer kidolgozására és a fajták rokonsági kapcsolatainak megállapítására. Diszkriminancia- és klaszterelemzést (IBM-SPSS), valamint XY diagram (Microsoft Excel) elemzést végeztünk. Megállapítottuk, hogy a pixel alapú magmorfometriai feldolgozással a legközelebbi alakor fajták is elkülöníthetők. A módszer lehetőséget adhat a fajtaminősítés (DUS) számára.

Kulcsszavak: alakor, digitális magmorfometria, szekvencia elemzés

Digital grain morphometry I. – Analysis of the grown einkorn wheat and regional varieties (*T. m. ssp. monococcum*)

¹A. EMŐDI – ¹F. GYULAI – ¹Z. MRAVCSIK – ²G. GYULAI – ³SZ. VINOGRADOV –
⁴A. SZABÓ T. – ⁵I. ROVNER

¹Szent István University MKK Institute of Environmental and
Landscape Management, Gödöllő

²Szent István University MKK Institute of Genetics and Biotechnology, Gödöllő

³Szent István University GTK Institute of Economics, Law and Methodology, Gödöllő

⁴Biological Database Laboratory, Balatonfüred

⁵1902 Alexander Road, Raleigh, NC 27608, USA

Summary

We carried out the digital grain morphometric evaluation of nine einkorn and regional varieties from the gene bank (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) using Fovea Pro 4.0 in order to work out a digital variety identification method and to determine the relationship of varieties. We also performed discriminance and cluster analyses (IBM-SPSS), as well as XY diagram analysis (Microsoft Excel). It was concluded that the pixel-based grain morphometric evaluation can be used to identify even the closest einkorn varieties. This method makes it possible to perform variety classification (DUS).

Key words: einkorn, digital grain morphometry, sequence analysis

Цифровая морфометрия семян I. – Анализ выращиваемых сортов и местных сортов пшеницы-однозернянки (*T. m. ssp. monocossum*)

¹А. ЭМОДИ – ¹Ф. ДЬЮЛАИ – ¹З. МРАВЧИК – ²Г. ДЬЮЛАИ – ³С. ВИНОГРАДОВ –
⁴А. САБО Т. – ⁵И. РОВНЕР

Университет им. Святого Иштвана,

¹МКК Институт Экологии и Хозяйства края, Гёдёллё

²МКК Институт Генетики и Биотехнологии, Гёдёллё

³ГТК Институт Экономики, Права и Методики, Гёдёллё

⁴Биологическая лаборатория базы данных, Балатонфюред

⁵1902 Alexander Road, Raleigh, NC 27608, USA

Резюме

Провели цифровую морфометрию семян девяти сортов однозернянки генного банка и местных сортов (*Triticum monocossum* L. ssp. *monocossum*) программой Fovea Pro 4.0 для определения родственных связей этих сортов и для выработки цифрового метода идентификации. Провели дискриминация-анализ и кластер-анализ (IBM-SPSS), а также анализ диаграммы XY (Microsoft Excel). Установили, что основанной на пикселе морфометрической обработкой семени можно выделить даже самые близкие сорта однозернянки. Этот метод даёт возможность для квалификации сортов (DUS).

Ключевые слова: однозернянка, цифровая морфометрия семени, секвенция анализ

Bevezetés

A digitális magmorfometria (Russ 2005, 2007) korunk egyik legújabb területe, mely szakít a fénymikroszkópos felbontás korlátaival (Shermann 1966). Termesztett és vad búzafajok és fajták magjainak elemzésével kiderült, hogy a 'természet' nem természetes, mert a digitális magadatok hisztogram elemzésével igazolódott, hogy csak a nemesített búzafajok mutatnak 'természetes eloszlást', míg a vadfajok magméreteinek hisztogramjai multimódálisak (Rovner és

Gyulai 2007). Más vadnövények (pl. *Myosotis*) elemzése és digitális magmorfometriai alapú taxonómiai feldolgozása ezt nem igazolta teljes mértékben (Brinkkemper et al. 2011). Kétlaki növények (pl. *Taxus*, *Diospyros*, *Asparagus*, *Hippophae*) digitális magmintáinak elemzésével vizsgálták annak a lehetőségét, hogy a porzós és termős növényt hordozó magok elkülöníthetők-e (Rovner et al. 2013, Gyulai et al. 2014). Régészeti magleletek (*Vitis*) digitális magmorfometriai elemzésével be lehetett azonosítani a ma termesztett fajtákhoz való legközelebbi rokon fajtákat (Mravcsik et al. 2014). Jelen munkában az alakor fajták és tájfajták digitális magmorfometriai azonosítása volt a cél.

Az alakor (*Triticum monococcum* L., ssp. *monococcum*) korunk újra felfedezett növénye, ezért még nem rendelkezik egységesített fajtaazonosítási és rendszerezési bélyegekkal. Vizsgálatainkban ezért fordultunk egy új fajtavizsgálati eljáráshoz, a digitális magmorfometriához, amellyel pontosan elkülöníthetők az egyes fajták, fajta jelöltek és tájfajták. Ennek a módszernek az alkalmazását az is szükségessé teszi, hogy a számtalan kis magszámú génbanki tétel a vizsgálat során nem sérül és megőrzésre visszahelyezhető.

Az alakor egyike az emberiség első gabonáinak. A búza (*Triticum*) nemzetség valamennyi tagja a vad alakorból (*T. monococcum* ssp. *aegilopoides*) vezethető le és termesztése 12 000 évvel ezelőttre datálható (Simmonds 1976, Zohary et al. 2012).

Hazánkban egészen a 19. századig termesztették kisebb területeken, ezt követően fokozatosan eltűnt a termesztésből. Az alakor még fellelhető a Szlovákiában, Lengyelországban, Franciaországban, Spanyolországban, Dél-Tirolban, a Balkánon, a Pireneusokban, Anatóliában, sőt még Indiában is. Erdélyből is ismerünk adatokat (Kovács 2010). Jelen munka célja a legjobb alakorfajták szelekciója, és digitális magmorfometriai jellemzése volt egy végső fajta-minősítő (DUS) módszer kidolgozásához.

Anyag és módszer

A morfológiai vizsgálat során 9 alakor tételt vizsgáltunk. Az első 3 minta Szabó T. Attila gyűjtéséből származó Kárpát-medencei tételek: (1.) '*Clustus*', (2.) '*Patakí*', (3.) '*Gyulai*'. A (4.) minta az Mv Elitmag Kft. – Martonvásár – által forgalmazott '*Mv Alkor*'. Az (5)–(7.) tételek a Tápiószelei Növényi Diverzitás Központ Génbanki tételei [(5.) '*Fazekas*', (6.) '*Schiemann*' (Marokkó), (7.) '*Janics*'].

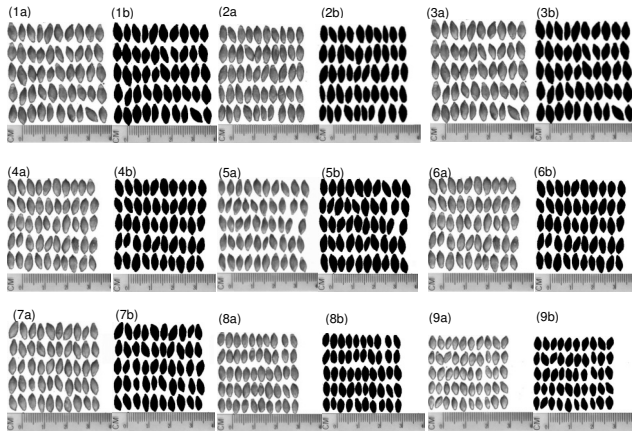
A (8.) tétel egy 'Agostyáni' tájfajta. A (9.) az 'Mv Menke', Martonvásár bejegyzett fajtája. A magtételek a Szent István Egyetem Genetika Tanszékének Kísérleti Terén elvetésre kerültek, majd az így azonos termőterületről és évjáratból származó magokból tételenként 200 db mag adatai kerültek felvételezésre.

Az alakor magmintákat nagyfelbontású szkennelvel (pdf) fényképeztük, majd a Fovea Pro 4.0 programmal elemeztük (Russ 2005, Rovner és Gyulai 2007). A DA (diszkriminancia analízis), Box Plot és klaszterelemzést az IBM SPSS statistics 22 programcsomaggal, az XY diagramelemzést Microsoft Excel programmal végeztük.

Eredmények

A magmorfometriai vizsgálatokhoz készített digitális képek alapján az alakor tetteleket a szemtermés nagysága alapján soroltuk be (1. ábra).

1. ábra. A vizsgált alakor fajták és tájfajták digitális magmintái [pdf (a)], valamint az alakelemzéshez készített bitmap képei (b)



Megjegyzés: a fajták (1-9): (1) 'Clusius', (2) 'Patakí', (3) 'Gyulai', (4) 'Mv Alkor' (Mv Elitmag Kft., Martonvásár), (5)-(7) a Tápiószelzi Növényi Diverzitás Központ Génbanki tettelei [(5) 'Fazekas', (6) 'Schiemann' (Marokkó), (7) 'Janics'], (8) 'Agostyáni' tájfajta, (9) 'Mv Menke' (Martonvásár).

Figure 1. Digital grain samples of the examined einkorn and regional varieties [pdf (a)] and the bitmap images made for shape analysis (b). Note: the examined varieties (1-9): (1) 'Clusius', (2) 'Patakí', (3) 'Gyulai', (4) 'Mv Alkor' (Mv Elitmag Kft., Martonvásár), (5)-(7) are the gene bank items of the Plant Diversity Centre of Tápiószele [(5) 'Fazekas', (6) 'Schiemann' (Marocco), (7) 'Janics'], (8) 'Agostyáni' regional variety, (9) 'Mv Menke' (Martonvásár).

Megállapítottuk (Box Plot), hogy a két legnagyobb szemű fajta az (1.) 'Clusius' és (2.) 'Pataki' – kárpát-medencei tájfajta –, a legkisebb szemű a (9.) 'Mv. Menket' – Martonvásár bejegyzett törpefajta – volt (2. ábra).

2. ábra. A kilenc vizsgált alakorfajta és tájfajta (1-9) maghossza (a) és magterülete (b) diagramja (Box Plot, IBM-SPSS)

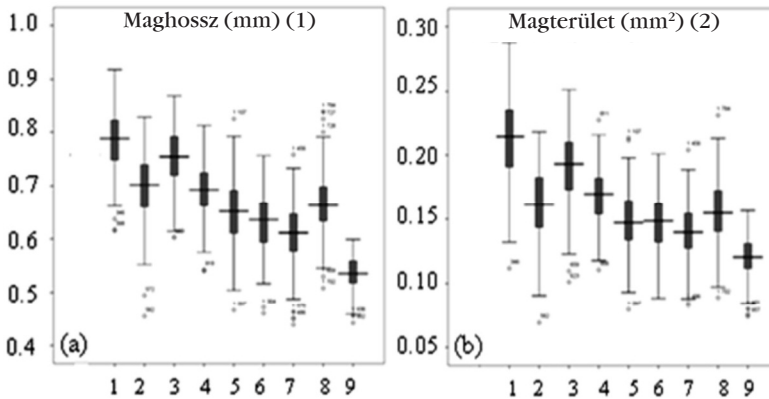


Figure 2. Grain length (a) and grain area (b) diagram of the nine examined einkorn and regional varieties (1-9) (Box Plot, IBM-SPSS). (1) Grain length (mm), (2) Grain area (mm²).

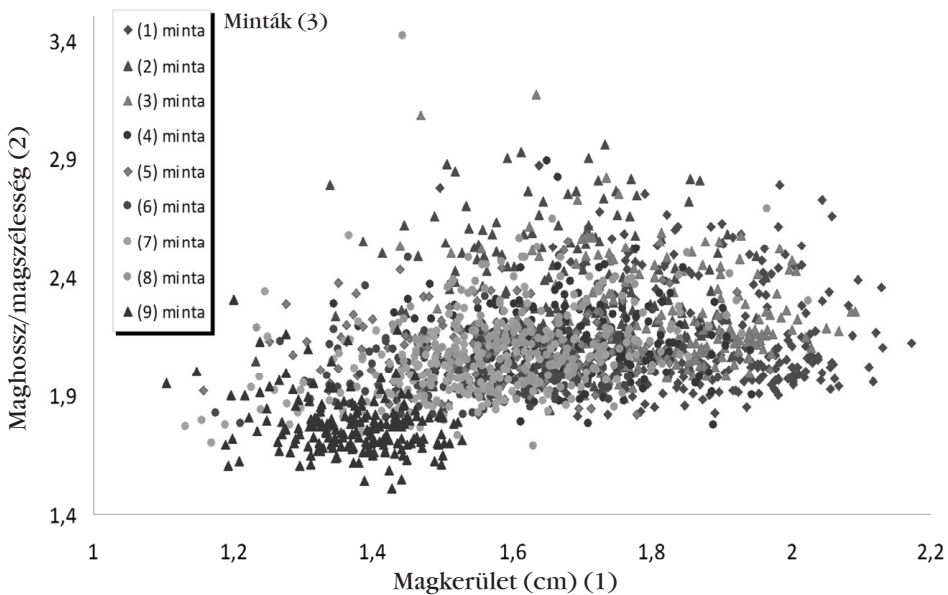
A digitális magmorfometriai elemzésben 33 mért magparamétert vizsgáltunk (Emődi et al. 2014), melyből, a diszkriminancia analízis a következő tulajdonságokat súlyozta:

- Function1: Circum.Rad. (a mag körül írható kör sugara, cm): -,833*; Length (maghossz, cm): -,833*; Convex_Perim. (a mag konvex kerülete, cm): -,767*; Perimeter (magkerület, cm): -,766*; Area (magterület, cm²): -,627*; Convex_Area (a mag konvex területe, cm²): -,625*; Equiv.Diam. (a mag területazonos körének átmérője, cm): -,624*.
- Function5: FormFactor ($4\pi \cdot \text{Terület} / \text{Kerület}^2$): ,691*; Roundness (magkerektség): ,628*; Elongation (magnyújtottság): -,591*; Aspect_Ratio (maghossz/magszélesség hányadosa): -,572*; Radius_Ratio (a magba/mag köré írható kör sugarának hányadosa): ,549*; Inscrib.Rad. (a magba írható kör sugara, cm): ,542*; Breadth (magszélesség, cm): ,529*.

Ezek alapján diszkriminancia, klaszter, Box Plot és XY diagramelemzést végeztünk.

Az XY diagram kimutatta, hogy az *'Mv. Menket'* (9.) a legegységesebb a magméretek alapján (3. ábra), mely homogenitás előfeltétele a fajtabejelentésnek. A vizsgált tájfajták és az *'Mv Alkor'* (4.) sokkal inhomogénebb magméreti mintázatot mutatott (3. ábra).

3. ábra. A kilenc vizsgált alakor XY diagramja (Microsoft Excel)



Megjegyzés: X - (1) magkerület (cm), Y - (2) maghossz és magszélesség hányados ('Aspect Ratio').

Figure 3. XY diagram of the nine examined einkorn varieties (Microsoft Excel). Note: X - (1) grain circumference (cm), Y - (2) ratio of grain length/grain width ('Aspect Ratio'), (3) Samples.

Klaszter analízissel (4. ábra) kimutattuk, hogy a *'Schiemann'* (Marokkó) (6.) és a *'Janics'* (7.) tájfajták mutatják a legközelebbi magmorfometriai rokonságot. A második klaszterbe az *'Mv Alkor'* (4.), a *'Fazekas'* (5.) és az *'Agostyáni'* (8.) tájfajta csoportosult. A harmadik rokonsági kört a három kárpát-medencei tájfajta alkotta: *'Clusius'* (1.), *'Pataki'* (2.) és a *'Gyula'* (3.). Az *'Mv Menket'* (Martonvásár) (9.) teljesen elkülönült a vizsgált minták közül, melynek hátterében a fajta törpe jellege állhat.

4. ábra. A kilenc vizsgált alakor digitális magmintáinak klaszter analízise (IBM-SPSS)

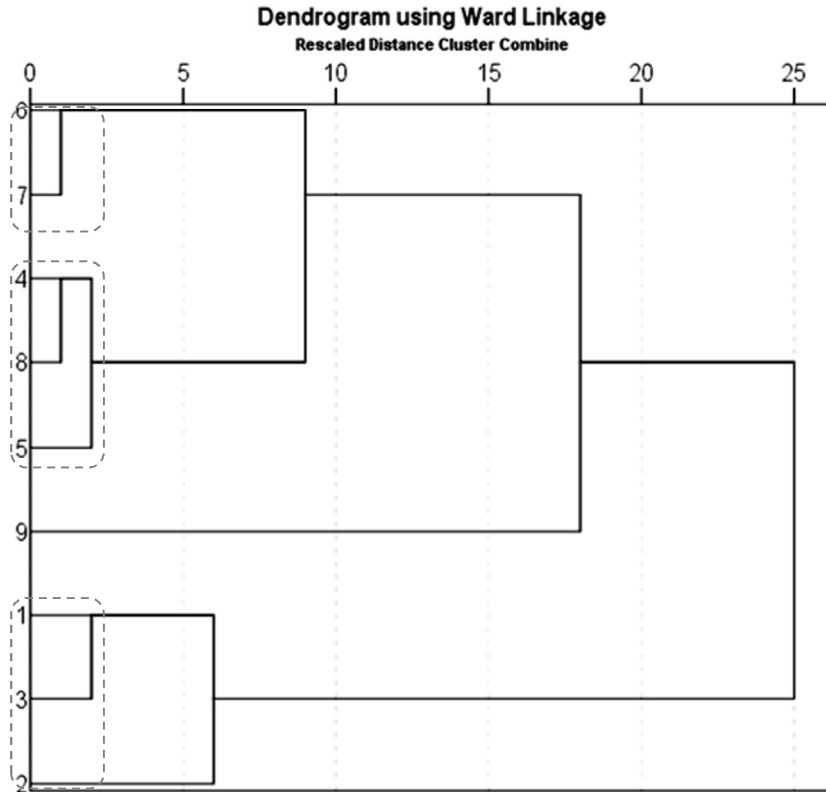


Figure 4. Cluster analysis of the digital grain samples of the eight examined einkorn samples (IBM-SPSS)

Vizsgálataink megbízható adatokat szolgáltatnak az alakor teljes körű, hazai és nemzetközi digitális magmorfometriai adatbank létrehozásához, amellyel az „újra felfedezett” alakor fajtarokonsági kapcsolatai feltárhatók egy végső fajtamegőrzési és fajtaoltalmi céllal.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Megyeri Máriának (MTA ATK, Martonvásár) a magmintákért és a kézirathoz fűzött észrevételeiért.

A kutatás a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar kiválósági támogatásának (Kutató Kari Kiválósági Támogatás (Research Centre of Excellence, 17586-4/2013/TUDPOL) támogatásával készült.

IRODALOM

- Brinkkemper, O.-der Maaten, L.-Boon, P.*: 2011. Identification of *Myosotis* seeds by means of digital image analysis. *Vegetation History and Archaeobotany*. 20: 435–445.
- Emődi A.-Gyulai F.-Mravcsik Z.-Kerti B.-Hidvégi N.-Vinogradov, S.-Szabó T.A.-Rovner, I.-Gyulai G.*: 2014. Alakorfajták (*Triticum m. monococcum*) molekuláris, természetési és digitális magmorfometriai elemzése. [In: Veisz O. (szerk.) XX. Növény-nemesítési Tudományos Napok.] 2014. március 18. Budapest. 80–84., 125–129.
- Gyulai G.-Kerti B.-Vinogradov, S.-Emődi A.-Mravcsik Z.-Gyulai F.-Rovner, I.*: 2014. Kétlaki növények magmorfometriai elemzése. [In: Veisz O. (szerk.) XX. Növény-nemesítési Tudományos Napok.] 2014. március 18. Budapest. 165–169.
- Kovács G.*: 2010. Az alakor organikus termesztése. *Martonvásár*. 22. 2: 20–21.
- Mravcsik Z.-Gyulai F.-Emődi A.-Kerti B.-Vinogradov, S.-Hidvégi N.-Rovner, I.-Gyulai G.*: 2014. Régészeti szőlőmagleletek (*Vitis vinifera*) molekuláris és digitális magmorfometriai azonosítása. [In: Veisz O. (szerk.) XX. Növény-nemesítési Tudományos Napok.] 2014. március 18. Budapest. 319–324.
- Rovner, I.-Gyulai, F.*: 2007. Computer-Assisted Morphometry: A new method for assessing and distinguishing morphological variation in wild and domestic seed populations. *Economic Botany*. 61: 154–172.
- Rovner, I.-Gyulai, G.-Mravcsik, Z.-Gyulai, F.-Emődi, A.-Kerti, B.-Vinogradov, S.*: 2013. Variametric Analysis: A new method in the study of diversity and unpredictability in the biological world. [In: Book of Abstract CBB2: 2nd Conference of Cereal Biotechnology and Breeding.] 2013. november 5–7. Budapest. 67–68.
- Russ, J.*: 2005. Fovea Oro 4.0 Computer software. Reinder Graphics.
- Russ, J.*: 2007. The image processing handbook. 5th edition. CRC Press. Boca Raton.
- Schermann Sz.*: 1966. *Magismeret* I.–II. Akadémiai Kiadó. Budapest. (pp. 861, pp. 209).
- Simmonds, N. W.*: 1976. *Evolution of crop plants*. Longman. London–New York. 339.
- Zohary, D.-Hopf, M.-Weiss, E.*: 2012. *Domestication of plants in the Old World*. Oxford University Press. Oxford. 243.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Emődi Andrea – Dr. Gyulai Ferenc – Mravcsik Zoltán
Szent István Egyetem MKK
Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet
Gödöllő
Páter K. u. 1.
H-2100

Dr. Gyulai Gábor
Szent István Egyetem MKK
Genetika és Biotechnológiai Intézet
Gödöllő
Páter K. u. 1.
H-2100

Dr. Vinogradov Szergey
Szent István Egyetem GTK
Közgazdaságtudományi, Jogi és Módszertani Intézet
Gödöllő
Páter K. u. 1.
H-2100

Dr. Szabó T. Attila
Biológiai Adatbázislabor
Balatonfüred
Bartok Béla u. 13.
H-8230

Dr. Irwin Rovner
Raleigh
Alexander Road 1902.
NC 27608
USA

tetében a H3 és H5 hibridek teljesítménye volt kiemelkedő, amely eredmények meghaladták a standard hibridét.

Kulcsszavak: silócirok, növénynevelés, hibridek, bioenergia

Examination of certain value indicators of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) hybrid combinations

¹J. JÓVÉR – ¹Á. CZIMBALMOS – ²Z. GYŐRI – ¹Á. PUSKÁS

University of Debrecen, Centre for Agricultural Sciences,

¹Karcag Research Institute, Karcag

²Nyíregyháza Research Institute, Nyíregyháza

Summary

Renewable energies can have a very important role in today's energy management in the future. Bioenergetics could be one of the perspective sectors of renewable energy in Hungary, given that there is a rather significant potential of bioenergy in the country. The objectives set by the European Union necessitate the development of this sector. Furthermore, determining the plant breeding objections could be of great significance.

Seven silo sorghum hybrid combinations were evaluated for the purpose of obtaining a quantitative analysis of their performance. In the experiment, the female component of the hybrids were identical, while the male lines were from different branches. During the examinations, the standard hybrid was a state acknowledged hybrid authorised for public production, whose female line was the same as the female branch in the experiment.

The examinations aimed at the height, biomass yield and stem moisture content of the test hybrids, as well as the length of the growing season and the sugar content of the crops, which were supplemented with the morphological examinations for the purpose of revealing differences in their organism. Cross-breedings were performed in 2012 and the experiment was established in the Karcag Research Institute of the Centre for Agricultural Sciences in the University of Debrecen in 2013.

The average moisture content was between 71.25–75.25% in the stem and the average height was between 180–190 cm. The highest yield was produced by the H3

hybrid in the case of an average biomass yield of 7.16 kg m⁻², while the highest sugar content was measured in H3 and H5 hybrids, showing higher values than that of the standard hybrid.

Key words: silo sorghum, plant breeding, hybrids, bioenergy

Исследование некоторых измеряющих показатели свойств комбинаций гибридов силосного сорго (*Sorghum bicolor* L. Moench)

¹Я. ЁВЕР – ¹А. ЦИМБАЛМОШ – ²З. ДЬОРИ – ¹А. ПУШКАШ

Центра Аграрных Наук Дебреценского Университета

¹Карцагский Исследовательский Институт, Карцаг

²Ниредьхазский Исследовательский Институт, Ниредьхаза

Резюме

Обновляемая энергия в будущем может играть очень серьёзную роль в повседневном энергохозяйстве. В Венгрии одной из перспективных отраслей возобновляемой энергии может быть биоэнергетика, в которой мы располагаем значительным потенциалом. Намеченные Европейским Союзом цели мотивируют развитие этой отрасли, в которой в отдельных случаях уже определение целей селекции растений также может быть очень важным.

В ходе нашей работы проводили оценку комбинаций семи гибридов силосного сорго с той целью, чтобы получить количественную оценку об их выработке. В опыте материнский компонент гибрида был один и тот же, а отцовские линии происходили из различных племён (штаммов). В ходе исследований стандартным гибридом был один признанный в стране, находящийся в производстве гибрид, у которого материнская линия совпадала с участвующим в опыте материнским племенем.

В ходе исследования изучали высоту, урожай биомассы, содержание влаги стебля, продолжительность вегетационного периода, а также содержание сахара пробных гибридов, что дополнили морфологическими исследованиями различий организмов. Скрещивание провели в 2012 году, а опыт установили в 2013 году в

Карцагском Исследовательском Институте Центра Агарных Наук Дебреценского Университета.

В ходе исследований измерили 71,25–75,25% среднее содержание влаги в стебле, а средняя высота растений была около 180–190 см. Вместе со средним урожаем биомассы в 7,16 kg/m² гибрид Н3, а учитывая содержание сахара, продуктивность гибридов Н3 и Н5 была значительной, их результаты превосходили результаты стандартного гибрида.

Ключевые слова: силосное сорго, селекция растений, гибриды, биоэнергия

Bevezetés

A világ energiateljesítményének jelenleg 19%-a származik megújuló forrásokból, amelyeknek megközelítőleg a fele biotermék eredetű (REN21 2013). A megújuló energiák széleskörű elterjesztésének támogatására a 2009/28/EK Irányelv (2009) 2020-ra a megújuló energiák részarányának 20%-ra való növelését irányozza elő a közösségi energiateljesítményben az EU tagállamok számára. A bioenergetikai ágazat ezen aspektusai indokoltá teszik olyan növénykultúrák széleskörű termesztését, amelyek az energetikai célú felhasználás alapanyagkört képezhetik. A hazai viszonyok között számos növényfaj kecsegtet pozitív eredményekkel, amelyek közül a cirok mindenképp megemlítendő.

A cirok C4-es növény, amelynek géncentruma feltehetően Afrika, Etiópia és Szudán környéke (Vavilov 1949). Melegkedvelő növény, termesztése meglehetősen elterjedt a világon. Tekintettel arra, hogy jól tűri az aszályt, valamint a gyengébb talajokon is eredményesen termesztendő, kifejezetten perspektivikus növénynek tekintendő (Barabás és Bányai 1985, Sakellariou-Makrantonaki et al. 2007, Németh 2009). Kiemelkedő képessége, hogy hosszabb aszályos periódus után az időjárás csapadékosabbra fordulásával regenerálódni képes (Antal 2000), aminek köszönhetően kicsi a silócirok évenkénti termésingadozása (Izsáki és Németh 2008). A szélsőségesen száraz területeken a kukorica alternatívája lehet önmagában vagy kukoricával együtt vetve (Pepó et al. 2011).

A silócirok tekintetében a kedvező takarmányozási tapasztalatokon túl az energetikai hasznosításban is biztatóak az eddigi eredmények mind a kutatás, mind a gyakorlat tekintetében. Magas hozama és cukortartalma előirányozza

a bioenergetikai hasznosítás lehetőségét, úgy mint a biogáz- vagy bioetanol-előállítás. A cirok energetikai hasznosításának kutatása már több évtizede kezdetét vette hazánkban is (*Surányi 1946, Bányai 1980, Kapocsi et al. 1983*). A cirok cukortartalmát illetően igen széles körben áll rendelkezésre hazai és külföldi irodalom (*Blaskó et al. 2008, Mojovic et al. 2009, Daliva-Gomez et al. 2011, Goshadrou et al. 2011, Kovács et al. 2011*), amely eredmények alapján a silócirok hibridek nedvességtartalomra vonatkoztatott cukortartalma akár 18–20% is lehet (*Kovács et al. 2011*), míg *Goshadrou et al. (2011)* szerint ez az érték 16–18% között alakul. A cukortartalom legnagyobb részt szacharóz, továbbá glükóz és fruktóz (*Kovács et al. 2011*).

A cirok alapú bioenergia-előállítás indokolttá teszi a cirokhibridek előállítása során kitűzött speciális nemesítési célkitűzések meghatározását. Ebből adódóan a magas cukortartalmú hibridek előállítására irányuló keresztezések alapvető fontosságúak lehetnek a bioenergetikai ágazat számára. A ciroknemesítés egyik alapvető eszköze a heterózis-nemesítés. Ebben az esetben nem fajtákat, hanem beltenyésztett törzseket keresztezünk annak érdekében, hogy a hibridvigor által a szülők teljesítményét meghaladó egyedeket állítsunk elő (*Bálint 1966*). A heterózishatást cirokban először *Corner és Karper (1927)* írta le, amelyet követően *Argikar és Chavan (1957)* 26–201%-os növekedést állapítottak meg a szemtermés mennyiségében és az ezerszemtömegben a heterózishatás eredményeként. Beltenyésztett vonalak rákeresztelési kísérletében egyes törzsek az átlagot 70%-kal meghaladó, míg más törzsek ettől elmaradó hatást mutattak (*Barabás 1961*). Cirokkeresztelésekben *Thokoza (2005)* a virágzás, a növénymagasság, az oldalhajtások, a szárátmérő, a buga mérete, valamint a hektáronkénti hozam tekintetében írt le – a heterózishatás eredményezte – teljesítménynövekedést.

Anyag és módszer

Kísérletünket a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Karcagi Kutatóintézet Növénynemesítési és Fajtafenntartási Osztályának cirok tenyészkertjében állítottuk be azzal a céllal, hogy egy anyai szülőkomponens más apai partnerekkel való kombinálódó képességét adott szempontok alapján kvantitatívan értékeljük. A vizsgálatok során a viszonyítási alapot egy már állami elismerést kapott kétvonalas silócirok jelentette. A standard silócirok hibrid anyai vonala pedig az anyai partner volt a tesztkeresztezések során.

A keresztezéseket 2012 nyarán végeztük el. A keresztezések során az anyabugák izoláló tasak alatt kerültek beporzásra. A fizikai izolációból adódóan hiányosan termékenyült bugák magjait 2013. május 7-én 14 m² területű bugautód parcellákba vetettük el, 70 cm sortávolsággal.

A tenyészkertet őszi búza elővetemény után, réti csernozjom talajon helyeztük el, ahol a kísérleti terület tápanyag-visszapótlását mellőztük. A kísérleti terület talajtani paramétereit az *1. táblázat* részletezi.

1. táblázat. A kísérleti terület talajtani jellemzői

Vizsgált paraméter (1)	Mért érték (2)
pH (KCl) (3)	5,14
Arany-féle kötöttség (K _A) (4)	53,50
Só% (5)	0,024%
Humusz (6)	3,060%
Mész (7)	<0,050%
P ₂ O ₅ (AL-oldható) (8)	104,67 mg/kg
K ₂ O (AL-oldható) (9)	653,33 mg/kg
NO ₂ -NO ₃ (KCl-oldható) (10)	4,70 mg/kg
Mg (KCl-oldható) (11)	567,67 mg/kg
Zn (EDTA-oldható) (12)	2,73 mg/kg
Cu (EDTA-oldható) (13)	6,51 mg/kg
Mn (EDTA-oldható) (14)	516,17 mg/kg
Na (AL-oldható) (15)	39 mg/kg

Forrás: DE ATK Karcagi Kutatóintézet Központi Laboratórium

Table 1. Soil characteristics of the experiment site. (1) Examined parameters, (2) Measured values, (3) pH (KCl), (4) Arany plasticity index (K_A), (5) Salt%, (6) Humus, (7) Lime (8) P₂O₅ (AL-soluble), (9) K₂O (AL-soluble), (10) NO₂-NO₃ (KCl-soluble), (11) Mg (KCl-soluble), (12) Zn (EDTA-soluble), (13) Cu (EDTA-soluble), (14) Mn (EDTA-soluble), (15) Na (AL-soluble), Source: Central Laboratory, Karcag Research Institute, University of Debrecen, Centre for Agricultural Sciences

A vizsgálati évjárat klimatikus adatai alapján (*2. táblázat*) az éves csapadék mennyisége az itt mért 50 éves átlaghoz igazodó, míg az évi középhőmérséklet alapján a vizsgálati év az átlagosnál melegebbnek tekinthető.

A terület gyommentességét flumioxazin hatóanyag-tartalmú herbiciddel, illetve sorközművelő kultivátor segítségével biztosítottuk.

A próbahibrideket a morfológiai vizsgálatokon túlmenően öt fő szempont alapján értékeltük, amelyek a magasság, a hozam, a szár nedvességtartalma, a cukortartalom és a tenyészidőszak hosszúsága voltak. A mintavételezést és a méréseket négy alkalommal végeztük el. A mintavételi időpontok az alábbiak voltak: szeptember 5., szeptember 20., október 4., október 21., amelyek a vetéstől számított 121., 136., 150. és 167. napokat jelentették. A mintavételezést két ismétlésben, 1 m² területről végeztük el, tekintettel arra, hogy magasabb mintaszám esetén azok minősége és egyes szempontok alapján a mérési eredmények megbízhatósága is megkérdőjelezhetővé vált volna a préseles és mintafeldolgozás időigényessége miatt.

2. táblázat. *Hőmérséklet- és csapadékmennyiség értékek a vizsgálati évben*

	Középhőmérséklet (°C)	Csapadék (mm)
	(1)	(2)
Január (3)	-0,3	42,5
Február (4)	2,6	51,0
Március (5)	3,8	110,2
Április (6)	12,8	47,3
Május (7)	17,3	81,9
Június (8)	20,4	62,9
Július (9)	22,8	8,8
Augusztus (10)	23,1	57,0
Szeptember (11)	15,0	21,7
Október (12)	12,6	42,1
November (13)	7,8	48,5
December (14)	1,2	0,2
Évi középhőmérséklet/ Éves csapadékmennyiség (15)	11,6	574,1

Forrás: DE ATK Karcagi Kutatóintézet Földművelési és Vidékfejlesztési Osztály

Table 2. Temperature and precipitation values in the examined year. (1) Mean temperature (°C), (2) Precipitation (mm), (3) January, (4) February, (5) March, (6) April, (7) May, (8) June, (9) July, (10) August, (11) September, (12) October, (13) November, (14) December, (15) Mean yearly temperature/Yearly precipitation amount. Source: Department of Land Use and Rural Development, Karcag Research Institute, University of Debrecen, Centre for Agricultural Sciences

Az átlagos magasságot a betakarított területről származó összes növényegyet átlagában határoztuk meg, amely átlagosan 17–19 növényegyetet jelen-

tett mintánként. A tenyészedőszak hosszát a virágzásig eltelt napok számával jellemeztük. A szár nedvességtartalmának vizsgálatát négy ismétlésben 105 °C-on, a szárok súlyállandóságig való szárításával határoztuk meg, ahol a szárítás előtti tömeg és a szárítás utáni tömeg különbsége jelentette a nedvességtartalmat.

A mintavétel során betakarított teljes szármennyiségből egy Bologna AMP/E 50/2 típusú csigás prés segítségével préseltük ki a cukros levet, amelynek cukortartalmát négy ismétlésben mértük. A cukorméréseket HANNA HI 96801 típusú digitális refraktométerrel végeztük el, az értékeket Brix°-ban határoztunk meg. A méréseket követően meghatároztuk a mért paraméterek legfontosabb statisztikai mutatóit, valamint az egyes mérési paraméterek tekintetében variancia-analízis segítségével vizsgáltuk meg a hibridek különbözőségét. Az adatfeldolgozást és a számításokat MS Office Excel, illetve R szoftver segítségével végeztük el (*R Core Team* 2014).

Eredmények

Az első betakarítási időpontban minden vizsgált hibrid esetében megmértük a növényi részek tömegét is. Az eredmények tükrében minden esetben meghatároztuk a növényi részek százalékos részarányát a teljes biomasszára vonatkozóan, ami képet adott a próbahibridek buga:szár:levél arányait illetően (*1. ábra*). A növényi részek egymáshoz viszonyított arányait tekintve jelentős különbségeket állapítottunk meg. A H4 jelzésű hibrid esetében a levelettség meghaladta a 30%-ot, az átlagtól alacsonyabbnak mondható 52,5%-os szárarány mellett. A H6-os hibrid esetében 69,3%-os szárarányt mértünk 14,5%-os levélarány és 16,2%-os bugaarány mellett. A legmagasabb bugaarányt a H7 hibrid esetében mértük 30,4%-os érték mellett.

A tenyészedőszak hosszának értékelésekor azt tapasztaltuk, hogy a Berény nevezetű standard hibrid esetében a 96. napon indult meg a virágzás. A próbahibridek körében a H3 jelzésű hibrid kivételével ettől alacsonyabb értékeket figyeltünk meg (*3. táblázat*).

Tekintettel arra, hogy a legkorábban virágzó, illetve a legkésőbb virágzó hibridek között egy hét különbség van a virágzás kezdetének időpontjában, megállapítható, hogy az apai komponens ilyen jellegű tulajdonsága fontos tényező lehet az F1 nemzedék koraiságában, amely később a cukor-felhalmozódás maximumának időpontját is befolyásolhatja.

1. ábra. A növényi részek egymáshoz viszonyított százalékos eloszlása a vizsgált hibridek esetében

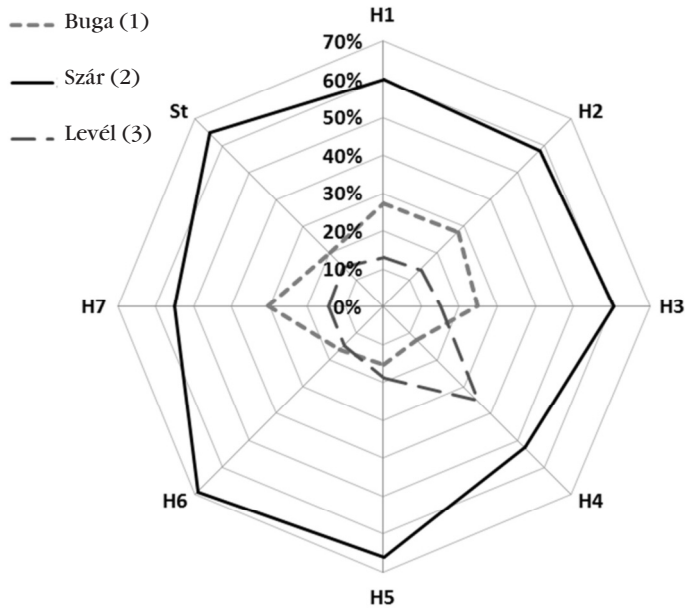


Figure 1. Percentage distribution of vegetable parts compared to each other in the case of the examined hybrids. (1) Cluster, (2) Stem, (3) Leaf

3. táblázat. A vetéstől virágzásig eltelt napok száma a vizsgált hibridek esetében

Vizsgált hibrid (1)	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	St
Napok száma (2)	92	90	96	93	90	91	89	96

Table 3. Number of days from sowing to flowering in the case of the examined hybrids. (1) Examined hybrids, (2) Number of days

A magasság tekintetében mind a négy mintavételi időpont méréseit összevetettük. Az összes mérési adat tekintetében azt az eredményt kaptuk, hogy minden kombináció elmaradt a standard hibrid értékeitől, amelyet 180–230 cm magasságtartományon belül 203 cm átlagos magasság jellemzett. Az átlagos magasság, valamint a hozzá tartozó minimum és maximum értékeket ábrázolva (2. ábra), a standard hibrid teljesítménye volt a legjobb.

2. ábra. A magasság-mérések eredményei

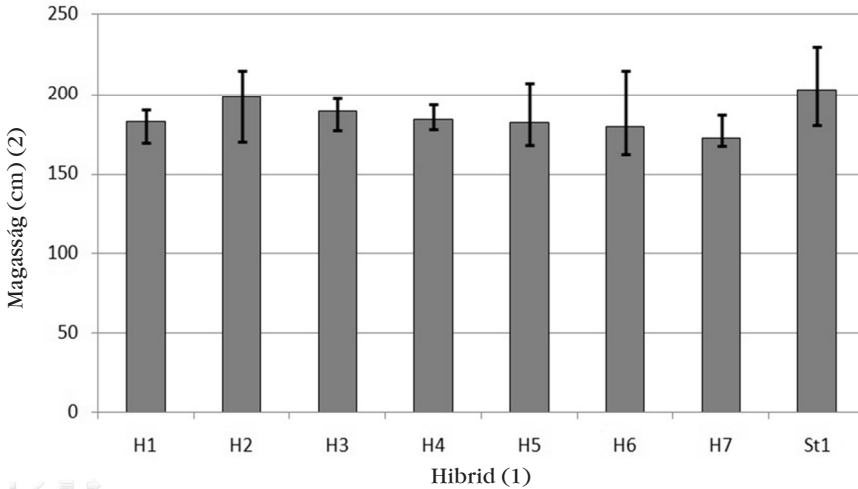


Figure 2. Results of height measurements (1) Hybrids, (2) Height (cm)

Méréseink során 163–230 cm közötti értékeket kaptunk. Legalacsonyabbnak a H7 jelzésű hibrid bizonyult, míg a standard eredményeit követően a legmagasabb a H2 hibrid volt. A variancia-analízis 5%-os szignifikancia szint mellett nem mutatott szignifikáns különbséget a hibridek között a magasság tekintetében.

A szár nedvességtartalmának értékelése során mind a standard, mind a próba hibridkombinációk esetében 70% és 80% közötti nedvességtartalmakat mértünk. Ezen paraméter tekintetében a standard hibrid nem nyújtott átlagon felüli teljesítményt. A hibridkombinációk közül mind a maximális érték, mind az átlagos nedvességtartalom tekintetében több esetben is tapasztaltunk a standard értékeinél nagyobbat (3. ábra). A vizsgált hibridek szárjai 71,3–75,3%-os átlagos nedvességtartalommal voltak jellemezhetőek. Ezen paraméter tekintetében a variancia-analízis 5%-os szignifikancia szinten nem mutatott ki szignifikáns különbséget a hibridek között.

A hozamok esetében lényegesen eltérő értékeket kaptunk. A négy mintavétel értékeit összesítve az eredmények jellemzően 3–5 kg/m² között változtak, de az 1 m²-re vetített zöldtömeg-hozam több esetben is jelentősen meghaladta a standard hibrid hozamait. A H3 próbahibrid 7,16 kg/m² átlagos biomassza-

hozam mellett kiemelkedő teljesítményt mutatott a vizsgálatok során. A H3 jelzésű hibrid mérési eredmények mediánja $6,42 \text{ kg/m}^2$ volt, sőt mérési eredményeinek minimum értéke ($5,48 \text{ kg/m}^2$) magasabb volt, mint a standard hibrid esetében mért $5,24 \text{ kg/m}^2$ maximális érték.

3. ábra. A szárak nedvességtartalom-méréseinek eredményei

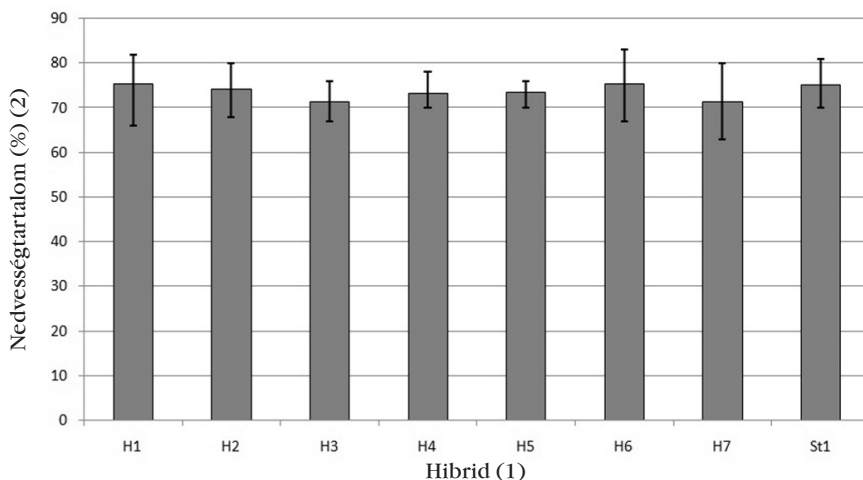


Figure 3. Results of the moisture content measurement of the stems (1) Hybrids, (2) Moisture content (%)

A variancia-analízis eredményeként azt kaptuk, hogy 5%-os szignifikancia szinten a hibridek között szignifikáns különbség van, s a legkisebb szignifikáns differencia értéke $1,71 \text{ kg/m}^2$. Az számítások eredményeként a hibridek a 4. táblázat szerinti rangsorolásba tehetőek.

A legmagasabb zöldhozamú csoportba a H3 hibrid tartozik, míg a legkisebb zöldhozamú hibridek csoportjába a H6 és H4 hibridek tartoznak. Az „ab” és „bc” jelzéssel ellátott hibridek 5%-os szignifikancia szinten nem különíthetők el a két megjelölt csoporttól, mivel a mérési eredmények mind az „a” mind a „b”, vagy mind a „b” mind a „c” csoportra jellemző mérési tartományba estek.

A cukortartalmak tekintetében a négy mintavétel összes mérését illetően 7-19% közötti értékeket mértünk. A standard hibriden végzett mérések során 7,6-14,5% közötti értékeket kaptunk 11%-os átlagos cukortartalom mellett, amelyeknél lényegesen kedvezőbb értékeket mértünk a H3, H4 és H5 jelzésű

hibrideknél, ahol az átlagos cukortartalmak 15,1%, 12,7% és 15,1% voltak. A 15,59%-os medián érték viszont e vizsgálati szempont esetében is a H3 hibridre hívja fel a figyelmet, amely a cukortartalom vonatkozásában is a legkiemelkedőbbnek tekinthető (4. ábra). A vizsgálatok során más hibridek esetében is mértünk a viszonyítás alapjául szolgáló hibrid értékeinél magasabbat, de az iménti három hibrid esetében a magasabb cukortartalom általánosnak tekinthető.

4. táblázat. A hibridek csoportosítása a zöldhozam alapján

Betűjelzés (1)	Hibrid (2)	Átlagos zöldhozam (kg/m ²) (3)
a	H3	7,16
ab	H2	5,53
bc	H7	4,77
bc	H1	4,46
bc	St	3,89
bc	H5	3,79
c	H6	3,55
c	H4	3,46

Table 4. Classification of hybrids based on green yield. (1) Letter indication, (2) Hybrid, (3) Average green yield (kg m²)

A cukormérések eredményeit variancia-analízissel értékelve azt kaptuk, hogy 5%-os szignifikancia szint mellett a hibridek között szignifikáns a különbség és a legkisebb szignifikáns differencia értéke 4,015%. Ez alapján a cukortartalom szempontjából a hibridek az 5. táblázat szerinti rangsorolásba tehetőek, ahol az azonos betűjelzéssel ellátott hibridek között nincs szignifikáns eltérés.

A legmagasabb cukortartalmú csoportba a H3 és H5 hibridek tartoztak, de a H5 hibrid esetében a 14,35%-os medián arra hívja fel a figyelmet, hogy a mérések értékei egy alacsonyabb érték felé konvergálnak, mint a H3 hibrid esetében (5. ábra).

Az „ab” jelzéssel ellátott H4 és H6 hibridek 5%-os szignifikancia szinten nem különíthetők el sem az „a” sem a „b” csoporttól, tekintettel arra, hogy a mérési eredmények mind az „a” mind a „b” csoportra jellemző mérési tarto-

mányból is vettek fel értékeket. Átlagos cukortartalmukat tekintve jobban teljesítettek, mint a „b” csoportjelzéssel ellátott hibridek, de nem érték el a H3 és H5 hibridek teljesítményét.

4. ábra. A zöldhozamok esetében mért értékek boxplot diagramja

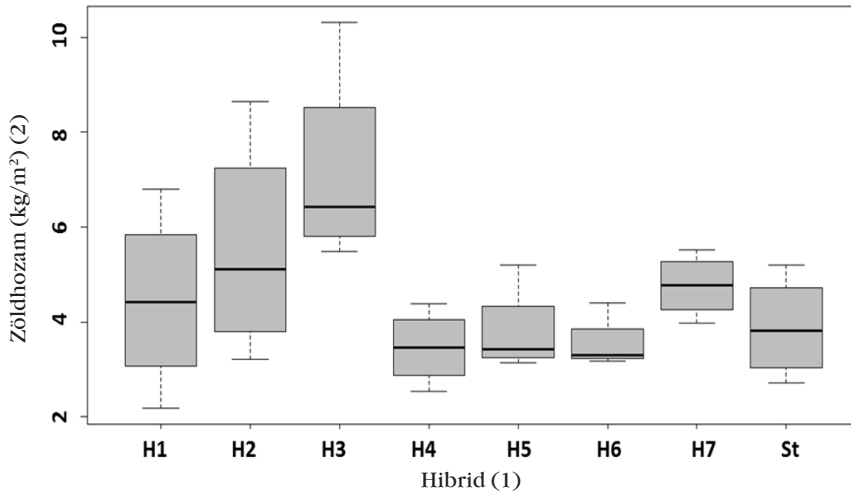


Figure 4. Boxplot diagram of the values measured in the case of green yields. (1) Hybrids, (2) Green yield (kg m⁻²)

5. táblázat. A hibridek csoportosítása a cukortartalom alapján

Betűjelzés (1)	Hibrid (2)	Átlagos cukortartalom (Brix°) (3)
a	H3	15,12
a	H5	15,08
ab	H4	12,68
ab	H6	11,46
b	St	11,00
b	H2	10,43
b	H7	10,28
b	H1	9,50

Table 5. Classification of hybrids based on sugar content. (1) Letter indication, (2) Hybrid, (3) Average sugar content (Brix°)

5. ábra. A cukortartalom esetében mért értékek boxplot diagramja

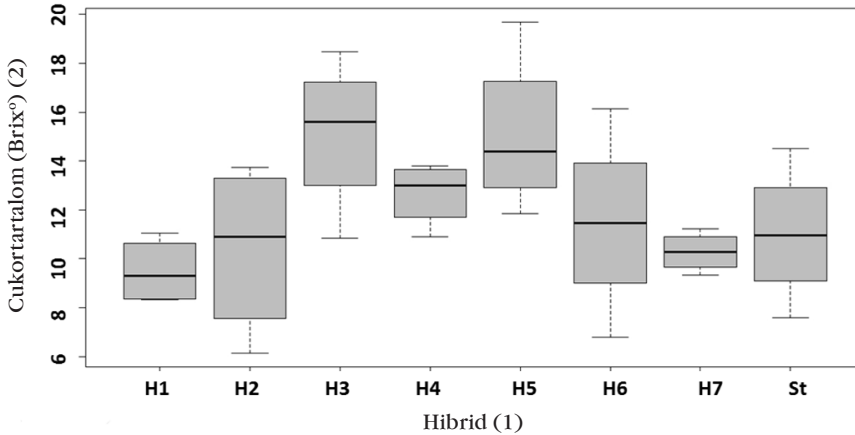


Figure 5. Boxplot diagram of the values measured in the case of sugar content. (1) Hybrids, (2) Sugar content (Brix°)

Következtetések

A keresztezési kísérletben szereplő közös anyai komponensből létrehozott hibridek számos tulajdonságban eltéréseket mutattak, amelyek a különböző tulajdonságokkal rendelkező apavonalaknak köszönhetőek. Az eltérések a növények morfológiai tulajdonságaiban is jelentkeztek, így a különböző növényi részek részaránya meglehetősen diverzifikált volt, ami fontos lehet a takarmányozási célok miatt.

A vizsgálatok eredményei több keresztezés esetében is kedvezőek voltak, hiszen értékmérő tulajdonságaik megközelítették, vagy elérték a standard hibrid esetében mért értékeket. Bizonyos esetekben még a viszonyítási alapként vizsgált hibrid esetében mért értékeket is meghaladták a próbahibridek eredményei. Ilyen volt a H3 jelzésű hibrid, amely mind a zöldhozam, mind a cukortartalom tekintetében magasabb eredményeket ért el. Ezek az eredmények indokoltá teszik a próbahibrid parcella szintű vetőmag-előállítását, amely által lehetővé válik a hibridkombináció további vizsgálata. A H3 hibrid perspektivikus lehet az energetikai célú növénynevelés irányában, ezért fontos a hibrid teljesítményének pontosabb feltérképezése a zöldhozam, a cukortartalom és a cukortartalom változásának, továbbá az agrotechnikai igények (állomány-sűrűség, tápanyagellátás stb.) tekintetében.

A kapott eredmények alapján kiemelkedően fontos lehet egyes keresztezési kombinációk további tesztelése, amely által egzakt képet kaphatunk az adott felhasználási céloknak legmegfelelőbb potenciális hibridekről.

IRODALOM

- 28/2009. (IV. 23.) EK Irányelv: 2009. EK Irányelv a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról, valamint a 2001/77/EK és a 2003/30/EK irányelv módosításáról és azt követő hatályon kívül helyezéséről.
- Antal J.: 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Argikar, G. P.–Chavan, V. M.: 1957. A study of heterosis in sorghum. Indian Journal of Genetics. 17: 63–72.
- Bálint A.: 1966. Mezőgazdasági növények nemesítése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 384.
- Bányai L.: 1980. Jelentés a Hybar Takarmánycirok Termesztési és Hasznosítási Gazdasági Társaságnak végzett kutató munkáról. NÖMI Agrobotanikai Állomása. Tápiószele. 10.
- Barabás Z.–Bányai L.: 1985. A cirok és a szudánifű. Magyarország Kultúrflórája IX. Akadémiai Kiadó. Budapest. 142–144.
- Barabás Z.: 1961. A magyarországi hímsteril-hybrid takarmánycirok nemesítés jelenlegi állása. MTA Kutató Intézet – Tudományos Konferencia. Martonvásár. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. 333–334.
- Blaskó, L.–Balogh, I.–Ábrahám, É. B.: 2008. Possibilities of Sweet Sorghum production for ethanol on the Hungarian Plain. Cereal Res. Commun. 36. 1: 1251–1254.
- Corner, A. B.–Karper, R. E.: 1927. Hybrid vigour in sorghum. Texas Agricultural Experimental Station. Bull. 359.
- Daliva-Gomez, F. J.–Chuck-Hernandez, C.–Perez-Carillo, E.–Rooney, W. L.–Serna-Saldívar, S. O.: 2011. Evaluation of bioethanol production from five different varieties of sweet and forage sorghums (*Sorghum bicolor* L. Moench). Industrial Crops and Products. 33: 611–616.
- Goshadrou, A.–Karimi, K.–Taherzadeh, M. J.: 2011. Bioethanol production from sweet sorghum bagasse by *Mucor hiemalis*. Industrial Crops and Products. 34: 1219–1225.
- Izsáki Z.–Németh T.: 2008. A N-ellátottság hatása a silócirok terméshozamára és minőségére. Agronapló. 12. 4: 77–78.
- Kapocs I.–Lazányi J.–Kovács B.: 1983. A cukorcirok törzsek és hibridkombinációk termőképességének vizsgálata hígtrágyával öntözött területen alkohol előállítás céljából. Növénytermelés. 33. 4: 529–534.
- Kovács G. P.–Mikó P.–Nagy L.–Gyuricza Cs.: 2011. Talajművelési eljárások hatása a cukorcirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) beltartalmi paramétereire. Növénytermelés. 60. 1: 61–68.

- Mojovic, L.–Pejin, D.–Grujic, O.–Markov, S.–Pejin, J.–Rankin, M.*: 2009. Progress in the production of bioethanol on starch based feedstocks. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*. 15. 22: 1–6.
- Németh T.*: 2009. A tápanyagellátás hatása a silócirok (*Sorghum bicolor* L. Moench.) tápelem-felvételére, szárazanyag-felhalmozódására és termés hozamára. Doktori értekezés. Debrecen.
- Pepó P.–Erdei É.–Kovácsné Oskolás H.–Tóth Sz.–Szabó E.*: 2011. A beltenyésztett cirok vonalak és kétvonalas hibridjeik egyes beltartalmi tulajdonságainak vizsgálata. *Növénytermelés*. 60. 1: 83–95.
- R Core Team*: 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria.
- REN21*: 2013. Renewables 2013. Global status report. Paris.
- Sakellariou-Makrantonaki, M.–Papalexis, D.–Nakos, N.–Kalavrouziotis, I. K.*: 2007. Effect of modern irrigation methods on growth and energy production of sweet sorghum for fermentable sugar production potential. *Crop Science*. 27. 4: 788–793.
- Surányi J.*: 1946. Tájékoztató az édescirok (vagy barna cukorcirok, amerikai néven „Sumac” cukorcirok) termesztéséről és felhasználásáról 10 pontban. Magyar Földművelési Minisztérium. Athenaeum. Budapest.
- Thokoza, L.*: 2005. Evaluation of the heterotic potential of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] adapted to the Southern Africa region. *Plant Breeding*. 1–6.
- Vavilov, N. I.*: 1949. The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. *Chronica Botanica*. 14: 364.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Jóvér János – Czibalmos Ágnes – Puskás Árpád
Debreceni Egyetem ATK
Karcagi Kutatóintézet
Karcag
Kisújszállási út 166.
H-5300

Győri Zoltán
Debreceni Egyetem ATK
Nyíregyházi Kutatóintézet
Nyíregyháza
Westsik Vilmos utca 4–6.
H-4400

Időjárási extremitások a napraforgótermesztésben III. – A kritikus agrotechnikai tényezők szerepe a termésminőség javításában

SZABÓ ANDRÁS

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

Összefoglalás

A napraforgó hibridek olajtartalmának nagyságát több tényező komplex hatása alakítja. Jelentős szerepet kap az évjárat, amely egyrészt a vetéskori, másrészt a virágzás termékenyülés és az olajbeépülés időszakának időjárási tényezőin (csapadék, hőmérséklet, páratartalom) keresztül fejt ki hatását. Az agrotechnikai tényezők is jelentős hatással bírnak az olajtartalom kialakulásában. Fontos a vizsgált vetéstechnológiai tényezők szerepe, melyek közvetve és közvetlenül hozzájárulnak az olajbeépülés fokozódásához vagy csökkenéséhez.

Kísérleti eredményeink alapján azt tapasztaltuk, hogy a fungicides növényvédelem is jelentős mértékben képes módosítani a napraforgó olajtartalmát. Az olajhozam kialakulásában meghatározó hatása a termésmennyiségnek van, az olajtartalom kisebb jelentőséggel bír.

A kezelések átlagában megvizsgáltuk a napraforgó olajtartalmának változását a vetéstechnológiai elemek átlagában a három növényvédelmi modellnél. Azt tapasztaltuk, hogy a fiatalkori, nyolc levélpáros állapotban elvégzett védekezéskor mindhárom évjáratban olajtartalom növekedés következett be, ami a csapadékos években volt a legnagyobb.

A második, virágzáskori védekezés során azonban erős olajtartalom csökkenést figyeltünk meg, aminek az értéke már aszályos évben is kiugró volt (2009: 0,9%), és az erősen csapadékos 2010. évben meghaladta az 1%-ot. Az olajhozam értékek mindhárom tenyészévben a kétszer kezelt állományban voltak a legnagyobbak, az olajhozam növe-

kedés azonban inkább az első kezelés hatására – csapadékos évjáratban a második kezelés hatékonysága is nagyobb volt – növekedett fokozottabban. Az állománysűrűség növelése 2008 és 2009 években az olajtartalom parabolikusan csökkenő mértékű növekedését eredményezte, ezzel szemben 2010-ben az olajtartalom stagnált, nagyobb mértékű változás nem történt. Az olajhozam a terméseredményekhez hasonlóan viselkedett. Aszályosabb évjáratban nagyobb tőszámok alkalmazásával értünk el nagyobb olajhozamot (55 000–65 000 tő/ha), ezzel szemben a csapadékos 2008. évben kisebb 45 000–55 000 tő/ha volt az optimális. Az olajbeépülés volumenét a tőszám mellett a vetésidő is befolyásolta. Az átlagos április közepi vetésidő olajtartalmának nagysága 2008-ban és 2009-ben egyaránt elmaradt a korai és a megkésett vetésidő olajtartalmának nagyságától, ami nagy valószínűséggel az átlagos vetésidő napraforgó állományban fellépő vetéskori és virágzáskori időjárási anomáliákkal magyarázható. A 2010. évben az átlagos vetésidő bizonyult a legjobbnak, mivel az átlagos olajtartalom a korai vetésidőnél 0,4%-kal a megkésett vetésidőnél 0,5%-kal volt magasabb. Csapadékos évjáratokban a megkésett vetésidő olajhozamai voltak nagyobbak, a 2009. száraz évjáratban az áprilisi aszály ellenére is a legnagyobb terméseredményt és olajhozamot az átlagos vetésidőben értük el.

Kulcsszavak: napraforgó, olajtartalom, tőszám, vetésidő, fungicides növényvédelem

Weather extremities in sunflower production III. – The role of critical agrotechnical factors in improving yield quality

A. SZABÓ

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

Summary

The oil content of sunflower hybrids is influenced by the complex effect of several factors. Crop year has a significant role mainly in terms of the weather circumstances at the time of sowing, flowering, fertilisation and oil incorporation (precipitation, weather, humidity). Agrotechnical factors have a significant impact on oil content. The

examined sowing technological factors have a major role and they contribute to the increase or decrease of oil incorporation indirectly or directly.

Based on the experimental results, it was observed that fungicide control can also significantly alter the oil content of sunflower. Yield has a major impact on oil yield, while oil content is less determinant.

Averaged over the various treatments, the change of sunflower oil content was examined against sowing technological elements in the case of three plant protection models. Oil content increase was observed in all three crop years during the plant protection performed at the eight leaf pair stage. This increase was the highest in the wet crop years.

During the second phase of plant protection at the flowering stage, a significant reduction of oil content was observed. The extent of this reduction was high even in the drought year (2009: 0.9%), but it was higher than 1% in the strongly wet year of 2010. In all three years, oil yields were the highest in the population which was treated twice, but the increase of oil yield was more intense as a result of the first treatment – the efficiency of the second treatment was also higher in the wet crop year. Increasing the population density resulted in the parabolically decreasing growth of oil content in 2008 and 2009. In contrast, oil content stagnated in 2010 and there was no major change. Oil content had a similar trend as yield. In the drier crop year, higher oil yield was obtained by means of higher population density (55 000–65 000 plants per hectare), while the optimal population density was lower (45 000–55 000 plants per hectare) in the more rainy year of 2008. In addition to population density, the volume of oil incorporation was also affected by sowing date. In 2008 and 2009, the oil content of plants sown in mid-April (average) was lower than in the case of early and late sowing date which is probably the result of the weather anomalies occurring during the sowing and flowering stage of the sunflower population with average sowing date. In 2010, average sowing date was proved to be the best, since the average oil content was 0.4% higher than in the case of early sowing date and 0.5% higher than populations with late sowing date. In wet crop years, the oil contents of early sowing date were higher, while the highest yield and oil yield of the dry crop year of 2009 were obtained in the case of average sowing date.

Key words: sunflower, oil content, population density, sowing date, fungicide control

Погодные экстремальности в выращивании подсолнечника III. – Роль критичных агротехнических факторов в улучшении качества урожая

А. САБО

Дебреценский Университет Факультет Сельского Хозяйства,
Науки о Питании и Экохозяйствованиа, Институт Биологии, Дебрецен

Резюме

Величину содержания масла гибридов подсолнечника формирует комплексное влияние многих факторов. Важную роль играет год выращивания, который, с одной стороны, погодными условиями во время сева, с другой стороны, погодными условиями периода оплодотворения цветения и встроения масла (осадки, температура, влажность) оказывает своё влияние. Агрототехнические факторы также имеют значительное влияние в формировании содержания масла. Важна роль исследуемых факторов посевной технологии, которые прямо и косвенно способствуют увеличению или уменьшению встроения масла.

На основании результатов наших опытов мы установили, что фунгицидная защита растений также в значительной мере способна изменять содержание масла подсолнечника. В формировании урожая масла решающее влияние имеет количество урожая, содержание масла имеет меньшее значение.

В среднем по обработкам исследовали изменения содержания масла подсолнечника у трех моделей защиты растений средних элементов посевной технологии. Установили, что в молодом возрасте, в состоянии восьми пар листьев при проведенных защитах растений во всех трёх годах выращивания последовало увеличение содержания масла, что в дождливые годы было самым большим.

Однако, в ходе второй защиты, в период цветения, заметили сильное сокращение содержания масла, величина которого уже и в засушливый год была заметной (2009: 0,9%), и в сильно дождливый 2010 год превысило 1%. Показатели выхода масла во всех трёх вегетационных годах были самые большие в дважды обработанных насаждениях, но выход масла в большей степени под влиянием первой обработки – во влажный год эффективность второй обработки была больше – больше увеличился. Увеличение густоты насаждения в 2008 и в 2009 годах привело к пара-

болически уменьшающемся размеру увеличения содержания масла, в отличии от этого в 2010 году содержание масла стагнировало, больших изменений не произошло. Выход масла был похож на результаты урожая. В более засушливый год использованием большего числа стеблей достигли большего выхода масла (55 000–65 000 стеблей/га), в отличии от этого во влажный 2008 год меньшее число 45 000–55 000 стеблей/га было оптимальным. Наряду с числом стеблей на количество строения масла также повлиял и срок посева. Величина содержания масла обычного, середины апреля, срока посева в 2008 и в 2009-году одинаково было меньше, чем величина содержания масла раннего и позднего сроков посева, что с большой вероятностью можно объяснить погодными аномалиями, наступившими в насаждении среднего срока посева во время посева и во время цветения. В 2010 году среднее время посева оказалось самым лучшим, так как в нем среднее содержание масла было больше, чем в раннем посеве на 0,4%, и на 0,5% больше, чем в позднем посеве. Во влажные годы выход масла поздних посевов был больше, а в сухом 2009 году несмотря на апрельскую засуху самый большой результат урожая и выход масла получили при среднем времени посева.

Ключевые слова: подсолнечник, содержание масла, число стеблей, срок посева, фунгицидная защита растений

Bevezetés

A napraforgó a szántóföldi növények között az ipari, ezen belül pedig az olajnövények családjába sorolható. A termesztett napraforgófajták és hibridek termése zömmel 35–56% olajat tartalmaz, de léteznek már 60%-ot megközelítő olajtartalmúak is. Úgy tekinthetjük, hogy a világon az egyik, Magyarországon pedig a legjelentősebb étolajat adó kultúrnövényünk.

A napraforgó olaja félig száradó. A termesztéstechnológiai elemek közül nagy jelentőségű a területegységre vetített tőszám. Az állománysűrűség növelésével bár nem lineárisan, de nő a kaszat olajtartalma egy bizonyos határig. Ennek megállapítása az adott termelési adottságok között szükséges (Frank 1999).

A napraforgó fajtakiválasztásánál elsődleges szempont a termőképesség, de a minőség is nagyon fontos (olajtartalom, olajsavtartalom, fehérjetartalom, ezerkaszat tömeg), mivel csak a megfelelő minőségű áru piacképes. A termésbiztonság szempontjából a kedvező kórtani viselkedés is meghatározó ténye-

zője a fajtaválasztásnak. Az elmúlt évjáratokban bebizonyosodott, hogy Magyarország klímája egyre szárazabbra fordult, ezért a szárazságtűrés a napraforgónál is nagyon fontos tulajdonság. A fajták termesztéséhez az ajánlott tőszámot érdemes betartani (Sárközi 1996).

Kandil *et al.* (1990) különböző éghajlati zónákban egyidejűleg végzett tesztelés során megállapították, hogy a kaszattermést markánsan, míg az olajtartalmat csak kismértékben befolyásolta a környezet \times genotípus kölcsönhatás.

A korábbi gyakorlat tehát a jelenlegi napraforgó hibridek esetében nem követhető, a megfelelő termésszint és olajtartalom realizálásához nagyobb ráfordítási szint szükséges.

Az üzemi gyakorlatban termesztendő napraforgó hibrideknek a termésbiztonság, a termőképesség és a termésminőség követelményeinek együttesen kell megfelelniük. E három tényezőcsoport közül – más növényektől eltérően – a termésbiztonság a legfontosabb tulajdonság. A termésbiztonság elsősorban a stressztényezőkkel szembeni toleranciát jelenti, amely magában foglalja az abiotikus (szárazság, hőmérséklet, kedvezőtlen talajtulajdonságok stb.), valamint a biotikus tényezőkkel (levél-, szár-, tányérbetegségek stb.) szembeni ellenállóságot. A termőképesség nemcsak a potenciális termőképességet, hanem annak realizálását elősegítő vagy gátló agronómiai tulajdonságokat (szárzilárdság, állománykiegyenlítettség, pergési hajlam stb.) együttesen jelenti. A termésminőség szempontjából legfontosabb az olajtartalom, de az utóbbi időben előtérbe került az olajösszetétel, bizonyos esetekben a fehérjetartalom (Pepó *et al.* 2003).

Anyag és módszer

A kísérletet a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén végeztük. A kísérleti telep Debrecentől 15 km-re, a 33-as számú út mellett helyezkedik el a hajdúsági löszháton.

A kísérlet talaja löszön képződött, mély humusrétegű alföldi mészlepedékes csernozjom talaj. A kísérleti terület talaja jó kultúr állapotú, középkötött (Arany-féle kötöttségi száma 43), talajfizikailag a vályog kategóriába sorolható.

A kísérleti terület talajának vízháztartási jellemzőit vizsgálva megállapítható, hogy a csernozjom talajokra jellemző, kedvező vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkezik. A Várallyay-féle osztályozás szerint a IV. vízgazdálkodási kategóriába tartozik, azaz jó vízvezetési és víztartó tulajdonságokkal rendelkezik.

A tőszámbeállítás a kelést követően kézzel történt. A betakarítást speciális adapterrel felszerelt Sampo parcellakombájnnal végeztük el. Betakarításkor a parcellák nyers termését és nedvességtartalmát mértük. Az olajtartalmat szárazanyag %-ra, az olajhozamot és a terméseredményeket 8% nedvességtartalomra standardizáltuk. A vizsgálatokban 2008–2009 években 2 hibrid (2008. év: NK Delfi, PR64D82; 2009. év: Petunia, NK Kondi), a 2010. évben 1 hibrid szerepelt (NK Kondi).

A kísérleti parcellák véletlen blokk elrendezéssel, 4 ismétlésben lettek beállítva. A hibrideket 3 vetésidőben (2008. évben: 1. korai vetésidő: március 29., 2. optimális vetésidő: április 09., 3. megkésett vetésidő: május 04.; 2009. évben: 1. korai vetésidő: március 31., 2. optimális vetésidő: április 18., 3. megkésett vetésidő: május 05.; 2010. évben: 1. korai vetésidő: március 26., 2. optimális vetésidő: április 9., 3. megkésett vetésidő: május 03.), és négy különböző elméleti termőtőszámban állítottuk be (35 000–65 000 tő/ha) 10 000 tő/ha-os lépcsőben. A kísérletben a fungicid kezelést az 1× kezelt parcellákon 8 pár leveles állapotban, a 2× kezelt parcellákon 8 pár leveles állapotban és virágzáskor alkalmaztuk. A 2008. évben használt fungicid Pictor (0,5 l/ha), a 2009. évben használt fungicid Tanos (0,4 kg/ha) volt. A 2010. évben az első védekezést Pictor (0,5 l/ha), a második védekezést Trezor (0,4 l/ha) gombaölő szerekkel végeztük. A vizsgálatokban szereplő hibridek fenológiai, fenometriai, agronómiai, kórtani adatait négy ismétlésben felvételeztük.

A 2008. évben jelentős mennyiségű csapadék hullott, ami hűvös időjárással párosult, és ez a napraforgó hibridek számára kedvezőtlen volt. A csapadék mennyisége a tenyészidőszakban (441,7 mm) jelentősen meghaladta a 30 éves átlagot (307,1 mm), míg az átlaghőmérséklet (18,0 °C) 1 °C-kal haladta meg a harminc éves átlagot. A tenyészidőszakban minden hónapban sok csapadék hullott, június és július hónapokban ez a mennyiség meghaladta a 140 mm-t.

A 2009. év tenyészidőszakában a csapadék mennyisége csupán harmada volt az előző évben mért mennyiségnek (147,1 mm) és közel fele a 30 éves átlagnak. A csapadék eloszlása is rendkívül egyenlőtlen volt. Jelentősebb mennyiségű csapadék június hónapban hullott (96,6 mm), a tenyészidőszak többi hónapjában a csapadék mennyisége rendkívül kevés volt. A tenyészidőszak első három hónapjában 126,6 mm esett, ami a tenyészidőszak csapadékának több mint 85%-át tette ki. 2009-ben a tenyészidőszak átlaghőmérséklete 1,6 °C-kal haladta meg az előző évi értéket, és 2,6 °C-kal a harminc éves átlagot. A tenyészidő első három hónapjának (április, május, június) átlaghőmérséklete

1,1 °C-kal, a két utolsó hónap (július, augusztus) átlaghőmérséklete pedig 2,5 °C-kal volt magasabb a 2008. év értékeinél (1-2. táblázat).

A 2010. év időjárását rendkívüli szélsőségek jellemezték. A csapadék mennyisége a tenyészidőszakban 491,7 mm volt, ami 184,6 mm-rel haladta meg a harminc éves átlagot. A tenyészidőszak első három hónapjában 296 mm, a tenyészidőszak végén szintén jelentős mennyiségű (195,5 mm) csapadék esett. A csapadék mennyisége minden hónapban meghaladta a 80 mm-t, ami példátlan az előző éveket figyelembe véve. A tenyészidőszakot megelőző hónapok (október–március) csapadékmennyisége szintén felülmúlta a sokévi átlagot (334,3 mm).

1. táblázat. A csapadékmennyiség alakulása a vizsgált tenyészévekben
(Debrecen-Látókép, 2007–2010)

2007–2008 (mm)											
Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Összesen
(1)	(2)	(3)	(4)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
71,4	40,9	29,8	26,4	4,6	41,7	74,9	47,6	140,1	144,9	34,2	656,5
214,8						441,7					
						262,6			179,1		
2008–2009 (mm)											
Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Összesen
(1)	(2)	(3)	(4)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
16,1	19,8	52,2	29,5	44,0	41,6	9,9	20,1	96,6	9,2	11,3	350,3
203,2						147,1					
						126,6			20,5		
2009–2010 (mm)											
Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Összesen
(1)	(2)	(3)	(4)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
79,3	78,3	54,9	48,8	58,6	14,4	83,9	111,4	100,9	97,2	98,3	826,0
334,3						491,7					
						296,2			195,5		

Table 1. Amount of precipitation in the examined cropping years (Debrecen-Látókép, 2007–2010). (1) October, (2) November, (3) December, (4) January, (5) February, (6) March, (7) April, (8) May, (9) June, (10) July (11) August

2. táblázat. A hőmérséklet alakulása a vizsgált tenyészévekben
(Debrecen-Látókép, 2008–2010)

2008 (°C)					
Ápr. (1)	Máj. (2)	Jún. (3)	Júl. (4)	Aug. (5)	Átlag (6)
11,4	16,8	20,6	20,4	20,6	18,0
	16,3	18,0	20,5		
2009 (°C)					
Ápr. (1)	Máj. (2)	Jún. (3)	Júl. (4)	Aug. (5)	Átlag (6)
14,9	17,4	19,8	23,4	22,6	19,6
	17,4	19,6	23,0		
2010 (°C)					
Ápr. (1)	Máj. (2)	Jún. (3)	Júl. (4)	Aug. (5)	Átlag (6)
11,6	16,6	19,7	22,0	19,0	17,8
	14,1	17,8	20,5		

Table 2. Temperature during the examined cropping years (Debrecen-Látókép, 2008–2010). (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) Average

Eredmények

A 2008., 2009. és a 2010. tenyészév olajtartalmának és olajhozamának értékelése

A napraforgó olajtartalmának és olajhozamának kialakulásában szintén több tényező együttesen, egymással kölcsönhatásban vesz részt. A fungicides kezelések, valamint a vetéstechnológiai paraméterek erősen befolyásolják az olajtartalom alakulását, amit az évjáratati hatások módosítanak. Az olajhozam nagyságát elsősorban a termésmennyiség határozza meg, az olajtartalom módosító tényező. A vizsgált tenyészévekben az olajtartalomban jelentős különbségeket

tapasztaltunk, agrotechnikától és évjárattól függően. A 2009. év specifikus időjárási viszonyai következtében a legnagyobb olajtartalmat a megkésett vetésidőben értük el mindhárom vegyszeres modell esetében (50,3%; 50,7%; 50,1%). Az olajtartalom a vetésidők átlagában a tőszámsűrűség növelésével növekedett. A 2008. csapadékos évjárat olajtartalom mutatói elmaradtak a 2009. évben mértektől, és az olajtartalom maximumok is eltérő módon alakultak. A tőszámok átlagában az állományvédelem nélküli kontroll parcelláknál a megkésett vetésidőben volt az olajtartalom a maximális, ezzel szemben az egyszer és kétszer kezelt állományokban a korai vetésidőben kaptuk a legnagyobb olajtartalom értékeket, bár a megkésett vetésidő értékei csupán 0,1–0,2%-kal maradtak el a korai vetésidő eredményeitől. A 2010. évben a jelentős mennyiségű csapadék, valamint az ehhez párosuló hűvös időjárás és alacsony napfénytartam következtében magasabb betegség fertőzöttségi szint alakult ki, ami az olajtartalom alakulásában is kifejezésre jutott. A legnagyobb olajtartalmat a kontroll és az egyszeri védekezési technológiában az átlagos vetésidőben értük el, míg a kétszeri védekezéskor az olajtartalom a megkésett vetésidőben volt a legmagasabb. A kezelések átlagában tehát megállapítható, hogy a 2008–2009. tenyészévekben a megkésett vetésidő (49,5%; 50,4%), a 2010. tenyészévben az optimális vetésidő (50,8%) volt kedvező az olajtartalom tekintetében.

A fungicides kezelések olajtartalomra gyakorolt hatása mindhárom évben hasonló volt. A kontroll, állományvédelem nélküli parcellákhoz képest az egyszer kezelt parcellákon az olajtartalom növekedett a vizsgált években 0,4–0,8%-kal a kezelések átlagában, azonban a második, virágzáskori védekezés az olajtartalmat 0,6–1,1%-kal a kontroll parcellák szintjére, vagy az alá csökkentette (3–5. táblázat).

A napraforgó olajhozamának alakulását elsősorban a termésmennyiség determinálja, az olajtartalom csak módosító tényezőként jelenik meg, aminek következtében a 2008–2010. években az olajhozamok a vizsgált tényezőknél jelentős hasonlóságot mutatnak a terméseredményekkel. A 2008. évben a mindhárom fungicides kezelésben a megkésett vetésidőben értük el az olajhozam maximumot. Az állománykezelés nélküli parcellákon a korai vetésidőben 55 000 tő/ha, az átlagos és a megkésett vetésidőkben 45 000 tő/ha tőszámnál volt az olajhozam a legnagyobb. Az egy alkalommal és két alkalommal végrehajtott fungicides permetezés hatására minden vetésidőben az 55 000 tő/ha tőszám bizonyult optimálisnak.

3. táblázat. Az olajtartalom alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnikai elemeknél a hibridek átlagában a 2008. évben (Debrecen-Látókép, 2008)

Fungicid kezelés (1)	Tőszám (tő/ha) (2)	1. vetésidő (%) (3)	2. vetésidő (%) (4)	3. vetésidő (%) (5)	Átlag (%) (6)
Kontroll (7)	35 000	48,1	48,6	48,5	48,4
	45 000	48,7	48,7	49,5	49,0
	55 000	49,2	49,3	49,3	49,3
	65 000	49,2	49,6	49,2	49,3
Átlag (6)		48,8	49,0	49,1	49,0
1 × kezelt (8)	35 000	50,1	47,9	48,0	48,7
	45 000	48,2	49,4	49,6	49,1
	55 000	51,0	50,0	50,3	50,4
	65 000	50,3	50,3	51,1	50,6
Átlag (6)		49,9	49,4	49,7	49,7
2 × kezelt (9)	35 000	48,0	47,2	47,2	47,5
	45 000	49,2	47,8	50,1	49,0
	55 000	50,1	48,8	50,1	49,7
	65 000	50,9	48,8	50,6	50,1
SzD _{5%} (10)		2,9	2,9	2,9	
Átlag (6)		49,6	48,2	49,5	49,1
Kezelések átlaga (11)		49,4	48,9	49,5	49,3

Table 3. Oil content in the case of the examined plant protection and sowing technological elements, averaged over the different hybrids in 2008 (Debrecen-Látókép, 2008). (1) Fungicide treatment, (2) Population density (plants per hectare), (3) 1st sowing date (%), (4) 2nd sowing date (%), (5) 3rd sowing date (%), (6) Average (%), (7) Control, (8) Treated once, (9) Treated twice, (10) LSD_{5%} (11) Average of treatments

A 2009. évben az aszályosabb klimatikus viszonyok következtében a fungiciddal nem kezelt parcellákon 55 000 tő/ha az egyszer kezelt állományokban 55 000–65 000 tő/ha, kétszer kezelt parcellákon 65 000 tő/ha tőszámmal, kaptuk a maximális terméshozamot. A vetésidők vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy az átlagos vetésidőben volt az olajhozam a legnagyobb minden fungicides kezelésben és a kezelések átlagában egyaránt.

4. táblázat. Az olajtartalom alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnikai elemeknél a hibridek átlagában a 2009. évben (Debrecen-Látókép, 2009)

Fungicid kezelés (1)	Tőszám (tő/ha) (2)	1. vetésidő (%) (3)	2. vetésidő (%) (4)	3. vetésidő (%) (5)	Átlag (%) (6)
Kontroll (7)	35 000	48,9	49,5	49,6	49,3
	45 000	49,7	50,0	51,6	50,4
	55 000	49,7	50,4	49,7	49,9
	65 000	49,8	50,4	50,3	50,2
Átlag (6)		49,5	50,1	50,3	50,0
1× kezelt (8)	35 000	49,0	48,8	49,4	49,1
	45 000	49,0	50,4	50,3	49,9
	55 000	51,2	51,0	51,3	51,2
	65 000	51,1	51,9	51,7	51,5
Átlag (6)		50,1	50,5	50,7	50,4
2× kezelt (9)	35 000	48,7	47,1	47,6	47,8
	45 000	49,3	48,0	51,2	49,5
	55 000	51,3	49,5	50,7	50,5
	65 000	51,1	49,1	51,0	50,4
SzD _{5%} (10)		3,1	3,1	3,1	
Átlag (6)		50,1	48,4	50,1	49,5
Kezelések átlaga (11)		49,9	49,7	50,4	50,0

Table 4. Oil content in the case of the examined plant protection and sowing technological elements, averaged over the different hybrids in 2009 (Debrecen-Látókép, 2009). (1) Fungicide treatment, (2) Population density (plants per hectare), (3) 1st sowing date (%), (4) 2nd sowing date (%), (5) 3rd sowing date (%), (6) Average (%), (7) Control, (8) Treated once, (9) Treated twice, (10) LSD_{5%} (11) Average of treatments

A 2010. év kedvezőtlen hatásai miatt a fungiciddel nem kezelt parcellákon 35 000 tő/ha, az egyszer kezelt állományokban csupán 45 000 tő/ha, kétszer kezelt parcellákon 45 000–55 000 tő/ha tőszámnál számítottuk a legnagyobb olajhozamot. A vetésidők közül a megkésett vetésidőben volt az olajhozam a legnagyobb minden fungicides kezelésben, és a kezelések átlagában egyaránt (6–8. táblázat).

5. táblázat. Az olajtartalom alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnikai elemeknél a hibridek átlagában a 2010. évben (Debrecen-Látókép, 2010)

Fungicid kezelés (1)	Tőszám (tő/ha) (2)	1. vetésidő (%) (3)	2. vetésidő (%) (4)	3. vetésidő (%) (5)	Átlag (%) (6)
Kontroll (7)	35 000	51,1	50,5	49,5	50,4
	45 000	50,3	50,8	48,7	50,0
	55 000	51,0	51,5	48,7	50,4
	65 000	50,7	51,5	49,2	50,5
Átlag (6)		50,8	51,1	49,0	50,3
1 × kezelt (8)	35 000	52,0	51,0	49,8	51,0
	45 000	50,9	51,5	50,5	51,0
	55 000	51,3	52,1	51,0	51,5
	65 000	50,4	51,8	51,2	51,1
Átlag (6)		51,1	51,6	50,7	51,1
2 × kezelt (9)	35 000	49,3	48,6	50,3	49,4
	45 000	49,7	50,1	51,6	50,5
	55 000	48,7	50,6	50,9	50,1
	65 000	49,4	49,0	51,5	50,0
SzD _{5%} (10)		3,0	3,0	3,0	
Átlag (6)		49,3	49,6	51,1	50,0
Kezelések átlaga (11)		50,4	50,8	50,3	50,5

Table 5. Oil content in the case of the examined plant protection and sowing technological elements, averaged over the different hybrids in 2010 (Debrecen-Látókép, 2010). (1) Fungicide treatment, (2) Population density (plants per hectare), (3) 1st sowing date (%), (4) 2nd sowing date (%), (5) 3rd sowing date (%), (6) Average (%), (7) Control, (8) Treated once, (9) Treated twice, (10) LSD_{5%} (11) Average of treatments

A kísérleti eredmények értékelése során megállapítottuk, hogy az olajtartalom és az olajhozam változásának nagysága technológiai tényezőnként, ezen belül a tényezők variánsainál is eltérő. A gombaölőszeres kísérletben, az egyszeri nyolc levélpáros fenofázisban elvégzett védekezés kedvező, termés és olajtartalom növelő hatású. A második, virágzáskori fungicides kezelés termésnövelő hatású ugyan – kifejezetten csapadékos évjáratokban –, de az olajtartalmat csökkenti.

6. táblázat. Az olajhozam alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnikai elemeknél a 2008. évben
(Debrecen-Látókép, 2008)

Fungicid kezelés (1)	Tőszám (tő/ha) (2)	1. vetésidő (kg/ha) (3)	2. vetésidő (kg/ha) (4)	3. vetésidő (kg/ha) (5)	Átlag (kg/ha) (6)
Kontroll (7)	35 000	1773	1758	1823	1785
	45 000	1980	2054	2085	2040
	55 000	2016	1986	2044	2015
	65 000	1788	1797	1965	1850
Átlag (6)		1889	1899	1980	1923
1× kezelt (8)	35 000	1943	1832	1977	1917
	45 000	2075	2233	2364	2224
	55 000	2319	2353	2493	2388
	65 000	2129	2176	2385	2230
Átlag (6)		2116	2148	2305	2190
2× kezelt (9)	35 000	1928	1853	1974	1918
	45 000	2191	2154	2357	2234
	55 000	2368	2271	2536	2392
	65 000	2311	2144	2347	2267
SzD _{5%} (10)		214	214	214	
Átlag (6)		2200	2106	2303	2203
Kezelések átlaga (11)		2069	2051	2196	2105

Table 6. Oil yield in the case of the examined plant protection and sowing technological elements, averaged over the different hybrids in 2008 (Debrecen-Látókép, 2008). (1) Fungicide treatment, (2) Population density (plants per hectare), (3) 1st sowing date (kg ha⁻¹), (4) 2nd sowing date (kg ha⁻¹), (5) 3rd sowing date (kg ha⁻¹), (6) Average (kg ha⁻¹), (7) Control, (8) Treated once, (9) Treated twice, (10) LSD_{5%} (11) Average of treatments

A csökkenés mértéke változó, a kezelések átlagában a 0,6–1,1%-kal csökkent az olajtartalom a vizsgált években. Az aszályosabb 2009. évben a legnagyobb arányú olajtartalom csökkenés 35 000 tő/ha és 65 000 tő/ha tőszámoknál következett be (1,3%; 1,1%), ezzel szemben csapadékos években, már 1%-ot meghaladó csökkenés nem csak a legkisebb és legnagyobb vizsgált tőszámoknál, hanem 55 000 tő/ha is megfigyelhető volt. A virágzáskori, 2. kezelés hatására a legnagyobb olajtartalom csökkenést az optimális vetésidőben mértük.

A 2008. évben 1,2%; a 2009. évben 2,1%; a 2010. évben 2,0% volt az olajtartalom csökkenés nagysága. A 2010. évben az olajtartalom negatív irányú változása a korai vetésidőben is jelentős volt (1,8%). A tőszámkísérletben külön értékeltük a tőszám változás hatására bekövetkező olajtartalom változást is. Az olajtartalom szempontjából legkedvezőtlenebb, valamint az optimális tőszám között jelentős eltérések adódtak.

7. táblázat. *Az olajhozam alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnikai elemeknél a 2009. évben (Debrecen-Látókép, 2009)*

Fungicid kezelés (1)	Tőszám (tő/ha) (2)	1. vetésidő (kg/ha) (3)	2. vetésidő (kg/ha) (4)	3. vetésidő (kg/ha) (5)	Átlag (kg/ha) (6)
Kontroll (7)	35 000	1405	2071	1907	1794
	45 000	1572	2202	2127	1967
	55 000	1720	2357	2165	2081
	65 000	1629	2220	2085	1978
Átlag (6)		1581	2213	2071	1955
1× kezelt (8)	35 000	1503	2082	1989	1858
	45 000	1652	2322	2183	2053
	55 000	1878	2550	2398	2275
	65 000	1947	2625	2371	2314
Átlag (6)		1745	2395	2235	2125
2× kezelt (9)	35 000	1504	2085	1972	1854
	45 000	1753	2290	2326	2123
	55 000	1974	2540	2409	2308
	65 000	2057	2589	2478	2375
SzD _{5%} (10)		268	268	268	
Átlag (6)		1822	2376	2296	2165
Kezelések átlaga (11)		1716	2328	2201	2082

Table 7. Oil yield in the case of the examined plant protection and sowing technological elements, averaged over the different hybrids in 2009 (Debrecen-Látókép, 2009). (1) Fungicide treatment, (2) Population density (plants per hectare), (3) 1st sowing date (kg ha⁻¹), (4) 2nd sowing date (kg ha⁻¹), (5) 3rd sowing date (kg ha⁻¹), (6) Average (kg ha⁻¹), (7) Control, (8) Treated once, (9) Treated twice, (10) LSD_{5%} (11) Average of treatments

8. táblázat. Az olajhozam alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnikai elemeknél a 2010. évben
(Debrecen-Látókép, 2010)

Fungicid kezelés (1)	Tőszám (tő/ha) (2)	1. vetésidő (kg/ha) (3)	2. vetésidő (kg/ha) (4)	3. vetésidő (kg/ha) (5)	Átlag (kg/ha) (6)
Kontroll (7)	35 000	1133	1241	1352	1242
	45 000	1041	1109	1219	1123
	55 000	941	1110	1190	1080
	65 000	495	935	1023	818
Átlag (6)		903	1099	1196	1066
1× kezelt (8)	35 000	1246	1295	1518	1353
	45 000	1257	1418	1708	1461
	55 000	1093	1319	1522	1311
	65 000	552	1066	1344	987
Átlag (6)		1037	1275	1523	1278
2× kezelt (9)	35 000	1320	1350	1767	1479
	45 000	1434	1571	1929	1645
	55 000	1165	1662	2049	1625
	65 000	691	1074	1713	1159
SzD _{5%} (10)		315	315	315	
Átlag (6)		1153	1414	1864	1477
Kezelések átlaga (11)		1031	1263	1528	1274

Table 8. Oil yield in the case of the examined plant protection and sowing technological elements, averaged over the different hybrids in 2010 (Debrecen-Látókép, 2010). (1) Fungicide treatment, (2) Population density (plants per hectare), (3) 1st sowing date (kg ha⁻¹), (4) 2nd sowing date (kg ha⁻¹), (5) 3rd sowing date (kg ha⁻¹), (6) Average (kg ha⁻¹), (7) Control, (8) Treated once, (9) Treated twice, (10) LSD_{5%} (11) Average of treatments

A növekedés mértéke 2009-ben volt a legnagyobb mindhárom fungicides modul esetében (1,1%; 2,4%; 2,7%), ugyanakkor 2010-ben a legkisebb (0,5%; 0,5%; 1,1%). Fontos megemlíteni, hogy a maximális és minimális tőszámhoz tartozó legnagyobb olajtartalom növekedés 2010-ben a virágzás kori kezelés után következett be (0,6%), míg az előző két évben ugyanezt az első állományvédekezés után figyeltük meg (2008: 1,0%; 2009: 1,3%). Az olajtartalom ebben az esetben a fungicides kezelések számának emelkedésével nőtt. Az időbeli el-

térések a vetésidőben a legnagyobb változást erősen csapadékos évjáratban idézték elő az olajtartalomban. A 2010. évben a kétszeri fungicides kezelés kivételével (a harmadik vetésidő olajtartalma volt a legnagyobb) az optimális vetésidő bizonyult optimálisnak olajtartalom szempontjából, míg 2009-ben az aszályos áprilisi időjárás következtében a megkésett vetésidő olajtartalma volt a legmagasabb. A 2008. évben nagyobb olajtartalom eltérést csak az 1× kezelt és 2× kezelt állományokban kaptunk. Az olajhozam változás tendenciájában a termésmennyiség változását követte (9–12. táblázat).

Következtetések

A napraforgó hibridek olajtartalmának nagyságát több tényező komplex hatása alakítja. Jelentős szerepet kap az évjárat, amely egyrészt a vetéskori, másrészt a virágzás termékenyülés és az olajbeépülés időszakának időjárási tényezőin (csapadék, hőmérséklet, páratartalom) keresztül fejt ki hatását. Az agrotechnikai tényezők is jelentős hatással bírnak az olajtartalom kialakulásában. Fontos a vizsgált vetéstechnológiai tényezők szerepe, melyek közvetve és közvetlenül hozzájárulnak az olajbeépülés fokozódásához vagy csökkenéséhez.

Kísérleti eredményeink alapján azt tapasztaltuk, hogy a fungicides növényvédelem is jelentős mértékben képes módosítani a napraforgó olajtartalmát. Az olajhozam kialakulásában meghatározó hatása a termésmennyiségnek van, az olajtartalom kisebb jelentőséggel bír.

A kezeléseket általában megvizsgáltuk a napraforgó olajtartalmának változását a vetéstechnológiai elemek átlagában a három növényvédelmi modellnél. Azt tapasztaltuk, hogy a fiatalkori, nyolc levélpáros állapotban elvégzett védekezéskor mindhárom évjáratban olajtartalom növekedés következett be, ami a csapadékos években volt a legnagyobb (2008: 0,7%; 2010: 0,8%). A második, virágzáskori védekezés során azonban erős olajtartalom csökkenést figyeltünk meg, aminek az értéke már aszályos évben is kiugró volt (2009: 0,9%), és az erősen csapadékos 2010. évben meghaladta az 1%-ot.

Az olajhozam értékek mindhárom tenyészévben a kétszer kezelt állományban voltak a legnagyobbak, az olajhozam növekedés azonban inkább az első kezelés hatására – csapadékos évjáratban a második kezelés hatékonysága is nagyobb volt – növekedett fokozottabban. Az állománysűrűség növelése a 2008. és 2009. években az olajtartalom parabolikusan csökkenő mértékű növekedését eredményezte, ezzel szemben a 2010-ben az olajtartalom stagnált,

nagyobb mértékű változás nem történt. Az olajhozam a terméseredményekhez hasonlóan viselkedett. Aszályosabb évjáratban nagyobb tőszámok alkalmazásával értünk el nagyobb olajhozamot (55 000–65 000 tő/ha).

9. táblázat. Az olajtartalom és az olajhozam változásának alakulása a fungicid kezelések hatására a vizsgált tőszámoknál a hibridek és vetésidők átlagában a 2008–2010. években (Debrecen-Látókép, 2008–2010)

Fungicid kezelés (1)	35 000 tő/ha	45 000 tő/ha	55 000 tő/ha	65 000 tő/ha	Átlag (3)
Olajtartalom változás (%) (2)					
2008. tenyészév (4)					
1× kezelt - kontroll (5)	0,3	0,1	1,1	1,3	0,7
2× kezelt - 1x kezelt (6)	-1,2	-0,1	-0,7	-0,5	-0,6
2009. tenyészév (7)					
1× kezelt - kontroll (5)	-0,2	-0,5	1,3	1,3	0,5
2× kezelt - 1x kezelt (6)	-1,3	-0,4	-0,7	-1,1	-0,9
2010. tenyészév (8)					
1× kezelt - kontroll (5)	0,6	1,0	1,1	0,6	0,8
2× kezelt - 1x kezelt (6)	-1,6	-0,5	-1,4	-1,1	-1,2
Olajhozam változás (kg/ha) (9)					
2008. tenyészév (4)					
1× kezelt - kontroll (5)	132	184	373	380	267
2× kezelt - 1x kezelt (6)	1	10	4	37	13
2009. tenyészév (7)					
1× kezelt - kontroll (5)	64	86	194	336	170
2× kezelt - 1x kezelt (6)	-4	70	33	61	40
2010. tenyészév (8)					
1× kezelt - kontroll (5)	111	338	231	169	212
2× kezelt - 1x kezelt (6)	126	184	314	172	199

Table 9. Change of oil content and oil yield as a result of fungicide treatments in the case of the examined population densities, averaged over the various hybrids and sowing dates between 2008–2010 (Debrecen-Látókép, 2008–2010). (1) Fungicide treatment, (2) Change of oil content (%), (3) Average, (4) Cropping year of 2008, (5) Treated once - control, (6) Treated twice - treated once, (7) Cropping year of 2009, (8) Cropping year of 2010, (9) Change of oil yield (kg ha⁻¹)

Ezzel szemben a csapadékos 2008. évben kisebb 45 000–55 000 tő/ha volt az optimális, az erősen csapadékos 2010. tenyészévben pedig a rendkívül erős betegség-fertőzöttség miatt a terméseredmények és ezáltal az olajhozamok egyaránt alacsony (35 000–45 000 tő/ha) állománysűrűségnél voltak a legnagyobbak. Az olajbeépülés volumenét a tőszám mellett a vetésidő is befolyásolta.

10. táblázat. Az olajtartalom és az olajhozam változásának alakulása a fungicid kezelések hatására a vizsgált vetésidőkben a hibridek és tőszámok átlagában a 2008–2010. években (Debrecen-Látókép, 2008–2010)

Fungicid kezelés (1)	1. vetésidő (2)	2. vetésidő (3)	3. vetésidő (4)	Átlag (5)
Olajtartalom változás (%) (6)				
2008. tenyészév (7)				
1× kezelt – kontroll (8)	1,1	0,4	0,6	0,7
2× kezelt – 1x kezelt (9)	-0,3	-1,2	-0,2	-0,6
2009. tenyészév (10)				
1× kezelt – kontroll (8)	0,6	0,4	0,4	0,4
2× kezelt – 1x kezelt (9)	0,0	-2,1	-0,6	-0,9
2010. tenyészév (11)				
1× kezelt – kontroll (8)	0,3	0,5	1,7	0,8
2× kezelt – 1x kezelt (9)	-1,8	-2,0	0,4	-1,1
Olajhozam változás (kg/ha) (12)				
2008. tenyészév (7)				
1× kezelt – kontroll (8)	227	249	325	267
2× kezelt – 1x kezelt (9)	84	-42	-2	13
2009. tenyészév (10)				
1× kezelt – kontroll (8)	164	182	164	170
2× kezelt – 1x kezelt (9)	77	-19	61	40
2010. tenyészév (11)				
1× kezelt – kontroll (8)	134	176	327	212
2× kezelt – 1x kezelt (9)	116	139	341	199

Table 10. Change of oil content and oil yield as a result of fungicide treatments in the case of the examined population densities, averaged over the various hybrids and sowing dates between 2008–2010 (Debrecen-Látókép, 2008–2010). (1) Fungicide treatment, (2) 1st sowing date, (3) 2nd sowing date, (4) 3rd sowing date, (5) Average, (6) Change of oil content (%), (7) Cropping year of 2008, (8) Treated once – control, (9) Treated twice – treated once, (10) Cropping year of 2009, (11) Cropping year of 2010

11. táblázat. Az olajtartalom és az olajhozam változása a maximális és minimális olajtartalmú és olajhozamú tőszámok között a hibridek és vetésidők átlagában a fungicides kezelésekben a 2008–2010. években
(Debrecen-Látókép, 2008–2010)

Fungicid kezelés (1)	2008	2009	2010	Átlag (2)
Olajtartalom változás (%) (6)				
Kontroll (3)	0,9	1,1	0,5	0,6
1× kezelt (4)	1,9	2,4	0,5	1,5
2× kezelt (5)	2,6	2,7	1,1	1,9
Olajhozam változás (kg/ha) (7)				
Kontroll (3)	255	287	-424	-177
1× kezelt (4)	471	456	-474	282
2× kezelt (5)	474	521	-486	358

Table 11. Change of oil content and oil yield during the fungicide treatments in the case of population densities with the maximum and minimum oil content and oil yield, averaged over the various hybrids and sowing dates between 2008–2010 (Debrecen-Látókép, 2008–2010). (1) Fungicide treatment, (2) Average, (3) Control, (4) Treated once, (5) Treated twice, (6) Change of oil content (%), (7) Change of oil yield (kg ha⁻¹)

Az átlagos áprilisi közepi vetésidő olajtartalmának nagysága 2008-ban és 2009-ben egyaránt elmaradt a korai és a megkésett vetésidő olajtartalmának nagyságától, ami nagy valószínűséggel az átlagos vetésidő napraforgó állományban fellépő vetéskori és virágzáskori időjárási anomáliákkal magyarázható. A 2010. évben az átlagos vetésidő bizonyult a legjobbnak, mivel az átlagos olajtartalom a korai vetésidőnél 0,4%-kal, a megkésett vetésidőnél 0,5%-kal volt magasabb. Csapadékos évjáratokban a megkésett vetésidő olajhozamai voltak nagyobbak, a 2009. száraz évjáratban az áprilisi aszály ellenére is a legnagyobb terméseredményt és olajhozamot az átlagos vetésidőben értük el (1–3. ábra).

12. táblázat. Az olajtartalom és az olajhozam változása a vizsgált vetésidőkben a hibridek és tőszámok átlagában a fungicid kezelésekben a 2008–2010. években (Debrecen-Látókép, 2008–2010)

Fungicid kezelés (1)	2. vetésidőben az 1. vetésidőhöz képest (2)	3. vetésidőben a 2. vetésidőhöz képest (3)	3. vetésidőben az 1. vetésidőhöz képest (4)
Olajtartalom változás (%) (5)			
2008. tenyészév (6)			
Kontroll (7)	0,2	0,1	0,3
1× kezelt (8)	-0,5	0,3	-0,2
2× kezelt (9)	-1,4	1,3	-0,1
2009. tenyészév (10)			
Kontroll (7)	0,6	0,2	0,8
1× kezelt (8)	0,4	0,2	0,6
2× kezelt (9)	-1,7	1,7	0,0
2010. tenyészév (11)			
Kontroll (7)	0,3	-2,1	-1,8
1× kezelt (8)	0,5	-0,9	-0,4
2× kezelt (9)	0,3	1,5	1,8
Olajhozam változás (kg/ha) (12)			
2008. tenyészév (6)			
Kontroll (7)	10	81	91
1× kezelt (8)	32	157	189
2× kezelt (9)	-94	197	103
2009. tenyészév (10)			
Kontroll (7)	632	-142	490
1× kezelt (8)	650	-160	490
2× kezelt (9)	554	-80	474
2010. tenyészév (11)			
Kontroll (7)	196	97	293
1× kezelt (8)	238	248	486
2× kezelt (9)	261	450	711

Table 12. Change of oil content and oil yield in the examined sowing dates during the fungicide treatments, averaged over the various hybrids and population densities between 2008–2010 (Debrecen-Látókép, 2008–2010). (1) Fungicide treatment, (2) 2nd sowing date compared to 1st sowing date, (3) 3rd sowing date compared to 2nd sowing date, (4) 3rd sowing date compared to 1st sowing date, (5) Change of oil content (%), (6) Cropping year of 2008, (7) Control, (8) Treated once, (9) Treated twice, (10) Cropping year of 2009, (11) Cropping year of 2010, (12) Change of oil yield (kg ha⁻¹)

1. ábra. Az olajtartalom és olajhozam alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnológiai elemeknél 2008. évben
(Debrecen-Látókép, 2008)

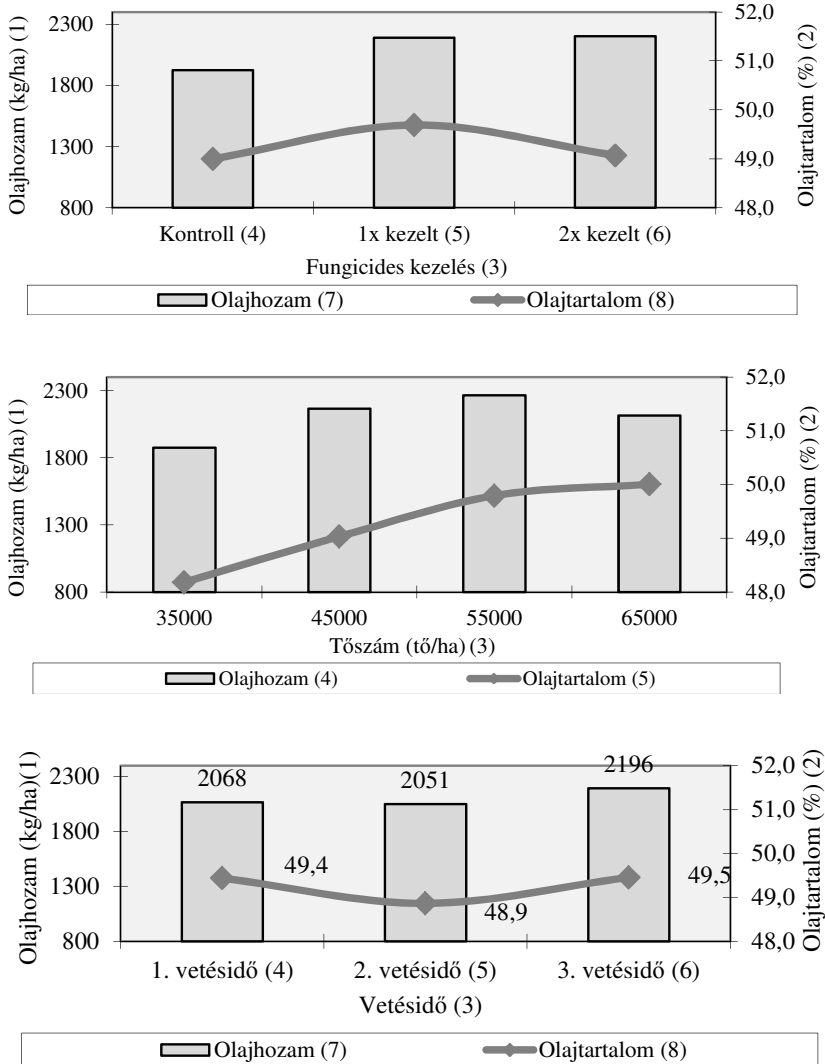


Figure 1. Oil content and oil yield in the case of the examined plant production and sowing technological elements in 2008 (Debrecen-Látókép, 2008). (1) Oil yield (kg ha⁻¹), (2) Oil content (%), (3) Fungicide treatment, (4) Population density (plants per ha), (5) Sowing date, (6) Control, (7) Treated once, (8) Treated twice, (9) 1st sowing date, (10) 2nd sowing date, (11) 3rd sowing date

2. ábra. Az olajtartalom és olajhozam alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnológiai elemeknél 2009. évben (Debrecen-Látókép, 2009)

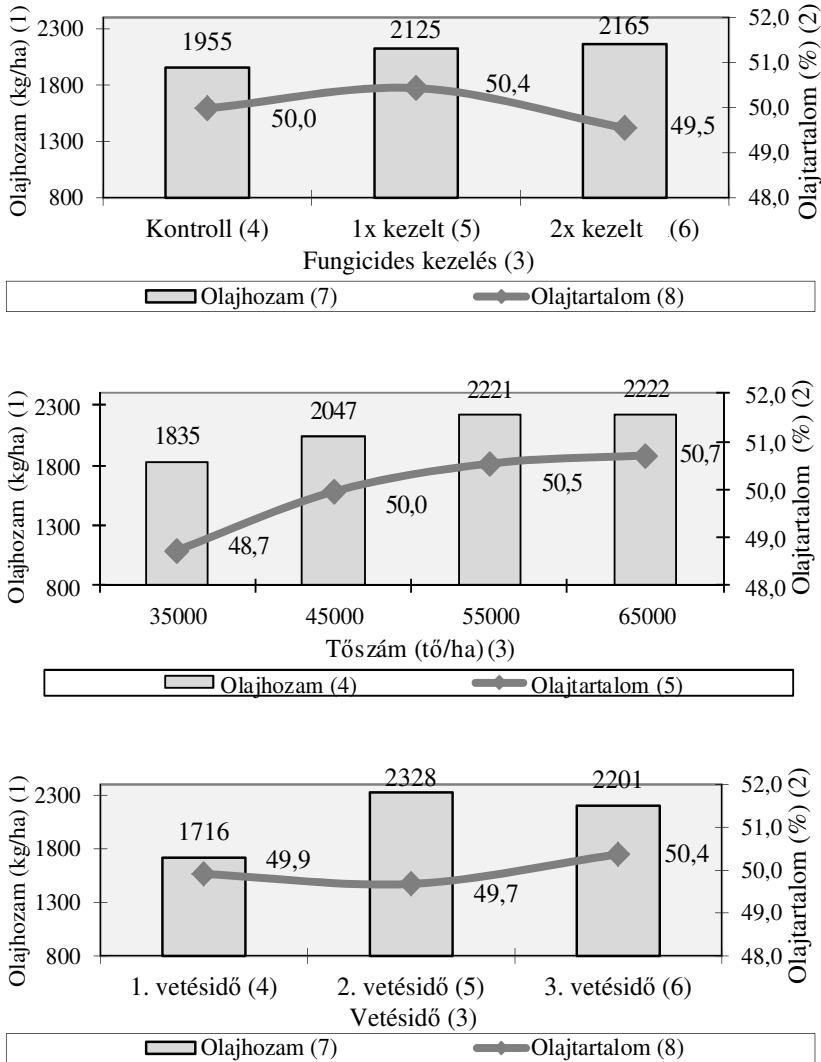


Figure 2. Oil content and oil yield in the case of the examined plant production and sowing technological elements in 2009 (Debrecen-Látókép, 2009). (1) Oil yield (kg ha⁻¹), (2) Oil content (%), (3) Fungicide treatment, (4) Population density (plants per ha), (5) Sowing date, (6) Control, (7) Treated once, (8) Treated twice, (9) 1st sowing date, (10) 2nd sowing date, (11) 3rd sowing date

3. ábra. Az olajtartalom és olajhozam alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnológiai elemeknél 2010. évben
(Debrecen-Látókép, 2010)

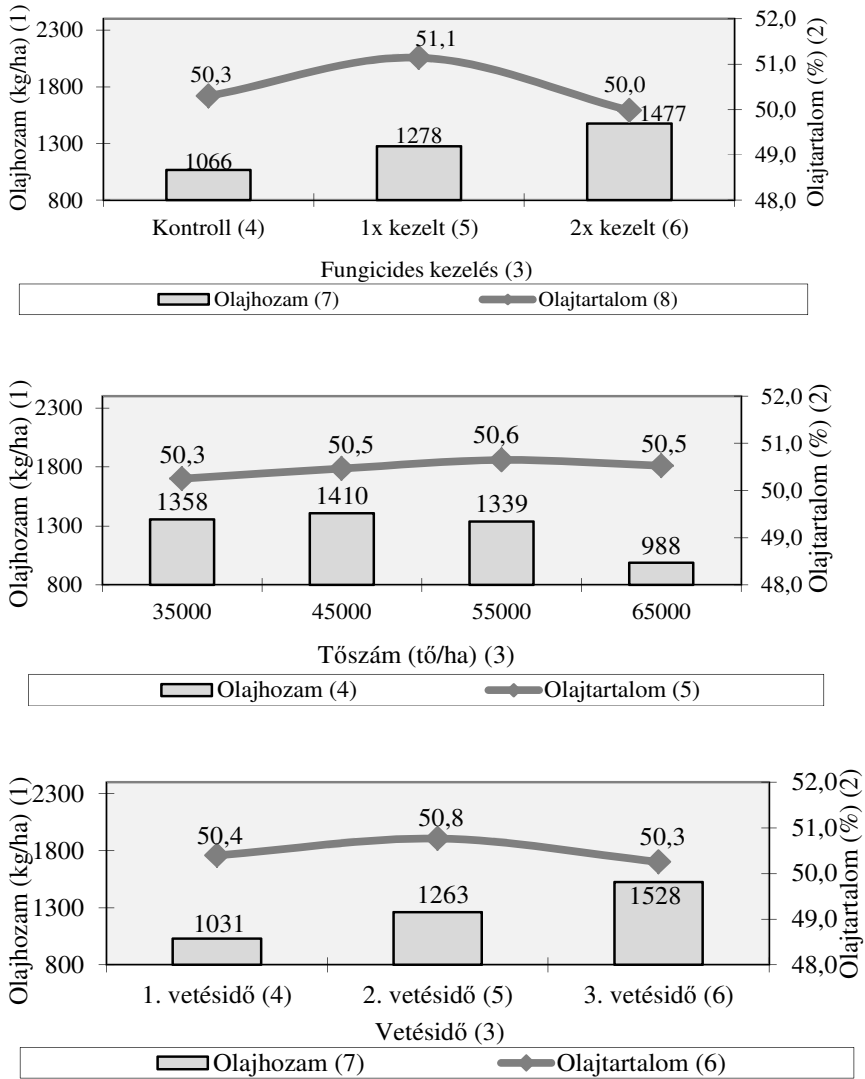


Figure 3. Oil content and oil yield in the case of the examined plant production and sowing technological elements in 2010 (Debrecen-Látókép, 2010). (1) Oil yield (kg ha⁻¹), (2) Oil content (%), (3) Fungicide treatment, (4) Population density (plants per ha), (5) Sowing date, (6) Control, (7) Treated once, (8) Treated twice, (9) 1st sowing date, (10) 2nd sowing date, (11) 3rd sowing date

IRODALOM

- Kandil, A. A.–Ibrahim, A. F.–Marquard, R.–Taha, R. S.:* 1990. Response of some quality traits of sunflower seeds and oil to different environments. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 164. 4: 224–230.
- Frank J.:* 1999. A napraforgó biológiája, termesztése. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 422.
- Sárközi F.:* 1996. Amit a napraforgóról és a repcéről tudni kell. Agroiinform Kiadó és Nyomda Kft. 100.
- Pepó P.–Borbélyné H. É.–Zsombik L.–Szabó A.:* 2003. A napraforgó-termesztés biológiai alapjainak vizsgálata a Hajdúságban. *Gyakorlati Agrofórum*. 14. 11: 7–15.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Szabó András
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032



NAGY JÁNOS főszerkesztő

a Magyar Tudományos Akadémia doktora,
Debreceni Egyetem rektorhelyettese,
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
