

Crop
Production

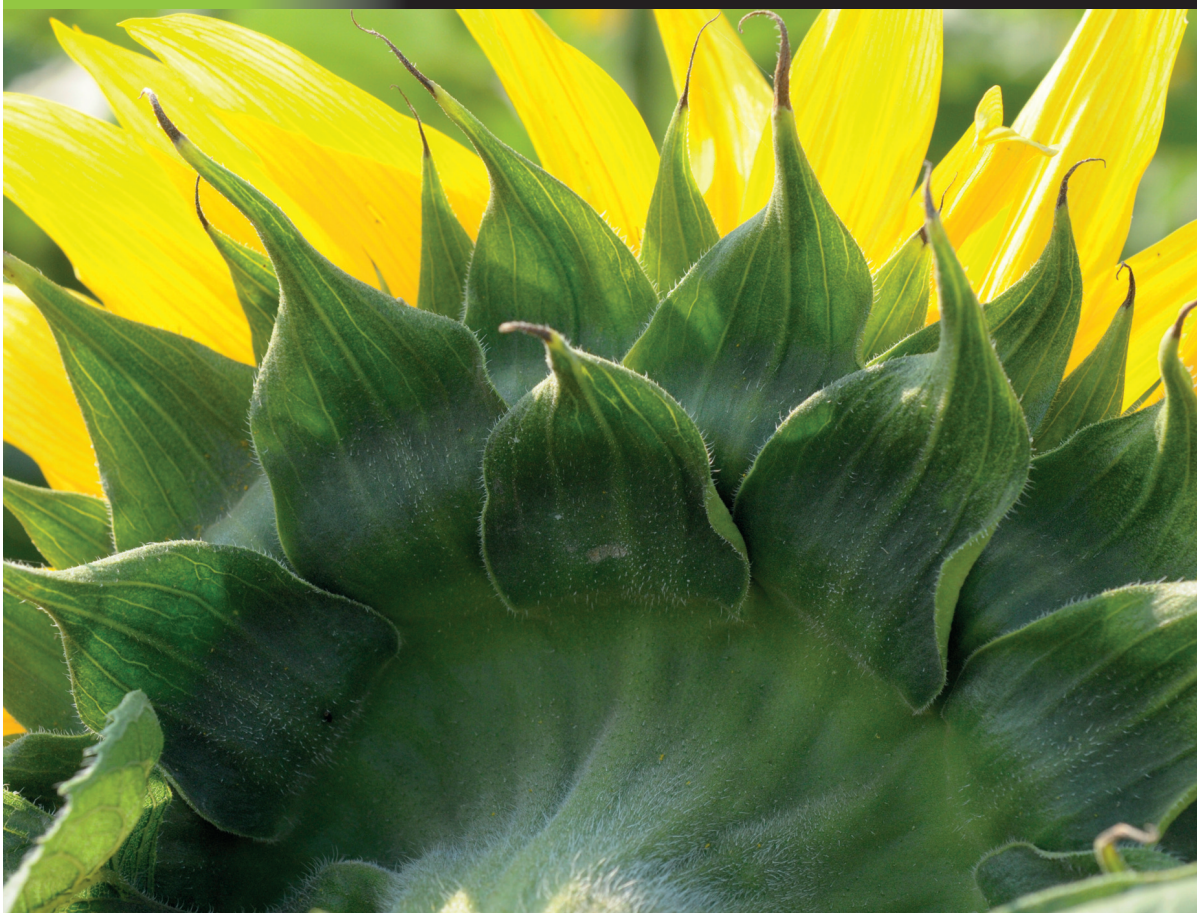
 HERMAN OTTÓ INTÉZET
NONPROFIT KFT.

NÖVÉNYTERMELÉS

69. kötet | 2. szám | 2020. június

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Fornad (FAO 420) „Smart”
kukorica hibrid termesztési
eredményei

A talajnedvesség hatása az őszi
búza (*Triticum aestivum* L.)
termésére
eltérő vízellátottsági
évjáratokban

Környezeti tényezők
és az alap- és fejtrágyázás
hatása a kukorica néhány
fiziológiai tulajdonságára
és a termésre

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

A Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. kiadásában,
az Agrárminisztérium támogatásával megjelenő folyóirat
a növénytermesztés, növénynevelés, növénygenetika, növényélettan, agrobotanika
területén magyar és külföldi szerzők által írt, angol és orosz nyelvű összefoglalókkal
ellátott tudományos közleményeket, vitacikkeket, szemlét, könyvismertetést közöl.

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

DEBRECENI EGYETEM MÉK
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
4002 Debrecen, Pf. 400
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:

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
1223 Budapest, Park u. 2.
Telefon: (06 1) 362-8100
Fax: (06 1) 362-8104
E-mail: info@agrarlapok.hu
www.hoi.hu - www.agrarlapok.hu
www.novenytermeles.hu

A kiadásért felelős Dr. Béres András,
a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

ISSN 0546-8191
Növényterm 69 (2020) 2
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

69. kötet, 2. szám, 2020. június

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

Z. BERZSENYI, M. BIRKÁS, L. BLASKÓ, CS. GYURICZA, K. INUBUSHI,
Z. IZSÁKI, M. JOLÁNKAI, T. KISMÁNYOKY, L. CS. MARTON,
J. NAGY, L. PÁSZTOR, P. PEPÓ, K. RAJKAI, R. SCHMIDT

AGRÁRMINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

A nyomást és kötést a OOK-Press Nyomda végezte

Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Dr. Csajbók József

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Nagy János–Hadászi László–Illés Árpád–Bojtor Csaba–Zelenák Annabella–Nyéki Anikó</i> : Fornad (FAO 420) „Smart” kukorica hibrid termesztési eredményei	5
<i>Lantos Ferenc–Makra László–Ormodi Márton–Papp Zoltán</i> : Az ashitaba (<i>Angelica keiskei</i> Ito.) gyógynövény teszttermesztése, karcinogén anyagainak vizsgálata	25
<i>Pepó Péter</i> : A talajnedvesség hatása az őszi búza (<i>Triticum aestivum</i> L.) termésére eltérő vízellátottsági évjáratokban	39
<i>Széles Adrienn–Horváth Éva</i> : Környezeti tényezők és az alap- és fejrágázás hatása a kukorica néhány fiziológiai tulajdonságára és a termésre	57
<i>Takács István–Sinóros-Szabó Botond</i> : A kukoricatermesztés ökonometriája – felmérésre alapozva Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében	81
<i>Tuba Géza–Kovács Györgyi–Arzu Rivera-García–Zsembeli József</i> : Különböző komposztkészítmények hatása a talaj penetrációs ellenállására	99

MEGEMLÉKEZÉS

<i>Matuz János</i> : 150 éve született Székács Elemér növénynemesítő, a „kalász vadász”	117
---	-----

CONTENTS

<i>J. Nagy–L. Hadászi–Á. Illés–Cs. Bojtor–A. Zelenák–A. Nyéki</i> : Production results of the “Smart” hybrid Fornad (FAO 420)	5
<i>F. Lantos–L. Makra–M. Ormodi–Z. Papp</i> : Test cultivation of Ashitaba (<i>Angelica keiskei</i> Ito.) and examination of its carcinogenic compounds	25
<i>P. Pepó</i> : The impact of soil moisture on the yield of winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) in crop years with different water supply	39
<i>A. Széles–É. Horváth</i> : The impact of environmental factors and basal and top dressing on certain physiological characteristics and the yield of maize ...	57
<i>I. Takács–B. Sinóros-Szabó</i> : Econometrics of maize production based on a survey in Szabolcs-Szatmár-Bereg County	81

<i>G. Tuba–Gy. Kovács–A. Rivera-García–J. Zsembeli</i> : Effect of different compost products on the penetration resistance of the soil	99
---	----

COMMEMORATION

<i>J. Matuz</i> : Elemér Székács, plant breeder, the "ear hunter" was born 150 years ago	117
--	-----

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Я. Надь–Л. Хадаси–А. Иллеш–Ч. Бойтор–А. Зеленак–А. Ньеки</i> : Результаты выращивания „Smart” кукурузного гибрида Fornad (FAO 420)	5
<i>Ф. Лантош–Л. Макра–М. Ормоди–З. Пани</i> : Тест выращивания лечебного растения ашитаба (<i>Angelica keiskei</i> Ito.), исследование его карцерогенных веществ	25
<i>П. Пено</i> : Влияние влажности почвы на урожай озимой пшеницы (<i>Triticum aestivum</i> L.) в различные по влажности годы выращивания	39
<i>А. Селеш–Е. Хорват</i> : Влияние факторов окружающей среды, основного удобрения и подкормки на некоторые физиологические свойства кукурузы и урожай	57
<i>И. Такач–Б. Шинорош–Сабо</i> : Выращивание кукурузы, основанное на эконометрических измерениях в области Саболч-Сатмар-Берег	81
<i>Г. Туба–Дь. Ковач–А. Ривера-Гарсиа–Ё. Жембели</i> : Влияние различных компостных препаратов на пенетрационное сопротивление почвы	99

ВОСПОМИНАНИЯ

<i>Я. Матуз</i> : 150 лет назад родился Секач Элемир селекционер, "охотник за колосьями"	117
--	-----

Fornad (FAO 420) „Smart” kukorica hibrid termesztési eredményei

¹NAGY JÁNOS-²HADÁSZI LÁSZLÓ-¹ILLÉS ÁRPÁD-¹BOJTOR CSABA-

¹ZELENÁK ANNABELLA-³NYÉKI ANIKÓ

¹Debreceni Egyetem MÉK,

Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

²KITE Zrt., Nádudvar

³Széchenyi István Egyetem MÉK,

Biológiai Rendszerek és Élelmiszeripari Műszaki Tanszék, Mosonmagyaróvár

Összefoglalás

A precíziós növénytermesztés hatékonyságának növelése új szakmai kihívásokat jelent a mezőgazdasági kutatásokban és a gazdálkodásban egyaránt. A precíziós műszaki fejlesztések jelentős energia és anyag megtakarítást eredményeztek. Napjaink kihívása megfelelni az eredményesebb gazdálkodásnak, a jobb és egészséges élelmiszerek előállításának.

A műszaki fejlesztés eredményei lehetővé teszik és megkövetelik a szántóföldi növények igényeinek hatékonyabb kielégítését. Ehhez ismerni kell a növények/fajták/hibridek genetikai paramétereit és az eltérő környezeti hatásokra adott válaszaikat.

Kutatásaink során 2018-ban és 2019-ben mértük a Fornad (FAO 420) kukorica hibrid legfontosabb paramétereit a kritikus fenofázisokban: vetés, hatleveles, 12 leveles, nővirágzás, fiziológiai érés és betakarítás.

2019-ben a SPAD értékek a hatleveles kortól a nővirágzásig megbízhatóan kedvezőbb értékeket mutattak. A Normalizált Vegetációs Index (NDVI) értékei azonos összefüggést mutattak a két vizsgálati évre vonatkozóan. A vegetációs index a növényállomány zöldességével, a fotoszintetikus aktivitással volt kapcsolatban. Az adatok tükrözik a biomassa mennyiségét, a levelek klorofill- és víztartalmát. 2019-ben a magasabb vegetációs index értékek sötétebb zöld felületet, nagyobb zöldességet jelentettek. A nö-

vekedésben lévő növényállomány egészséges, vízzel és tápanyaggal jól ellátott volt. A tenyészidőszakban a hat, a 12 leveles, a nővirágzás és a fiziológiai érés idején mért kedvező NDVI értékek jól mutatták a növény fejlődését, egészségi állapotát és a biomassa mennyiségét. 2019-ben az NDVI értékek jellegzetes éves menetet mutattak, a keléstől a virágzásig emelkedtek és a fiziológiai érésig kismértékű csökkenéssel stabilak voltak. 2018-ban jelentős eltérést csak a fiziológiai éréskor mértünk, az NDVI érték: 0,55.

A Fornad kukorica hibrid két eltérő évjáratban a hektáronkénti 19 t terméseredménnyel bizonyította kiváló alkalmazkodó képességét. 2019-ben a hasznos hőösszeg a keléstől a fiziológiai érésig 211 °C nap értékkel kevesebb volt, mint 2018-ban (1497 °C nap), a vízellátottság viszont kedvezőbb volt a nővirágzástól (07. 06.) a fiziológiai érésig (09. 16.), 129 mm csapadék szolgálta az intenzív szárazanyag beépülést. Ennek eredményeként a hozamok kiemelkedőek voltak, 2018-ban a termés hektáronként 18,958 t, míg 2019-ban 19,010 t. A vizsgált kukorica hibrid vízleadó képessége is kiváló, ennek az értéke 2019. 08. 16-tól a fiziológiai érésig átlagosan naponta 0,85%. Ez azt jelenti, hogy 1% vízleadáshoz nagyon kedvező 13 °C nap volt szükséges.

Kulcsszavak: „Smart” kukorica hibrid, NDVI index, genetikai paraméterek, szárazanyag-beépülés, vízleadás

Production results of the “Smart” hybrid Fornad (FAO 420)

¹J. NAGY–²L. HADÁSZI–¹Á. ILLÉS–¹CS. BOJTOR–¹A. ZELENÁK–³A. NYÉKI

¹University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute for Land Utilisation, Regional Development and Technology, Debrecen

²KITE Plc., Nádudvar

³Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences, Department of Biosystems and Food Engineering, Mosonmagyaróvár

Summary

Increasing the efficiency of precision crop production poses new professional challenges in both agricultural research and farming. Precision technical improvements

have resulted in significant energy and material savings. It is today's challenge to meet the requirements of more productive farming, as well as better and healthier food production.

The results of technical development make it possible and necessary to meet the needs of arable crops more effectively. For this reason, the genetic parameters of the crops/varieties/hybrids and their responses to different environmental effects must be known.

In our research, in 2018 and 2019, we measured the most important parameters of the Fornad (FAO 420) maize hybrid in critical phenophases: sowing, 6-leaf, 12-leaf, silking, physiological mature and harvest.

In 2019, the SPAD values obtained between the 6-leaf stage and silking showed significantly more favourable results. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) showed nearly the same correlation concerning the two examined years. The vegetation index was related to the greenness of the crop stand and its photosynthetic activity. The obtained data reflect the amount of biomass, as well as the chlorophyll and water content of leaves. In 2019, higher vegetation index values reflected darker green surface and more greenness. The growing crop stand was healthy and properly supplied with water and nutrients. Favourable NDVI values measured during the growing season at the 6- and 12-leaf stages, at silking and physiological maturity were good indicators of crop development, health status and biomass level. In 2019, NDVI values showed a characteristic course, increasing from germination to flowering and were stable with a slight decrease until physiological maturity. In 2018, a significant difference was observed only at physiological maturity, with the NDVI value being 0.55.

The maize hybrid Fornad proved its excellent adaptability with a yield of 19 t per hectare in two different crop years. In 2019, the effective heat sum from germination to physiological maturity was 211 °C day less than in 2018 (1497 °C days), but the water supply was more favourable, as 129 mm of precipitation served the intensive dry matter incorporation from silking (06/07) to physiological maturity (16/09). As a result, yields were outstanding, with a yield of 18.958 t per hectare in 2018 and 19.010 t per hectare in 2019. The water release capacity of the studied maize hybrid is also excellent, i.e. 0.85% per day from 16/08/2019 until physiological maturity. This means that 13 °C days were required for 1% water release.

Key words: “Smart” maize hybrid, NDVI index, genetic parameters, dry matter incorporation, water release

Результаты выращивания „Smart” кукурузного гибрида Fornad (FAO 420)

¹Я. НАДЬ–²Л. ХАДАСИ–¹А. ИЛЛЕШ–¹Ч. БОЙТОР–¹А. ЗЕЛЕНАК–³А. НЬЕКИ
¹Дебреценский Университет, Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и
Экологического Менеджмента, Институт Землепользования, Технический и
Развития Территорий, Дебрецен

²KITE Zrt., Надудвар

³Университет им. Сечени Иштвана МЭК, Факультет Биологических Систем и
Техники Пищевой Промышленности, Мошонмадьярвар

Резюме

Увеличение эффективности точного (прецизионного) растениеводства означает новые профессиональные вызовы в сельскохозяйственных исследованиях и хозяйствовании в одинаковой мере. Прецизионные технические разработки привели к значительному сбережению энергии и материала. Вызов сегодняшнего дня – соответствовать более результативному хозяйствованию, производству лучших и полезных для здоровья продуктов.

Результаты развития техники делают возможным и требуют более эффективное удовлетворение потребностей пахотных растений. Для этого надо знать генетические параметры растений/сортов/гибридов и их ответы на различные влияния окружающей среды.

В ходе наших исследований в 2018 и в 2019 годах измеряли самые важные параметры гибрида кукурузы «Fornad» (FAO 420) в критические фенофазы: посев, 6 листьев, 12 листьев, цветение, физиологическое созревание и уборка.

В 2019 году показатели SPAD с возраста 6 листьев до цветения достоверно показали более благоприятные величины. Величины Нормализованного Вегетационного Индекса (NDVI) показали одинаковую связь в отношении этих двух лет исследования. Вегетационный индекс был связан с зелёностью насаждения, с фотосинтетической активностью. Данные показывают количество биомассы, содержание хлорофилла и воды листьями. В 2019 году более высокие величины вегетационного индекса означали более тёмную зелёную поверхность, большую зелёность. Находившееся в росте насаждение было здоровым, хорошо обеспеченным водой и питательными веществами. В периоды теста во время 6 листьев, 12 листьев, во время

цветения и физиологического созревания измеренные показатели NDVI хорошо показали развитие растения, его состояние здоровья и количество биомассы. В 2019 году величины NDVI показали характерный годовой ход, от всхождения до цветения увеличивались и до физиологического созревания с уменьшениями в малых размерах были стабильны. В 2018 году значительное отличие измерили только во время физиологического созревания, показатель NDVI: 0,55.

Кукурузный гибрид «Fornad» в два различных года выращивания с результатом урожая 19 т/га доказал отличную способность приспосабливаться. В 2019 году полезная сумма тепла от всходов до физиологического созревания величиной 211 °С день была меньше, чем в 2018 году (1497 °С день), а обеспеченность водой наоборот была более благоприятной от цветения (07.06.) до физиологического созревания (09. 16.), 129 мм осадков послужили интенсивному встроению сухого вещества. В результате этого урожая были значительными, в 2018 году урожай погектарно был 18,958, а в 2019 году 19,010 тонн. Способность отдавать воду исследуемого кукурузного гибрида также отличная, величина этого от 16.08.2019 до физиологического созревания в среднем в день 0,85%. Это означает, что для отдачи 1% воды было необходимо очень благоприятное 13 °С день.

Ключевые слова: „Smart” кукурузный гибрид, индекс NDVI, генетические параметры, встроение сухого вещества, отдача воды

Bevezetés

A precíziós növénytermesztés hatékonyságának növelése új szakmai kihívásokat jelent a mezőgazdasági kutatásokban és a gazdálkodásban egyaránt (Neményi 2018, Fodor *et al.* 2019). A precíziós műszaki fejlesztések jelentős energia- és anyag-megtakarítást eredményeztek. Napjaink kihívása megfelelni az eredményesebb gazdálkodásnak, a jobb és egészséges élelmiszerek előállításának (Nagy 2007, 2012).

Az utóbbi évtizedben a mezőgazdasági kutatás-fejlesztés és innovációs eredmények páratlan műszaki alkalmazásokat tettek lehetővé. A precíziós mezőgazdaság térhódítását segíti a 2 cm pontos helymeghatározás, az automata kormányzás, az önvezérlés, a talaj- és eszközszenzorok rendszere és azok digitális vezérlése.

A műszaki fejlesztés eredményei lehetővé teszik és megkövetelik a szántóföldi növények igényeinek hatékonyabb kielégítését. Ehhez ismerni kell a nö-

vények/fajták/hibridek genetikai paramétereit és az eltérő környezeti hatásokra adott válaszaikat (*Rimski-Korsakov et al.* 2009, *Gidea et al.* 2015, *Woli et al.* 2016, *Széles et al.* 2018a, 2019c). A közeljövőben felértékelődnek a növények vegetatív és generatív életszakaszaiban elért új tudományos kutatási eredmények. Különösen fontos a víz- és tápanyag stresszre adott növényi reakciók számszerűsítése és azok felhasználása a szántóföldi termesztéstechnológiák fejlesztésében (*Gombos és Nagy* 2019).

A precíziós termesztéstechnológiák fejlesztésével biztosítani kell a növények egészséges fejlődéséhez az életfeltételeket. Jobban meg kell ismerni a növényeink igényeit, valamint érzékenységeket a vízhiányra, a légköri változásokra, a kórokozókra, a kártevőkre a szántóföldön.

Kutatásainkban vizsgáljuk a növények genetikai paramétereit. Mérjük és számszerűsítjük az egyes fajták/hibridek reakcióit a termesztéstechnológiai rendszerekben (*Rashid et al.* 2005, *Aguliar et al.* 2007, *Muschietti-Piana et al.* 2018, *Spitkó et al.* 2019, *Széles et al.* 2019b). Nyomon követjük a növények fejlődését a vetéstől a betakarításig. Rögzítjük a legfontosabb fenofázisokban adott víz- és tápanyag-ellátottság mellett a vegetatív és generatív paramétereket és meghatározzuk az összefüggéseket a termések mennyiségével és minőségével (*Berzsenyi* 2009, *Pepó et al.* 2016, *Árendás et al.* 2017, *Jolánkai et al.* 2018, *Széles et al.* 2018b, 2019a).

Anyag és módszer

A kísérleti telep ökológiai jellemzői

A kísérleti telep Kelet-Magyarországon, a Hajdúságban található (É.sz. 47°33' K.h. 21°27'). A kísérleti telep területe kiegyenlített, homogén, ami kiváló lehetőséget biztosított a tartamkísérletek beállítására. A kísérleti telep talaja a hajdúsági löszháton kialakult mészlepedékes csernozjom talaj. A kísérletek indulása előtt Dr. Martin Béla egyetemi docens által elvégzett talajszelvény vizsgálati eredmények (*Martin* 1983) igen értékesek, azt bizonyították, hogy a terület talajfizikailag a vályog kategóriába sorolható ($A_K=43-45$). A humusztartalma átlagos (Hu%=2,7-2,8), a humuszréteg vastagsága 80 cm körüli (*1. táblázat*). A felső talajrétegek kémhatása közel semleges ($pH_{KCl}=6,4-6,6$). A mészlepedékes csernozjom talaj foszforellátottsága közepes (AL-oldható P_2O_5 133 mg/kg), a káliumellátottsága pedig közepes-jó (AL-oldható K_2O 240 mg/kg).

I. táblázat. A kísérleti terület talajvizsgálatai
(Debrecen, 1983)

Talajréteg (cm) (1)	pH (KCl) (2)	K _A (2)	CaCO ₃ (%) (3)	Humusz (%) (3)	Össz. N (%) (4)	NO ₃ +NO ₂ (mg/kg) (4)	P ₂ O ₅ K ₂ O		Mg	Na	Zn	Cu	Mn	SO ₄
							Al oldható mg (5)							
0-25	6,46	43,0	0	2,76	0,150	6,20	133,4	239,8	332,4	38,0	2,80	5,86	438	9,25
25-50	6,36	44,6	0	2,16	0,120	1,74	48,0	173,6	405,4	66,2	0,80	4,54	406	9,13
50-75	6,58	47,6	0	1,52	0,086	0,60	40,4	123,0	366,6	55,4	0,58	3,64	339	10,80
75-100	7,27	46,6	10,25	0,90	0,083	1,92	39,8	93,6	249,0	67,8	0,48	2,24	74	7,95
100-130	7,36	45,4	12,75	0,59	0,078	1,78	31,6	78,0	286,6	62,6	0,84	1,64	4	22,98

Forrás: Martin (1983)

Table 1. Soil analysis data of the experiment site (Debrecen, 1983). (1) Soil layer (cm), (2) Arany's Plasticity Index, (3) Humus (%), (4) Total N (%), (5) Al-soluble mg. Source: Martin (1983)

Kedvezőek a talaj vízgazdálkodási jellemzői is (2. táblázat). A talaj térfogat tömege a művelt rétegekben 1,40–1,45 g/cm³, az alsóbb rétegekben pedig 1,25–1,29 g/cm³. A pórustérfogat 46–54% között változik a talajszelvényben. A kísérleti terület talaja kedvező vízbefogadó és víztartó képességgel rendelkezik. A növények vízellátása szempontjából mértékadó 0–200 cm talajrétegben a VK_{min}-ig telített talaj 600–650 mm vizet képes befogadni, amelynek mintegy 50–60%-át teszi ki a diszponibilis víz (DV). A talajvíz átlagos mélysége 3–5 m, még csapadékos évjáratban sem emelkedik 2 m fölé.

2. táblázat. A kísérleti terület talajának vízgazdálkodását jellemző mutatók (Debrecen, 1983)

Talajréteg (cm) (1)	Térfogat- tömeg (Tt) (2)	Pórus térfogat (P %) (3)	Gravitációs pórustér + levegőzárvány (Pg+I %) (4)	Minimális vízkapacitás (VK _{min} %) (5)	Holtvíz- tartalom (HV %) (6)	hy
5–25	1,433	45,93	11,53	33,65	15,55	2,715
27–33	1,410	46,73	7,05	37,75	15,70	2,783
47–53	1,275	51,90	12,50	36,87	14,75	2,755
97–103	1,285	51,55	8,73	40,93	11,13	2,168
122–128	1,268	52,20	7,23	43,10	9,38	1,853
147–153	1,268	52,13	6,68	43,95	9,03	1,778
197–203	1,230	53,70	6,30	46,00	8,50	1,690

Forrás: Martin (1983)

Table 2. Indexes describing the water management of the experiment site soil (Debrecen, 1983). (1) Soil layer (cm), (2) Bulk density (Tt), (3) Pore volume (P %), (4) Gravitational pore space + air pockets (Pg+I %), (5) Minimum Water Capacity (VK_{min} %), (6) Wilting Point (HV %), Source: Martin (1983)

A 2018-as év időjárási jellemzői

A 2017/2018-as tél első két hónapja az átlagosnál lényegesen enyhébb időjárást hozott (3–3,5 °C-kal az átlag felett), február végéig csupán egyetlen napon volt -5 °C-nál erősebb fagy. A február vége és március eleje közötti mintegy 10 napos hideg periódusban beköszöntött az igazi téli időjárás, több alkalommal is előfordult -10 °C alatti hőmérsékletet. Egy átmeneti enyhébb periódus után március 20. környékén ismét visszatért a tél, erős fagyokkal (-10 °C). A tenyész-időszakot megelőző téli félév rendkívül csapadékos volt, a lehullott 341 mm

csapadék közel 130 mm-rel meghaladta a sokévi átlagot. A talaj a teljes szelvényében vízzel telített állapotban volt, mivel még a március is lényeges csapadéktöbblettel zárt (3. táblázat).

3. táblázat. A hőmérséklet és a csapadék havi és féléves jellemzői
(Debrecen-Látókép, 2018)

Időszak (1)	Középhőmérséklet (30 éves átlag) (2)	Csapadék (mm) (30 éves átlag) (3)
Téli félév (X-III.) (4)	4,1 (-0,1)	341 (+127)
Nyári félév (IV-IX.) (5)	19,7 (+2,2)	318 (-28)
Április (6)	16,0 (+4,8)	37 (-16)
Május (7)	19,7 (+3,1)	57 (-7)
Június (8)	20,2 (+0,9)	64 (-2)
Július (9)	21,7 (+0,4)	55 (-11)
Augusztus (10)	23,2 (+2,4)	92 (+43)
Szeptember (11)	17,1 (+1,1)	14 (-34)
Október (12)	12,3 (+1,7)	9 (-29)

Table 3. Monthly and semi-annual characteristics of temperature and precipitation (Debrecen-Látókép, 2018). (1) Period, (2) Mean temperature (30-year average), (3) Precipitation (mm) (30-year average), (4) Winter period (October - March), (5) Summer period (April - September), (6) April, (7) May (8) June, (9) July, (10) August, (11) September, (12) October

Április elejétől alapvetően és tartósan megváltozott az időjárás jellege, ami jól tükröződik a havi adatokban is. A mérések kezdete óta nem volt ilyen meleg az április, a 16,0 °C-os középhőmérséklet közel 5 °C-kal haladta meg az átlagot. A sok napsütés mellett az átlagosnál kevesebb csapadék hullott. Az időjárás kedvezett a talajelőkészítésnek, a vetésnek.

Májusban folytatódott a napos, meleg időjárás, ismét rekord magas középhőmérsékletet eredményezve (19,7 °C). Az év különlegessége, hogy két szélsőségesen meleg hónap követte egymást. A dekád középhőmérsékleteket vizsgálva megállapítható, hogy az április 2. dekádjától május 1. dekádjáig tartó időszak volt különösen meleg az évszakhoz képest, de egészen június közepéig jelentős volt a hőmérsékleti többlet. Rendkívül gyors volt a kukorica kelése és kezdeti fenológiai fejlődése. A havi csapadék az átlagos közelében alakult, melynek nagy része a hónap középső dekádjában hullott.

A június 0,9 °C-os, a július már csupán 0,4 °C-os pozitív hőmérsékleti anomáliát mutatott. A júliust szélsőségektől mentes, kiegyenlített, átlag közeli hőmérsékletű időjárás jellemezte. A csapadék is viszonylag kiegyenlítetten hullott az időszak folyamán, de mennyisége kissé elmaradt a sokévi átlagtól. A virágzás, terméskötés ideje a szokásosnál mintegy két héttel korábban volt. Ebben az időszakban sem kedvezőtlenül magas hőmérséklet, sem jelentős vízhiány nem volt tapasztalható.

A július végén kezdődő igen meleg periódus egészen augusztus végéig tartott és jelentős csapadék csak augusztus végén hullott. Ez az időszak időjárási szempontból kedvezőtlen volt a kukorica termése (szemek telítődése) szempontjából.

Szeptember első két dekádjában is az átlagnál jellemzően 2–3 °C-kal magasabban alakult a középhőmérséklet, majd átmeneti hűvösebb időszak után visszatért a meleg őszi idő. Mindkét hónap kifejezetten száraz volt. Az érés, vízleadás, betakarítás időjárási feltételei kedvezően alakultak.

A 2019-es év időjárási jellemzői

A 2019-es tenyészidőszakot megelőző téli félévben kevés csapadék hullott, csupán 127 mm, ami az átlagosnál 87 mm-rel kevesebb. A talajok mélyebb rétegeinek feltöltődése – legalábbis nagy vízigényű növényeket követően – nem volt megfelelő. Februárban és márciusban összesen csupán 20 mm csapadék esett, mindez az átlagosat lényegesen meghaladó hőmérséklet mellett. A szárazság kedvezett a magágy előkészítési munkáknak (4. táblázat).

Áprilisban is folytatódott a kifejezetten száraz idő, a vetést nem akadályozta az időjárás. Csupán a hónap utolsó dekádjában érkezett jelentősebb csapadék, melyre már szükség is volt a megfelelő kelés érdekében. Összességében ez a hónap is az átlagosnál enyhébb és szárazabb volt.

A májust egyértelműen felhős, csapadékos, hűvös időjárás jellemezte. Egyenletes eloszlásban az átlagot meghaladó (76 mm) csapadék hullott. A szokatlanul hűvös időben (2,5 °C-os negatív anomália havi szinten) a kukorica lassan fejlődött, viszont a vízellátottság optimális volt.

Június az átlagosnál szárazabban alakult, a szokásos csapadékmennyiség mintegy fele hullott le (32 mm). A 22,8 °C-os havi középhőmérséklet kifejezetten magasnak számít. Különösen a hónap középső dekádja volt meleg, amikor a pozitív anomália elérte az 5 °C-ot. A kukorica ebben a hónapban szerencsére jellemzően kevésbé érzékeny a szárazságra és a túlságosan magas

hőmérsékletre, mint ezt megelőzően, illetve később a virágzás-terméskötés időszakában.

4. táblázat. A hőmérséklet és a csapadék havi és féléves jellemzői
(Debrecen-Látókép, 2019)

Időszak (1)	Középhőmérséklet (30 éves átlag) (2)	Csapadék (mm) (30 éves átlag) (3)
Téli félév (X-III.) (4)	4,4 (+0,2)	127 (-87)
Nyári félév (IV-IX.) (5)	18,4 (+0,9)	290 (-56)
Április (6)	12,4 (+1,2)	33 (-20)
Május (7)	14,1 (-2,5)	76 (+12)
Június (8)	22,8 (+3,5)	32 (-34)
Július (9)	21,1 (-0,2)	99 (+33)
Augusztus (10)	23,1 (+2,3)	15 (-34)
Szeptember (11)	17,1 (+1,1)	35 (-13)
Október (12)	12,6 (+2,0)	22 (-16)

Table 4. Monthly and semi-annual characteristics of temperature and precipitation (Debrecen-Látókép, 2019). (1) Period, (2) Mean temperature (30-year average), (3) Precipitation (mm) (30-year average), (4) Winter period (October - March), (5) Summer period (April - September), (6) April, (7) May (8) June, (9) July, (10) August, (11) September, (12) October

A július elején folytatódó száraz időszak már kevésbé volt meleg, a hónap közepét pedig már meglehetősen hűvös időjárás jellemezte (a szokásoshoz képest), mérsékelve az addigra már jelentősen lecsökkent talajnedvesség kedvezőtlen voltát. Az utóbbi 10 évben egyszer sem volt ilyen alacsony a júliusi középhőmérséklet (21,1 °C). A hónap második felében és a légvégen lehulló nagy mennyiségű eső következtében a havi csapadékösszeg jelentősen meghaladta a sokévi átlagot, a 99 mm-es érték 33 mm-es pozitív anomáliát jelent. A vízellátottság ismét igen kedvezővé vált, bár ez a csapadék már kissé késve érkezett, különösen a fenológiai fejlődésükben előrehaladott állapotban lévő állományok esetében.

Az augusztust száraz, meleg időjárás jellemezte. Igen kevés csapadék hullott, a több adagban összesen lehulló 15 mm-nyi mennyiség szinte elhanyagolható, ilyen magas hőmérsékletek mellett. A hőmérséklet kezdetben még átlag körül alakult, kedvező körülményeket biztosítva a szentelítődésnek. A

hónap végét jelentős pozitív anomália jellemezte, ami felgyorsította az érési folyamatot.

Szeptemberben a hőmérséklet (17,1 °C) kissé az átlag felett, a csapadékmennyiség (35 mm) kissé az átlag alatt volt. Ez összességében megfelelő körülményeket biztosított az érési folyamat, illetve a vízleadás számára (Nagy et al. 2020).

Október elején volt egy hűvös és csapadékos periódus, de a hónap hátralévő részében kifejezetten meleg, napos, száraz időjárás uralkodott, kedvezve a betakarítási munkáknak.

Termesztéstechnológia

Alaptrágyázás 24 kg N, 72 kg P₂O₅, 72 kg K₂O. Talajelőkészítés 2017. 07. 11. (Carrier), 2017. 08. 18. altalajlazítás, 2018. 10. 04. (Carrier), szántás 2018. 10. 13., magágykészítés, kombinátorozás és műtrágyaszórás 2018. 04. 10., 2019. 04. 05. 135 kg N, 35 kg P₂O₅, 25 kg K₂O. Vetés 2018. 04. 24., 2019. 04. 15. (hektáronkénti növényszám: 82 000). Növényvédelem 2018. 05. 14. (Capreno 0,3 t/ha+ Mero 2 l/ha), 2019. 05. 07. (Adengo 0,4 l/ha). Öntözés 2018. 07. 09.–2018. 08. 14., és 2019. 06. 18.–2019. 08. 21. között 8 mm/2 nap (csepegtető öntözés). Beta- karítás 2018. 09. 28., 2019. 09. 30.

Fornad (FAO 420) „Smart” kukorica hibrid

Lófogú, középérésű, kiváló alkalmazkodó képességű hibrid. Alkalmas a precíziós kukoricatermesztési technológiák gazdaságos megvalósítására. Kelési erélye, korai fejlődése, szárszilárdsága kiváló. Erős gyökérrzel rendelkezik. Levélterület indexe, ezermagtömege kedvező. Terméspotenciálja nagy: 19–20 t/ha. Vízleadó képessége és beltartalmi értékei kiválóak: fehérje 8,1–8,4%, keményítő tartalma 71,9%.

Eredmények, következtetések

A precíziós kukoricatermesztés fejlesztéséhez szükség van a növények igényének pontosabb megismerésére a teljes tenyészidőszakban. Kutatásaink során 2018-ban és 2019-ben mértük a Fornad (FAO 420) kukorica hibrid legfontosabb paramétereit a kritikus fenofázisokban: vetés, hatleveles, 12 leveles, nővirágzás, fiziológiai érés és betakarítás. Korábbi szántóföldi tartamkísérleteink tudományos eredményeit felhasználva a legkedvezőbb termesztéstechnológiát

nológiai feltételeket biztosítottuk mind két évben a hibrid számára és részletesen elemeztük az időjárási adatokat (Nagy 2017, 2019).

A Fornad kukorica hibrid fenológiai szakaszait elemezve megállapítottuk, hogy 2019-ben a kilenc nappal korábbi vetés és a hat nappal korábbi kelés kedvezőnek bizonyult a 2018-as évihez képest. Fontos megállapítás, hogy 2019-ben a nővirágzásig kilenc nappal hosszabb idő telt el, a kedvező környezeti tényezők hatására a fiziológiai érés azonban csak egy nap eltérést mutatott (5. táblázat).

5. táblázat. *Fornad (FAO 420) kukorica hibrid fenológiai fázisai (2018–2019)*

Fenológiai fázis (1)	2018	2019
Vetés (2)	04. 24.	04. 15.
Kelés (3)	05. 01.	04. 25.
12 leveles (4)	06. 21.	07. 01.
Nővirágzás (5)	06. 25.	07. 04.
Fiziológiai érés (6)	09. 12.	09. 11.
Betakarítás (7)	09. 28.	09. 30.

Table 5. Phenological phases of the maize hybrid Fornad (FAO 420) (2018–2019). (1) Phenological phases, (2) Sowing, (3) Emergence, (4) 12-leaf stage, (5) Silking, (6) Physiological maturity, (7) Harvesting

A fenológiai paraméterek mind két évben azonosak voltak, kivéve az átlagos csőmagasságot. 2019-ben a SPAD értékek a hatleves kortól a nővirágzásig megbízhatóan kedvezőbb értékeket mutattak. A Normalizált Vegetációs Index (NDVI) értékei azonos összefüggést mutattak a két vizsgálati évre vonatkozóan. A vegetációs index a növényállomány zöldességével, a fotoszintetikus aktivitással volt kapcsolatban. Az adatok tükrözik a biomassza mennyiségét, a levelek klorofill- és víztartalmát. 2019-ben a magasabb vegetációs index értékek sötétebb zöld felületet, nagyobb zöldességet jelentettek. A növekedésben lévő növényállomány egészséges, vízzel és tápanyaggal jól ellátott volt. A tenéyzidőszakban a hat, a 12 leveles, a nővirágzás és a fiziológiai érés idején mért kedvező NDVI értékek jól mutatták a növény fejlődését, egészségi állapotát és a biomassza mennyiségét. Az NDVI értékek jellegzetes éves menetet mutattak, a keléstől a virágzásig emelkedtek és a fiziológiai érésig kismértékű csökkenéssel stabilak voltak (6. táblázat). Jelentős eltérést csak a fiziológiai éréskor mértünk, az NDVI érték 0,55 volt.

6. táblázat. *Fornad (FAO 420) kukorica hibrid fenológiai paramétereit (2018–2019)*

Fenológiai paraméterek (1)	2018	2019
Növénymagasság (cm) (2)	287	285
Csőmagasság (cm) (3)	117	97
Szárátmérő (mm) (4)	15,6	15,1
SPAD érték (5)		
– 6 leveles (7)	25,9	34,7
– 12 leveles (8)	54,0	57,7
– Nővirágzás (9)	59,7	62,8
NDVI érték (6)		
– 6 leveles (7)	0,40	0,38
– 12 leveles (8)	0,70	0,82
– Nővirágzás (9)	0,83	0,85
– Fiziológiai érés (10)	0,55	0,55

Table 6. Phenological parameters of the maize hybrid Fornad (FAO 420) (2018–2019). (1) Phenological parameters, (2) Crop height (cm), (3) Ear height (cm), (4) Stem diameter (mm), (5) SPAD readings, (6) NDVI readings (7) 6-leaf stage, (8) 12-leaf stage, (9) Silking, (10) Physiological maturity

A Fornad kukorica hibrid két eltérő évjáratban a hektáronkénti 19 t termés-eredménnyel bizonyította kiváló alkalmazkodó képességét (7. táblázat).

7. táblázat. *Hőösszegek a Fornad (FAO 420) kukorica hibrid fejlődési fázisaiban (Hanway skála) (°C nap, 2018–2019)*

Fenológiai fázisok (1)	2018	2019
Kelés (2)	10	8
6 leveles (3)	118	95
12 leveles (4)	552	508
Nővirágzás (5)	581	548
Fiziológiai érettség (6)	1497	1286
Betakarítás (7)	1610	1403

Table 7. Heat sum values at the different phenophases of the maize hybrid Fornad (FAO 420) (Hanway scale) (°C days, 2018–2019). (1) Phenological phases, (2) Emergence, (3) 6-leaf stage, (4) 12-leaf stage, (5) Silking, (6) Physiological maturity, (7) Harvesting

2019-ben a hasznos hőösszeg (HU) a keléstől a fiziológiai érésig 211 °C nap értékkel kevesebb volt, mint 2018-ban (1497 °C nap), a vízellátottság viszont

kedvezőbb volt a nővirágzástól (07. 06.) a fiziológiai érésig (09. 16.) 129 mm csapadék szolgált az intenzív szárazanyag beépülést. Ennek eredményeként a hozamok kiemelkedőek voltak, 2018-ban a termés hektáronként 18,958 t, míg 2019-ban 19,010 t (8. táblázat). A vizsgált kukorica hibrid vízleadó képessége is kiváló, ennek az értéke 2019. 08. 16.-tól a fiziológiai érésig átlagosan naponta 0,85%. Ez azt jelenti, hogy 1% vízleadáshoz nagyon kedvező 13 °C nap volt szükséges. A kukoricaszemek vízvesztése a fiziológiai éréstől a betakarításig megfelelő volt, naponta 0,07% (1–2. ábra).

8. táblázat. *Fornad (FAO 420) kukorica hibrid generatív paraméterei, terméseredménye és minősége*

Paraméterek (1)	2018	2019
Ezerszemtömeg (%) (2)	394	376
Hektolitertömeg (kg/hl) (3)	74,1	70,7
Szemnedvesség (%) (4)	16,6	16,9
Termés (t/ha) (5)	18,958	19,010
Fehérjetartalom (%) (6)	8,1	8,4
Keményítőtartalom (%) (7)	71,9	71,9
Olajtartalom (%) (8)	4,2	4,2

Table 8. Generative parameters, yield and yield quality of the maize hybrid Fornad (FAO 420). (1) Parameters, (2) Thousand grain weight (%), (3) Hectoliter weight (kg per hl), (4) Grain moisture (%), (5) Yield (t per hectare), (6) Protein content (%), (7) Starch content (%), (8) Oil content (%)

A kutatási eredmények alapján megállapítható, hogy a precíziós gazdálkodás eszkörendszere, többek között a távérzékelés (pl. kézi eszközökkel mért NDVI) alapvető elemévé válik a kultúrnövények genetikai paramétereinek pontosításában és detektálásában, ezáltal a szántóföldi növényi igények hatékonyabb kezelését is lehetővé teszi. A növényi növekedés, az azt befolyásoló tényezők, valamint ezek kölcsönhatása a jövőben egyre fontosabb szerepet kap. A vegetációs fázis folyamatos monitorozása (pl. LAI, NDVI) a gyakorlatban elkerülhetetlenné válik. A növénytermesztés agronómiai fejlesztésének jelenleg ez a szűk keresztmetszete. A talaj heterogenitást a növényi heterogenitással egyben kell kezelni. Integrálni a vegetációs időszakbeli (időbeli) felvételeket, valamint a növényi fejlettségi szinteket (térbeli), a növényi teljesítményt az

időben változó erőforrásokkal (víz, tápanyag, napfény stb.). A távérzékelt ma már anélkül tudjuk megvalósítani, hogy a növényállományban kárt okozzon és idő, energiatakarékos, nem bolygatja a talajt, nem károsítja a növényt, semmilyen sugárzást nem bocsát ki, mely befolyásolja növekedésüket vagy annak beltartalmi értékeit.

1. ábra. *Kukoricaszemek vízleadása (%)*
(Fornad – FAO 420, Debrecen, 2019)

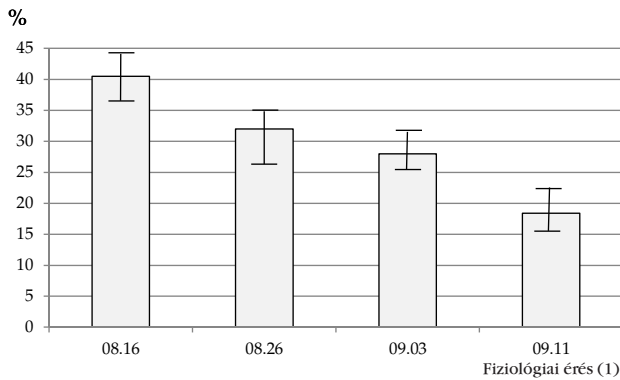


Figure 1. Water release of maize grains (%) (Fornad – FAO 420, Debrecen, 2019). (1) Physiological maturity

2. ábra. *Kukoricaszemek vízvesztése a fiziológiai érés után*
(Fornad – FAO 420, Debrecen, 2019)

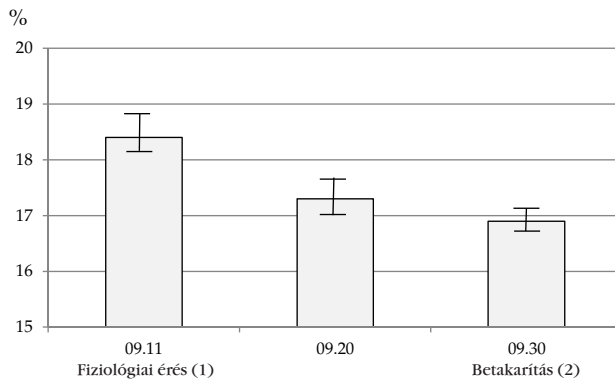


Figure 2. Water loss of maize grains after physiological maturity (Fornad – FAO 420, Debrecen, 2019). (1) Physiological maturity, (2) Harvesting

Olyan közeli és nagyfelbontású adatokat, képeket kapunk az állományról, amelyekből nemcsak az abiotikus és biotikus tényezőkre következtethetünk, de egy potenciális hozamot is mutat (mennyiségi és minőségi tényezőkkel). A tudományos kutatási eredmények hasznosítása a talaj-növény-légkör egységes kapcsolatának kezelése és a vegetációs fázis monitoringja a kukorica hibridek hozamelőrejelzésében is kulcsszerepet kap, mely a precíziós gazdálkodás gyakorlatában a szaktanácsadás egyik alapvető elemének tekinthető.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program NKFIH-1150-6/2019 számon támogatta, a Debreceni Egyetem 4. tématerületi programja keretében, valamint az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt.

Irodalom

- Aguliar, M.–Borjas, F.–Espinosa, M.*: 2007. Agronomic response of maize to limited levels of water under furrow irrigation in southern Spain. Spanish Journal of Agricultural Research. 5. 4: 587–592.
- Árendás, T.–Bónis, P.–Sugár, E.–Micskei, Gy.–Marton, L. Cs.–Berzsenyi, Z.–Fodor, N.*: 2017. Productivity of maize in three-factor monoculture long-term experiment set up in Martonvásár. [In: Makádi, M. (ed.) International Conference on Long-term Field Experiments (LOTEX 2017).] Proceedings of Abstracts. Debrecen. 52
- Berzsenyi, Z.*: 2009. Studies on the effect of N fertilisation on the growth of maize (*Zea mays* L.) hybrids II. Plant growth analysis and growth parameters. Acta Agronomica Hungarica: A Quarterly of the Hungarian Academy Of Sciences: An International Multidisciplinary Journal In Agricultural Science. 57. 3: 267–276.
- Fodor N.–Árendás T.–Berzsenyi Z.–Bónis P.–Marton T.–Sándor R.–Sugár E.–Szelepcsényi Z.*: 2019. Útban a digitális mezőgazdaság felé: tartamkísérletektől a modellalapú döntéstámogató rendszerekig. [In: Veisz O. (szerk.) A martonvásári agrárkutatások hetedik évtizede.] Martonvásár. 120–132.
- Gidea, M.–Ciontu, C.–Sandoiu, D. I.–Penescu, A.–Schiopu, T.–Nichita, M.*: 2015. The role of rotation and nitrogen fertilization level upon the economic indicators at wheat and corn crops in condition of a long term experience. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 6: 24–29.
- Gombos B.–Nagy J.*: 2019. Az időjárás értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletek eredményei alapján. Növénytermelés. 68. 2: 5–23.

- Jolánkai, M.–Kassai, M. K.–Tarnaava, Á.–Pósa, B.–Birkás, M.*: 2018. Impact of precipitation and temperature on the grain and protein yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Időjárás/Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. 122. 1: 31–40.
- Martin B.*: 1983. A Látóképi kísérleti terület talajtani jellemzése. *Agrártudományi Egyetem*. 1–10.
- Muschiatti-Piana, M. P.–Cipriotti, P. A.–Urricariet, S.–Peralta, N. R.–Níorsk, M.*: 2018. Using site-specific nitrogen management in rainfed corn to reduce the risk of nitrate leaching. *Agricultural Water Management*. 199: 61–70.
- Nagy J. (szerk.)*: 2012. Versenyképes Kukoricatermesztés: A jövedelmezőség kulcsnézői a szántóföldi gyakorlatban. *Mezőgazda Kiadó*. Budapest.
- Nagy J.*: 2017. Klímaváltozás és a műtrágyázás hatása a kukorica termésére debreceni tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 66. 3: 11–32.
- Nagy J.*: 2007. *Kukoricatermesztés*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Nagy J.*: 2019. Komplex talajhasználati, víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérletek 1983-tól a Debreceni Egyetemen. *Növénytermelés*. 68. 3: 5–28.
- Nagy J.–Nyéki A.–Gombos B.*: 2020. A 2018–2019. évi időjárás elemzése szántóföldi tartamkísérletekben (Debrecen–Látókép). *Növénytermelés*. 69. 1: 21–31.
- Neményi, M.*: 2018. Precision crop production and artificial intelligence – the future of sustainable agriculture. *Acta Agraria Debreceniensis*. 150: 47–58.
- Pepó P.–Karancsi L. G.–Novák A.*: 2016. Kukorica genotípusok tápanyag-reakciója és vízhasznosítása eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 65. 4: 71–84.
- Rashid, M. T.–Voroney, P.–Parkin, G.*: 2005. Predicting nitrogen fertilizer requirements for corn by chlorophyll meter under different N availability conditions. *Canadian Journal of Soil Science* 85. 1: 149–159.
- Rimski-Korsakov, H.–Rubio, G.–Silvio Lavado, R.*: 2009. Effect of Water Stress in Maize Crop Production and Nitrogen Fertilizer Fate. *Journal of Plant Nutrition*. 32. 4: 565–578.
- Spitkó T.–Tóthné Zsuzsanna Zs.–Szőke Cs.–Berzy T.–Pintér J.–Marton L. Cs.*: 2019. A SPAD érték és a terméskomponensek közötti korreláció kukoricában. [In: Karsai I. (szerk.) *Növénytermelés a 21. század elején: kihívások és válaszok*.] XXV. *Növénytermelési Tudományos Nap*. Budapest. 445–448.
- Széles, A.–Fejér, P.–Harsányi, E.–Huzsvai, L.*: 2019b. Evaluation of Changes Caused by Genotypes and Weather on the Protein and Oil Content of Maize Grains in the Continental Climate of Central European Hungary. *Journal of Agriculture Food and Development*. 5: 22–32.
- Széles A.–Horváth É.–Ferencsik S.*: 2018a. A tavaszi nitrogén alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica termésére és marginális jövedelelemzése. *Növénytermelés*. 67. 3: 73–93.
- Széles, A.–Horváth, É.–Vad, A.–Harsányi, E.*: 2018b. The impact of environmental factors on the protein content and yield of maize grain at different nutrient supply levels. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 30. 9: 764–777.

- Széles, A. –Kovács, K. –Ferencsik, S.:* 2019c. The effect of crop years and nitrogen basal and top dressing on the yield of different maize genotypes and marginal revenue. Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service. 123. 3: 265–278.
- Széles, A. –Nagy, J. –Rátonyi, T. –Harsányi, E.:* 2019a. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. Maydica. 64. 2: 1–14.
- Woli, K. P. –Boyer, M. J. –Elmore, R. W. –Sawyer, J. E. –Abendroth, L. J. –Barker, D. W.:* 2016. Corn Era Hybrid Response to Nitrogen Fertilization. Agronomy Journal. 108: 473–486.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Nagy János – Illés Árpád – Bojtor Csaba – Zelenák Annabella
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4302
*nagyjanos@agr.unideb.hu

Hadászi László
KITE Zrt.
Nádudvar
Bem József u. 1.
H-4181

Dr. Nyéki Anikó
Széchenyi István Egyetem MÉK
Biológiai Rendszerek és Élelmiszeripari Műszaki Tanszék
Mosonmagyaróvár
Vár 2.
H-9200

Az ashitaba (*Angelica keiskei* Ito.) gyógynövény teszttermesztése, karcinogén anyagainak vizsgálata

¹LANTOS FERENC-¹MAKRA LÁSZLÓ-¹ORMODI MÁRTON-²PAPP ZOLTÁN

¹Szegedi Tudományegyetem Növénytudományi és Környezetvédelmi Intézet,
Hódmezővásárhely

²Dr. Bugyi István Kórház Általános Sebészeti Osztály, Szentes

Összefoglalás

Az ashitaba (*Angelica keiskei* Ito.) az esős, trópusi japán Hachijo-jima szigeten őshonos, már évszázadok óta hasznosított gyógynövény. Japán kutatók közlései alapján az ashitaba két kalcikon komponense a xantoangelol (XAG) és a 4-hidroxiderricin (4HD) gyógyászati szempontból a növény legértékesebb polifenol vegyületei. A növény gyógyhatása tehát vitathatatlan. Ugyanakkor, kutatásaink során olyan lineáris furokumarin vegyületeket azonosítottunk a hazai termesztésű fajtában, melyek az IARC (International Agency for Research on Cancer) intézet szerint a veszélyes rákkeltő anyagok közé sorolhatók. Laboratóriumi vizsgálataink alapján a növények vegetatív részében kimutatott rákkeltő anyagok mennyisége ugyan nem haladta meg az egészségre veszélyes koncentrációt, de az anyagok jelenlétét a felhasznált készítmények esetében javasoljuk feltüntetni!

Kulcsszavak: ashitaba, kalcikon vegyületek, xanthotoxin, isopimpinellin, bergaptén

Test cultivation of Ashitaba (*Angelica keiskei* Ito.) and examination of its carcinogenic compounds

¹F. LANTOS–¹L. MAKRA–¹M. ORMODI–²Z. PAPP

¹University of Szeged Faculty of Agriculture, Plant Science and Environmental Institute, Hódmezővásárhely

²Dr. Bugyi István Hospital of Szentes, General Surgery Division, Szentes

Summary

The “ashitaba” herb is native to the humid subtropical virgin forests of the Hachijo-jima Island of Japan. According to Japanese researchers, the two chalcones xanthoangelol (XAG) and 4-hydroxyderricin (4HD) are main physiologically active polyphenols of the herb. Its healing power is indisputable. Nevertheless, we determined some carcinogenic furocoumarin in the herb’s vegetative parts. Their total concentration did not exceed the allowable level, but according to IARC (International Agency for Research on Cancer), they belong to the group of dangerous carcinogens. This paper provides an overview of carcinogenic compounds of ‘Koidzumi’ variety of *Angelica keiskei* herb.

Key words: ashitaba, chalcones compounds, xanthotoxin, isopimpinellin, bergapten

Тест выращивания лечебного растения ашитаба (*Angelica keiskei* Ito.), исследование его карцерогенных веществ

¹Ф. ЛАНТОШ–¹Л. МАКРА–¹М. ОРМОДИ–²З. ПАПП

¹Сегедский Университет, Институт Ботаники и Охраны Окружающей среды, Ходмезёвашархей

²Больница им. др. Буди Иштвана, Отдел Общей Хирургии, г.Сентеш

Резюме

Ашитаба (*Angelica keiskei* Ito.) произрастающее на дождливом, тропическом японском острове Хачио-джима (Hachijo-jima), используемое уже в течений столетий ле-

чebное растение. На основе сообщений японских исследователей два его халкон-компонента- хантоангелол (XAG) и 4-гидрохидеррицин (4HD) – с лечебной точки зрения – самые ценные полифенольные соединения растения. Так лечебное действие растения бесспорно. В то же время, в ходе наших исследований обнаружили такие линейные фурукумаринные соединения в выращенном здесь сорте, которые согласно учреждению IARC (International Agency for Research on Cancer) можно отнести к опасным веществам, вызывающим рак. На основе наших лабораторных исследований хотя выделенное количество вызывающего рак вещества в вегетативной части растения не превысила опасную для жизни концентрацию, но всё же мы советуем указать присутствие этих материалов в случае используемых препаратов!

Ключевые слова: ашитаба, халконовые соединения, ксантотоксин (xanthotoxin), изопимпинеллин (isopimpinellin), бергаптен (bergaptén)

Bevezetés

Az *Angelica keiskei* az esős, trópusi japán Hachijo-jima szigeten őshonos gyógynövény. Japánban „ashitaba” (明日葉), nemzetközi nyelvhasználatban „tomorrow leaf” azaz holnaplevél néven ismert. Széleskörben alkalmazott gyógyhatású növény Japánban, ahol tea, valamint különböző étrendkiegészítő készítmények formájában alkalmazzák (Caesar és Cech 2016). Az ashitaba az *Angelica* nemzetséghez, az *Apiaceae* családba tartozó kétszikű, lágyszárú, élő gyógynövény. Természetes előfordulásában legalább 120 cm magas, sűrűn elágazó, jellegzetes bokor habitusú. Levelei nagyok, szárnyaltak, széle kissé fűrészelt (Ohwi 1965, Siebold és Ito 1881, Lantos 2014). Botanikai szempontból közeli rokonai a Kínában őshonos *Angelica sinensis*, valamint az Eurázsia-ban, így a Kárpát-medencében is előforduló *Angelica archangelica* angyalgököér fajok. Az angyalgököér fajok jellegzetes bioaktív komponenseket tartalmaznak, mint a kalcion anyagok, ezen belül polifenol vegyületeket, valamint különböző kumarinokat (Harmala et al. 1992). Japán kutatók közlései alapján az ashitaba két kalcion komponense a хантоангелол $C_{25}H_{28}O_4$ (XAG) és a 4-hidroхидеррицин $C_{21}H_{22}O_4$ (4HD) a növény legértékesebb polifenol vegyületei (Murakami et al. 1990, Ogawa et al. 2005, Ohkura et al. 2011). Ezek a növény szárában termelődő sárgaszínű tejnedvben találhatóak. Ogawa et al. (2007) a хантоангелол (XAG) lipid anyagcserére gyakorolt kedvező hatását bizonyította

stroke-hajlamos spontán hypertóniás patkányokban. Az ashitaba ezeken kívül még aktív poliacetiléneket, ciklohexonokat és triterpéneket is tartalmaz, melyek vizsgálata során számos japán és nemzetközi tudományos tanulmány is bizonyította az ashitaba gyógynövény antihipertenzív, antibakteriális, diuretikus és gyulladáscsökkentő hatásait (*Inamori et al.* 1991, *Kimura és Baba* 2003, *Enoki et al.* 2007, *Carmona-Gutierrez és Zimmermann* 2019). Az ázsiai népgyógyászatban az *Angelica keiskei* gyógynövényről úgy vélik, hogy rákellenes tulajdonsággal is rendelkezik, de ez még tudományosan kevésbé bizonyított! Ezt az is alátámasztja, hogy Lantos és Papp 2014–2018 között Szentesen a Dél-Alföldön végrehajtott tesztermesztéseik során, a növények vegetatív részeiben, több rákkeltő lineáris furokumarin anyagot is találtak (szóbeli közlés). A lineáris furokumarinok természetes növényi bioszintetikus metabolitok, amelyeket ugyan ősidők óta használnak a bőr foto-kemoterápiában, de ezek gyógyászati alkalmazása összefüggésbe hozható az emberi bőrrák fokozott előfordulásával is (*Nielsen* 1970). Az ashitaba furokumarin vegyületeinek hatása tehát vitatható, teljesen még nem tisztázott!

A xanthotoxin (8-metoxipsoralen) szintén az IARC (International Agency for Research on Cancer) álláspontja szerint az 1. csoportba tartozó rákkeltő anyagnak minősül, de csak akkor okoz bőrrákot, ha UVA-sugárzással kombinálódik (*Net1*).

Az isopimpinellin (5,8-dimetoxipsoralen) természetes vegyület, amelyet számos növényfaj, különösen az *Apiaceae* fajok szintetizálnak. *De Amicis* (2015) megállapította, hogy az izopimpinellin rákellenes hatással bír. A vizsgálata kimutatta, hogy az izopimpinellin a 7,12 dimetil-benz(a)antracénre (DMBA), amely a bőrrákok iniciátora, gátló hatást gyakorol.

A bergaptén (5-metoxipsoralen) az IARC intézet szerint valószínűsíthetően rákkeltő. *Dugrand et al.* (2015) vizsgálatai alapján a xantotoxin toxikusabbnak bizonyult, mint a bergaptén. A bergaptén kombinálható más célzott kemoterápiával, hogy javítsa a kezelések eredményeit az emlőrák megszűnésében (*Santoro et al.* 2016).

Az imperatorin egy furanokumarin-származék. Számos olyan dokumentált farmakológiai tulajdonsággal rendelkezik, amely indokoltá teheti az anyag gyógyszerkutatását. Az imperatorin az apoptózis indukálásával jelentősen csökkenti a HeLa sejt- és gége-karcinóma (Hep-2) sejtek életképességét (*Badziul et al.* 2014).

Az isoimperatorin az ashitaba egyik kumarin vegyülete, de ellentétben az imperatorinnal a daganatellenes hatásai, így a gyomorrákra vonatkozó molekuláris mechanizmusai még nem tisztázottak (Kleiner *et al.* 2002).

A ferulasav (4-hidroxi-3-metoxifahéjsav, FA), ugyancsak az *Apiaceae* család növényeiben előforduló, bizonyítottan antioxidáns és daganatellenes hatású vegyület. A ferulasavnak a humán limfocitákra radioprotektív funkciója van, így a ferulasav apoptózist idézhet elő a méhnyak daganatsejtekben (Gao *et al.* 2018).

Munkánk során elsődleges célunk volt a növény szabadföldi és hajtató-berendezésben történő termesztetőségének vizsgálata a Dél-Alföld viszonyaihoz igazodva, valamint az *Angelica archangelica* angyalgyökér esetében alkalmazott karcinogén anyagvizsgálatokhoz hasonlóan, az első éves növények vegetatív részeinek rákkeltő vizsgálata.

Anyag és módszer

Kutatómunkánk első szakaszát a Dél-Alföldön, Szentesen végeztük el. Teszt-termesztést hajtottunk végre 2014 és 2018 között szabadföldön, valamint hajtásban, konténeres technológiával. Az ashitaba magokat Japánból kaptuk minden esztendőben. A magvetést minden évben március 25.-e és 30.-a között végeztük el a palántanevelő-berendezésben. A palánták (1. ábra) szabadföldi kiültetését általában május első hetében hajtottuk végre, 1000 m² egybefüggő területen, 1 m × 1 m sor- és tőtávolságban. Folyamatos esőszerű öntözés és növényápolás mellett, az első éves, virágzás előtti növények betakarítását november közepén kezdhettük el, majd így tettünk minden ezt követő évben. A konténeres technológiában tesztelt növények hajtását üvegházban végeztük, februári kirakással és novemberi betakarítással. A növények tápanyag-ellátása a paradicsom- hajtatásához beállított tápoldat-recept alapján történt. A növényekre 25 °C nappali, 18–20 °C éjjeli hőmérsékletet, 70%-os relatív páratartalmat biztosítottunk a hajtató-berendezésben. A betakarított, majd 24 órán át, 60 °C-on szárított gyökér, szár és levél frakciók furokumarin vizsgálatát, a Szegedi Tudományegyetem Gyógyszerésztudományi Kar laboratóriumában a Kar munkatársai hajtották végre. Az anyagvizsgálatokat porított mintákból határozták meg. Minden tömegminta 50 növényből tevődött össze, de laboratóriumi vizsgálatra csak a termés mennyiség tekintetében legeredményesebbnek tekintett 2016-os esztendő növényanyagait tudtuk beküldeni. A szárított növényfrakciók a következő mintákból származtak:

- levél - konténeres technológiával,
- levél - szabadföldi termesztés,
- szár - konténeres technológiával,
- szár - szabadföldi termesztés,
- gyökér - konténeres technológiával,
- gyökér - szabadföldi termesztés.

1. ábra. Az *ashitaba* (*Angelica keiskei* Ito.) palánták fejlettsége a cserepezés, a konténeres, valamint a szabadföldi kiültetés idején



Forrás: saját fotó

Figure 1. Development status of ashitaba (*Angelica keiskei* Ito.) plantlets at the time of putting them into pots, containers and out in the field. Source: own photo

A ferulinsav- és a furokumarin-tartalmat a Szegedi Tudományegyetem Gyógyszerésztudományi Kar által rendszeresített minőségi és mennyiségi meghatározásokra is alkalmas HPLC-DAD módszerrel mérték. A műszeres méréseket három ismétlésben hajtották végre. A mintákból öt furokumarint (xanthotoxin, isopimpinellin, bergaptén, imperatorin és isoimperatorin) kvantifikáltak. A porított mintából a Kar laboratóriumának munkatársai 1 g-ot

kimértek, 10 ml metanolt hozzáadva ultrahang segítségével kivonatot készítettek, majd 0,45 µm fecskendő szűrőn szűrték. Az így kapott mintából 45 µl-t injektáltak. A HPLC-DAD vizsgálat körülményeit az 1–3. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat. *Kromatográfiás körülmények*

Kromatográfiás körülmények	
(1)	
Oszlop (2)	Zorbax Extend C-18 5 µ 150*4,6
Hőmérséklet (3)	25 °C
Áramlási sebesség (4)	1 ml/perc
A eulens (5)	H ₂ O
B eulens (6)	MeOH

Table 1. Chromatography circumstances. (1) Chromatography circumstances, (2) Column, (3) Temperature, (4) Flow rate, (5) A eulens, (6) B eulens

2. táblázat. *Alkalmazott gradiens*

Idő (perc)	A eulens	B eulens
(1)	(2)	(3)
0	70	30
10	55	45
25	40	60
35	35	65
45	25	75
46	70	30
55	70	30

Table 2. Applied gradient. (1) Time (minutes), (2) A eulens, (3) B eulens

Eredmények

A laboratóriumi vizsgálatok eredményei

A laboratóriumi anyagvizsgálatra a 2016-ban betakarított növényekből készített minták HPLC műszeres vizsgálata során ferulasavat, imperatorint és izoimperatorint egyik növényi frakcióból sem tudtak kimutatni. A mintákban detektált lineáris furokumarin vegyületeket (bergaptén, imperatorin, izoimperatorin) a 4. táblázatban mutatjuk be.

3. táblázat. A vizsgált vegyületek retenció ideje

Vegyület (1)	Retenció idő (perc) (2)
Ferulasav	8,2
Xantotoxin	16,9
Izopimpinellin	20,4
Bergaptén	21,4
Imperatorin	32,7

Table 3. Retention time of the examined compounds. (1) Compounds, (2) Retention time (minutes)

4. táblázat. A frakciók furokumarin-tartalmának eredményei a 2016-ban betakarított ashitaba állományból (mg/1000 g)

Termesztés- technológia (1)	Növényi frakciók (2)	Xanthotoxin $C_{12}H_8O_4$	Isopimpinellin $C_{13}H_{10}O_5$	Bergaptén $C_{12}H_8O_4$
Szabadföld (3) Konténer (4)	Gyökér (5)	0,1647	0,0094	0,0344
		0,0172	0,0116	0,0110
Szabadföld (3) Konténer (4)	Szár (6)	0,0864	0,0099	0,0139
		0,0047	0,0048	0,0053
Szabadföld (3) Konténer (4)	Levél (7)	0,0392	0,0110	0,0092
		0,0280	0,0088	0,0082

Table 4. Results of the furocoumarin content of the fractions in the ashitaba population harvested in 2016 (mg per 1000 g). (1) Production technology, (2) Vegetable fractions, (3) Field, (4) Container, (5) Roots, (6) Stem, (7) Leaf

Az ANOVA-t és a Tukey HSD-tesztet alkalmaztuk annak eldöntésére, hogy az egyes termesztéstechnológiák/növényi frakciók xanthotoxin-, isopimpinellin- és bergaptén-tartalmában (4. táblázat) kimutatható-e szignifikáns mennyiségi eltérés.

Kiderítettük, hogy az együttesen vizsgált (szabadföld-gyökér, konténer-gyökér, szabadföld-szár, konténer-szár, szabadföld-levél, konténer-levél) kísérleti minták xanthotoxin-, isopimpinellin- és bergaptén-tartalmának mennyiségei között nincsen szignifikáns különbség. A három összetevő összes lehetséges kombinációi közül a legnagyobb eltérés a minták xanthotoxin- és isopimpinellin tartalma között tapasztalható, de ez is mindössze a 10%-os valószínűségi szinten szignifikáns (p-érték: 0,081) (5. táblázat).

5. táblázat. A Tukey teszt eredményei az együttesen vizsgált termesztéstechnológia és növényi frakciók xanthotoxin-, isopimpinellin- és bergaptén-tartalmának mennyiségi összevetése

Kezelés párok (1)	Tukey HSD teszt (2)		
	Q statisztika (3)	p-érték (4)	Szignifikancia (5)
A vs B	3,307	0,081	Nem szignifikáns (6)
A vs C	2,999	0,119	Nem szignifikáns (6)
B vs C	0,308	0,900	Nem szignifikáns (6)

Megjegyzés: A - xanthotoxin-tartalom, B - isopimpinellin-tartalom, C - bergaptén-tartalom

Table 5. Tukey's test results in view of the examined production technology and the quantitative comparison of the xanthotoxin, isopimpinellin and bergapten content of the vegetable fractions. (1) Treatment pairs, (2) Tukey's HSD test, (3) Q statistics, (4) p value, (5) Significance, (6) Not significant, Note: A - xanthotoxin content, B - isopimpinellin content, C - bergapten content

Ugyanakkor sem a szabadföldi növényi frakciók, sem pedig a konténerben nevelt növényi frakciók xanthotoxin-, isopimpinellin- és bergaptén-tartalmában nem találtunk szignifikáns eltérést (6–7. táblázat). Azonban megjegyzendő, hogy a szabadföldi növényi frakciók xanthotoxin- és isopimpinellin-tartalmának mennyiségei között csaknem szignifikáns az eltérés (p-érték: 0,066) (6. táblázat).

6. táblázat. A Tukey teszt eredményei a szabadföldi növényi frakciók xanthotoxin-, isopimpinellin- és bergaptén-tartalmának mennyiségi összevetése

Kezelés párok (1)	Tukey HSD teszt (2)		
	Q statisztika (3)	p-érték (4)	Szignifikancia (5)
A vs B	4,0127	0,066	Nem szignifikáns (6)
A vs C	3,5929	0,097	Nem szignifikáns (6)
B vs C	0,4198	0,900	Nem szignifikáns (6)

Megjegyzés: A - xanthotoxin-tartalom, B - isopimpinellin-tartalom, C - bergaptén-tartalom

Table 6. Comparison of the Tukey's test results in and the xanthotoxin, isopimpinellin and bergapten content of the vegetable fractions. (1) Treatment pairs, (2) Tukey's HSD test, (3) Q statistics, (4) p value, (5) Significance, (6) Not significant, Note: A - xanthotoxin content, B - isopimpinellin content, C - bergapten content

7. táblázat. A Tukey teszt eredményei a konténerben nevelt növényi frakciók xanthotoxin-, isopimpinellin- és bergaptén-tartalmának mennyiségi összetevése

Kezelés párok (1)	Tukey HSD teszt (2)		
	Q statisztika (3)	p-érték (4)	Szignifikancia (5)
A vs B	1,979	0,400	Nem szignifikáns (6)
A vs C	2,035	0,382	Nem szignifikáns (6)
B vs C	0,056	0,900	Nem szignifikáns (6)

Megjegyzés: A - xanthotoxin-tartalom, B - isopimpinellin-tartalom, C - bergaptén-tartalom

Table 7. Comparison of the Tukey's test results in and the xanthotoxin, isopimpinellin and bergapten content of the vegetable fractions produced in containers. (1) Treatment pairs, (2) Tukey's HSD test, (3) Q statistics, (4) p value, (5) Significance, (6) Not significant, Note: A - xanthotoxin content, B - isopimpinellin content, C - bergapten content

A tesztermesztési vizsgálatok eredményei

A Japán körülmények között előállított vetőmagok helyrevetést követő csírázó-képessége, minden évben eltérő eredményeket mutatott. Aktív, elfogadható (95%) csírázást csak a 2016-ban kapott ashitaba magoknál tapasztaltunk. A többi esztendőben meglepően alacsony, 40–70% közötti csírázási erélyt figyelhetünk meg. A szabadföldi termesztés során a sziklevelek 14 nap után, a további levélfejlődést pedig a vetést követően átlag 30 napot követően lehetett megfigyelni. A növények átlag magassága 70 cm volt. A csírázási és növekedési erély tekintetében a konténeres termesztés esetében sem tapasztaltunk jelentős eltérést. A konténerben nevelt növények gyökérfrakció szárazanyagtartalma átlag 40 g, míg a szabadföldön termesztettek esetében ez 70 g/növény átlagában volt meghatározható. A palántáról nevelt ashitaba bokrok egyaránt dúsabb levélzetet fejlesztettek, termesztéstechnológiától függetlenül. A novemberi betakarítást követően a szárított levéltömeg a 2014–2018 évek átlagában $\sim 2 \text{ kg/m}^2$ volt.

Következtetések

A dél-alföldi talaj- és meteorológiai viszonyok között termesztett egy éves ashitaba növényi mintákban ferulasavat, imperatorint és izoimperatorint nem tudtunk detektálni. A tanulmányunkban idézett kutatások ezeket a vegyülete-

ket általában hatékony rákellenes anyagoknak tüntetik fel, így sajnálattal tapasztaltuk, hogy az általunk vizsgált mintákból ezeket a vegyületeket nem tudtuk kimutatni. Egyelőre megmagyarázhatatlannak tűnik számunkra, hogy a növény őshonos környezetében termelődő anyagok miért nem termelődtek. Ennek okát, talán a növény számára még szokatlan a dél-alföldi Szentés környéki körülményeknek tulajdoníthatjuk, de pontos magyarázata további kutatásokat igényel. A kutatásunk másik szakaszában meghatározott xanthotoxin, izopimpinellin és bergaptén koncentrációi ugyan nem érték el az IARC, azaz a Nemzetközi Rákkutató Ügynökség által meghatározott átlagos furokumarin expozíció 1,5 mg/1000 g értéket, ettől függetlenül a detektált vegyületek a veszélyes rákkeltő anyagok közé soroltak! Az EMA, Európai Gyógyszer Ügynökség, az ennél nagyobb dózisú furokumarint tartalmazó növényi gyógyszerkészítmények esetében, részletes kockázatelemzést ír elő (*Net2*)! A 15 µg/1000 g alatti furokumarin napi fogyasztása az SZTE Gyógyszerésztudományi Kar szóbeli összefoglaló közlése szerint nem jelent biztonsági kockázatot. A napi 15 µg–1,5 mg/1000 g koncentráció esetén a termék (tea, étrend-kiegészítő, por stb.) ellenjavallt az érzékeny betegcsoportok (gyermekek, terhes és szoptató nők) esetében (IARC). Eredményeink birtokában javasoljuk, hogy ezt az információt valamennyi gyógyhatású készítmény ajánlásakor, tüntessék fel a beteg-tájékoztatóban! Mindezek mellett, az ashitaba egyéb gyógyhatásait a japán szakirodalmakra alapozva vitathatatlanak tekintjük (*Wu et al.* 2011).

Teszttermesztési tapasztalataink alapján, az ashitaba szabadföldi termesztése a Dél-alföldi talajkondíciók és meteorológiai viszonyok között kevésbé volt sikeres. Ugyanakkor a konténerben, palántáról nevelt ashitaba növényi gyógyszerek, gyógyteák, illetve egyéb gyógyhatású készítmények alapanyagának termesztése céljából sikeres lehet. Amennyiben a további kutatásaink során bizonyítani tudjuk az ashitaba ferulasav, imperatorin és isoimperatorin tartalmát.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk megköszönni a Szegedi Tudományegyetem Gyógyszerésztudományi Kar munkatársainak a laboratóriumi vizsgálatokban, valamint a japán Nihon-Nouken Hitachinaka Kutatási Központ vezetőjének Dr. Wachi Yoshitaka Úrnak a vetőmag-ellátásban és a teszttermesztésben nyújtott segítséget.

Irodalom

- Badziul, D.–Jakubowicz-Gil, J.–Langner, E.–Rzeski, W.–Głowniak, K.–Gawron, A.: 2014. The effect of quercetin and imperatorin on programmed cell death induction in T98G cells in vitro. *Pharmacol Rep.* 66. 2: 292–300.
- Carmona-Gutierrez, D.–Zimmermann, A.: 2019. The flavonoid 4,4'-dimethoxychalcone promotes autophagy-dependent longevity across species. *Nature Commun.* 10: Article number 651.
- Caesar, L. K.–Cech, N. B.: 2016. A Review of the Medicinal Uses and Pharmacology of Ashitaba. *Planta Med.* 82. 14: 1236–1245.
- De Amicis, F.: 2015. Bergapten drives autophagy through the up-regulation of PTEN expression in breast cancer cells. *Molecular Cancer.* 14.
- Dugrand, J. A.–Ohy, A.–Hehn, A.–Costantino, G.–Ollitrault, P.–Froelicher, Y.–Bourgaud, F.: 2015. The Distribution of Coumarins and Furanocoumarins in Citrus Species Closely Matches Citrus Phylogeny and Reflects the Organization of Biosynthetic Pathways.
- Enoki, T.–Ohnogi, H.–Nagamine, K.–Kudo, Y.–Sugiyama, K.–Tanabe, M.–Kobayashi, E.–Sagawa, H.–Kato, I.: 2007. Antidiabetic activities of chalcones isolated from a Japanese Herb, *Angelica keiskei*. *J. Agric. Food Chem.* 6013–6017.
- Gao, J.–Guo, W.–Kong, Y.–Gu, L.–Li, Q.–Yang, S.–Zhang, Y.–Wang, Y.: 2018. The anti-cancer effects of ferulic acid is associated with induction of cell cycle arrest and autophagy in cervical cancer cells. *Cancer Cell Int.* 13. 18: 102.
- Harmala, P.–Kaltia, S.–Vuorela, H.–Hiltunen, R.: 1992. A Furanocoumarin from *Angelica archangelica*. *Planta Med.* 58. 3: 287–289.
- Inamory, Y.–Baba, K.–Tsujiho, H.–Taniguchi, M.–Nakata, K.–Kozawa, M.: 1991. Antibacterial activity of two chalcones, xanthoangelol and 4-hydroxyderricin, isolated from the root of *Angelica keiskei* koidzumi. *Chem. Pharm. Bull.* 39: 1604–1605.
- Kimura, Y.–Baba, K.: 2003. Antitumor and antimetastatic activities of *Angelica keiskei* roots, part 1: Isolation of an active substance, xanthoangelol. *Int. J. Cancer.* 106: 429–437.
- Kleiner, H. E.: 2002. Oral administration of the citrus coumarin, isopimpinellin, blocks DNA adduct formation and skin tumor initiation by 7,12-dimethylbenz[a]anthracene in SENCAR mice [In: Vulimiri et al. 2002.] *Carcinogenesis.* 23. 10: 1667–1675.
- Lantos F.: 2014. Holnaplevél (ashitaba) termesztése. Őstermelő Gazdálkodók Lapja. 2014. 02. 18. <http://ostermelo.com/holnaplevel-ashitaba-termesztese>
- Murakami, S.–Kijimah, I. Y.–Muramatsu, M.–Aihara, H.–Otomo, S.–Baba, K.–Kozawa, M.: 1990. Inhibition of gastric H⁺, K(+)–ATPase by chalcone derivatives, xanthoangelol and 4-hydroxyderricin, from *Angelica keiskei* Koidzumi. *J. Pharm. Pharmacol.* 42: 723–726.

- Net1*: <https://www.iarc.fr/>
Net2: https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/ema_hu)
- Nielsen, B. E.*: 1970. Coumarins of Umbelliferous plants. Copenhagen: Royal Danish School of Pharmacy. Cited by Mitchell and Rook.
- Siebold, F. P.-Ito, K.*: 1881. Studies of Japanese flora and fauna. <https://en.wikipedia.org/wiki/KeisukeIto>
- Ogawa, H.-Ohno, M.-Baba, K.*: 2005. Hypotensive and lipid regulatory actions of 4-hydroxyderricin, a chalcone from *Angelica keiskei*, in stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 32: 19–23.
- Ogawa, H.-Okada, Y.-Kamisako, T.-Baba, K.*: 2007. Beneficial effect of xanthoangelol, a chalcone compound from *Angelica keiskei*, on lipid metabolism in stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 34: 238–243.
- Ohkura, N.-Nakakuki, Y.-Taniguchi, M.-Kanai, S.-Nakayama, A.-Ohnishi, K.-Sakata, T.-Nohira T.-Matsuda, J.-Baba, K.-Atsumi, G.*: 2011. Xanthoangelols isolated from *Angelica keiskei* inhibit inflammatory-induced plasminogen activator inhibitor 1 (PAI-1) production. *Biofactors.* 37. 6: 455–461.
- Ohwi, J.*: 1965. Flora of Japan. Smithsonian Institution. 683–684.
- Santoro, M.-Guido, C.-De Amacis, F.-Sisci, D.-Cione E.-Vincenza, D.-Doná, A.-Panno, M. L.-Aquila, S.*: 2016. Bergapten induces metabolic reprogramming in breast cancer cells. *Oncol. Rep.* 35. 1: 568–576.
- Wu, Y.-Hsieh, C. H. L.*: 2011. Pharmacological effects of Radix *Angelica Sinensis* (Danggui) on cerebral infarction. *Bio-Med Central. The Open Access Publisher.* Published online 2011 Aug 25.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Lantos Ferenc – Dr. Makra László – Ormodi Márton
Szegedi Tudományegyetem
Növénytudományi és Környezetvédelmi Intézet
Hódmezővásárhely
Andrássy út 15.
H-6800
lantos.ferenc@mgk.u-szeged.hu

Dr. Papp Zoltán
Dr. Bugyi István Kórház Általános Sebészeti Osztály
Szentés
Sima Ferenc utca 44–58.
H-6600

A talajnedvesség hatása az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termésére eltérő vízellátottsági évjáratokban

PEPÓ PÉTER

Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Hajdúságban, csernozjom talajon, 1983. évben beállított tartamkísérletben vizsgáltuk a GK Öthalom őszi búza fajta évjáratra, talajnedvességre adott reakcióját (termés, betegségek, megdőlés). A legkedvezőbb termést átlagos évjáratban (6819 kg/ha) kaptuk, míg csapadékos (5175 kg/ha) és száraz (4343 kg/ha) évjáratokban jóval alacsonyabb termést lehetett elérni. Csapadékos évjáratban nőtt a levél-, szár- és kalászbetegségek, valamint a szárdőlés mértéke, míg száraz és átlagos évjáratokban nem volt szignifikáns eltérés a paraméterekben. Az optimális műtrágya adag száraz évjáratban $N_{90}+PK$, csapadékos évjáratban $N_{60}+PK$, átlagos évjáratban pedig $N_{150}+PK$ volt, míg a trágyázás terméstebbletei is jelentősen különböztek (1173 kg/ha, 2189 kg/ha és 3800 kg/ha). Az évjáratot a legjobban a talajnedvességi értékek közül a virágzáskori (május) értékekkel lehetett a búza termése szempontjából jellemezni. Májusban a vízhiány a száraz évjáratban 254 mm (termésmaximum 4,3 t/ha), a csapadékos évjáratban 25 mm (5,2 t/ha), átlagos évjáratban pedig 92 mm (6,8 t/ha) volt. Az évjárat és műtrágyázás jellemzésére a WUE értékek egzakt és objektív módon használhatók. Az optimális műtrágya kezelés WUE értékei lényegesen meghaladták a kontroll kezelés értékeit minden évjárat típusban.

Kulcsszavak: őszi búza, évjárat, talajnedvesség, termés, WUE

The impact of soil moisture on the yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in crop years with different water supply

P. PEPÓ

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

Summary

In the Hajdúság region, we examined the response of the winter wheat variety GK Öthalom on crop year and soil moisture (in terms of yield, diseases, lodging). The most unfavourable yield was obtained in an average crop year (6819 kg ha⁻¹), while much lower yield were recorded in rainy (5175 kg ha⁻¹) and dry crop years (4343 kg ha⁻¹). In rainy crop years, the extent of leaf, stem and ear diseases increased and lodging intensified. On the contrary, there were no significant differences in these parameters in dry and average crop years. The optimum fertiliser dose was N₉₀+PK in dry crop years, N₆₀+PK in wet crop years and N₁₅₀+PK in average crop years, while the yield surpluses of fertilisation also showed significant differences (1173 kg ha⁻¹, 2189 kg ha⁻¹ and 3800 kg ha⁻¹, respectively). Of the various soil moisture values, those obtained at the time of flowering (in May) could be used the best for characterising crop year from the aspect of wheat yield. Water shortage in May was 254 mm in dry crop years (maximum yield: 4.3 t ha⁻¹), 25 mm in the wet crop year (5.2 t ha⁻¹) and 92 mm in the average crop year (6.8 t ha⁻¹). WUE values can be used accurately and objectively to describe crop year and fertilisation. In all crop years, the WUE values of optimum fertiliser treatment significantly exceeded the values of the control treatment.

Key words: winter wheat, crop year, soil moisture, yield, WUE

Влияние влажности почвы на урожай озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в различные по влажности годы выращивания

П. ПЕПО

Дебреценский Университет МЭК Институт Ботаники, Дебрецен

Резюме

В области Хайдушаг (Hajdúság), на чернозёмной почве, в установленном в 1983 году продолжительном опыте исследовали реакцию сорта озимой пшеницы «GK Öthalom» на год выращивания, на влажность почвы (урожай, болезни, полегания). Самый благоприятный урожай в средний год выращивания (6819 kg/ha) получили, а во влажные годы (5175 kg/ha) и в засушливые годы выращивания (4343 kg/ha) намного меньше урожай можно было получить. Во влажные годы выросло количество болезней листьев, стебля и колоса, а также величина наклона стеблей, а в сухие и средние годы выращивания не было значительного отклонения в этих параметрах. Оптимальная доза искусственного удобрения была в засушливый год $N_{90}+PK$, во влажный год $N_{60}+PK$, а в средний год $N_{150}+PK$, и прибавки урожая из-за удобрения также значительно отличались (1173 kg/ha, 2189 kg/ha и 3800 kg/ha). Год выращивания с точки зрения урожая пшеницы можно было характеризовать лучше всего среди показателей влажности почвы величинами периода цветения (май). В мае недостаток воды в сухой год выращивания был 254 mm (максимум урожая 4,3 t/ha), во влажный год 25 mm (5,2 t/ha), в в средний год 92 mm (6,8 t/ha). Для анализа года выращивания и искусственного удобрения можно использовать точные и объективные показатели WUE. WUE оптимальной обработки искусственными удобрениями существенно превысили показатели контрольных обработок в каждый тип года выращивания.

Ключевые слова: озимая пшеница, год выращивания, влажность почвы, урожай, WUE

Bevezetés

Az őszi búza hazánk egyik legfontosabb szántóföldön termesztett növénye. Termesztése az ország egész területén lehetséges, azonban mind a termés mennyiségére, mind a termés minőségére és a termés biztonságára az eltérő tájkörzetek agroökológiai feltételei (időjárás, talaj) jelentős hatással lehetnek. Kiemelten fontos a változó klimatikus feltételek mellett a vízellátás (a lehullott csapadék mennyisége, annak eloszlása). A búza vízellátása jelentősen befolyásolja az állományok fiziológiai folyamatait (fotoszintézis, szervesanyag felhalmozódás), mely hatások a termésben is markánsan megjelennek (*Shao et al.* 2005, *Huang et al.* 2009, *Zhang et al.* 2010). A vízellátottság termésre gyakorolt hatása jelentős mértékben a genotípustól függött (*Gonzalez et al.* 2010). Az időjárás vízellátásának növényállományokra és azok termésképződésére gyakorolt hatását azonban a talajok vízgazdálkodási tulajdonságai erőteljesen módosíthatják (*Várallyay* 1994). Ugyancsak *Várallyay* (1997) vizsgálatai bizonyították, hogy a talajok vízkészlete a talajok tápanyagainak és a trágyákkal kijuttatott tápanyagainak az érvényesülését, felvehetőségét jelentősen befolyásolják. Hasonló kísérleti eredményeket közölt *Debreczeni és Debreczeniné* (1983), *Galka* (1991) és *Czyz* (1994) is. Viszonylag kevés szakirodalmi adatot találunk a talajnedvesség és a búza terméseredménye közötti összefüggésekről. *Catargin és Rusan* (1996) csernozom talajon végzett kísérleteiben nem talált szignifikáns összefüggést a talaj nedvességtartalma és a búza termése között. Ezzel szemben *Müller és Tille* (1990), *Stephens et al.* (1989) és *Pepó* (2003) bizonyították a szoros korrelációt a talajnedvesség és a búza termése között. *Lebed et al.* (1989) csernozjom talajon végzett kutatásai szerint az őszi-téli periódusban felhalmozódó, hasznosítható vízkészlet, talajnedvesség determinatív jelentőségű volt a búza termésére. Vizsgálatai szerint a 0–150 cm talajrétegben 60–180 mm vízkészletnek kellett akkumulálnia a búza nagy termésének eléréséhez. A talaj nedvességekészletének változásával néhány kutató (*Soltani és Sinclair* 2012, *Walsh et al.* 2013) a búza várható termésének mértékét igyekezett több-kevesebb pontossággal előrejelezni.

A csernozjom talajon beállított tartamkísérletben végzett vizsgálatainkkal a célunk az volt, hogy összefüggéseket tárjunk fel az eltérő vízellátottságú évszázatok talajnedvességre és a búza termésére gyakorolt komplex hatásairól.

Anyag és módszer

A tartamkísérlet Debrecentől 15 km-re a Hajdúságban található (É.sz. 47°33', K.h. 21°27'). A kísérleti terület csernozjom talaja igen kedvező tulajdonságokkal jellemezhető (1. táblázat). A művelt réteg humusztartalma 2,6–2,8%, a talaj $\text{pH}_{\text{KCl}}=6,36\text{--}6,58$, azaz enyhén savanyú. A talaj kedvező nitrogénszolgáltató képességű, az AL-oldható P_2O_5 tartalma közepes (133 mg/kg), az AL-oldható K_2O tartalma pedig jó (240 mg/kg), a vályog fizikai féleség kategóriába ($\text{K}_A=40\text{--}42$) sorolható. A csernozjom talaj vízgazdálkodási paraméterei ugyancsak kedvezőek (2. táblázat). A növények vízellátása szempontjából mértékadó talajszelvényben (0–200 cm) a kísérlet csernozjom talaja 650–750 mm vizet képes megtartani, tárolni, amelynek 65%-a a diszponibilis víz.

A tartamkísérletben különböző szántóföldi növényfajok (őszi búza, csemegekukorica, napraforgó, szemes kukorica) genotípusainak a tápanyagreakcióját vizsgáljuk eltérő tápanyagellátottsági szinteken. A kísérletet 1983. évben állítottuk be. A kísérletben hat tápanyagszintet alkalmazunk. A kontroll (műtrágya nélkül) kezelés mellett, az alap műtrágya adag ($\text{N}=30$, $\text{P}_2\text{O}_5=22,5$, $\text{K}_2\text{O}=26,5$ kg/ha) két-, három-, négy- és ötszörös mennyiségét juttatjuk ki. A nitrogén műtrágya 50%-a őszi, 50%-a tavasszal, a foszfor és kálium műtrágyák teljes mennyisége (100%) pedig őszi kerül kiszórásra. A kísérlet split-split-plot elrendezésű négy ismétléssel. A kísérletben minden vizsgálati évben azonos genotípust (GK Öthalom) vetettünk el. Az elővetemény csemegekukorica volt. A kísérletben alkalmazott agrotechnika (talajművelés, vetés, növényvédelem, betakarítás) megfelelt a korszerű búzatermesztés követelményeinek.

Az őszi búza vegetációs periódusa során a csernozjom talaj vízkészletének változását a 0–200 cm-es talajszelvényben (20 cm-es rétegenként) vizsgáltuk 20–30 napos mintavételezési időközönként (a téli periódust leszámítva). A területi korlátok miatt a vizsgálati évek (2003, 2010, 2011) mérési adatai közül csak az őszi (vetés utáni, októberi), a kora tavaszi (március), a virágzáskori (május) és a betakarítás utáni (július) talajnedvesség adatokat közöljük. A talajnedvesség meghatározását a standard gravimetriás módszerrel, szárítószekrény felhasználásával végeztük el. Meghatároztuk a GK Öthalom fajta termését, valamint a fontosabb betegségek (lisztharmit, HTR, levélrozsda, kalászfuzárium) és a megdőlés mértékét.

Az adatok statisztikai értékelését a Microsoft Excel (2013) és az SPSS for Windows 13.0 programok segítségével értékeltük.

1. táblázat. A kísérleti terület talajvizsgálatai
(Debrecen)

Talajréteg (cm) (1)	pH (KCl) (2)	K _A (2)	CaCO ₃ (%) (3)	Hu- musz (%) (3)	Össz. N (%) (4)	NO ₃ ⁺ NO ₂ (ppm) (5)	P ₂ O ₅ K ₂ O		Mg (ppm)	Na (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	SO ₄ (ppm)
							AL oldható (ppm)	(5)						
0-25	6,46	43,0	0	2,76	0,150	6,20	133,4	239,8	332,4	38,0	2,80	5,86	438	9,25
25-50	6,36	44,6	0	2,16	0,120	1,74	48,0	173,6	405,4	66,2	0,80	4,54	406	9,13
50-75	6,58	47,6	0	1,52	0,086	0,60	40,4	123,0	366,6	55,4	0,58	3,64	339	10,80
75-100	7,27	46,6	10,25	0,90	0,083	1,92	39,8	93,6	249,0	67,8	0,48	2,24	74	7,95
100-130	7,36	45,4	12,75	0,59	0,078	1,78	31,6	78,0	286,6	62,6	0,84	1,64	4	22,98

Table 1. Soil analysis data of the experiment site (Debrecen). (1) Soil layer (cm), (2) Arany plasticity index, (3) Humus content (%), (4) Total N (%), (5) AL-soluble (ppm)

2. táblázat. A kísérleti terület talajának vízgazdálkodását jellemző mutatók (Debrecen)

Talajréteg (cm) (1)	Térfogat- tömeg (Tt) (2)	Pórus térfogat (P%) (3)	Gravitációs pórustér + levegő- zárvány (Pg+I%) (4)	Min. víz- kapacitás (VK _{min} %) (5)	Holtvíz- tartalom (HV%) (6)	hy (7)
5-25	1,433	45,93	11,53	33,65	15,55	2,715
27-33	1,410	46,73	7,05	37,75	15,70	2,783
47-53	1,275	51,90	12,50	36,87	14,75	2,755
97-103	1,285	51,55	8,73	40,93	11,13	2,168
122-128	1,268	52,20	7,23	43,10	9,38	1,853
147-153	1,268	52,13	6,68	43,95	9,03	1,778
197-203	1,230	53,70	6,30	46,00	8,50	1,690

Table 2. Water management indexes of the soil at the experiment site (Debrecen). (1) Soil layer (cm), (2) Bulk density (Tt), (3) Pore volume (P%), (4) Gravitational pore space+air pockets (Pg+I%), (5) Minimum water capacity (VK_{min}%), (6) Wilting point (HV%), (7) Hygroscopicity

A tartamkísérlet vizsgálati éveitől három jellemző évjárártípust választottunk ki, amelynek tenyészidőbeli havi csapadék adatait a 3. táblázat tartalmazza. A 2003. év kifejezetten száraz évjárat volt. Az őszi-téli hónapok kevés csapadéka után a szárazság tavasszal is folytatódott egészen a betakarításig. Ebben a vegetációs periódusban mindössze 279,6 mm csapadék hullott (a 30 éves átlag 397,4 mm). A 2010. év extrém csapadékos volt. Gyakorlatilag az egész tenyészidőszakban lényegesen több csapadék (összesen 630,8 mm) hullott a sokévi átlaggal (397,4 mm) összehasonlítva. Átlagos évjáratot jelentett a 2011. év, amelynek során az összes lehullott csapadék mennyisége (340,9 mm) gyakorlatilag megegyezett a sokévi átlaggal (397,4 mm) és a csapadék eloszlása is egyenletes volt.

Eredmények

Az eltérő vízellátottságú évjáratokban a GK Öthalom búza fajta termése szignifikánsan eltért egymástól és a genotípus trágyareakciója is jelentősen különbözött (4. táblázat).

3. táblázat. *Havi csapadékok az őszi búza vegetációs periódusában (Debrecen)*

Hónapok (1)	Csapadék (mm) (2)			
	2003	2010	2011	30 éves átlag (3)
Október (4)	46,0	79,3	22,8	37,9
November (5)	29,9	78,3	52,9	41,6
December (6)	27,7	54,9	104,2	43,7
Január (7)	36,6	48,8	19,2	29,7
Február (8)	39,4	58,6	16,8	31,0
Március (9)	9,7	14,4	35,1	30,2
Április (10)	13,7	83,9	15,6	52,8
Május (11)	54,4	111,4	52,3	64,0
Június (12)	22,2	100,9	22,0	66,5
Összesen (13)	279,6	630,5	340,9	397,4

Table 3. Monthly precipitation values in the vegetation period of winter wheat (Debrecen). (1) Months, (2) Precipitation (mm), (3) 30-year average, (4) October, (5) November, (6) December, (7) January, (8) February, (9) March, (10) April, (11) May, (12) June, (13) Total

4. táblázat. *Az évjárat és trágyázás hatása a GK Öthalom őszi búza fajta termésére (Debrecen, csernozjom talaj, 2003, 2010, 2011)*

Mtr. kezelés (1)	2003		2010		2011	
	Termés (kg/ha) (2)	Termés- többlet (kg/ha) (3)	Termés (kg/ha) (2)	Termés- többlet (kg/ha) (3)	Termés (kg/ha) (2)	Termés- többlet (kg/ha) (3)
∅	3170	0	2986	0	3019	0
N ₃₀ +PK	3598	428	4750	1764	4682	1663
N ₆₀ +PK	3993	823	5175	2189	5745	2727
N ₉₀ +PK	4343	1173	4680	1664	6172	3153
N ₁₂₀ +PK	3680	510	4375	1389	6500	3481
N ₁₅₀ +PK	3646	476	3429	443	6819	3800
SzD _{5%} (4)	272	-	328	-	457	-

Table 4. The impact of crop year and fertilisation on the yield of the winter wheat variety GK Öthalom (Debrecen, chernozem soil, 2003, 2010, 2011). (1) Fertiliser treatment, (2) Yield (kg ha⁻¹), (3) Yield surplus (kg ha⁻¹), (4) LSD_{5%}

A száraz 2003. évben kaptuk a legkisebb termés maximumot (4343 kg/ha), amelyet mind a csapadékos évszám (2010. év), de különösen az átlagos évszám (2011. év) maximális termése meghaladta (5175 kg/ha, illetve 6819 kg/ha). A vízellátottság determinálta egyrészt a műtrágyázás terméstopplettét, másrészt az optimális műtrágya adagot (4. táblázat). A legkisebb műtrágyázási terméstopplettét a száraz évszámban kaptuk (1173 kg/ha), melyet mind a csapadékos (2189 kg/ha), mind az átlagos (3800 kg/ha) évszám terméstoppletté meghaladta. A tápanyag- és vízellátás szoros interaktív hatását bizonyítják az optimális N+PK adagok az eltérő évszámokban. A nagy termés és az egyenletes vízellátás miatt a 2011. évben az N₁₅₀+PK kezelésben kaptuk a maximális termést. A talaj természetes tápanyagainak igen kedvező feltáródása miatt a csapadékos 2010. évben a kifejezetten alacsony műtrágya adagnál (N₆₀+PK) kaptuk a legnagyobb termést. Száraz évszámban a legkisebb termésszintet is nagyobb műtrágya optimumnál (N₉₀+PK) értük el a tápanyagok gyengébb oldhatósága miatt.

Az eltérő évek különböző termésszintjeinek a kialakulásához a kórtani viszonyok és az állományok szárszilárdsága is nagymértékben hozzájárult, különösen a csapadékos évszámban (5. táblázat). Vizsgálati eredményeink azt bizonyították, hogy a legkisebb infekciót a száraz évszámban (2003. év) tapasztaltuk a GK Öthalom fajta állományaiban, miközben megdőlés egyáltalán nem következett be. Ehhez képest az átlagos évszámban (2011. év) a betegségek mértéke alig növekedett és megdőlés sem történt az állományokban. A csapadékos évben (2010. év) igen jelentős volt a levél- és kalászbetegségek, valamint a megdőlés mértéke, amely – a kedvező vízellátás ellenére – terméscsökkenéshez vezetett.

Az őszi búza vegetációs periódusa során folyamatosan nyomon követtük a búza vízellátása szempontjából mértékadó talajszelvényének (0–200 cm) a vízkészlet alakulását az egyes évszám típusokban (1–3. ábra). A modellnövény szempontjából kritikus időszakok (vetés után ősszel, kora tavasszal márciusban, virágzáskor-termékenyüléskor májusban, betakarítást követően) talajnedvesség profilgörbéit mutatjuk be a terjedelmi korlátok miatt. A talaj 2003. évi őszi talajnedvessége (1. ábra) kedvező volt a búza kelése, kezdeti fejlődése szempontjából. A csernozjom talaj vízkészlete az őszi-téli időszakban tovább gyarapodott. Az ezt követő extrém hosszú és száraz tavaszi időszak miatt a talaj vízkészlete a virágzás időszakában, májusban holtvíztartalomig lecsökkent és a kedvezőtlen vízellátottság a szemtelítődés időszakában a betakarításig megmaradt, ezáltal súlyos terméscsökkenéshez vezetett.

5. táblázat. Az évjárat és trágyázás hatása a GK Öthalom őszi búza fajta betegségeire és szárszilárdságára (Debrecen, csernozjom talaj, 2003, 2010, 2011)

Mtr. kezelés (1)	Liszt-harmat (%) (2)	HTR (%) (3)	Levél-rozsda (%) (4)	Kalász-fuzárium (%) (5)	Megdőlés (%) (6)
2003					
∅	1	4	1	0	0
N ₃₀ +PK	1	4	1	0	0
N ₆₀ +PK	2	5	2	0	0
N ₉₀ +PK	4	9	1	0	0
N ₁₂₀ +PK	4	10	3	0	0
N ₁₅₀ +PK	5	9	4	0	0
SzD _{5%} (6)	1	3	1	-	-
2010					
∅	2	14	2	5	0
N ₃₀ +PK	2	17	3	12	12
N ₆₀ +PK	4	24	5	19	57
N ₉₀ +PK	6	34	9	17	100
N ₁₂₀ +PK	6	40	11	22	100
N ₁₅₀ +PK	8	41	11	24	100
SzD _{5%} (6)	3	6	2	5	10
2011					
∅	1	4	0	0	0
N ₃₀ +PK	1	5	0	0	0
N ₆₀ +PK	2	7	0	0	0
N ₉₀ +PK	3	10	0	0	0
N ₁₂₀ +PK	5	13	2	0	0
N ₁₅₀ +PK	5	14	4	0	0
SzD _{5%} (6)	1	3	1	-	-

Table 5. The impact of crop year and fertilisation on the diseases and stem rigidity of the winter wheat variety GK Öthalom (Debrecen, chernozem soil, 2003, 2010, 2011). (1) Fertiliser treatment, (2) Powdery mildew (%), (3) Leaf rust (%), (4) Fusarium head blight (%), (5) Lodging (%), (6) LSD_{5%}

1. ábra. A talajnedvesség változása a vegetációs periódus során
őszi búza állományban
(Debrecen, csernozjom talaj, 2003)

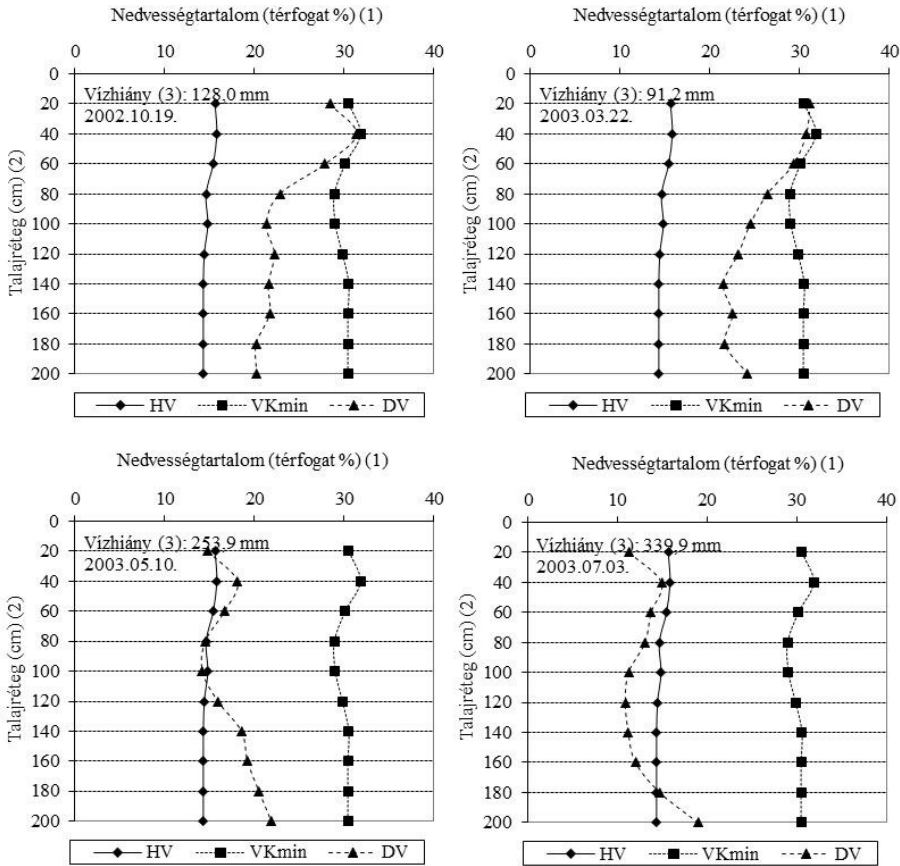


Figure 1. Change of soil moisture during the vegetation period in winter wheat (Debrecen, chernozem soil, 2003). (1) Soil moisture content (bulk density), (2) Soil layer (cm), (3) Water shortage

A csapadékos 2010. évben az őszi rövid idejű szárazságtól eltekintve valamennyi talajmintavételi időpontban kedvező nedvességi értékek voltak a jellemzőek (2. ábra). Ezek az értékek megközelítették a csernozjom talaj VK értékeit. A túlzottan csapadékos időjárás hatására ugyanakkor jelentősen megnőtt a levél-, szár- és kalászbetegségek, valamint a szárdőlés mértéke, amely ugyancsak termés-csökkentő tényezőként jelentkezett. Az átlagos 2011. évben

(3. ábra) a búza állományoknak minden időszakban elegendő talajnedvesség állt rendelkezésre, ami lehetővé tette a megfelelő tápanyagfelvételt is. A betakarítás utáni talajszelvény fő gyökérszónájának (20–100 cm) talajnedvességi értékeinek holtvíztartalomig történő csökkenése a nagy termés nagyobb vízfelvételét bizonyította.

2. ábra. A talajnedvesség változása a vegetációs periódus során
őszai búza állományban
(Debrecen, csernozjom talaj, 2010)

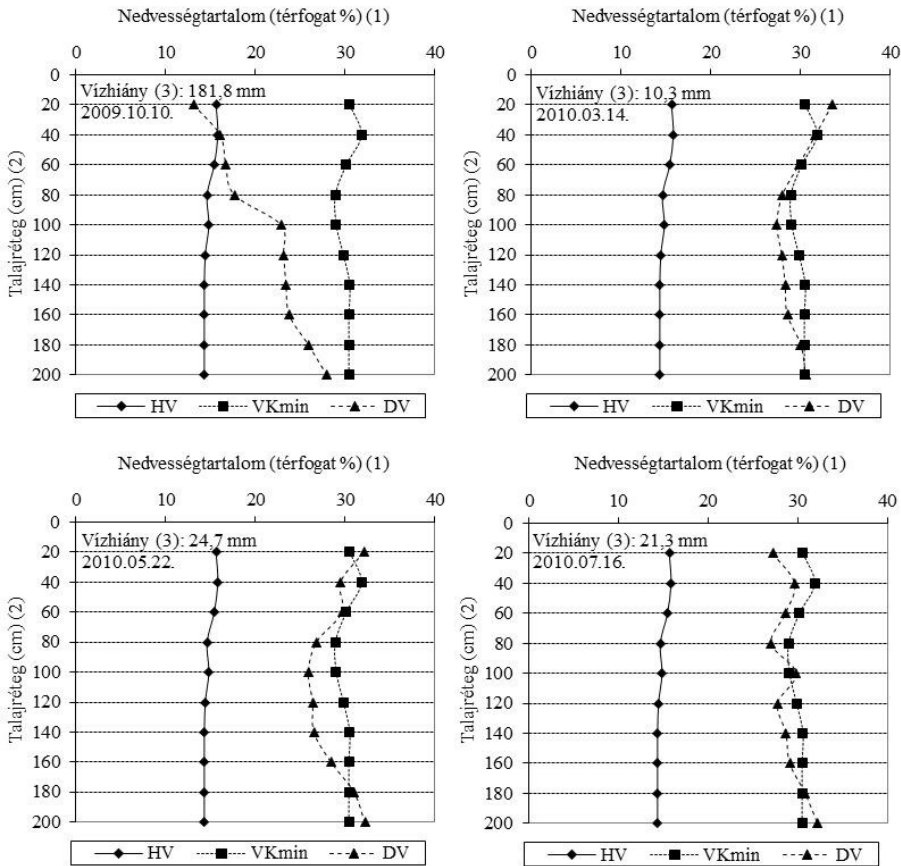


Figure 2. Change of soil moisture during the vegetation period in winter wheat (Debrecen, chernozjom soil, 2010). (1) Soil moisture content (bulk density), (2) Soil layer (cm), (3) Water shortage

3. ábra. A talajnedvesség változása a vegetációs periódus során
őszi búza állományban
(Debrecen, csernozjom talaj, 2011)

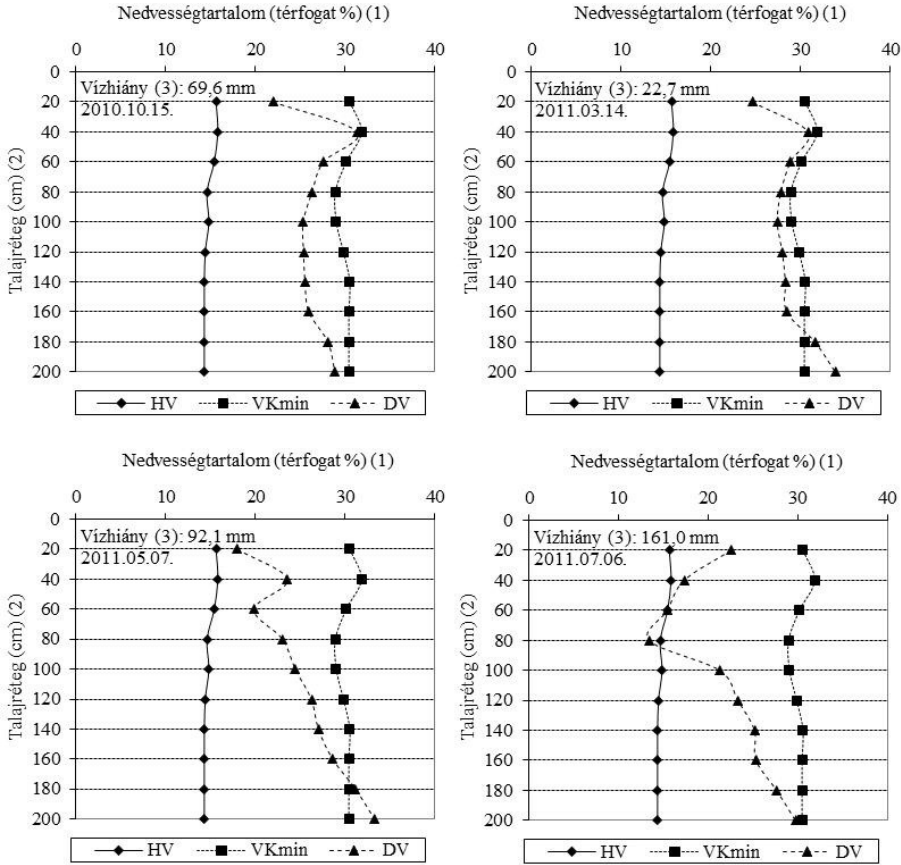


Figure 3. Change of soil moisture during the vegetation period in winter wheat (Debrecen, chernozem soil, 2011). (1) Soil moisture content (bulk density), (2) Soil layer (cm), (3) Water shortage

A vizsgált évjáratokban kiszámítottuk a különböző talajmintavételi időpontokban a vízhíányt (vízhíány= VK_{\min} -aktuális nedvesség), melyet a 6. táblázat tartalmazza. Az egyes évjáratok között szignifikáns különbségek állapíthatók meg. A búza termésképződése szempontjából legfontosabb időszakban, májusban a vízhíány a száraz évjáratban (2003. év) 253,9 mm, a csapadékos évjáratban (2010. év) 24,7 mm, az átlagos évjáratban (2011. év) pedig 92,1 mm volt.

Az évjáratí különbségek megmaradtak a betakarításig (329,9 mm, 21,3 mm és 161,0 mm).

6. táblázat. Az őszi búza vízhiánya eltérő vízellátottságú évjáratokban (Debrecen, csernozjom talaj, 2003, 2010, 2011)

Mintavétel ideje (1)	Vízhiány (mm) (2)		
	2003	2010	2011
Vetés után (3)	128,0 (10. 19.)	181,8 (10. 10.)	69,6 (10. 15.)
Kora tavasszal (4)	91,2 (03. 22.)	10,3 (03. 14.)	22,7 (03. 14.)
Május (5)	253,9 (05. 10.)	24,7 (05. 22.)	92,1 (05. 07.)
Betakarítás után (6)	339,9 (07. 03.)	21,3 (07. 16.)	161,0 (07. 06.)

Table 6. Water shortage of winter wheat in crop years with different water supply (Debrecen, chernozem soil, 2003, 2010, 2011). (1) Time of sampling, (2) Water shortage (mm), (3) After sowing, (4) Early spring, (5) May, (6) After harvesting

Vizsgálati eredményeink szerint az évhatás és a trágyázás jelentős mértékben befolyásolta a búza vízhasznosítási értékeit (WUE) (4. ábra).

4. ábra. Az évjárat és trágyázás hatása a GK Öthalom őszi búza fajta fajlagos vízhasznosítására (WUE) (Debrecen, csernozjom talaj, 2003, 2010, 2011)

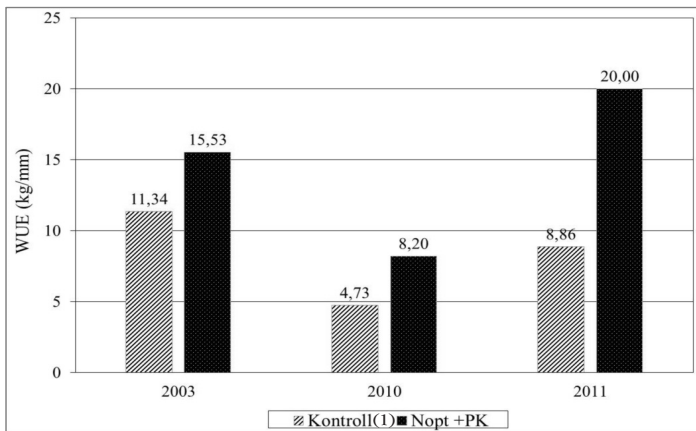


Figure 4. The impact of crop year and fertilisation on the specific water utilisation efficiency (WUE) of the winter wheat variety GK Öthalom (Debrecen, chernozem soil, 2003, 2010, 2011). (1) Control

A legkedvezőbb WUE értékeket az átlagos évjáratban kaptuk (8,86–20,00 kg/mm), míg a legkisebbet a csapadékos 2010. évben (4,73–8,20 kg/mm). Az őszi búza kedvező klimatikus adaptációs képességét, relatíve jó szárazságtűrését bizonyították a száraz évjáratban (2003. év) kapott relatíve magas WUE értékek (11,34–15,53 kg/mm).

Következtetések

Tartamkísérletben, csernozjom talajon, eltérő típusú évjáratokban (száraz, csapadékos, átlagos vízellátású) vizsgáltuk a GK Öthalom őszi búza fajta reakcióját a talajnedvesség változására. Az évjárat és a trágyázás egyaránt befolyásolta a búza termését, a műtrágya optimális adagját, valamint a trágyázás termésteöbbletét. Száraz évjáratban a GK Öthalom fajta termésmaximuma 4,3 t/ha, csapadékos évjáratban 5,2 t/ha, átlagos évjáratban pedig 6,8 t/ha. *Galka* (1991) és *Czyz* (1994) kísérleteihez hasonlóan tehát szoros kölcsönhatást lehetett megállapítani az évjárat és a talaj vízellátottsága, valamint a búza tápanyaghasznosítása között. A műtrágyázás termésteöbblete száraz évjáratban 1,2 t/ha, csapadékos évjáratban 2,2 t/ha, átlagos évjáratban pedig 3,8 t/ha volt. *Catargin* és *Rusan* (1996) eredményeivel ellentétben a talaj nedvességtartalma és a búza termése között összefüggést lehetett felállítani. Ez a kutatási eredmény megegyezett *Stephens et al.* (1989), *Müller* és *Tille* (1990) és *Pepó* (2003) kutatási eredményeivel, akik bizonyították a talajnedvesség-termés közötti összefüggést.

Vizsgálati eredményeink szerint az évjárat vízellátottsága befolyásolta a búza kórtani fertőzöttségét és megdőlését. Csapadékos évjáratban (2010. év) a GK Öthalom fajta termésesökkenését a nagyobb infekció és megdőlés okozta.

A GK Öthalom búza fajtánál bizonyítottuk, hogy adott évjáraton belül optimalizált műtrágyázással jelentősen javítani lehetett a növény fajlagos vízhasznosítását. A kontroll (műtrágya nélkül) kezelésben a WUE értékek száraz, csapadékos és átlagos évjáratban 11,34 kg/mm, 4,73 kg/mm és 8,86 kg/mm voltak, amely értékek jelentősen nőttek az $N_{opt}+PK$ kezelésben (18,53 kg/mm, 8,20 kg/mm, 20,00 kg/mm). A búza relatíve kedvező szárazságtűrését a száraz évjáratban kapott kedvező WUE értékek bizonyították.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- Catargin, D.–Rusan, M.*: 1996. Agronomic aspects on the effects of specific rotations and long-term rotations on winter wheat crops on the Suceava Plateau. *Analele Institutului de Cercetari pentru Cereale si Plante Tehnice*. Fundulea. 63: 135–151.
- Czyz, E.*: 1994. Effect of the various mineral fertilization and watering on the soil moisture and plant yields. Third symposium on „Climate of the cultivated field”. Pulawy. Poland. 15–16 Oct 1992. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych*. 405: 55–61.
- Debreczeni B.–Debreczeni B.-né*: 1983. Tápanyag- és vízellátás kapcsolata. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Galka, A.*: 1991. Effect of fertilizers and irrigation on soil moisture content and the dynamics of root mass in winter wheat. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im Hugona Kollataja w Krakowie*. Sesja Naukowa. 27: 235–245.
- Gonzalez, J. A. – Bruno, M. – Valoy, M. – Prado, F. E.*: 2010. Genotypic Variation of Gas Exchange Parameters and Leaf Stable Carbon and Nitrogen Isotopes in Ten Quinoa Cultivars Grown under Drought. *J. Agron. Crop. Sci.* 0931–2250.
- Huang, X. – Xiao, X. – Zhang, S. – Korpelainen, H. – Li, C.*: 2009. Leaf morphological and physiological responses to drought and shade in two *Populus cathayana* populations. *Biol. Plant.* 53. 3: 588–592.
- Lebed, E. M. – Belogurov, V. A. – Pridvorev, N. I. – Sokryta, I. F. – Solyanik, B. G. – Suvorinov, A. M.*: 1989. Water supply and yielding capacity of winter wheat after different preceding crops. *Vestnik Selskokhozyaistvennoi Nauki Moskva*. 1: 144–147.
- Müller, L. – Tille, P.*: 1990. Effects of substrate and water regime on the crop yield of a heterogenous alluvial soil in need of amelioration. *Archiv fur Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde*. 34. 2: 103–112.
- Pepó P.*: 2003. Talajnedvesség vizsgálatok csernozjom talajon őszi búzánál. [In: Csorba G. et al. III. Növénynevelési Tudományos Nap. Szántóföldi növények tápanyagellátása.] Budapest. 22–28.
- Shao, H. B. – Liang, Z. S. – Shao, M. A. – Wang, B. C.*: 2005. Changes of some physiological and biochemical indices for soil water deficits among 10 wheat genotypes at seedling stage, *Colloids Surf. B: Biointerfaces*. 42. 2: 107–211.

- Soltani, A.–Sinclair, T. R.*: 2012. Modeling Physiology of Crop Development. Cambridge. MA: Growth and Yield. CAB International.
- Stephens, D. J.–Lyons, T. J.–Lamond, M. H.*: 1989. A simple model to forecast wheat yield in Western Australia. Journal of the Royal Society of Western Australia. 71. 2–3: 77–81.
- Várallyay, Gy.*: 1994. Soil databases, soil mapping, soil information and soil monitoring systems in Hungary. FAO/ECE Intern. Workshop on Harmonization of Soil Conservation Monitoring Systems. Budapest, 14–17 Sept 1993. RISSAC. Budapest. 107–124.
- Várallyay, Gy.*: 1997. Environmental relationships of soil water management. Proc. 2nd Int. Seminar on Soil, Plant and Environment Relationships. Debrecen. 1997. Current Plant and Soil Science in Agriculture. 1–2: 7–32.
- Walsh, O. S.–Klatt, A. R.–Solie, J. B.–Godsey, C. B.–Raun, W. R.*: 2013. Use of soil moisture data for refined Greenseeker sensor based nitrogen recommendations in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Precision Agriculture. 14. 3: 343–356.
- Zhang, Y. X.–Wu, J. C.–Cao, F. L.–Zhang, Y. P.*: 2010. Effects of water stress on photosynthetic activity, dry mass partitioning and some associated metabolic changes in four provenances of neem (*Azadirachta indica* A. Juss). Photosynthetica. 48. 3: 361–369.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

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

Környezeti tényezők és az alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica néhány fiziológiai tulajdonságára és a termésre

SZÉLES ADRIENN-HORVÁTH ÉVA

Debreceni Egyetem MÉK,

Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Kutatásunk a kukorica hibridek fiziológiai válaszreakcióinak vizsgálatára és a termés alakulására irányultak a termőhely klimatikus tényezőinek és az alap- és fejtrágyázás hatására. A klorofilltartalom-mérések (SPAD-érték) és nitrogéntartalom közötti kapcsolat tanulmányozására összpontosítottunk, hogy meghatározzuk a precíziós kukoricatermesztésben javasolt N-műtrágya-mennyiséget és annak kellő időben történő kijuttatását, hozzájárulva az N-műtrágya hatékonyságának növeléséhez, a termés előrejelzéséhez és a trágyázási szaktanácsadói tevékenységhez, illetve a kukorica vízhiány-stressz meghatározására a sztómakonduktancia vizsgálattal, amely segítséget nyújthat egy költségtakarékos öntözési terv kialakításához.

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Kísérleti Telepén, mészlepedékes csernozjom talajon, kispárcellás kísérletben, 2019. évben, a Renfor (FAO 320) és a Fornad (FAO 420) hibridek bevonásával végeztük. A műtrágyázás nélküli kezelés mellett, a tavaszi alaptrágyaként kijuttatott 60 és 120 kg N/ha dózist kétszeri fejtrágyázás követte V6 és V12 fenofázisban, mennyisége +30 és +30 kg N/ha volt.

A fenológiai fázisok előrehaladtával a növények sztómái egyre inkább záródtak, csökkent a sztomatikus vezetőképességük. A hibridek eltérően reagáltak a környezeti stresszhatásokra. A Renfor (FAO 320) hibridnél a legmagasabb vezetőképesség a V8 fenofázis, V6₁₅₀ kezelésében (669 mmol/m^{2·s}) volt. A sztómák nyitottabbak voltak a magas turgornyomás következtében, így a növények megfelelően tudtak párologtatni. A növény a legrosszabb fiziológiai állapotban a V14 fenológiai szakaszban, vagyis az utolsó levél megjelenésekor (224 mmol/m^{2·s}) a 120 kg N/ha alapidózisú (A₁₂₀) kezelésben

volt. Már a V10 fenofázisban mért érték kimutatta, hogy a növény önszabályozó rendszere következtében záródtak a sztómák. A mérést követően szükség lett volna az öntözővíz kijuttatására. Fornad (FAO 420) hibridnél a legmagasabb vezetőképesség a V8 fenofázisban ($630 \text{ mmol/m}^{2\text{s}}$), 90 kg N/ha kezelésben (V_{690}), míg a legalacsonyabb ($183 \text{ mmol/m}^{2\text{s}}$) az R1 fenofázisban, 60 kg N/ha alapkezelésben (A_{60}) volt. Ebben az esetben, a V8 fenológiai szakasz lett volna megfelelő az öntözővíz kijuttatására, ugyanis ezt követően záródni kezdtek a sztómák a számukra hasznosítható vízkészlet csökkenése miatt. Mindez alátámasztja azt a megállapítást, hogy a sztomatikus vezetőképesség mérésével a kialakuló vízstressz kimutatása megvalósítható.

A kukorica hibridek klorofill SPAD-értéke is jól jelezte a korlátozott vízellátás okozta N-tápanyagfelvétel mérséklődését a V12 és R1 fenológiai szakasz között. A hosszabb tenészszeledejű Fornad (FAO 420) hibrid N-tápanyagfelvétele lassabb volt, mint a rövidebb tenészszeledejű Renfor (FAO 320) hibridé.

Az alap- és fejtrágyázás eltérő módon befolyásolta a hibridek termését. A hosszabb tenészszeledejű Fornad (FAO 420) hibrid esetében a 120 kg N/ha alapidózisra (A_{120}) kijuttatott korai +30 kg N/ha fejtrágyázás (V_{6150} ; $P < 0,05$), míg a rövidebb tenészszeledejű Renfor (FAO 320) hibridnél az A_{120} kezelés ($P < 0,05$) eredményezte a legnagyobb termésmennyiséget. A Fornad (FAO 420) kukorica hibrid terméselőnye – minden kezelésben – jelentős volt a Renfor (FAO 320) kukorica hibriddel szemben.

Az eredményeink egy év mérési eredményein alapulnak, ezért óvatos következtetések levonására vállalkoztunk. A tudományos kutatást tovább kell folytatni, hogy még pontosabb képet kapjunk a kukorica hibridek klimatikus tényezőkre adott fiziológiai válaszreakcióiról.

Kulcsszavak: alap- és fejtrágyázás, SPAD-érték, sztomatikus vezetőképesség, növényi stressz

The impact of environmental factors and basal and top dressing on certain physiological characteristics and the yield of maize

A. SZÉLES-É. HORVÁTH

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

Summary

Our research focused on the study of the physiological responses of maize hybrids and the evolution of yield as a result of the climatic factors of the production site, as well as basal and top-dressing. We focused on studying the relationship between chlorophyll content measurements (SPAD value) and nitrogen content to determine the amount of N-fertilizer recommended in precision maize cultivation and its timely application, contributing to increasing N-fertilizer efficiency, yield forecasting, and fertilizer application consultancy, as well as to determine maize drought stress by stomatal conductance analysis, which can help develop a cost-effective irrigation plan.

Our experiments were performed at the Experiment Site of the University of Debrecen, on calcareous chernozem soil, in a small plot experiment in 2019, involving Renfor (FAO 320) and Fornad (FAO 420) hybrids. In addition to the treatment without fertilization, the doses of 60 and 120 kg N ha⁻¹ applied as spring basic fertilizer were followed by double top dressing in the V6 and V12 phenophases. The applied amounts were +30 kg N ha⁻¹ in each phase.

As the phenological phases progressed, the stomas of the plants became more and more closed, and their stomatal conductance decreased. Hybrids responded differently to environmental stressors. The Renfor (FAO 320) hybrid had the highest conductance in the V6₁₅₀ treatment of the V8 phenophase (669 mmol/m²s). The stomata were more open due to high turgor pressure, i.e. crops could evaporate properly. Crops were in the worst physiological condition in the V14 phenological stage, i.e. at the appearance of the last leaf (224 mmol/m²s) in the 120 kg N ha⁻¹ basal dose (A₁₂₀) treatment. Even the value measured in the V10 phenophase showed that the stomas closed due to the self-regulatory system of the plant. After the measurement, it would have been necessary to apply irrigation water. The hybrid Fornad (FAO 420) showed the highest conductivity in the V8 phenophase (630 mmol/m²s), in the 90 kg N ha⁻¹ treatment

(V_{60}), while the lowest ($183 \text{ mmol/m}^{2\cdot\text{s}}$) in the R1 phenophase, in the 60 kg N ha^{-1} basal treatment (A_{60}). In this case, the phenological stage V8 would have been appropriate for the application of irrigation water, since the stomata began to close after this point due to the decrease in the water supply. These findings support the conclusion that water stress can be detected early on by measuring the stomatal conductivity.

The chlorophyll SPAD value of maize hybrids was also a good indicator of the decrease in N nutrient uptake between the V12 and R1 phenological stages caused by limited water supply. The N nutrient uptake of the longer maturity hybrid Fornad (FAO 420) was slower than that of the shorter maturity hybrid Renfor (FAO 320).

Basal and top dressing affected the yield of hybrids in different ways. For the longer maturity hybrid Fornad (FAO 420), the early $+30 \text{ kg N ha}^{-1}$ top-dressing (V_{6150} ; $P < 0.05$) was applied in addition to the 120 kg N ha^{-1} basal dose (A_{120}), while for the shorter maturity hybrid Renfor (FAO 320), the A_{120} treatment ($P < 0.05$) resulted in the highest yield. The yield advantage of the Fornad (FAO 420) maize hybrid was significant over the Renfor (FAO 320) maize hybrid in all treatments.

Our results are based on one year of measurement results, i.e. we had to draw cautious conclusions. Scientific research needs to be continued to obtain an even more accurate picture of the physiological responses of maize hybrids to climatic factors.

Key words: basal and top dressing, SPAD readings, stomatal conductance, plant stress

Влияние факторов окружающей среды, основного удобрения и подкормки на некоторые физиологические свойства кукурузы и урожай

А. СЕЛЕШ–Е. ХОРВАТ

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

Резюме

Наше исследование было направлено на изучение физиологической ответной реакции гибридов кукурузы и формирования урожая под влиянием климатических

факторов места выращивания а также основного удобрения и подкормки. Фокусировались на изучении связи между измерением содержания хлорофилла (SPAD-показатели) и содержанием азота, чтобы определить предложенное в прецизионном выращивании кукурузы количество искусственного удобрения N и внесение этого в нужное время, способствуя этим увеличению эффективности искусственного удобрения N, для прогнозирования урожая и консультирования внесения удобрений, а также для определения стресса от нехватки воды для кукурузы с исследованием кондуктанции stomы, с помощью чего можем предложить экономичный план орошения.

Наши исследования проводили на чернозёмной с известковым налётом почве на опытной базе Дебреценского Университета в опыте с малыми парцеллами, в 2019 году, с использованием гибридов «Renfor» (FAO 320) и «Fornad» (FAO 420). Вместе с обработками без искусственных удобрений, за весенними основными удобрениями дозой 60 и 120 kg N/ha дважды применяли подкормку в фенофазе V6 и V12, которая была в количестве +30 и +30 kg N/ha.

С продвижением фенологических фаз stomы растений всё больше закрывались, уменьшилась их stomатическая проводимость. Гибриды по-разному реагировали на влияния стрессов окружающей среды. У гибрида «Renfor» (FAO 320) самая высокая проводимость была в фенофазе V8, доза V6₁₅₀ (669 mmol/m^{2-s}). Stомы были более открыты вследствие высокого напора тургора, так растения могли соответственно транспирировать. Растение в самом плохом физиологическом состоянии в фенофазе V14, т.е. при появлении последнего листа было в обработке основной дозой (224 mmol/m^{2-s}) 120 kg N/ha (A₁₂₀). Уже в фенофазе V10 измеренные величины показали, что вследствие системы саморегуляции растения stomы закрываются. После измерения было бы необходимо внесение оросительной воды. У гибрида «Fornad» (FAO 420) самая высокая проводимость была в фенофазе V8 (630 mmol/m^{2-s}), а в дозе 90 kg N/ha (V6₉₀), и самая низкая (183 mmol/m^{2-s}) в фенофазе R1, а 60 kg N/ha в основной дозе (A₆₀) было. В этом случае, фенологическая фаза V8 была бы подходящей для орошения, так как после этого начали закрываться stomы из-за уменьшения запаса используемой воды. Всё это подтверждает вывод, что измерением stomатической проводимости можно показать формирующийся водный стресс.

Величина-SPAD хлорофилла кукурузных гибридов также хорошо показала уменьшение, причинённое органическим обеспечением водой, приёма питательного вещества N в этапы между V12 и R1. Усвоение питательного вещества N у более длительного вегетационного периода гибрида «Fornad» (FAO 420) было медленнее, чем у более короткого вегетационного периода гибрида «Renfor» (FAO 320).

Основное удобрение и подкормка по-разному влияли на урожай гибридов. В случае гибрида более длительного вегетационного периода «Fornad» (FAO 420) внесенные на 120 kg N/ha основного удобрения (A_{120}) ранние +30 kg N/ha подкормки ($V6_{150}$; $P<0,05$), а у гибрида с более коротким вегетационным периодом «Renfor» (FAO 320) обработка A_{120} ($P<0,05$) дали самое большое количество урожая. Прибавка урожая кукурузного гибрида «Fornad» (FAO 420) – во всех дозах – было значительной по сравнению с гибридом «Renfor» (FAO 320).

Наши результаты основаны на измерениях одного года, поэтому мы очень осторожно можем сделать выводы. Надо и дальше продолжать научное исследование, чтобы смогли получить более точную картину о физиологических ответных реакциях кукурузных гибридов на климатические факторы.

Ключевые слова: основное удобрение и подкормка, SPAD-величина, stomатическая проводимость, стресс растения

Bevezetés

A kukorica világszerte – a búza és a rizs mellett – a legfontosabb termesztett növény (*Campos et al. 2004, Long et al. 2006, Steduto et al. 2012*), a FAO (2017) első helyre sorolta a három fő növény közül. Az állati takarmány kulcsfontosságú összetevője (*Shiferaw et al. 2011, Malaviarachchi et al. 2014*). A kukorica szerepe az emberiség élelmezésben is rendkívül fontos. A 300 ezer ehető növényfajból 200-at fogyasztunk, ebből a kukorica, a búza és rizs az étrend 60%-át teszi ki. Az éhséggel küzdő országokban a kukorica termésének 80–90%-át emberi táplálékként hasznosítják. Ezért létfontosságú a kukorica termésátlagának és termésstabilitásának növelése.

Jelenleg az éghajlatváltozás okozta kedvezőtlen időjárási szélsőségek, a szárazság és a vízhiány a növények élettani folyamatainak, növekedésének és terméshozamának kritikus akadály a világ számos részén (*Xu et al. 2008, Spitkó et al. 2013, Avramova et al. 2015, Mukesh et al. 2017, Song et al. 2018*). Az éghajlati felmelegedés súlyosbíthatja az aszálykárokat, mivel tovább csökkenti a talajnedvesség elérhetőségét (*Iversen és Norby 2014, Lobell et al. 2014*).

A növény igényének megfelelő mennyiségű tavaszi N-alap- és fejtrágyázás alkalmazása csökkenti a nitrogénvesztést, növeli a nitrogénellátás hatékonyságát, javítja a tápanyagellátás gazdaságosságát, a termés nagyságát, egybe-

vetve a termelés hatékonyságát (Tóth 2002, Nagy 2019). A túlzott vagy szak-szerűtlen használata komoly problémát jelent a levegő- (Snyder et al. 2009) és a víz (Quemada et al. 2013) szennyezésében. A talaj- és növényelemzés alapján az N-mennyiség hagyományos módszerekkel mérhetőek, azonban ezek az eljárások költség- és időigényesek. Az optikai tulajdonságokon alapuló gyors és roncsolásmentes módszerek alternatív megoldásként rendelkezésre állnak, és megbízható becslést adnak a növény állapotáról (Padilla et al. 2018).

A sztomatikus vezetőképesség olyan fiziológiai tulajdonság, amely befolyá-solja a terméshozamot az aszály stressz alatt (Anda és Lőke 2002, Boldizsár 2007, Bahar et al. 2009, Anda et al. 2010, Sabagh et al. 2017). A sztóma vezető-képesség mérésével, még a tünetek megjelenése előtt kimutatható a növényi stressz (O'Toole és Cruz 1980, Zheng et al. 2013). Ugyanis a vízhiány növeli a sztóma sűrűségét és csökkenti a sztómák méretét, jelezve a növények alkal-mazkodását az aszály stresszhez (Martinez et al. 2007, Nemeskéri és Helyes 2019). A talaj nedvességének csökkenése a sztóma nyílások és a sztomatikus ve-zetőképesség csökkenéséhez vezet (Songsri et al. 2013). Összefüggést muta-tott ki Matsumoto et al. (2005) a sztomatikus vezetőképesség és a levelek klorofilltartalma között, illetve Bahar et al. (2009) a korai R3 szakaszban nem szignifikáns pozitív összefüggést és a késői R3 szakaszban pedig negatív nem szignifikáns összefüggést a sztomatikus vezetőképesség és a hozam között.

A kutatásunk a kukorica hibridek fiziológiai válaszreakcióinak vizsgálatára irányultak a termőhely klimatikus tényezőinek hatására. A SPAD-mérések és nitrogéntartalom közötti kapcsolat tanulmányozására összpontosítottunk, hogy meghatározzuk a precíziós kukoricatermesztésben javasolt N-műtrágya-mennyiséget és annak kellő időben történő kijuttatását, hozzájárulva az N-mű-trágya hatékonyságának növeléséhez, a termés előrejelzéséhez és a trágyázási szaktanácsadói tevékenységhez, illetve a kukorica vízhiány stressz meghatáro-zására a sztómakonduktancia vizsgálattal, amely segítséget nyújthat egy költ-ségtakarékos öntözési terv kialakításához.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Kísérleti Telepén (47° 33' É, 21° 26' K, magasság 111 m), mérsékelt meleg, száraz termesztési körzetben, mészle-pedékes csernozjom talajon beállított többtényezős, négyismétléses, sávos el-rende-zésű kisparcellás szántóföldi tartamkísérletben végeztük 2019-ben,

természetes csapadékellátottság mellett, eltérő FAO számú hibridek (Renfor, FAO 320 és a Fornad, FAO 420) alkalmazásával.

A kísérlet talaja

A 2012. évi talajvizsgálati eredmények alapján a talaj átlagos pH_{KCl} értéke 6,6 (gyengén savanyú kémhatású), ami a növények tápanyagfelvétele szempontjából optimális. A talaj felső (20 cm) rétegében az Arany-féle kötöttségi szám 39, a vízben oldható sók (anionok és kationok) összes mennyisége 0,04%, amely kis sótartalmat jelent. A szénsavas mésztartalom a talaj felső 80 cm-ében 0% körül van (mészhiányos), de 100 cm-től 12% (közepesen meszes). A szervesanyag-tartalom a talaj felső 20 cm-es rétegében 2,3%, a 120 cm-es mélységében nem haladja meg az 1,0%-ot. A talaj kálium ellátottsága jó, P-ellátottsága közepes. A talaj kedvező vízbefogadó és jelentős víztartó képességgel rendelkezik. A tartamkísérletben termesztett növények vízellátása szempontjából mértékadó talajszelvényben (0–2 m) a talaj mintegy 600–700 mm vizet képes megtartani, tárolni, amelynek kb. 65%-a a diszponibilis víz mennyisége. A kísérleti területen a talajvíz átlagos mélysége 3–5 m (Pepó és Csajbók 2014).

A kísérleti tér jellemzői

A szántóföldi kísérletben a műtrágyázás nélküli (kontroll) kezelés mellett a műtrágya-adagok alap- és fejtrágyaként megosztva kerültek kijuttatásra az alábbiak szerint:

- alaptrágyázás: A_0 =műtrágyázás nélküli kontroll; A_{60} =60 kg N/ha, A_{120} =120 kg N/ha;
- fejtrágyázás V6 fenofázisban: $V_{6_{90}}$ = A_{60} +30 kg N/ha, $V_{6_{150}}$ = A_{120} +30 kg N/ha;
- fejtrágyázás V12 fenofázisban: $V_{12_{120}}$ = $V_{6_{90}}$ +30 kg N/ha, $V_{12_{180}}$ = $V_{6_{150}}$ +30 kg N/ha.

A növényszám 73 ezer növény/ha, az elővetemény kukorica volt. A kukorica vetése 2019. 04. 10-én történt. A betakarított szemtermést 14%-os nedveségtartalomra korrigálva adtuk meg.

A méréseket nem műtrágyázott (kontroll), A_{60} , A_{120} , $V_{6_{90}}$, és $V_{6_{150}}$ kezeléseket végeztük. A talajnedvességet a talaj 0–20 cm talajrétegében TDR talajnedvesség-mérő szondával és a sztóma vezetőképességet az Sc-1 Leaf Porometerrel határoztuk meg. A mérések hét időpontban, 6 leveles (V_6 , június 4.), 8 leveles (V_8 , június 12.), 10 leveles (V_{10} , június 18.), 12 leveles (V_{12} ,

június 24.) 14 leveles, amely egyben az utolsó levél megjelenése (V14, július 2.), 50%-os bibevirágzás (R1, július 10.) és a bibeszálak 75%-a barna (R1*, július 16.) fenofázisban történtek. A kukoricalevél relatív klorofill koncentrációját SPAD-502 (Minolta, Japán) típusú hordozható klorofill mérőműszerrel mértük a V6, V12 és R1 fenológiai szakaszokban. A méréseket *Costa et al.* (2001) útmutatása alapján a V6 és a V12 fejlettségi állapotban a legkésőbb megjelent teljesen kifejlett levélen, az R1 szakaszban a csónél lévő levélen, N-kezelésenként 20 növényen végeztük.

Az évjárat klimatikus jellemzése

Az időjárást a kísérleti területen elhelyezett automata időjárás állomás által mért és rögzített adatok alapján értékeltük. Az értékeket az 1981–2010 időszak átlagához viszonyítottuk (*Nagy 2019, Nagy et al. 2020*). A kukorica felhalmozott hőmennyiségének (Growing Degree Days, GDD) kiszámításához a CERES Maize modell algoritmusát alkalmaztuk (*Ritchie et al. 1994*).

$$GDD = \sum_{i=1}^8 GDD_i / 8 = \begin{cases} 0, & \text{if } T < 10^{\circ}\text{C} \\ T - T_{base}, & \text{if } 10^{\circ}\text{C} < T < 34^{\circ}\text{C} \\ (34 - T_{base}) * (1 - (T - 34) / 10) & \text{if } 34^{\circ}\text{C} < T < 44^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

A kukorica vízigénye hazánkban 460–580 mm (*Berzsenyi 2012*). A 2019 év tenyészidőszakát megelőző téli félévben kevés csapadék hullott, csupán 93,7 mm, ami az átlagosnál 113,3 mm-rel volt kevesebb. Ennek következtében a talajok mélyebb rétegeinek feltöltődése nem volt megfelelő.

2019. év tenyészidőszak csapadékösszege (357 mm) 11 mm-rel haladta meg az átlagot (346 mm). Az április az átlagosnál enyhébb és szárazabb volt. A májust azonban csapadékos, hűvös időjárás jellemezte, 104 mm csapadék hullott, egyenletes eloszlásban, ami közel duplája az átlagos májusi csapadékmennyiségnek. Júniusban a csapadék mennyisége nem érte el az átlagos mennyiséget (66 mm), 19 mm-el maradt el az átlagtól. A havi középhőmérséklet 21,9 °C volt, különösen a hónap középső dekádja volt meleg. A kukorica ebben az időszakban kevésbé érzékeny a szárazságra és a túlságosan magas hőmérsékletre, mint ezt megelőzően, illetve később a virágzás-terméskötés időszakában. Júliusban ismét bőséges csapadék hullott (116 mm), az átlagnak közel kétszerese, a hőmérséklet 0,8 °C-kal volt alacsonyabb. Az augusztust száraz, meleg időjárás jellemezte. A szeptember időjárása átlagosnak tekinthető. A tenyészidőszak GDD értéke 1462 °C volt (*1. ábra*).

1. ábra. A kísérleti tér időjárásának alakulása a kukorica tenyészidőszakában (Debrecen, 2019)

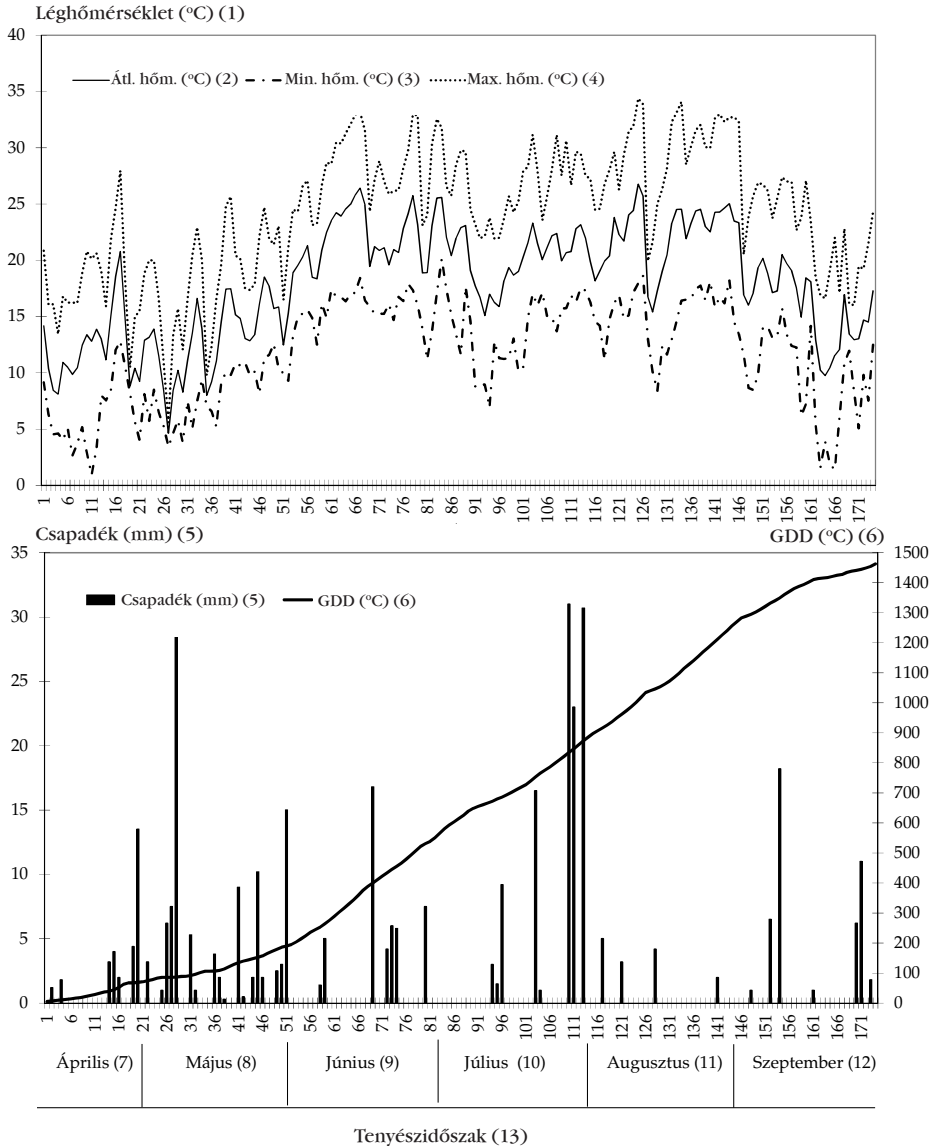


Figure 1. Weather of the experimental site in the growing season of maize (Debrecen, 2019). (1) Air temperature (°C), (2) Mean temperature (°C), (3) Minimum temperature (°C), (4) Maximum temperature (°C), (5) Precipitation (mm), (6) Growing degree days (°C), (7) April, (8) May, (9) June, (10) July, (11) August, (12) September, (13) Growing season

Statisztikai értékelés

A függő változó és a termesztési tényező közötti kapcsolatot általános lineáris modellel (GLM) értékeltük. A függő változók és a középértékeinek összehasonlítását Duncan-teszttel végeztük. A talajnedvesség és a sztomatikus vezetőképesség, illetve a léghőmérséklet és a sztomatikus vezetőképesség közötti kapcsolatot lineáris függvény segítségével értékeltük. A kiértékelést az SPSS for Windows 21.0 statisztikai programcsomaggal végeztük.

Eredmények

Sztomatikus vezetőképesség

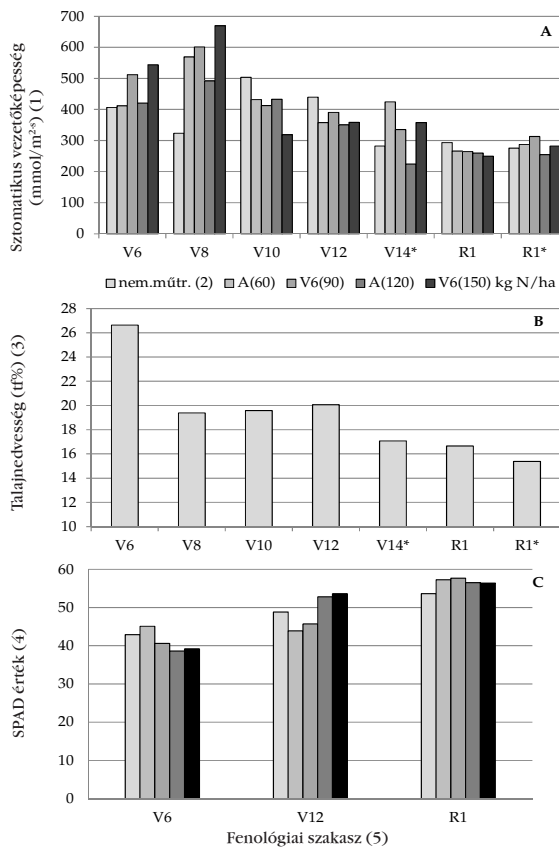
A kukorica hibridek egyes fejlődési szakaszaiban eltérő mennyiségű csapadék állt a növények rendelkezésére és a GDD-értékekben is jelentős volt az eltérés. A vezetőképesség értékek V6 és az R1* fenológiai szakasz között tág határok között mozogtak. Az intervallum alsó értéke 183 mmol/m^{2·s} és a felső értéke 669 mmol/m^{2·s} volt.

A vetéstől a V6 fenológiai szakaszig lehullott 134 mm csapadék, a 236 °C GDD-érték és a sztomatikus vezetőképesség mérések alapján megállapítható volt, hogy a V6 fenofázisban a kukorica hibridek számára megfelelőek voltak a környezeti feltételek. Az alacsonyabb sztomatikus vezetőképesség hibridenként eltérő tápanyagszinten alakult ki, a Fornad (FAO 420) hibrid esetében V6₁₅₀ kezelésben (413 mmol/m^{2·s}), míg a Renfor (FAO 320) hibridnél a nem műtrágyázott kezelésben (406 mmol/m^{2·s}). A legmagasabb érték azonban ellentétesen alakult, ugyanis a legmegfelelőbb környezeti feltétel az adott időpontban a Fornad (FAO 420) hibridnek a nem műtrágyázott (590 mmol/m^{2·s}) kezelésben, míg a Renfor (FAO 320) hibridnek a V6₁₅₀ kezelésben (544 mmol/m^{2·s}) volt (2A–3A. ábra). Az alap- és fejtrágya-kezelések átlagában a Fornad (FAO 420) hibrid jobban reagált a környezeti hatásokra, mint a Renfor (FAO 320) hibrid. A különbség 54 mmol/m^{2·s} volt.

A V6 és V8 fenológiai szakasz között 6 mm csapadék hullott, 330 °C GDD-érték mellett. A Renfor (FAO 320) hibrid esetében a V8 fenofázisban a legalacsonyabb sztóma vezetőképesség érték (323 mmol/m^{2·s}) a nem műtrágyázott kezelésben, míg a legmagasabb a V6₁₅₀ kezelésben (669 mmol/m^{2·s}) volt kimutatható. A Fornad (FAO 420) hibrid eltérően reagált a környezeti feltételekre, ugyanis magas érték (564 mmol/m^{2·s}) alakult ki a nem műtrágyázott kezelés-

ben, bár a legmagasabb sztóma vezetőképesség ($630 \text{ mmol/m}^2\text{s}$) a V6₉₀ kezelésben volt mérhető. A műtrágya-kezelések átlagában – a V6 fenológiai szakaszhoz viszonyítva – jobb sztomatikus vezetőképességgel a Renfor (FAO 320) hibrid rendelkezett, a különbség a két hibrid között $45 \text{ mmol/m}^2\text{s}$ volt.

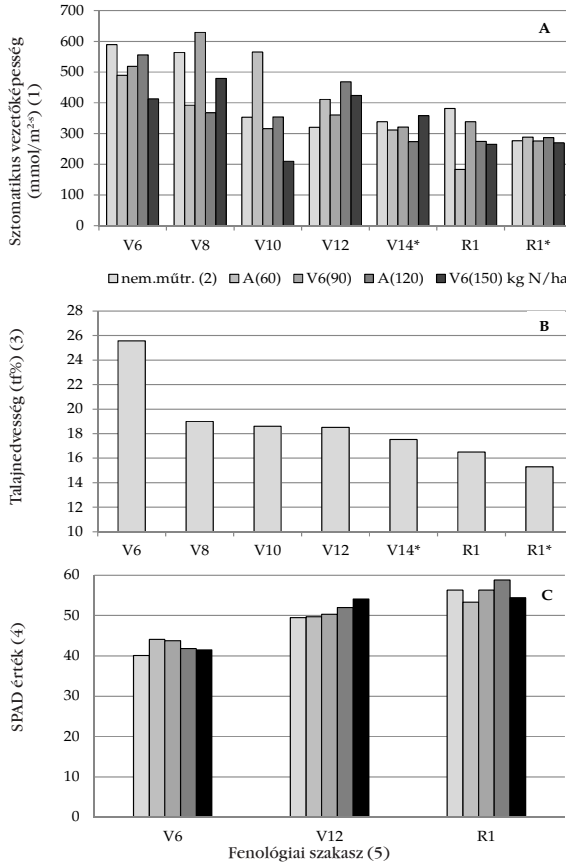
2. ábra. Sztomatikus vezetőképesség, talajnedvesség és a SPAD-érték alakulása a Renfor (FAO 320) kukorica hibrid különböző fenológiai szakaszaiban (Debrecen, 2019)



Jelmagyarázat: V14* az utolsó levél megjelenése, R1* bibeszálak 75%-a barna.

Figure 2. Stomatal conductance, soil moisture values and SPAD readings in the various phenophases of the maize hybrid Renfor (FAO 320) (Debrecen, 2019). (1) Stomatal conductance ($\text{mmol/m}^2\text{s}$), (2) Non-fertilised, (3) Soil moisture (vol%), (4) SPAD readings, (5) Phenophases, Legend: V14* appearance of the last leaf, R1* 75% of styles is brown.

3. ábra. Sztomatikus vezetőképesség, talajnedvesség és a SPAD-érték alakulása a Fornad (FAO 420) kukorica hibrid különböző fenológiai szakaszaiban (Debrecen, 2019)



Jelmagyarázat: V14* az utolsó levél megjelenése, R1* bibeszálak 75%-a barna.

Figure 3. Stomatal conductance, soil moisture values and SPAD readings in the various phenophases of the maize hybrid Fornad (FAO 420) (Debrecen, 2019). (1) Stomatal conductance (mmol/m²s), (2) Non-fertilised, (3) Soil moisture (vol%), (4) SPAD readings, (5) Phenophases, Legend: V14* appearance of the last leaf, R1* 75% of styles is brown.

Hat nappal későbbi mérés (V10) során – amely a vegetatív növekedés legintenzívebb szakasza, mialatt az előző fenológiai szakaszhoz képest több csapadék hullott (17 mm) és 410 °C hőegység akkumulálódott – mindkét hibrid esetében a V6₁₅₀ kezelésben alakult ki stresszhelyzet, amit jelzett az alacsony

sztóma vezetőképesség. Az adatok azonban azt is mutatták, hogy a rövidebb tenyészidejű Renfor (FAO 320) hibrid jobb sztóma vezetőképességgel ($319 \text{ mmol/m}^{2\text{s}}$) rendelkezett, mint a hosszabb tenyészidejű Fornad (FAO 420) hibrid ($210 \text{ mmol/m}^{2\text{s}}$). A növények legjobb fiziológiai állapota a Renfor (FAO 320) hibridnél a nem műtrágyázott ($503 \text{ mmol/m}^{2\text{s}}$) és a Fornad (FAO 420) hibridnél az A_{60} ($565 \text{ mmol/m}^{2\text{s}}$) kezelésben volt. Az alap- és fejtrágya kezeléseik átlagában, ebben a fenológiai szakaszban tovább nőtt a két hibrid közötti különbség. Eredményeink alátámasztják *EL-Sabagh et al.* (2017) eredményeit, miszerint a kukorica hibridek sztomatikus vezetőképessége között jelentős az eltérés. A Renfor (FAO 320) hibrid sztomatikus vezetőképessége $60 \text{ mmol/m}^{2\text{s}}$ volt jobb, mint a Fornad (FAO 420) hibridé.

A V10 és a V12 fenológiai szakasz között 16 mm csapadék hullott és az előző fenofázishoz képest a GDD-érték kisebb mértékben növekedett ($479 \text{ }^\circ\text{C}$). *Kaspar et al.* (2003) és *Kiss* (2012) kimutatta, hogy a V12 fenofázisban a tápanyag- és/vagy a vízhiány a potenciális termés kialakulásának kockázati tényezője. A sztóma vezetőképesség méréseink ebben a szakaszban már kimutatták a vízhiányt, a sztómák záródását. A rövidebb tenyészidejű Renfor (FAO 320) hibridnél minden tápanyagszinten jelentős volt a csökkenés, míg a hosszabb tenyészidejű Fornad (FAO 420) hibridnél a nem műtrágyázott és a tavaszi alapműtrágyaként kijuttatott 60 kg N/ha (A_{60}) kezelésben. A két hibrid sztomatikus vezetőképessége közötti különbség a műtrágya-kezelések átlagában csökkent, a különbség $17 \text{ mmol/m}^{2\text{s}}$ volt.

Az utolsó levél megjelenésének idején (V14) mindössze 8 mm csapadék hullott és jelentősen megnőtt a GDD érték ($581 \text{ }^\circ\text{C}$), 8 nap alatt 102 GDD halmozódott fel. A sztomatikus vezetőképesség azt mutatta, hogy mindkét hibridnél az A_{120} kezelésben alakult ki a legnagyobb stresszhelyzet. Ennek mértéke hibridenként eltérő volt. A Fornad (FAO 420) hibrid ($274 \text{ mmol/m}^{2\text{s}}$) jobban alkalmazkodott a stresszhelyzethez, mint Renfor (FAO 320) hibrid ($224 \text{ mmol/m}^{2\text{s}}$). Ebben a fenológiai szakaszban a sztomatikus vezetőképesség azonosan alakult mindkét hibridnél a műtrágyakezelés átlagában.

A R1 fenológiai szakaszban, amely a kukoricatermesztés legkritikusabb időszaka, a stresszhatások jelentősen csökkentik a csövenkénti szemszámot (*Westgate és Boyer 1985, Ritchie et al. 1997, Shim et al. 2017*). Ebben a fenológiai szakaszban nem hullott csapadék, a GDD érték $661 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra akkumulálódott. A hosszabb tenyészidejű Fornad (FAO 420) hibrid az A_{60} kezelésben ($183 \text{ mmol/m}^{2\text{s}}$) került leginkább stresszhatás alá, ekkor volt a növény a legrosszabb fiziológiai

állapotban. A mért sztomatikus vezetőképesség azonban $22 \text{ mmol/m}^2\text{s}$ -mal magasabb volt, mint Renfor (FAO 320) hibridnél a műtrágya-kezelések átlagában.

Az R1* fenofázisban, amikor a bibeszálak 75%-a már barnult volt, 14 mm csapadék hullott és $702 \text{ }^\circ\text{C}$ volt a GDD érték, hat nap alatt 42 GDD halmozódott fel, a műtrágyakezelések átlagában azonos volt a két hibrid sztomatikus vezetőképessége, eltérést a V6₉₀ és a V6₁₂₀ kezelésekben lehetett kimutatni.

Talajnedvesség és a léghőmérséklet hatása a sztomatikus vezetőképességre

A talaj nedvességtartalma kulcsfontosságú a sztóma szabályozásában (Reynolds *et al.* 2007, Anav *et al.* 2018), a súlyos vízhiány növekedési stádiumtól függetlenül jelentősen csökkenteti a sztomatikus vezetőképességet (Jiang *et al.* 2006, Zhao *et al.* 2014). Kísérletünkben a fenológiai fázisok előrehaladtával fokozatosan csökkent a talajnedvesség (2B–3B. ábra) és limitáló tényezővé vált, a növények vízstressz alá kerültek, csökkent a sztomatikus vezetőképesség. Mindkét hibridnél a sztómák bezáródtak, hogy csökkentsék a növényi transzspirációt.

Lineáris regresszióval vizsgáltuk a talajnedvesség és a sztomatikus vezetőképesség közötti kapcsolatot és az eredmények megegyeznek Miyashita *et al.* (2005) megállapításával, amely szerint a két tényező között közepes erősségű szignifikáns ($P < 0,001$) kapcsolat mutatható ki (4. ábra). A hőmérséklet és a sztomatikus vezetőképesség között is kimutatható volt a szignifikáns ($P < 0,01$) kapcsolat (5. ábra), a korreláció erőssége gyenge volt. A hőmérséklet növekedésének hatására zárultak a növények sztómái, ezáltal alacsonyabb volt a vezetőképességi érték.

Klorofilltartalom (SPAD-érték)

A V6 fenológiai szakaszban mindkét hibridnél az alap 60 kg N/ha (A₆₀) kezelésben volt a SPAD-érték a legmagasabb. A Fornad (FAO 420) hibrid esetében azonban szignifikánsan nem tért el a többi alap, illetve fejtrágya-kezelés SPAD-értékétől, míg a Renfor (FAO 320) hibrid SPAD-értéke megbízható eltérést ($P < 0,05$) mutatott a többi kezeléshez viszonyítva. A két hibrid között a V6₉₀ tápanyagszinten volt a legnagyobb eltérés, ahol a Fornad (FAO 420) hibrid SPAD-értéke 8,3%-kal (nem szignifikáns) haladta meg a Renfor (FAO 320) hibrid SPAD-értékét (2C–3C. ábra).

A V12 növekedési szakaszban ugyanazon tápanyagszinten (V6₁₅₀) volt mindkét hibridnél a legnagyobb a SPAD érték. Fornad (FAO 420) hibrid ezen

kezelés eredménye igazolt eltérést nem mutatott a többi kezeléshez képest. A Renfor (FAO 320) hibridnél a legnagyobb ($V_{6_{150}}$) és a statisztikailag igazolt ($V_{6_{90}}$, $P < 0,05$) legjobb eredményt nem ugyanazon kezelést biztosította. A két hibrid között a legnagyobb SPAD-érték különbség az A_{60} kezelésben volt. A Fornad (FAO 420) hibridnek 13,2%-kal ($P < 0,05$) volt magasabb a SPAD-értéke.

4. ábra. A talajnedvesség és a sztomatikus vezetőképesség közötti összefüggés

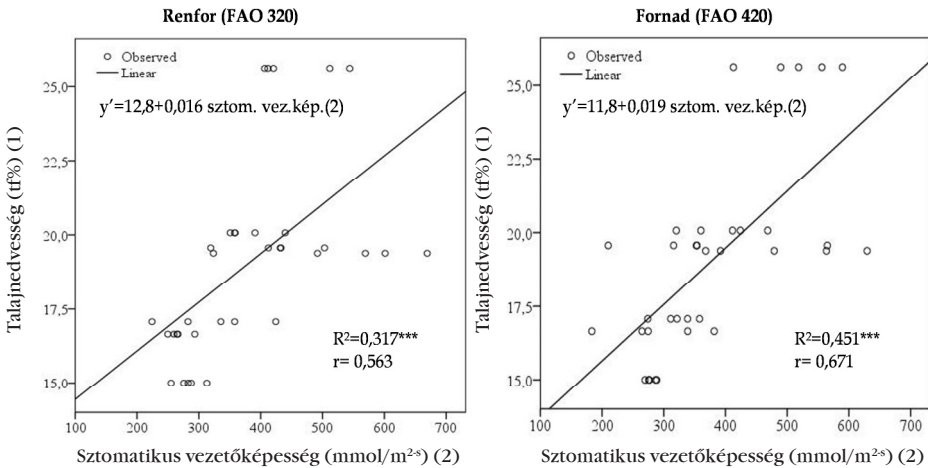


Figure 4. Correlation between soil moisture and stomatal conductance. (1) Soil moisture (vol%), (2) Stomatal conductance (mmol/m²s)

Az R1 fenofázisban a Renfor (FAO 320) hibridnél az alap 120 kg N/ha kezelés (A_{120}) biztosította a legnagyobb SPAD-értéket, míg a Fornad (FAO 420) hibridnél $V_{6_{90}}$ kezelés. Az alap- és fejtrágya-kezelések között azonban szignifikáns eltérés nem volt egyik hibrid esetében sem.

A V_6 , V_{12} és R1 fenológiai fázisokban – az alap- és fejtrágya kezelések általában – mért klorofill SPAD-értékek mindkét hibridnél különböztek ($P < 0,05$) egymástól, a legnagyobb SPAD-érték az R1 fenológiai szakaszban volt. A Fornad (FAO 420) kukorica hibrid klorofill SPAD-értéke a V_6 és a V_{12} fenofázisig terjedő időszakban nagyobb mértékben növekedett (20,8%; $P < 0,05$) mint a Renfor (FAO 320) hibridé (18,6%). A kukorica hibridek N-tápanyag felvétele azonban a V_{12} -től az R1 fenofázisig ellentétesen alakult, ugyanis a Fornad (FAO 420) hibrid klorofill SPAD értéke kisebb mértékben növekedett (9,2%; $P < 0,05$), mint a Renfor (FAO 320) hibridé (14,9%).

5. ábra. A hőmérséklet és a sztomatikus vezetőképesség közötti összefüggés

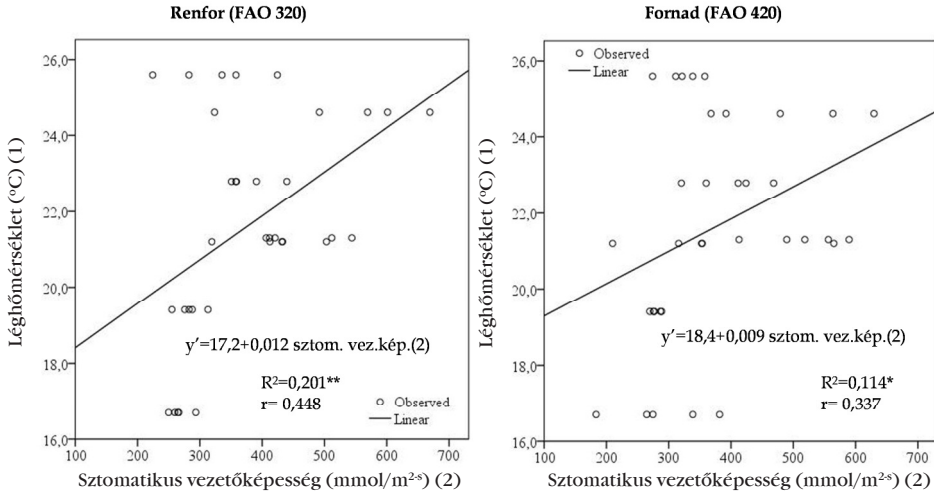


Figure 5. Correlation between temperature and stomatal conductance. (1) Temperature (°C), (2) Stomatal conductance (mmol/m²s)

Szemtermés

Számos kutatás bizonyította, hogy a tenyészedőszakban bekövetkezett vízhiány terméscsökkenő hatású (Zharfa et al. 2011, Pepó és Csajbók 2014, Széles et al. 2018, 2019), de a tápanyag-utánpótlással a kedvezőtlen hatás mérsékelhető (Debreczeniné 1999, Gyuricza 2005, Nagy 2007).

A varianciaanalízis eredménye kimutatta, hogy a kukorica termésére mindkét fő tényező (műtrágya, genotípus) szignifikáns ($P < 0,001$) hatással volt. A tényezők közül az Sum Squares érték alapján a műtrágya hatása volt a jelentősebb.

Eredményeink is igazolják Pepó (2017) megállapítását, miszerint a trágyázás terméscsökkentő hatását a vízellátás mértéke határozza meg. A Renfor (FAO 320) hibridnél a kontroll kezeléshez viszonyítva a 60 kg N/ha alaptrágyázás (A₆₀) 20,4%-kal növelte a termést ($P < 0,05$). Az A₆₀ és az A₁₂₀ alapkezelések közötti különbség 4,7%, a nagyobb alap dózis nem eredményezett szignifikáns növekedést. Az A₆₀ kg N/ha alapkezelés után a V6 fenofázisban kijuttatott 30 kg N/ha fejtrágya (V6₉₀) nem szignifikánsan csökkentette a termés nagyságát. Jelentős eltérés nem mutatkozott az A₁₂₀ kezelés és a V6₁₅₀ kezelés termése között, vagyis a 120 kg N/ha alap- + 30 kg N/ha fejtrágya mindössze 2,1%-os növe-

kedést biztosított. A legnagyobb termés és a statisztikailag igazolt legnagyobb termés nem esett egybe. A V6₁₅₀ kezelés (10,985 t/ha) biztosította a legnagyobb termést, azonban szignifikánsan nem különbözött az A₁₂₀ kezelés hatására kialakult termés nagyságától (107,64 t/ha) (1. táblázat).

1. táblázat. A N alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (Debrecen, 2019)

Hibridek (1)	Alap- és fejtrágya kezelések (2)				
	Nem műtr. (3)	A ₍₆₀₎	A ₍₁₂₀₎	V6 ₍₉₀₎	V6 ₍₁₅₀₎
Renfor (FAO 320)	8,539a	10,283b	10,764bc	10,234b	10,985c
	ns	***	***	**	***
Fornad (FAO 420)	9,621a	12,124b	12,711b	11,808b	14,023c

Megjegyzés: a sorokban feltüntetett különböző betűvel jelzett termések P≤0,05 valószínűségi szinteken szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján; ***P=0,001%, **P=0,01%, ns= nem szignifikáns jelölés a hibridek közötti eltérés a kétmintás t-teszt alapján.

Table 1. The effect of N basal and top dressing on the yield of maize hybrids (Debrecen, 2019). (1) Hybrids, (2) Basal and top dressing, (3) Non-fertilised, Note: yield data marked with different letters in each row differ from each other at a level of significance of P≤0.05 based on the Duncan's test; ***P=0.001%, **P=0.01%, ns= no significant difference between the examined hybrids based on the paired t-test.

A Fornad (FAO 420) kukorica hibrid műtrágyázás nélküli termése 9,621 t/ha volt. A kontrollhoz viszonyítva a legalacsonyabb 60 kg N/ha alapkezelés (A₆₀) 26,0%-al növelte (P<0,05) a termést. A két alapkezelés közötti 0,587 t/ha növekedés statisztikailag nem volt jelentős. Az alapkezelésként kijuttatott 60 kg N/ha-t a V6 fenofázisban 30 kg N/ha-ral tovább növelve (V6₉₀) – Renfor (FAO 320) hibridhez hasonlóan – csökkent a termés. A terméscsökkenés 2,6%-os volt, azonban ez a csökkenés szignifikánsan nem igazolt. Nagymértékű volt a növekedés V6₁₅₀ kezelés (10,3%; P<0,05) hatására a 120 kg N/ha alaptrágya kezeléshez (A₁₂₀) képest. A maximális és a statisztikailag igazolt legnagyobb termést a V6₁₅₀ kezelés biztosította (14,023 t/ha) (1. táblázat).

Mindkét kukorica hibrid jó tápanyag-hasznosító képességgel rendelkezik, ezt mutatja a nem műtrágyázott kezelések kiváló eredménye. A hosszabb tenyészidejű Fornad hibrid terméselőnye megmutatkozott a nem műtrágyázott és többi alkalmazott kezelésben is, 0,1% és 1%-os szignifikancia szinten felülmúlta a rövidebb tenyészidejű Renfor hibrid terméseredményét. A legkisebb

különbség (1,082 t/ha; $P < 0,05$) a nem műtrágyázott kezelésben, míg a legnagyobb a V_{6150} kezelésben (3,038 t/ha; $P < 0,001$) volt.

Következtetés

A kukorica, mint az egyik legfontosabb szántóföldi növény, amely fontos szerepet játszik az élelmiszerbiztonság és az állattenyésztés fejlesztésében (Campos et al. 2004, FAO 2017), termesztését fő befolyásoló tényezője a kedvezőtlen éghajlatváltozás, különösképpen a csapadék mennyiségének csökkenése és a hőmérséklet emelkedése (Sharp et al. 2004, Lobell et al. 2014, Avramova et al. 2015, Myers et al. 2017).

A jelenlegi eredmények igazolják Reynolds et al. (2007), Büker et al. (2012) és Anav et al. (2018) eredményeit, miszerint a talajban kialakuló vízhiányra adott sztómás válasz felhívja a figyelmet az öntözés szükségességére.

A klorofilltartalom (SPAD-érték), amely a növény fejlődésével az általunk vizsgált R1 fenológiai szakaszig nőtt, azonban a korlátozott vízellátásnak köszönhetően csökkent a nedvesség szállítás a növényben, csökkent a sztomatikus vezetőképesség, ami a gázcsere nyílások bezáródásának tudható, és ezáltal lassult az N-tápanyagfelvétel.

Igazolódott, hogy a különböző hibridek esetén a genotípusosan determinált termés nagyságát a N-ellátottság szintje és az évjárat vízellátottsága módosította.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program NKFIH-1150-6/2019 számon támogatta, a Debreceni Egyetem 4. tématerületi programja keretében, valamint az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt.

Irodalom

Anav, A.–Proietti, C.–Menu, L.–Carnicelli, S.–De Marco, A.–Paoletti, E.: 2018. Sensitivity of stomatal conductance to soil moisture: implications for tropospheric ozone. Atmos. Chem. Phys. 18: 5747–5763.

- Anda A.-Kocsis T.-Tőkei A.-Varga L.*: 2010. Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Anda, A.-Lőke, Zs.*: 2002. Stomatal resistance investigations in maize. Proceedings of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology. Veszprém University Georgikon Faculty of Agronomy Department of Soil and Water. Keszthely. S5-04.
- Avramova, V.-Abdelgawad, H.-Zhang, Z. F.-Fotschki, B.-Casadevall, R.-Vergauwen, L.-Knapen, D.-Taleisnik, E.-Guisez, Y.-Asard, H.-Beemster, G. T. S.*: 2015. Drought induces distinct growth response, protection, and recovery mechanisms in the maize leaf growth zone. *Plant Physiol.* 169: 1382–1396.
- Bahar, B.-Yıldırım, M.-Barutçular, C.*: 2009. Relationships between stomatal conductance and yield components in spring durum wheat under Mediterranean conditions. *Notulae Botanicae HortiAgrobotanici Cluj-Napoca.* 37: 45–48.
- Berzsenyi Z.*: 2012. Kukorica [In: Radics L. (szerk.) Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés 2.] Agroinform Kiadó. Budapest.
- Boldizsár A.*: 2007. Párolgás és mikroklíma vizsgálatok balatoni nádállományban. Doktori (PhD) értekezés tézisei. Keszthely.
- Büker, P.-Morrissey, T.-Briolat, A.-Falk, R.-Simpson, D.-Tuovinen, J. P.-Alonso, R.-Barth, S.-Baumgarten, M.-Grulke, N.-Karlsson, P. E.-King, J.-Lagergren, F.-Matyssek, R.-Nunn, A.-Ogaya, R.-Peñuelas, J.-Rhea, L.-Schaub, M.-Uddling, J.-Werner, W.-Emberson, L. D.*: 2012. DO₃SE modelling of soil moisture to determine ozone flux to forest trees, *Atmos. Chem. Phys.* 12: 5537–5562.
- Campos, H.-Cooper, A.-Habben, J. E.-Edmeades, G. O.-Schussler, J. R.*: 2004. Improving drought tolerance in maize: a view from industry. *Field Crop. Res.* 90: 19–34.
- Costa, C.-Dwyer, L. M.-Dutilleul, P.-Stewart, D. W.-Ma, B. L.-Smith, D. L.*: 2001. Interrelationships of applied nitrogen, SPAD, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. *J. Plant Nutr.* 24: 1173–1194.
- Debreczeni B.-né.*: 1999. A víz szerepe a növények életében. [In: Fülek Gy. (szerk.) Tápanyag-gazdálkodás.] Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- EL-Sabagh, A.-Barutçular, C.-Islam, M. S.*: 2017. Relationships between stomatal conductance and yield under deficit irrigation in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences.* 5. 1: 14–20.
- FAO*: 2017. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Verified 21 July 2017.
- Gyuricza Cs.*: 2005. Agrotechnikai válaszok az időjárási szélsőségekre. *Agro Napló.* 9. 5: 15–17.
- Iversen, C.-Norby, R.*: 2014. Terrestrial plant productivity and carbon allocation in a changing climate. *Global Environmental Change.* Global Environmental Change. 297–316.
- Jiang, Q.-Roche, D.-Monaco, T. A.-Hole, D.*: 2006. Stomatal conductance is a key parameter to assess limitations to photosynthesis and growth potential in barley genotypes. *Plant Biology.* 8: 515–521.

- Kaspar, T. C.–Calvin, T. S.–Jaynes, D. B.–Karlen, D. L.–James, D. E.–Meek, D. W.–Pulido, D.–Butler, H.*: 2003. Relationships between six years of corn yields and terrain attributes. *Precision Agriculture*. 4: 75–83.
- Kiss E.*: 2012. A kukorica fejlődési fázisai – környezeti, agrotechnikai igények, és a beavatkozások lehetőségei. *Agro napló*. 2: 29–32.
- Lobell, D. B.–Roberts, M. J.–Schlenker, W.–Braun, N.–Little, B. B.–Rejesus, R. M.–Hammer, G. L.*: 2014. Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the US Midwest. *Science*. 344: 516–519.
- Long, S. P.–Zhu, X. G.–Naidu, S. L.–Ort, D. R.*: 2006. Can improvement in photosynthesis increase crop yields? *Plant Cell Environ.* 29: 315–330.
- Malaviarachchi, M. A. P. W. K.–De Costa, W. A. J. M.–Fonseka, R. M.–Kumara, J. B. D. A. P.–Abhayapala, K. M. R. D.–Suriyagoda, L. D. B.*: 2014. Response of maize (*Zea mays* L.) to a temperature gradient representing long-term climate change under different soil management systems. *Tropical Agriculture Research*. 25: 327–344.
- Martinez, J. P.–Silva, H.–Ledent, J. F.–Pinto, M.*: 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*. 26: 30–38.
- Matsumoto, K.–Ohta, T.–Tanaka, T.*: 2005. Dependence of stomatal conductance on leaf chlorophyll concentration and meteorological variables. Agricultural and Forest Recovery responses of photosynthesis, transpiration and stomatal conductance in kidney bean following drought stress *Environmental and Experimental Botany*. 53. 2: 205–214.
- Miyashita, K.–Tanakamaru, S.–Maitani, T.–Kimura, K.*: 2005. Recovery responses of photosynthesis, transpiration and stomatal conductance in kidney bean following drought stress *Environmental and Experimental Botany*: 53. 2: 205–214.
- Mukesh, D. B.–Silvia, S.–Justin, S.*: 2017. Projecting corn and soybeans yields under climate change in a Corn Belt watershed. *Agricultural Systems*. 152. C: 90–99.
- Myers, S. S.–Smith, M. R.–Guth, S.–Golden, C. D.–Vaitla, B.–Mueller, N. D.–Dangour, A. D.–Huybers, P.*: 2017. Climate change and global food systems: potential impacts on food security and undernutrition. *Annu. Rev. Public Health*. 38: 259–277.
- Nagy J.*: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Nagy J.*: 2019. Komplex talajhasználati, víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérletek 1983-tól a Debreceni Egyetemen. *Növénytermelés*. 68. 3: 5–28.
- Nagy J.–Nyéki A.–Gombos B.*: 2020. A 2018–2019. évi időjárás elemzése szántóföldi tartamkísérletekben (Debrecen–Látókép). *Növénytermelés*. 69. 1: 21–31.
- Nemeskéri, E.–Helyes, L.*: 2019. Physiological Responses of Selected Vegetable Crop Species to Water Stress. *Agronomy*. 9. 8: 447.
- O’Toole, J. C.–Cruz, R. T.*: 1980. Response of Leaf Water Potential, Stomatal Resistance, and Leaf Rolling to Water Stress The International Rice Research Institute. P.O. Box 933.

- Padilla, F. M.-Gallardo, M.-Peña-Fleitas, M. T.-De Souza, R.-Thompson, R. B.*: 2018. Proximal optical sensors for nitrogen management of vegetable crops: A review. *Sensors*. 18: 2083–2105.
- Pepó P.-Csajbók J.*: 2014. Agrotechnikai tényezők szerepe a kukorica (*Zea mays* L.) termesztésben. *Növénytermelés*. 63. 2: 45–68.
- Pepó P.*: 2017. Tartamkísérletek mint a klímaváltozás indikátorai. *Növénytermelés*. 66. 3: 33–46.
- Quemada, M.-Baranski, M.-de Lange, M. N. J.-Vallejo, A.-Cooper, J. M.*: 2013. Meta-analysis of strategies to control nitrate leaching in irrigated agricultural systems and their effects on crop yield. *Agric. Ecosyst. Environ.* 174: 1–10.
- Reynolds, J. F.-Smith, D. M. S.-Lambin, E. F.-Turner, B.-Mor-timore, M.-Batterbury, S. P.-Downing, T. E.-Dowlatabadi, H.-Fernández, R. J.-Herrick, J. E.*: 2007. Global desertification: build-ing a science for dryland development. *Science*. 316: 847–851.
- Ritchie, J. T.-Singh, U.-Godwin, D. C.-Humpries, J.*: 1994. CERES cereal generic model FORTAN source code. Michigan State University. East-Lansing. MI.
- Ritchie, S. W.-Hanway, J. J.-Benson, G. O.*: 1997. How a corn plant develops. Spec. Rep. No. 48. Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service. Ames.
- Sabagh, A. E.-Barutçular, C.-Islam, M. S.*: 2017. Relationships between stomatal conductance and yield under deficit irrigation in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. 5. 1: 14–20.
- Sharp, R. E.-Poroyko, V.-Hejlek, L. G.-Spollen, W. G.-Springer, G. K.-Bohnert, H. J.-Nguyen, H. T.*: 2004. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomes. *J. Exp. Bot.* 55: 2343–2351.
- Shiferaw, B.-Prasanna, B. M.-Hellin, J.-Bänziger, M.*: 2011. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*. 3: 307.
- Shim, D.-Lee, K. J.-Lee, B. W.*: 2017. Response of phenology and yield related traits of maize to elevated temperature in a temperate region. *Crop Journal*. 5: 305–316.
- Snyder, C. S.-Bruulsema, T. W.-Jensen, T. L.-Fixen, P. E.*: 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agric. Ecosyst. Environ.* 133: 247–266.
- Song, H.-Li, Y.-Zhou, L.-Xu, Z.-Zhou, G.*: 2018. Maize leaf functional responses to drought episode and rewatering. *Agricultural and Forest Meteorology*. 249: 57–70.
- Songsri, P.-Jogloy, S.-Junjittakarn, J.-Kesmala, T.-Vorasoat, N.-Holbrook, C. C.-Patanothai, A.*: 2013. Association of stomatal conductance and root distribution with water use efficiency of peanut under different soil water regimes. *Australian Journal of Crop Science*. 7: 948–955.

- Spitkó T.-Nagy Z.-Halmos G.-Marton L. Cs.*: 2013. Szárazság hatása a kukoricahibridek termésselemeire. [In: Marton L. Cs.-Spitkó T. (szerk.) 60 éves a magyar hibrid-kukorica.] Pannon Növény-Biotechnológiai Egyesület. Budapest. 150-154.
- Steduto, P.-Hsiao, T. C.-Fereses, E.-Raes, D.*: 2012. Crop yield response to water. FAO Irrigation and Drainage. Rome. Italy. 66.
- Széles, A.-Horváth, É.-Vad, A.-Harsányi, E.*: 2018. The impact of environmental factors on the protein content and yield of maize grain at different nutrient supply levels. Emirates Journal of Food and Agriculture. 30. 9: 764-777.
- Széles, A.-Nagy, J.-Rátonyi, T.-Harsányi, E.*: 2019. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. Maydica. 64. 2: 1-14.
- Tóth Z.*: 2002. A fejrágózás jelentősége. Agro Napló. 6. 3: 55-56.
- Westgate, M. E.-Boyer, J. S.*: 1985. Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize. Crop Science. 25: 762-769.
- Xu, Z. Z.-Zhou, G. S.-Wang, Y. L.-Han, G. X.-Li, Y. J.*: 2008. Changes in chlorophyll fluorescence in maize plants with imposed rapid dehydration at different leaf ages. J. Plant Growth Regul. 27: 83-92.
- Zhao, W.-Sun, Y.-Kjelgren, R.-Liu, X.*: 2014. Response of stomatal density and bound gas exchange in leaves of maize to soil water deficit. Acta Physiologiae Plantarum. 37. 1: 170-174.
- Zharfa, M.-Moud, A. A. M.-Saffari, V. R.*: 2011. Relationships between seedling growth rate and yield of maize cultivars under normal and water stress conditions. Journal of Plant Physiology and Breeding. 1: 9-23.
- Zheng, Y.-Xu, M.-Hou, R.-Shen, R.-Qiu, S.-Ouyang, Z.*: 2013. Effects of experimental warming on stomatal traits in leaves of maize. Ecology and Evolution publication. 3. 9: 3095-3111.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Széles Adrienn – Horváth Éva
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*szelesa@agr.unideb.hu

A kukoricatermesztés ökonometriája – felmérésre alapozva Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében

¹TAKÁCS ISTVÁN – ²SINÓROS-SZABÓ BOTOND

Debreceni Egyetem

¹Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Debrecen,

²MÉK Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A versenyképes és a gazdaság oldaláról nézve jövedelmező gabonatermesztés alapja a szűkösen rendelkezésre álló erőforrások minél természetközelibb és gazdaságos felhasználása, a költségek optimalizálása és a bevételek növelése. A termelést befolyásoló tényezőket folyamatosan vizsgálni kell, mert a környezeti változások jelentős mértékben hatnak az élelmiszertermelés volumenére és a biztonságos termelésére, ellátásra.

A dolgozatunkban Szabolcs-Szatmár-Bereg megye mezőgazdaságát vizsgáltuk a gazdálkodók véleményein, tapasztalatain keresztül. Kutatást végeztünk a kukorica termesztésével foglalkozó szervezetek között. A vizsgálat alapsokasága a megye mezőgazdasági vállalkozói világa. Hozzáférést a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében található 60, Nemzeti Agrár Kamara falugazdászán keresztül nyertünk. Őket kerestük meg elektronikus úton a NAK megyei igazgatóságának segítségével, nyílt típusú kérdőívvel, Excel program használatával. A kérdőívet elektronikus formában juttattuk el a falugazdászokhoz és elektronikus formában küldték vissza a válaszokat. A kutatás kezdetének eszmei és gyakorlati időpontja 2018. december 12. Zárása 2019. szeptember 15.

A kukorica vetésterülete a megyében a legnagyobb a szántóföldi kultúrák között. Országos összehasonlításban is elsők között szerepel vetésterület vonatkozásában. A kukorica számottevően ki van téve az időjárási körülményeknek. A kedvezőtlen talajadottságok miatt, a megyében a termésmennyiség kritikus meghatározója a vízhiány. A csapadékviszonyok és talajadottságok miatt a legalkalmasabb jellemzőkkel rendelkező földterületekre koncentrálódik a kukoricatermesztés. Kevesebb, de jobb minő-

ségű, alacsonyabb termelési költséget igénylő talajokra koncentrálódik a gazdálkodás. A kukorica termelésének sajátossága az alacsony élőmunkaerő igény.

A megyében a kukoricatermelés állandó, biztonságos jövedelembiztosító szántóföldi növény. A termelési szerkezet is mutatja, hogy a kukorica a legfontosabb és a legjellemzőbb szántóföldi növénykultúra. Az általam elemzett Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében található 14 gazdaság kukorica termesztéssel kapcsolatosan számított mutatói alapvetően követik az AKI mintában 2013–2016 között kimutatott tendenciákat. Elmondható, hogy a mintasokasági gazdálkodók számára a kukorica termesztése a számított jövedelmezőségi mutatók alapján megfelelő megélhetést biztosított a 2017-es évben az adott évi költségviszonyok mellett. Járási szinten ezek a mutatók igen eltérő képet mutatnak, ami alapvetően a területek talajadottságaival lehetnek összefüggésben.

Kulcsszavak: mezőgazdaság, elemzés, értékelés, összehasonlítás

Econometrics of maize production based on a survey in Szabolcs-Szatmár-Bereg County

¹I. TAKÁCS–²B. SINÓROS-SZABÓ

University of Debrecen

¹Kálmán Kerpely Doctoral School, Debrecen

²University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute for Land Utilisation, Regional Development and Technology, Debrecen

Summary

From the viewpoint of competitiveness and effective economy, the basis of profitable cereal production is the most natural and economical use of scarce resources, cost optimization and revenue increase. Influential factors of production must be constantly examined due to environmental changes that have significant effects on food production volume, its safe production and supply. The analysis of results concerning the micro-region and farmers provides the statistical value of larger units. It has always been a difficult task to assess and take into account the strengths, weaknesses, opportunities and threats of crop management, as well as making production condition-related

decisions. However, data is needed in order to analyze the state of the sector. To know its capabilities, reduce its disadvantages or take advantages of its competitive edge.

In our dissertation we examined the agriculture of Szabolcs-Szatmár-Bereg county through the opinions and experiences of farmers. We had conducted a research among organisations with maize production. The research sample was the entrepreneurial world of the county. We have gained access to them via the county's sixty agricultural advisors from the Hungarian Chamber of Agriculture. We had reached them electronically with the help of the HCA's county office using an open-ended questionnaire and Excel Forms. We had sent and received the surveys electronically. To detect relationships we had made a correlation test with different methods. The ideal and practical date of starting the research was December 12, 2018. The closing date was September 15, 2019.

Maize is produced on the largest area in the county among arable crops. It is also among the first in the national comparison in terms of land size. Maize is significantly exposed to weather conditions. The factor most influencing the yield is the amount and time distribution of precipitation. The typical sandy soil of the county is not ideal, it does not meet the optimal needs for maize. Maize is tolerant to soil, growing in both sandy and compacted soils, but its yield is unpredictable because it is unable to meet its water needs from the soil. It needs rain or irrigation. The critical determinant of yield in the county is water scarcity.

The prerequisite for further improvement would be the proper cost management, however, according to our research within the sample in the absence of continuously maintained cost records per plant, this has not been consciously realized. Due to the method of calculating the cost level of production, the profitability ratio shows an improving tendency and has positive value within the sample. The hedge yield average show a decreasing trend and it is favourable within the sample as well as the results paid by production quantity shows a positive tendency for the period of analysis. In the county, maize production is a permanent, safe income-producing crop. The production structure also shows that maize is the most important and most typical arable crop.

Key words: agriculture, analysis, evaluation, comparison

Выращивание кукурузы, основанное на эконометрических измерениях в области Саболч-Сатмар-Берег

¹И. ТАКАЧ–²Б. ШИНОРОШ-САБО

Дебреценский Университет

¹Докторская Растениеводческая и Садоводческая Школа

им. Керпеи Калмана, Дебрецен,

²Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента, Институт Землепользования, Технический и Развития Территорий, Дебрецен

Резюме

С точки зрения конкурентноспособности и хозяйствования основой рентабельного зерноводства является как можно более близкое к природе и экономное использование находящихся в нашем распоряжении немногих ресурсов, оптимизация расходов и увеличение доходов. Влияющие на производство факторы надо постоянно изучать, так как изменения окружающей среды в значительной мере влияют на объём производства продуктов, его безопасное производство, на обеспечение.

А нашей работе исследовали сельское хозяйство области Саболч-Сатмар-Берег на основании мнений, опыта хозяйствующих. Исследование проводили среди занимающихся выращиванием кукурузы организаций. Основой исследования являлся круг сельскохозяйственных предпринимателей этой области. Доступ получили к шестидесяти фермерским хозяйствам, находящимся в области Саболч-Сатмар-Берег, с помощью Национальной Аграрной Палаты(НАП). С ними связались по электронной связи с помощью областной дирекции НАП, с открытым типом анкеты, с использованием программы «Excel». Эту анкету в электронном виде послали фермерам и они в электронном виде выслали свои ответы обратно. Практическое и теоретическое начало исследования 12 декабря 2018 года. Окончание исследования 15 сентября 2019 года.

Посевная территория кукурузы самая большая в области среди пашенных культур. В масштабе всей страны также посевная площадь одна из самых больших. Кукуруза во многом подвержена влиянию погодных условий. Из-за неблагоприятных почвенных условий, в данной области критическим фактором количества урожая является дефицит воды. Из-за условий осадков и почвы выращивание кукурузы концентрируется на обладающих наиболее подходящими характеристиками зе-

мельных участках. На меньшую, но лучшего качества землю, требующую меньше расходов производства, концентрируется хозяйство. Особенность выращивания кукурузы – низкая потребность в живой рабочей силе.

В этой области кукуруза - обеспечивающее постоянную, гарантированную прибыльность пахотное растение. Структура производства также показывает, что кукуруза – самое важное и самое характерное пахотное растение. Анализируемые нами учтённые показатели, связанные с производством кукурузы 14-и хозяйств, расположенных в области Саболч-Сатмар-Берег, в основном следуют тенденциям, показанным Аграрным Исследовательским Институтом (АКИ), выявленным в 2013–2016 годы. Можно сказать, что для многих хозяйств, служащих образцами, выращивание кукурузы на основе учтённых показателей рентабельности обеспечило соответствующее проживание в 2017-ом году при тогдашних условиях расходов. На уровне уездов эти показатели показали различную картину, что может быть взаимосвязано с почвенными свойствами этих территорий.

Ключевые слова: сельское хозяйство, анализ, оценка, сравнение

Bevezetés

A közgazdaságtudomány az erőforrások szűkös rendelkezésre állását (*Kurtán* 2003) és hatékony felhasználását vizsgálja (*Mankiw* 2011). E tétel igaz a mezőgazdaságban is. A termőföld hosszú távú tőke lekötést igényel. A termőföld mint termelőeszköz szemlélet katasztrófához vezethet már rövidtávon is. A gazdaságos mezőgazdaság kulcskérdése az anyagi ráfordítások egyre hatékonyabb felhasználása (*Huzsvai* 2006).

Ökonometriai, biometriai módszerek bemutatása

Az ökonometria a matematikai statisztika, ökonómiai modellek és a gazdasági adatok egységesített tudománya (*Hansen* 2000). A matematikai közgazdasági modellek empirikus támogatása a gazdasági adatok matematikai statisztikai alkalmazások felhasználásával történő elemzésével, valamint számszerű becslésekkel történik (*Samuelson és Nordhaus* 2005). Gazdasági adatok gyűjtése és feldolgozása, matematikai egyenletek ellenőrzése, statisztikai következtetési technikákkal lehetséges (*Thomas* 1996). Más megfogalmazásban az ökonometria a matematikai közgazdaságtan tudományága, amely a gazdasági jelenségek

matematikai jellegű elemzésével, a közgazdasági elméletek és modellek tapasztalati adatok alapján történő igazolásával, vagy cáfolásával foglalkozik (Nagy és Balogh 2013). Az ökonometria alapját a regresszió számítás és az idősor elemzés képezi. Az idősor elemzések a gazdálkodási mutatók vizsgálatának az egyik legfontosabb módszere (Huzsvai *et al.* 2004). A vállalkozás pénzügyi-jövedelmi helyzetét leíró modellek fejlődnek és fejlődni fognak, jelentőségükből adódóan (Kovács és Nagy 1997). Igazodnak az elvárásokhoz értelmezési és értékelési funkciójuk okán (Nagy és Kovács 1999, Nagy *et al.* 2000).

A gabonanövények jelentősége

A gabonatermesztés hozamait hazai és világviszonylatban is sikerült növelni közel háromszorosára a zöld forradalom (1950–1985) időszakában. Ennek alapjait a meglévő gazdálkodási szaktudás, műtrágyázás, szántóföldi vízgazdálkodás (Bocz 1992), gépesített talajművelés fejlődése (Sembery 1989), modern növényvédő szerek használata (Linke 1996), valamint a termesztéstechnológia fejlődő színvonala teremtette meg (Nagy 2012b, Nagy és Nagy 2018, Pepó 2019). A növekedési ráta és a növényi produkció maximalizálása volt az elsődleges és egyedüli szempont a növénytermesztésben (Berzsenyi és Győrffy 1996). Az ezredfordulótól kezdődően elindult egy mozgalom, amely a rendelkezésre álló természeti erőforrások hatékony-fenntartható felhasználását, az ökonómiai és ökológiai sokszínűség megőrzését tűzte zászlójára (Káposzta 2012). Legismertebb módszerei a precíziós mezőgazdaság és az ökogazdálkodás.

Az emberiség létszámának gyorsuló növekedését mutatják a statisztikák. A növekvő népesség igényeinek (élelmiszer, ipari alapanyagok, nyersanyagok, energia stb.) kielégítése fokozódó elvárásokat állít a gazdasági élet ágazatai elé. Az élelmiszerek mennyisége, összetétele és a táplálkozási szokások határozzák meg egy adott társadalom tagjainak mentális állapotát és fizikai erőnlétét (Győri 2008). Ez vonatkozik a szántóföldi növénytermesztésre is. A legnagyobb kihívás a növénytermesztésben a gyorsuló ütemben növekedő emberiség ellátása növényi termékekkel, gyakorlatilag csökkenő szántóterületen (Nyíri 1993, Sörös és Soós 1994). E negatív folyamatok gazdasági és környezetvédelmi gondot jelentenek (Nagy 1995, Birkás 2006). Nehezíti a megoldást, hogy a szántóterületek jelentős részén a növénytermesztés optimális feltételei korlátozottak. Másrészt csak olyan növénytermesztési technológiák valósíthatók meg, amelyek környezetkímélők, és biztosítják a fenntartható termelés feltételrendszerét, egyúttal minőségi termékeket állítanak elő és ökonó-

miallag is életképesek (Várallyay 1989, Birkás és Szabó 1992). A termelést a környezethez kell igazítani és nem fordítva (Ángyán *et al.* 2004). A csökkenő fajlagos szántóterület mellett további problémát jelent az, hogy a szántóföldi növénytermesztésre használt területeken olyan ésszerűtlen használatból származó jelenségek, folyamatok, talajtulajdonságok (pl. szárazság, tápanyag-stressz, sekély termőréteg stb.) találhatóak, illetve fejtik ki kedvezőtlen hatásukat, amelyek a talaj termékenységét csökkentik, az agrotechnikai beavatkozások hatékonyságát mérséklik (Sinóros-Szabó 1994).

A gabonanövények olcsó és egyszerű megoldást nyújtanak az éhezés legyőzéséhez és a népélelmezéshez. A gabonanövények az emberiség élelmezésében kulcsszerepet játszanak. Magyarországon a gabonanövények (kalászos gabonák, kukorica, egyéb gabonafélék) vetésterülete a szántóterület 65–67%-át foglalja el (Pepó és Tóth 2004), növénytermesztésünk jellemzője a gabonátülsúly (Szász 2006, Széles és Sedlák 2006, Nagy 2012a), a kukorica és őszi búza vetésterülete több mint 50% (Pepó 2012, Sárvári 2012).

A kukorica jelentősége

Hazánkban meghatározó jelentőségű az abrakfogyasztó állatfajok szemestakarmány szükségletének a megtermelésében, biztosításában a kukorica. Emellett jelentős mennyiségű takarmánybúzát és árpát (elsősorban őszi árpát) használunk takarmányozásra (Késmárki 2005).

Hazánkba feltehetően, egyrészt Itáliából kerülhetett, Dalmácián keresztül, másrészt Törökországból, Erdélyen át (Pepó és Sárvári 2011). A kukorica termésátlaga a '60-as évekig lassan növekedett, ám 1965-től, a hibridek megjelenésével, a nagymennyiségű műtrágyázás és a korszerűbb gépek használatával, 20 év alatt két-, háromszorosára gyarapodott (Nagy 2012a). A lakosság számának emelkedése az elmúlt évtizedekben a búza mellett a kukorica vetésterületének fokozódását vonta maga után a Földön.

A kukoricát Indiában, Afrikában, Dél Amerikában 90%-ban elsődlegesen emberi táplálékként hasznosul. Minden más országban és földrészen elsődleges energiaszolgáltató takarmány (Pepó és Sárvári 2011).

A legnagyobb termesztője az USA (33 481 220 ha, 11,875 t/ha, 397 602 890 t). Kína (42 399 000 ha, 6,110 t/ha, 259 071 000 t), Argentína (6 530 673 ha, 7,575 t/ha, 49 475 895 t) és Brazília (17 427 206 ha, 5,618 t/ha, 97 910 658 t) 2017-ben.

Az Európai Unióban Franciaország 1 435 699 hektáron, 10,1239 t/ha átlagterméssel, 14 534 897 tonnát termelt. Olaszország 645 742 hektáron, 9,366 t/ha

termésátlagot ért el és 6 048 499 tonnát termelt (FAO 2019). Mindkét országban az öntözés is jelentős szerepet játszik a kiemelkedő terméseredmények elérésében (Nagy 2007). A kukorica összes termésmennyisége a világon 1 164 400 832 t, 5,896 t/ha átlagterméssel, 197 465 862 hektáron. Európát 110 887 777 t termésmennyiség, 6,391 t/ha termésátlag és 17 349 047 ha termesztési terület jellemezte 2017-ben (FAO 2019). Az EU28 termésmennyisége 65 146 980 t 8 263 471 hektáron, és 7,893 t/ha az átlagtermés. Magyarország kukoricatermelése 6 739 186 t, 6,815 t/ha átlagtermés, 988 823 hektáron 2017-ban (FAO 2019).

Anyag és módszer

A dolgozatunkban Szabolcs-Szatmár-Bereg megye mezőgazdaságát vizsgáltuk a gazdálkodók véleményein, tapasztalatain keresztül. Kutatást végeztünk a kukorica termesztésével foglalkozó szervezetek között. A vizsgálat alapsokasága a megye mezőgazdasági vállalkozói világa. Hozzáférést Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében található 60, Nemzeti Agrár Kamara falugazdászán keresztül nyertünk. Őket kerestük meg elektronikus úton a NAK megyei igazgatóságának segítségével, nyílt típusú kérdőívvel, Excel program használatával. A kérdőívet elektronikus formában juttattuk el a falugazdászokhoz és elektronikus formában küldték vissza a válaszokat.

A kutatás során a kukoricára vonatkozóan gyűjtöttük adatokat és számoltunk statisztikai mutatókat 2017-re vonatkozóan. A korábbi időszakokra vonatkozó értékeket az Agrárgazdasági Kutató Intézet (AKI) 2017-es, illetve 2018-as „A főbb mezőgazdasági ágazatok költség- és jövedelemhelyzete 2013–2015, illetve 2016” című kiadványból használtam fel. A kiadványban szereplő ágazati adatok 2013–2015-re vonatkozóan mintegy 1750, a 2016-os évre vonatkozóan valamivel több, mint 1900 mezőgazdasági vállalkozás adatait tartalmazzák, ami mintegy 110 000, 2 ha-nál nagyobb gazdaságot képvisel, melyek az összes regisztrált mezőgazdasági vállalkozás által használt földterület 95%-át művelték (Béládi et al. 2017, Szili és Szlovák 2018). A saját mintavételezésben kukoricára vonatkozóan 14 gazdaság adatait elemeztük (1. táblázat).

A kutatás kezdetének eszmei és gyakorlati időpontja 2018. december 12. Zárása 2019. szeptember 15.

Az elemzésekhez Guilford skáláját használjuk a kapcsolatok szorosságának jellemzéséhez (Guilford 1956).

1. táblázat. A kukorica költség- és jövedelemhelyzete (2013–2017)

Megnevezés (1)	AKI árutermelő ágazatok átlaga (2)				Minta- átlag (3)
	2013	2014	2015	2016	2017
Termelési költség (Ft/ha) (4)	252672	284737	275098	300351	245388
Átlaghozam (t/ha) (5)	5,85	9,05	6,64	9,63	9,1
Önköltség (Ft/t) (6)	43136	31478	41440	31195	26975
Értékesítési ár (Ft/t) (7)	46312	40383	42753	41476	41703
Fajlagos jövedelem (Ft/t) (8)	3176	8905	1313	10281	14728
Ágazati eredmény (Ft/ha) (9)	93676	156802	74605	162587	203975
100 Ft termelési költségre jutó ágazati eredmény (10)	37,07	55,07	27,12	54,13	83,1
Termelési érték (Ft/ha)* (11)	346348	441539	349703	462938	449363
Tevékenységi jövedelem (Ft/ha)* (12)	18579	80590	8718	99006	134024
Költségszint (%)* (13)	72,95	64,49	78,67	64,88	54,61
Fedezeti termésátlag (t/ha)* (14)	5,46	7,05	6,43	7,24	5,88
Költségarányos jövedelmezőség (%)* (15)	37,07	55,07	27,12	54,13	83,12
Eredmény kukoricában (t/ha)* (16)	0,39	2,00	0,21	2,39	1,5

Forrás: *saját számítás

Table 1. The cost and income situation of maize (2013–2017). (1) Description, (2) RIAE production sectors' average, (3) Sample average, (4) Production cost (Ft ha⁻¹), (5) Average yield (t ha⁻¹), (6) Overhead costs (Ft t⁻¹), (7) Selling price (Ft t⁻¹), (8) Unit costs (Ft t⁻¹), (9) Sector results (Ft ha⁻¹), (10) Sector costs for each 100 Ft production costs, (11) Production value (Ft ha⁻¹), (12) Operating income (Ft ha⁻¹), (13) Cost level (%), (14) Average hedge yield (t ha⁻¹), (15) Cost effectiveness (%), (16) Results in maize (t ha⁻¹), Source: *own calculation

Eredmények

A megyei gazdaságok megadott számai alapján (n=14) összegeztük a kukorica-termelés adatait 2017-re vonatkozóan, amelyet kiegészítettünk az AKI felmérésében szereplő 2013–2016 közötti ágazati átlageredményekkel. Az összehasonlíthatóság érdekében a saját és az AKI által gyűjtött értékek segítségével számítottunk saját mutatószámokat is.

Az 1. táblázatból látható, hogy az egy hektárra jutó termelési költségek hektikusan változtak 2013–2016 között. A változásokat alapvetően az anyagköltség és az eszközök árváltozásai okozták. A mezőgazdasági beruházások

értéke 2016-ban 8,6%-kal emelkedett az előző évi tényadatokhoz képest. Gépekre és berendezésekre 25%-kal többet fordítottak a vállalkozások. A vállalkozások beruházásainak majdnem a felét a gépek és berendezések tették ki (45,8%), melyek állománya 25%-kal emelkedett a 2015. évihez képest. Nem hagyható figyelmen kívül a ráfordítások mennyiségének változása sem, amely elsősorban az időjárás viszonyok okozta hozamváltozással függ össze. A mintasokaságban a termelési költség 2017-es átlagértéke 240 980 Ft/ha volt. Ez az eredmény 108 000–310 000 Ft között szóródott. A költségek legnagyobb részét mindkét adatbázisban, a műtrágya, vetőmag és a növényvédőszeresek adták (alapvetően ebben a sorrendben), kiegészülve a gépi munkák költségeivel.

A kukorica átlagtermése változó képet mutatott. Ennek értéke a mintasokaságban 9,1 t/ha (KSH adatai szerint az országos átlag 6,820 t/ha, az Észak-alföldi régióban 7,84 t/ha, Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében pedig 7,95 t/ha volt 2017-ben). Mind az AKI, mind a mintasokaságbeli (4,00–10,24 t/ha) átlaghozam adatok elég szélsőségesek, ez egyébként is jellemző a kukoricatermesztésre. Tendenciáját tekintve növekszik, bár időnként vannak visszaesések is. Öt év alatt átlagosan egy t/ha-ral nőtt az átlagtermés. Az eredmény azt mutatja, hogy modernizálódik a kukorica termesztése, valamint a rosszabb termőképességű földeken felhagytak vele a gazdák. Kevesebb földterületen történő, azonos vagy nagyobb termelt mennyiség törvényszerűen megjelenik a termésátlagban.

A termékegységre vetített önköltség is nagyon változatosan alakult 31–48 ezer Ft/t között, a mintasokaságban kimutatott érték 26 975 Ft/t. 2013–2016 évek között jelentős ingadozás jellemző a felvásárlási árakra, összességében csökkenő tendencia érvényesül. Ez nyilvánul meg a mintasokaságra számított 2017-es értékben is. Ez egyrészt a lokális, piaci felvásárlási árhullámnak, másrészt az Európai Unió, illetve a világpiacon folyamatoknak tudható be.

A támogatások figyelembevétele nélkül számított jövedelem 2015-ben volt a legalacsonyabb, amikor még a költségeket is alig fedezték a felvásárlási árak, és ezzel összefüggésben az ágazati (támogatásokkal számított) eredmény is jelentősen visszaesett. Ennek oka a nyári időszak aszályhelyzetei nehezítették a gazdálkodást. A 2015-ös év csapadékhiány szempontjából átlagosnak tekinthető. Az éves átlagos csapadékösszeg 538,9 mm volt, mely a sokéves átlag 92%-a. Az augusztusban leesett jelentősebb csapadékmennyiség nem tudta kompenzálni a megelőző szárazság negatív következményeit. A kukorica vízigényének csúcsidőszaka július, augusztus hónap, ezért a kukorica aszályérzékenysége nagy. 2016-ban viszont jelentősen javult a termékegységre jutó

jövedelem értéke, amely elsősorban a fajlagos költségek csökkenésének volt köszönhető. Az éves átlagos csapadékösszeg 699 mm volt, mely a sokéves átlag 117%-a. Ez a javulást a mintasokaságban számított 2017-es érték is igazolja. A 2017-es év átlagosan csapadékosnak tekinthető, átlagos csapadékösszeg 615,7 mm, mely a sokévi átlag 103%-a.

A fajlagos jövedelemmel párhuzamosan az ágazati eredmények, és a 100 Ft termelési költségre jutó eredmények, és az általunk számított termelési érték, tevékenységi jövedelemmutatók is javultak.

A termelés költség szintjének mutatója változatos képet mutatott az elemzési időszakban, a mintasokaságra vonatkozóan számított átlagos érték kedvezőbb, az AKI korábbi időszakai értékeinél. Ezzel összefüggésben, a mutató számítási metódusából adódóan a költségarányos jövedelmezőség javuló tendenciát mutat, a mintasokaságban is igen kedvező értékű. A fedezeti termésátlag csökkenő értéket mutat és a mintasokaságban is kedvező, illetve a termékmennyiségben kifizetett eredményességre is javuló tendencia jellemző az elemzési időszakra vonatkozóan.

A további javulásnak alapfeltétele lenne a megfelelő költséggazdálkodás, azonban a felmérésünk szerint ez a minta alapsokaságában a folyamatosan vezetett növényenkénti költségnyilvántartások hiányában ez nem tudatosan megvalósított.

A megye különböző járásaiból érkeztek adatok a kukoricatermelés ökonómiájának vizsgálatához (2. táblázat). Az egyes járások értékei között jelentősek az eltérések. Megfigyelhető, hogy a hozam adatok közötti különbségek, a talaj minősége és a csapadék mennyisége által gyakorol számottevő hatást a gazdálkodás eredményére. A legmagasabb hozamátlag a Fehérgyarmati járásban, a legalacsonyabb a Baktalórántházi és Csengeri járásban volt a mintasokaság adatai alapján. A termelési költségek szempontjából, amely erőteljes összefüggésben van a művelt terület nagysággal.

A Nyíregyházi járásban adták meg a legmagasabb és a legalacsonyabb területegységre jutó értéket is. Az értékesítési egységárak a helyi piaci viszonyokból adódóan nem térnek el a mintasokaságban (3. táblázat).

A legmagasabb árbevétel, illetve jövedelmezőségi adatok a termésátlaggal, és a termelési költségekkel összefüggésben a Fehérgyarmati járásban és a Nyíregyházi járásban realizálódtak, a legalacsonyabbak a Nagykovácsi járásban. Ezzel összefüggésben a jellemző költségmutatók is hasonlóan alakultak a mintasokaságban.

2. táblázat. A kukoricatermelés költség- és jövedelemhelyzete a járásokban I
(n=14, 2017)

Járás/ Mutatószám (1)	Termelési költség (Ft/ha) (2)	Értéke- sítési ár (Ft/t) (3)	Hozam (t/ha) (4)	Ár- bevétel (Ft/ha) (5)	Támogatás (Ft/ha) (6)	Termelési érték (Ft/ha) (7)	Tevékeny- ségi jövedelem (Ft/ha) (8)
Baktalórántháza	167700	40000	6,0	240000	70000	310000	72300
Csenger	129500	40000	6,0	240000	70000	310000	110500
Fehérgyarmat	212300	42000	14,6	613200	70000	683200	400900
Ibrány	195190	40000	9,2	367479	70000	437479	172289
Nagykálló	237952	41247	7,4	306691	70000	376691	68738
Nagyecsed	166000	43000	8,0	344000	70000	414000	178000
Nyíregyháza	303394	42000	10,0	420738	70000	490738	117344

Table 2. Maize production economics within the districts I (n=14, 2017). (1) District, (2) Production costs (Ft ha⁻¹), (3) Selling price (Ft t⁻¹), (4) Production (t ha⁻¹), (5) Income (Ft ha⁻¹), (6) Subsidies (Ft ha⁻¹), (7) Production value (Ft ha⁻¹), (8) Operating income (Ft ha⁻¹)

3. táblázat. A kukoricatermelés költség- és jövedelemhelyzete a járásokban II
(n=14, 2017)

Járás/ Mutatószám (1)	Jövedelem (Ft/ha) (2)	Költség- arányos jövedelm- zóság (%) (3)	Költség- szint (%) (4)	Ön- költség (Ft/kg) (5)	Fedezeti termés- átlag (t/ha) (6)	Eredmény kukori- cában kifejezve (t/ha) (7)	Terü- let (ha) (8)
Baktalórántháza	142300	84,9	54,1	28,0	4,2	1,8	5,0
Csenger	180500	139,4	41,8	21,6	3,2	2,8	3,0
Fehérgyarmat	470900	221,8	31,1	14,5	5,1	9,5	20,0
Ibrány	242289	124,1	44,6	21,2	4,9	4,3	12,3
Nagykálló	138738	58,3	63,2	32,0	5,8	1,7	16,2
Nagyecsed	248000	149,4	40,1	20,8	3,9	4,1	58,0
Nyíregyháza	187345	61,7	61,8	30,3	7,2	2,8	25,2

Table 3. Maize production economics within the districts II (n=14, 2017). (1) District, (2) Income (Ft ha⁻¹), (3) Cost-effective profitability (%), (4) Cost level (%), (5) Unit cost (Ft kg⁻¹), (6) Average hedge yield (t ha⁻¹), (7) Result in maize, (8) Land size (ha)

A korrelációs vizsgálatok során $H_0: r=0$, $p<0,05$ szignifikancia szint mellett a megyei adatok kapcsán összefüggéseket tártam fel a megművelt terület nagysága, a kukorica termelési költségei, illetve a fedezeti termésátlag között. A többi mutató esetén az 5%-os szignifikancia szinthez tartozó kritikus érték nagyobb volt az általam számított próbafüggvény értékénél, így a nullhipotézis igazolódott, a kimutatott kapcsolat nem szignifikáns (4. táblázat).

4. táblázat. A mintasokaságra számított kapcsolat szorossági mutatók
($n=14$, 2017)

Megnevezés (1)	Korrelációs együttható (2)	Korreláció mértéke (3)
Termelési költség (Ft/ha) (4)	0,72	magas erősségű, markáns kapcsolat (15)
Fedezeti termésátlag (t/ha) (5)	0,55	közepes erősségű, jelentős kapcsolat (16)
Termelési érték (Ft/ha) (6)	0,38	nem szignifikáns (17)
Árbevétel (Ft/ha) (7)	0,38	nem szignifikáns (17)
Önköltség (Ft/kg) (8)	0,33	nem szignifikáns (17)
Hozam (t/ha) (9)	0,33	nem szignifikáns (17)
Költségszint (%) (10)	0,30	nem szignifikáns (17)
Jövedelem (Ft/ha) (11)	0,06	nem szignifikáns (18)
Tevékenységi jövedelem (Ft/ha) (12)	0,06	nem szignifikáns (18)
Eredmény kukoricában kifejezve (13)	0,04	nem szignifikáns (18)
Költségarányos jövedelmezőség (%) (14)	-0,23	nem szignifikáns (17)

Table 4. Correlational value (compared to land size, 2017). (1) Description, (2) Correlation coefficient, (3) Degree of correlation, (4) Production cost (Ft ha⁻¹), (5) Average hedge yield (t ha⁻¹), (6) Production value (Ft ha⁻¹), (7) Revenue (Ft ha⁻¹), (8) Unit cost (Ft kg⁻¹), (9) Yield (t ha⁻¹), (10) Cost level (%), (11) Income (Ft ha⁻¹), (12) Operational income (Ft ha⁻¹), (13) Results in maize, (14) Cost-effective profitability (%), (15) High-strength, strong relation, (16) Medium strength, significant relation, (17) Secure but weak relation, (18) Weak relation

A magas korrelációs értékű területnagyság termelési költség kapcsolat esetén, lineáris kapcsolatot feltételezve regressziós függvényt illesztettünk az adatokhoz (1. ábra). A mintasokaság adataira vetítve ez annyit jelent, hogy a gazdák 1 ha-ra jutó átlagos összköltsége 163 990 Ft volt, amely hektáronként 1007,9 Ft-tal változott ($r=0,72$).

1. ábra. A kukorica területe és a termelési költség közötti kapcsolat a mintasokaságban (2017)

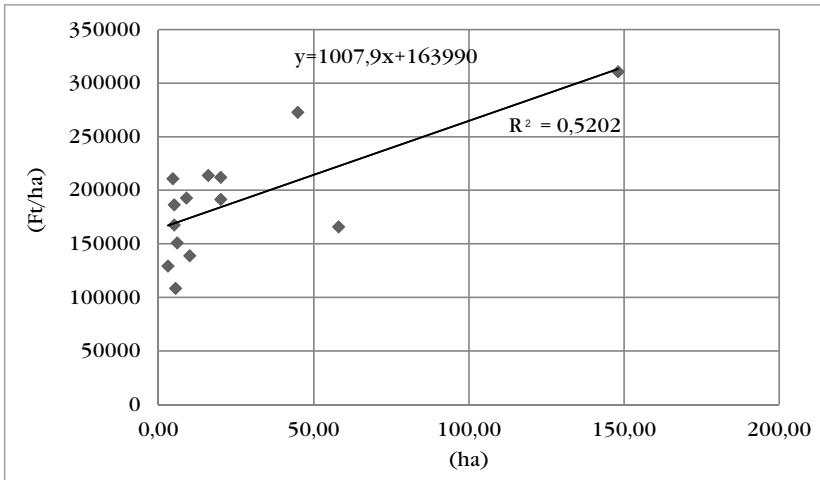


Figure 1. Relation between maize field and production costs in the sample (2017)

Következtetések

Magyarország a kukoricatermesztésben versenytársaihoz mérve előnyöket élvez. A kedvező éghajlati és talajadottságok, a termesztési tapasztalatok, a szakmai ismeretek, alacsony humánerőforrás szükséglet valamint az erős megélhetési kényszer. Ez a megállapítás igaz a megyében is.

A kukorica vetésterülete a megyében a legnagyobb a szántóföldi kultúrák között. Országos összehasonlításban is elsők között szerepel vetésterület vonatkozásában. A kukorica számottevően ki van téve az időjárási körülményeknek. A termésmennyiséget leginkább befolyásoló tényező a csapadék mennyisége és időbeli eloszlása. A megye jellemző homok talaja nem ideális, nem elégíti ki a kukorica optimális igényét. A kukorica talaj tekintetében toleráns, megterem a homokos és kötött földben is, de termése kiszámíthatatlan, mert nem képes a vízigényét kielégíteni a talajból. Szüksége van a csapadékra vagy öntözésre. A megyében a termésmennyiség kritikus meghatározója a vízhiány.

A csapadékviszonyok és talajadottságok miatt a legalkalmasabb jellemzőkkel rendelkező földterületekre koncentrálódik a kukoricatermesztés. A kukorica a gabonafélék közül a legérzékenyebb a talaj minőségére. Bár eltérő talaj

típuson termesztik a kukoricát, az alacsony termőképességű, magas költségvonzatú termelést igénylő, rosszabb átlagtermést produkáló talajtípusú földeken felhagynak a gazdák az addigi szántóföldi növénytermesztéssel. Kevesebb, de jobb minőségű, alacsonyabb termelési költséget igénylő talajokra koncentráldik a gazdálkodás.

A kukorica termelésének sajátossága az alacsony élőmunkaerő-igény. Megyénk sajátossága a feldolgozó ipar szűk keresztmetszete és a humán erőforrás mennyiségi és minőségi jellemzői. Nem áll rendelkezésre a megyében elegendő számú, képzettségű és motivált munkaerő. A foglalkoztatás nem a jövedelem nagyságán múlik, egyszerűen előregedett, vagy elvándorolt a potenciális munkaerő. Az évek óta emlegetett demográfiai gondok megjelennek a vizsgálatunk adataiban és választ adnak arra a kérdésre, hogy miért foglalkoznak kukoricatermesztéssel egyre többen.

Az általam elemzett Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében található 14 gazdaság kukorica termesztéssel kapcsolatosan számított mutatói alapvetően követik az AKI mintában 2013–2016 között kimutatott tendenciákat. Elmondható, hogy a mintasokasági gazdálkodók számára a kukorica termesztése a számított jövedelmezőségi mutatók alapján megfelelő megélhetést biztosított a 2017-es évben az adott évi költségviszonyok mellett. Járási szinten ezek a mutatók igen eltérő képet mutatnak, ami alapvetően a területek talajadottságaival lehetnek összefüggésben.

Kutatásunk szerint a jövedelem határozza meg elsődlegesen a termelési szerkezetet, a piaci igények és piaci ismeretek helyett. Két tényező jelenik meg egyedülként fontosnak a kukoricatermelés ökonometriája szempontjából, a hozam és értékesítési ár tekintetében. Ezen két feltétel biztosítása a legfőbb célja a megye kukoricatermelésének. Ezért érzik szükségesnek leginkább a gazdák az öntözéses gazdálkodás fejlesztését a saját gazdaságukban, mint a csapadék mennyisége és időbeli eloszlására vonatkozó időjárási tényező kockázatának csökkentésére szolgáló legkézenfekvőbb eszközt.

Irodalom

- Ángyán J.–Menyhért Z.–Varga A.–Bakonyi G.–Szabó M.–Barczy A.–Szabóné K. G.–Turcsányi G.–Penksza G.–Bardóczyné Sz. E.–Nováky B.–Loksa G.–Szakál F.–Vida G.–Takács S. A.–Nyárai H. F.–Móra V.–Márai G.–Kriszt B.–Szoboszlai S.–Kohlheb N.–Laki G.: 2004. A mezőgazdaság iparosítása, iparszerű mezőgazdaság. [In: Ángyán J.–Menyhért Z. (szerk.) *Alkalmazkodó növénytermesztés, környezet- és tájgazdálkodás.*] Szaktudás Kiadóház. Budapest. 26–89.
- Béládi K.–Kertész R.–Szili V.: 2017. A főbb mezőgazdasági ágazatok költség- és jövedelemhelyzete 2013–2015. AKI. Budapest. 5–14.
- Berzsenyi Z.–Győrffy B.: 1996. A vetésforgó és a trágyázás hatása a kukorica termésére és termésstabilitására tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 45: 281–296.
- Birkás M.: 2006. Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés. Akaprint Kiadó. Budapest. 283–296.
- Birkás, M.–Szabó, L.: 1992. Stubble cover-moisture conservation soil protecting tillage. *Interpraevent. Protection of Habitat from Foods, Debris Flows and Avalanches.* Bern. 4: 303–312.
- Bocz E.: 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 73–91.
- FAO: 2019. http://www.fao.org/faostat/en/?fbclid=IwAR3hAvYitNABXJqVOL3srXJBrefI4_Os7sZQhBODTSPe_Y9yj8ZDm_fMQxg#data/QC (elérve: 2020. április 10. 15:21).
- Guilford, J. P.: 1956. *Fundamental Statistics in Psychology and Education.* McGraw-Hill Book Company. New York. 565.
- Győri Z.: 2008. A növényi eredetű funkcionális élelmiszerek. [In: Nagy J. et al. (szerk.) *A jövő élelmiszerei és az egészség.*] DE AMTC. Debrecen. 81–90.
- Hansen, B. E.: 2000. Sample splitting and threshold estimation. *Econometrica.* 68. 3: 575–603.
- Huzsvai L.–Nagy J.–Kovács G. J.–Fodor N.: 2004. Termőhelyre adaptált növényi modellek alkalmazása a kukorica termesztésben. [In: Pepó P.–Sárvári M. (szerk.) *Integrált agrárgazdasági modellek a XXI. század mezőgazdaságában.*] Debreceni Egyetem ATC. Debrecen. 79–100.
- Huzsvai L.: 2006. Az Észak-Alföldi Régió természeti adottságainak kihasználása az agráriumban. [In: Baranyi B.–Nagy J. (szerk.) *Területfejlesztés, Agrárium és Regionalitás Magyarországon.*] MTA RKK–DE ATC. Debrecen. 291–302.
- Káposzta J.: 2012. A vidékgazdaság fejlesztési alternatívái. *Acta Agraria Debreceniensis.* 49: 187–191.
- Késmárki I.: 2005. Takarmánynövények. [In: Antal J. (szerk.) *Növénytermesztéstan 2.*] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 355–356.

- Kovács, G. J.–Nagy, J.:* 1997. Test runs CERES-Maize for yield and water use estimations. [In: Nagy J. (ed.) Current Plant and Soil Science in Agriculture. Soil, Plant and Environment Relationships.] Agricultural University of Debrecen. Debrecen. 120–136.
- KSH:* 2018. <https://www.ksh.hu/stadat> (elérve: 2020. április 08. 18:59.)
- Kurtán L.:* 2003. Közgazdaságtan. ELTE Eötvös Kiadó. Budapest. 13–17.
- Linke, C.:* 1996. Bestellkosten im Vergleich. Direktstaat. 3: 12–13.
- Mankiw, N. G.:* 2011. A közgazdaságtan alapjai. Osiris Kiadó. Budapest. 3–4.
- Nagy J.–Kovács J.:* 1999. Növénytermesztési sajátosságok a keleti háromhatár térségben, a növénytermesztési szerkezet módosításának lehetőségei. [In: Sinórosz Szabó B. (szerk.) Komplex környezetkímélő agrártermelés fejlesztése Magyarország keleti háromhatár szegletében.] MTA. Budapest. 25–35.
- Nagy J.:* 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest. 20–55.
- Nagy J.:* 2012a. Versenyképes kukoricatermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 15–33., 476–482.
- Nagy J.:* 2012b. Földhasználat, vízgazdálkodás. Acta Agraria Debreceniensis. 49: 81–87.
- Nagy, J.:* 1995. Effects of tillage, fertilization, plant density and irrigation on maize (*Zea mays* L.) yields. Növénytermelés. 45: 252–260.
- Nagy, J.–Huzsvai, L.–Mika, J.–Dobi, I.–Fodor, N.–Kovács, G. J.:* 2000. Weather generator and crop models for long term decisions. Acta Agronomica Hungarica. 125–131.
- Nagy J.–Nagy A. J.:* 2018. Mezőgazdaság: tények, tendenciák, teendők. [In: Nagy J. (szerk.) Hangsúlyok a térfejlesztésben.] Debrecen. 25–36.
- Nagy L.–Balogh P.:* 2013. Ökonometria. Debreceni Egyetem AGTC. Debrecen. 1–68.
- Nyiri L.:* 1993. A talaj szerkezete és befolyásolásának lehetőségei. [In: Nyiri L. (szerk.) Földműveléstan.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 66–69.
- Pepó P.:* 2012. Néhány agrotechnikai tényező szerepe a gabonafélék precíziós termesztéstechnológiájában. Acta Agraria Debreceniensis. 49: 241–244.
- Pepó P.:* 2019. A növénytermesztés alapjai. [In: Pepó P. (szerk.) Általános növénytermesztési ismeretek. Integrált növénytermesztés I.] Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó. Budapest. 11–21.
- Pepó P.–Sárvári M.:* 2011. Gabonanövények termesztése. Debreceni Egyetem – Nyugat-Magyarországi Egyetem – Pannon Egyetem. 1–5., 11–40.
- Pepó P.–Tóth Sz.:* 2004. Kukorica vonalak szelekciója, keresztezése, ökológiai stressztűrése, takarmányminőség fejlesztése. [In: Pepó P.–Sárvári M. (szerk.) Integrált agrárgazdasági modellek a XXI. század mezőgazdaságában.] Debreceni Egyetem ATC. Debrecen. 65–79.
- Samuelson, P. A.–Nordhaus, W. D.:* 2005. Közgazdaságtan. Akadémiai Kiadó. Budapest. 3–11.
- Sárvári M.:* 2012. A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére és termésbiztonságára. Acta Agraria Debreceniensis. 49: 263–265.

- Sembery P.*: 1989. Energiatakarékosság a mezőgazdaságban. Műszaki Kiadó. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 81-116.
- Sinóros-Szabó B.*: 1994. Talajfizikai és művelésenergetikai kölcsönhatások. Akadémiai doktori értekezés. Budapest. 30-50.
- Sörös I.-Soós S.*: 1994. Szántás nélküli kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Technika. 35. 3: 3-6.
- Szász G.*: 2006. Pedoklimatikus index alkalmazása különböző földrajzi térségek növénytermesztési értékeléséhez. [In: Baranyi B.-Nagy J. (szerk.) Területfejlesztés, Agrárrium és Regionalitás Magyarországon.] MTA RKK-DE ATC. Debrecen. 279-290.
- Széles A.-Sedlák G.*: 2006. Az éghajlat és a műtrágyázás hatása a Delkab kukoricahibridek termésére. [In: Baranyi B.-Nagy J. (szerk.) Területfejlesztés, Agrárrium és Regionalitás Magyarországon.] MTA RKK-DE ATC. Debrecen. 253-264.
- Szili V.-Szlovák S.*: 2018. A főbb mezőgazdasági ágazatok költség- és jövedelmhelyzete 2016. AKI. Budapest. 5-13.
- Thomas, A.*: 1996. What is development managment? Journals of International Development. 8. 1: 95-110.
- Várallyay Gy.*: 1989. A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Agrokémia és Talajtan. 38: 33-50.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Takács István
Debreceni Egyetem
Kerpely Kálmán Doktori Iskola
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
taktamist@gmail.com

Dr. Sinóros-Szabó Botond
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Különböző komposztkészítmények hatása a talaj penetrációs ellenállására

TUBA GÉZA-KOVÁCS GYÖRGYI-ARZU RIVERA-GARCÍA-ZSEMBELI JÓZSEF

Debreceni Egyetem AKIT,
Karcagi Kutatóintézet, Karcag

Összefoglalás

Korábbi tapasztalataink alapján a 2019-ben beállított kísérletünk célja a különböző komposztkészítmények talajtömörödéssre gyakorolt hatásának tanulmányozása volt nagy agyagtartalmú talajon, csökkentett talajművelési rendszerben.

A kísérletet Karcagon, réti csernozjom talajon állítottuk be szennyvíziszap- és juhtrágya-alapú komposzt alkalmazásával. A szennyvíziszap-komposzt négy különböző dózísának hatását vetettük össze a műtrágyázott kontrollal, továbbá a két komposztkészítmény azonos dózísának hatását vizsgáltuk a talaj állapotára. Jelen tanulmányunkban a kezelek talajellenállásra gyakorolt hatását elemezzük.

Megállapítottuk, hogy a műtrágyázott kontrollhoz képest már a legkisebb (5 t/ha) dózisban alkalmazott „Remusz” komposzt is jelentős mértékben csökkentette a vizsgált talajréteg penetrációs ellenállását, a növekvő komposztadagok pedig növekvő mértékben javították a talaj lazultsági állapotát.

A különböző eredetű komposztok mindegyike hasonló hatással volt a talaj fizikai állapotára. Azonos dózisban alkalmazva, az ősszel kijutatott, juhtrágya alapú „Terrasol” komposzt eredményezte a kedvezőbb penetrációs ellenállást, vagyis a jobb talajállapotot.

Kulcsszavak: komposzt, talajtömörödéss, penetrációs ellenállás

Effect of different compost products on the penetration resistance of the soil

G. TUBA-GY. KOVÁCS-A. RIVERA-GARCÍA-J. ZSEMBELI

University of Debrecen Institutes for Agricultural Research and Educational Farm,
Research Institute of Karcag, Karcag

Summary

The main goal of our research set up in 2019 on the basis of our preliminary observations is to study the effect of different compost products on the compactness of a soil with high clay content cultivated in a reduced tillage system.

The experiment was set up with a compost product of wastewater origin (Remusz) and as different product of sheep manure origin (Terrasol) on a plot with meadow chernozem soil. Four doses of the wastewater compost were compared to the control where only mineral fertilizers were applied, furthermore, the effect of the same dose of the two different compost products was also used in the comparison. In this paper, only the effect of these treatments on the penetration resistance of the soil is analysed.

A significant soil penetration resistance decreasing effect in the investigated soil layer could be detected even due to the application of the lowest dose (5 t ha⁻¹) of the Remusz compost compared to the control (mineral fertilizer application). The higher compost doses resulted in lower penetration resistance of the soil.

The two compost products had similar positive, compactness decreasing effect on the soil. Comparing the two compost products (same application time and dose), we found that Terrasol has a somewhat better effect on soil compactness.

Key words: compost, soil compactness, penetration resistance

Влияние различных компостных препаратов на пенетрационное сопротивление почвы

Г. ТУБА–ДЬ. КОВАЧ–А. РИВЕРА-ГАРСИА–Ё. ЖЕМБЕЛИ
Дебреценский Университет АКІТ
Карцагский Исследовательский Институт, г. Карцаг

Резюме

На основании наших более ранних опытов целью установленного в 2019 году опыта было изучение влияния на плотность почвы различных компостных препаратов на почве с большим содержанием глины, в уменьшенной системе обработки почвы.

Опыт установили в г.Карцаге, на луговой чернозёмной почве с использованием компоста ила сточных вод и компоста на основе овечьего навоза. Влияние четырёх различных доз компоста ила сточных вод сравнили с контролем с искусственными удобрениями, а также исследовали влияние одинаковых доз этих двух компостных препаратов на состояние почвы. В этом исследовании анализируем влияние доз, оказанное на сопротивляемость почвы.

Установили, что по сравнению с контролем с искусственными удобрениями уже в самой малой дозе (5 t/ha) использованный компост „Remusz” в значительной мере уменьшил пенетрационное сопротивление изучаемого слоя почвы, а увеличивающиеся дозы компоста в растущей мере улучшили разрыхлённое состояние почвы.

Влияния всех компостов различного происхождения на физическое состояние почвы было похожем. Применённый в одинаковых дозах, внесённый осенью компост на основе овечьего навоза „Tertasol” дал самое благоприятное пенетрационное сопротивление, т.е. лучшее состояние почвы.

Ключевые слова: компост, плотность почвы, пенетрационное сопротивление

Bevezetés

A komposztálás a szerves hulladékok ártalmatlanításának, feldolgozásának régóta ismert módszere. A nagy mennyiségben keletkező istállótrágya környezetbarát felhasználása eredeti formájában sem minden esetben megoldható, ezért

célszerű ezek komposztálása is. A DE AKIT Karcagi Kutatóintézetben kidolgozott juhtrágya komposztálási technológia az EU környezetvédelmi előírásainak megfelelő, ökológiai gazdálkodásban is használható végterméket eredményez (Monori et al. 2009).

EU csatlakozásunk következményeként, a 2000 felhasználói egyenérték (2011. évi CCIX. törvény) feletti településeken a szennyvíztisztító üzemek kötelező módon kiépítésre kerültek. Egyre több települési szennyvíz kerül kezelésre, ártalmatlanításra, ezzel együtt megnövekedik a keletkező szennyvíziszap mennyisége (Ligetvári és Zsabokorszky 2015).

A kommunális szennyvíziszap hulladéknak minősül, a keletkező szennyvíziszap maximálisan megengedett károselem-tartalmait jogszabályok rögzítik, ezzel együtt értékes tápanyagokat tartalmaz, ezért döntő mértékben mezőgazdasági úton érdemes hasznosítani. A keletkező szennyvíziszapok mindössze 2%-át ártalmatlanítják lerakással, 98%-a hasznosításra kerül, ebből a mezőgazdasági hasznosítás mintegy 38%-ra tehető (Simon 2015). A jó minőségű szennyvíziszap alkalmazásakor a dózis növelésével arányosan növekszik a termesztett növények termése (Pap és Papné 1997). A szennyvíziszap nagy nedvességtartalma és az esetleges káros nehézfém-tartalma nagymértékben korlátozhatja a felhasználhatóságát, adalékanyagokkal kiegészítve azonban jó minőségű komposzt alapanyag lehet (Hunyadi et al. 2008). A komposztálás célja a keletkezett hulladék mennyiségének csökkentése, a benne lévő szervesanyag-formák stabilizálása, valamint a patogén mikroorganizmusok elpusztítása (Uri et al. 2005). A szennyvíziszap komposztok jelentős mennyiségben tartalmaznak a növények számára értékes nitrogént és foszfort, kisebb arányban káliumot (Uri et al. 2015). A szennyvíziszap-komposzt kedvezőbb hatással van a talaj szerkezetére, ezáltal termékenységre, mint a kiindulási anyag (Csubák és Mahovics 2008, Makádi 2010). A szennyvíziszap-komposztok alkalmazása csökkentheti a talaj savanyúságát (Bengstone és Cornette 1973), javíthatja a talaj biológiai és fizikai tulajdonságait, növelheti a hasznos mikroorganizmusok számát, csökkentheti a szükséges műtrágya mennyiségét (Pinamonti és Zorzi 1996).

Forgatás nélküli csökkentett talajművelésű rendszerben (Zsembeli et al. 2015, Birkás et al. 2018) a komposzt okszerűen alkalmazható szervesanyag utánpótlásra, mivel az istállótrágyától eltérően a komposztot nem kötelező beszántani. A mulcsművelés során a tarlómaradványokkal együtt (Zsembeli et al. 2019) a komposzt alkalmazása jelentősen csökkentheti a műtrágyával kijuttatandó tápanyag-mennyiséget.

A komposztkezelésekkel bevitt nagy mennyiségű szervesanyag hatására csökken a talaj térfogattömege (*Gyuricza et al.* 2012), nő az összporozitása (*Marinari et al.* 2000), javul a talaj légáteresztő képessége (*Aranyos et al.* 2017). Ugyanakkor tömörödött talajban a makropórusok aránya 20% alá csökken (*Campbell* 1994). A szervesanyag-bevitel elsősorban a makropórusok arányát növeli, így a talaj kevésbé lesz érzékeny a tömörödéssel. Számos kutató a penetrométerrel mért ellenállást lényegesen érzékenyebb mutatónak találta a talajtömörödés kifejezésére, mint a térfogattömeget (*Freitag* 1971, *Pigeon* és *Soane* 1977, *Sanchez* 1990). Az általunk használt „3T System” elektronikus rétegindikátor (*Sinóros-Szabó* és *Szóllósi* 1999) a penetrációs ellenállás értékét MPa-ban mutatja. A talajjellenállás a talaj nedvességtartalmával fordított, a térfogattömegeggyel pedig egyenes arányban változik (*Campbell* és *O’Sullivan* 1991). Nagy adagú komposzt alkalmazása esetén csökken a talaj penetrációs ellenállása, javul a vízforgalma (*Kovács et al.* 2013, *Tuba et al.* 2019), csökkentve ezáltal az aszálykárt és a termés kiesést (*Celik et al.* 2004, *Arthur et al.* 2011).

Kutatásunk előzményét képezi a „Remusz komposzt” talajra és a kukorica termésére gyakorolt hatásának vizsgálata (*Tuba et al.* 2019). Ezen kísérlet tapasztalatai alapján folytattuk vizsgálatainkat, melynek célja két különböző komposztkészítmény (szennyvíz-iszap és juhtrágya alapú) talajtömörödéssel gyakorolt hatásának tanulmányozása nagy agyagtartalmú talajon, redukált talajművelési rendszerben.

Anyag és módszer

A különböző komposztkészítményeknek a talaj tömörödöttségére gyakorolt hatásának vizsgálatára irányuló kísérletünket 2019 tavaszán a Debreceni Egyetem AKIT Karcagi Kutatóintézet H-1 jelű tábláján állítottuk be a talajművelési tartamkísérlet keretein belül, réti csernozjom talajon. A feltalaj kémhatása gyengén savanyú (pH_{KCl} 5,6); Arany féle kötöttsége (K_A) 50; összes oldható só-tartalma <0,02%; szénsavas mésztartalma, redukált művelési mód mellett, 0,13%; humusztartalma 4%. A művelt talajréteg szemcseösszetételét az *1. táblázat* tartalmazza.

A parcellák nettó területe 11 280 m² (24 m×470 m) volt. A kezelések között hat sor széles elválasztó területet hagytunk ki. A kísérlet WGS koordinátái: 47.285902; 20.881504.

1. táblázat. *A kísérlet talajának mechanikai összetétele a rendszeresen művelt rétegben*

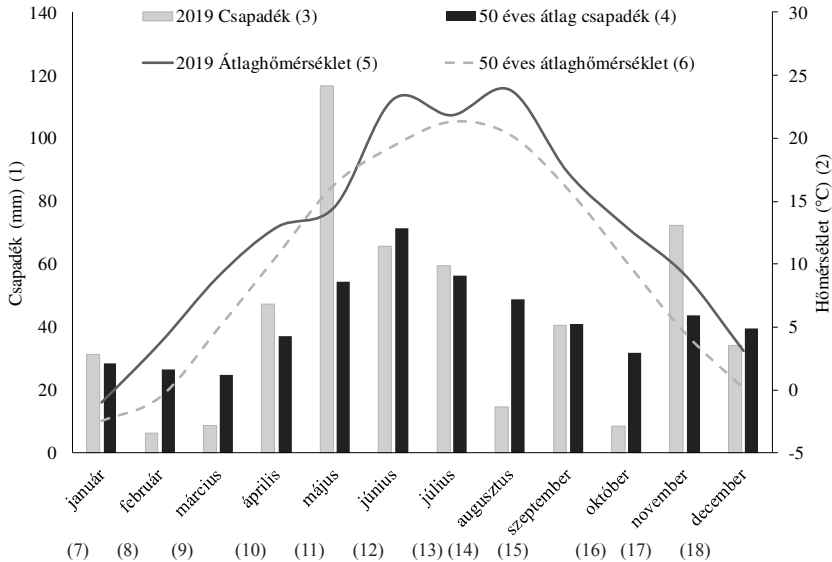
>0,25 mm	0,25-0,05 mm	0,05-0,02 mm	0,02-0,01 mm	0,01-0,005 mm	0,005-0,002 mm	<0,002 mm
0,3	1,7	12,5	13,8	14,6	11,5	45,6

Table 1. Particle size distribution in the regularly cultivated soil layer of the experiment

A terület, a talajművelés tartamkísérlet kezeléseinek megfelelően, 1997 óta nem volt szántva, a művelés a forgatás nélküli sekélyművelésen és rendszeres lazításon alapul. Az elővetemény őszi búza volt, a talaj alapművelése 2018 augusztusában történt tárcsás lazítóval (John Deere Disc Ripper) 25–28 cm mélységben. A kísérletben két komposztkészítmény – „Remusz” komposzt (szennyvíziszap alapú) és „Terrasol” komposzt (juhtrágya alapú) – talajtömörödségre gyakorolt hatását vizsgáltuk a műtrágyázott kontrollhoz hasonlítva. Az alkalmazott kezelések: műtrágyázott kontroll; „Terrasol” 20 t/ha; „Remusz” 5 t/ha, 10 t/ha, 20 t/ha, valamint 25 t/ha. A „Terrasol” komposztot 2018. szeptember 8-án juttattuk ki trágyaszórával és szántóföldi kultivátorral (John Deere Mulch Tiller) dolgoztuk a felső 0–10 cm-es talajrétegbe. A „Remusz” komposzt kijuttatása szintén trágyaszórával történt, és kombinátorral dolgoztuk be a felső 0–10 cm-es talajrétegbe 2019. április 23-án. Ugyanekkor történt a műtrágyázott kontroll területen az alapműtrágya kiszórása is (Yara Mila NPK (S)=16-27-7(5) 220 kg/ha). Jelzőnövényként kukoricát termesztettünk, amit április 25-én vetettük John Deere 1750 típusú hatsoros vetőgéppel, a csíraszám 70 ezer/ha, a vetés mélysége 6 cm. A termesztett hibrid: P9241. A vetést gyűrűshengerrel zártuk le. A mechanikai gyomirtással, sorközműveléssel egy menetben a műtrágyázott kontroll az 5 és 1 t/ha dózisok parcelláinak felére kiegészítő nitrogén-műtrágyát juttatunk ki június 7-én 110 kg/ha Pétisó formájában (29,7 kg N hatóanyag/ha). A kukoricát október 10-én takarítottuk be.

A tenyészidőszak meteorológiai adatai a Kutatóintézet területén, a kísérlet-től 500 m távolságban elhelyezkedő, OMSZ állomás méréseiből származnak. A kukorica vetésétől betakarításáig, a vegetációs időszakban összesen 335,7 mm csapadék hullott, az átlaghőmérséklet 20,1 °C volt, a legmelegebbet (37,4 °C) augusztus 12-én, a legalacsonyabb hőmérsékletet (-1,8 °C) október 8-án mértük. A fontosabb meteorológiai adatokat havi bontásban az 1. ábra mutatja be.

1. ábra. A vizsgálati év (2019) év hőmérséklet és csapadék adatai, valamint az ötvenéves átlag (Karcag)



Forrás: Debreceni Egyetem AKIT Karcagi Kutatóintézet

Figure 1. Temperature and precipitation data of the investigated year (2019) and the 50-year averages (Karcag). (1) Precipitation, (2) Temperature, (3) 2019 precipitation, (4) 50-year average precipitation, (5) 2019 mean temperature (6) 50-year average temperature, (7) January, (8) February, (9) March, (10) April, (11) May, (12) June, (13) July, (14) August, (15) September, (16) October, (17) November, (18) December, Source: University of Debrecen, IAREF Research Institute of Karcag

Meteorológiai szempontból külön kell vizsgálni a hőmérsékletet és csapadékmennyiséget. Csapadék tekintetében átlagosnak tekinthető a 2019. év karcagi viszonylatban, azonban március és augusztus kifejezetten csapadékszegény volt, míg májusban jelentősen több csapadék érkezett a sokéves átlagnál. Általában megjegyezhető, hogy míg a havi csapadékmennyiség alig marad el a sokéves átlagtól, a csapadék eloszlása kedvezőtlen. A kukorica vetését követően három nappal nagyobb mennyiségű (25,8 mm) csapadék hullott, elősegítve a kukorica csírázását és a kelését. A havi átlaghőmérséklet adatokat nézve megállapítható, hogy május kivételével minden hónap melegebbnek bizonyult a sokéves átlagnál. Még szeptemberben is nyári meleg volt. A tenyészidőszak alatt, július 28-án erős vihar sújtotta Karcagot, ami 32,9 mm csapadékot hozott mintegy 52 km/h szélsébséggel (a maximális széllokés nagysága

103 km/h volt). A vihar jelentős növénymegdőlést eredményezett a kísérletben.

A komposztkészítmények beltartalmi értékeit az 2. táblázatban mutatjuk be. A „Remusz” komposzt alapanyagai (Tuba et al. 2019): homogenizált települési szennyvíziszap (80 tf%), szelektíven gyűjtött zöldhulladék (10 tf%), szalma (5 tf%), repce-, napraforgóhéj és sörgyári technológiai szennyvíziszap (5 tf%).

2. táblázat. Az alkalmazott komposztkészítmények beltartalmi értékei

		Remusz	Terrasol
pH _{H₂O}		6,8	8,5
Szervesanyag (1)		24,18	13,00
N	m/m%	1,07	0,96
P ₂ O ₅	szárazanyag	2,48	0,74
K ₂ O	(2)	1,54	2,49
P		10 837	n.a. (4)
K		12 798	n.a. (4)
B		51,3	n.a. (4)
Ca		29 715	10,32
Cd		0,9	<2
Co		10	<50
Cr	mg/kg	75,1	<100
Cu	szárazanyag	121	<100
Fe	(3)	21 992	n.a. (4)
Mg		8528	1,82
Mn		555	n.a. (4)
Mo		<0,2	n.a. (4)
Ni		30,5	<50
Pb		26,1	<100
Zn		444	n.a. (4)

Table 2. Some parameters of the applied composts. (1) Organic matter, (2) Dry matter m/m% of original matter, (3) Dry matter (mg kg⁻¹), (4) No data

A „Terrasol” komposzt forgalomba hozatali és felhasználási engedélye (NÉBIH 2008) szerint annak alapanyagai: almos juhtrágya (Karcag és környékéről származó mélyalmos trágya 96 m/m%), mádi zeolit (2 m/m%), nyersfoszfát (2 m/m%).

A talajtömörödés szempontjából a komposztok összetevői közül a szervesanyag- és Ca-, illetve CaCO_3 -tartalom bír jelentőséggel. A dózisokat és a kiszórás kori nedvességtartalmukat figyelembe véve, ezekből a 3. táblázatban feltüntetett mennyiségeket juttattuk ki. Ez a CaCO_3 adag csupán töredéke a talajjavításhoz ajánlott 5–15 t/ha mennyiségnek (Filep 1999).

3. táblázat. A kijuttatott szervesanyag és kalcium mennyisége kezelésként

	Szervesanyag (kg/ha) (1)	Ca (kg/ha)	CaCO_3 (kg/ha)
Műtrágyázott kontroll (2)	0,0	0,0	0,0
Terrasol komposzt (3) 20 t/ha	2366,0	163,8	409,5
Remusz komposzt (4) 5 t/ha	1063,9	130,8	326,8
Remusz komposzt (4) 10 t/ha	2127,8	261,5	653,8
Remusz komposzt (4) 20 t/ha	4255,7	523,0	1307,5
Remusz komposzt (4) 25 t/ha	5319,6	653,8	1634,3

Table 3. The distributed organic matter and Ca content in the treatments. (1) Organic matter, (2) Fertilized control, (3) Terrasol compost, (4) Remusz compost

A talaj tömődöttségének mértékét a kukorica betakarítása után, „3 T System” elnevezésű elektronikus rétegindikátorral (penetrométer) vizsgáltuk, kezelésként három ismétlésben, az alapművelés és a kijuttatott komposztok által feltételezhetően érintett 0–30 cm-es talajrétegben. A műszer 1 cm-enként méri és rögzíti az adatokat. A penetrációs ellenállás értékét, a 60°-os kúpban végződő szonda talajba juttatásához szükséges erő és a felület arányából számított értéként, MPa-ban adja meg. A mérési eredmények felső 0–5 cm-ét, a szakirodalomban talajfelszín effektusnak nevezett jelenség miatt, nem értékeltük és nem is ábrázoltuk. A talaj aktuális nedvességtartalmát 10 cm-es rétegenként vett talajmintákból gravimetriásan határoztuk meg.

Az adatokat a 3T System adatfeldolgozó programja és Microsoft Excel 2016 segítségével dolgoztuk fel, a statisztikai elemzésekhez egytényezős varianciaanalízist végeztünk.

Eredmények

A talaj penetrációs ellenállásának vizsgálatakor első megközelítésben a „Remusz” komposzt négy különböző adagjának hatását hasonlítjuk össze a műtrá-

gyázott kontroll parcellán mért értékekkel (2. ábra). Mivel a talaj penetrációs ellenállása függ annak nedvességtartalmától a penetrációs mérésekkel egyidőben vizsgáltuk a talajrétegek nedvességtartalmát is.

2. ábra. A különböző „Remusz” komposzt adagok hatása a talaj penetrációs ellenállására (A) és nedvességtartalmára (B) (Karcag, 2019)

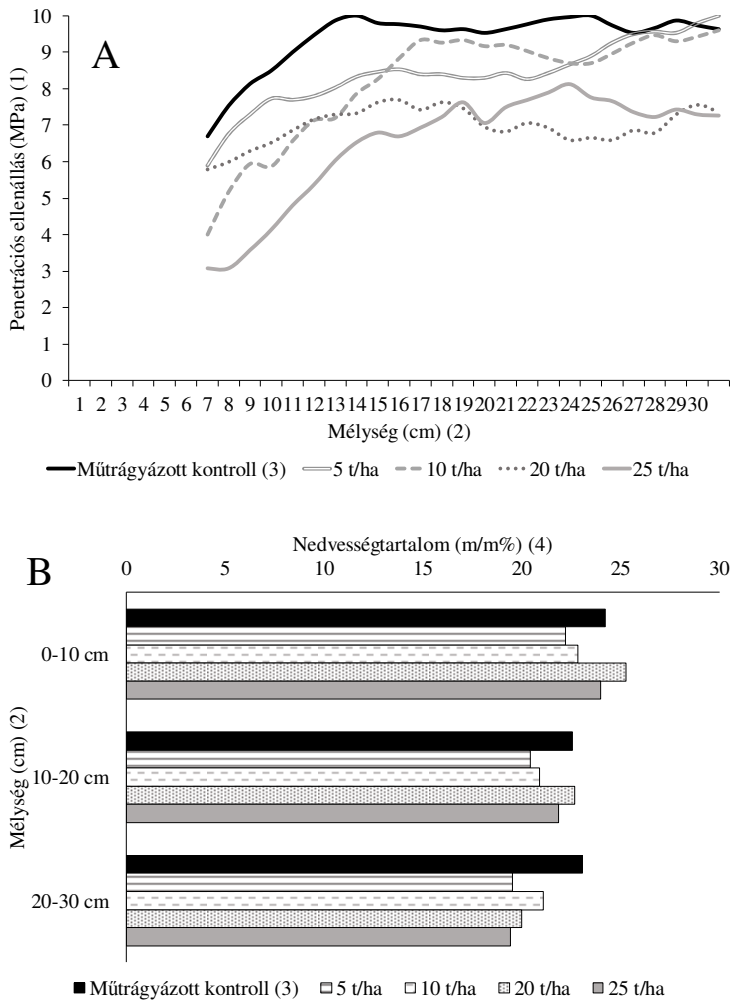


Figure 2. Effect of the different doses of Remusz compost on the penetration resistance (A) and the moisture content (B) of the soil (Karcag, 2019). (1) Penetration resistance, (2) Depth, (3) Fertilized control, (4) Moisture content

Méréseink során azt tapasztaltuk, hogy közel azonos nedvességtartalom mellett a különböző komposztadagok mindegyike pozitív hatást gyakorolt a talaj penetrációs ellenállására, azaz csökkentette azt a vizsgált talajrétegben (az alapművelés teljes mélysége), ezzel szemben a műtrágyázott kontroll parcella talaja a legtömörödöttebb volt. A növekvő dózisu komposztkezelések fokozatosan csökkentették a talajellenállást.

A mért adatokat egytényezős varianciaanalízissel elemezve megállapítható, hogy a kontrollhoz képest mindegyik komposztkezelés szignifikáns mértékben csökkentette a talajellenállást ($SzD_{5\%}=0,196$ MPa). A statisztikai elemzés eredményeit a 4. táblázat tartalmazza. Az eredményekből kitűnik, hogy nem csak a műtrágyázott kontrollhoz képest csökkent a talaj ellenállása, hanem a dózisos növelésével további talajállapot javulást értünk el.

4. táblázat. Az egytényezős varianciaanalízis eredménytáblázata a „Remusz” komposzt kezelésekre

Csoportok (1)	Darabszám (2)	Összeg (3)	Átlag (4)	Variancia (5)		
Műtrágyázott kontroll (6)	75	704,0	9,39	0,95		
5 t/ha	75	631,0	8,41	4,46		
10 t/ha	75	613,3	8,18	3,43		
20 t/ha	75	524,2	6,99	1,00		
25 t/ha	75	486,6	6,49	3,42		
Varianciaanalízis (7)						
Tényezők (8)	SS	df	MS	F	p-érték (9)	F krit. (10)
Csoportok között (11)	402,9937	4	100,74	38,0176	1,19E-26	2,396
Csoporton belül (12)	980,5155	370	2,6500			
Összesen (13)	1383,509	374				

Table 4. Results of the One-way ANOVA for the treatments of Remusz compost. (1) Groups, (2) Samples, (3) Sum, (4) Mean, (5) Variance, (6) Fertilized control, (7) ANOVA, (8) Source of variance, (9) p-value, (10) F-crit., (11) Between groups, (12) Within groups, (13) Total

Második megközelítésben a „Remusz” és „Terrasol” nevű komposztkészítmények azonos dózisanak hatását vizsgáljuk a műtrágyázott kontrollhoz viszonyítva (3. ábra).

3. ábra. A különböző komposztkészítmények hatása a talaj penetrációs ellenállására (A) és nedvességtartalmára (B) (Karcag, 2019)

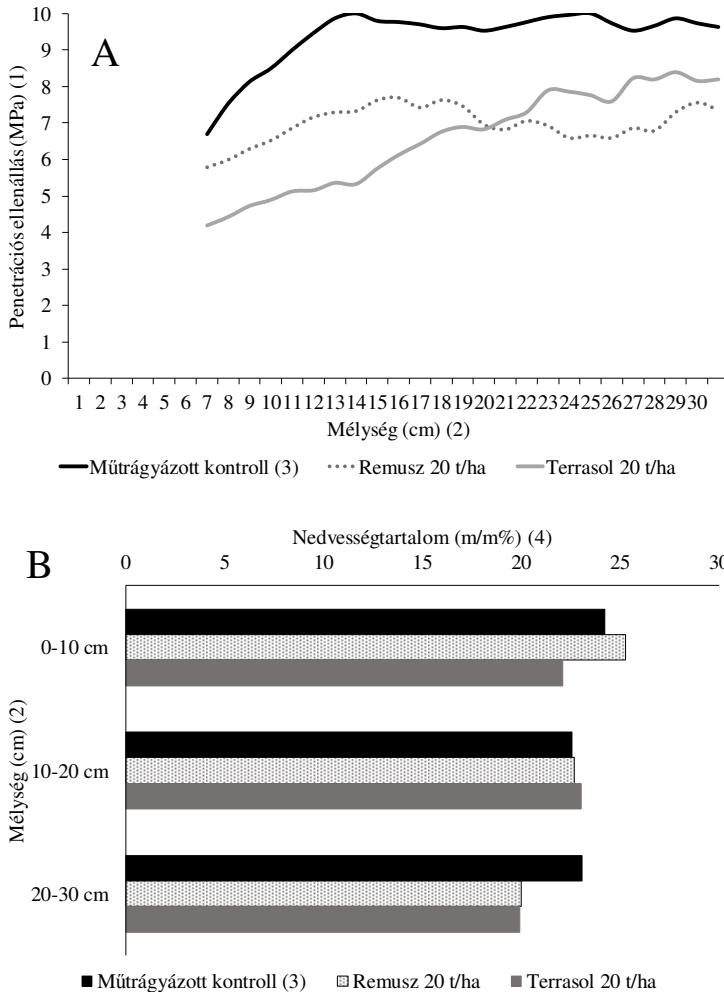


Figure 3. Effect of the different compost products on the penetration resistance (A) and the moisture content (B) of the soil (Karcag, 2019). (1) Penetration resistance, (2) Depth, (3) Fertilized control, (4) Moisture content

Az ábrán egyértelműen látható, hogy a műtrágyázott kontroll parcella talaja a leginkább tömörödött. A 20 t/ha adagban kijutott két komposztkészítmény mindegyike jelentősen csökkentette a talaj penetrációs ellenállását. A vizsgált

talajréteg nedvességtartalmának alakulására a két komposztkészítmény nem gyakorolt számottevő hatást.

A penetrációs adatok statisztikai elemzése során szignifikáns különbséget találtunk mindkét komposztkészítménnyel kezelt talaj esetén a műtrágyázott kontrollhoz képest. Az elemzés eredményeit az 5. táblázat tartalmazza ($SzD_{5\%} = 0,199$ MPa). A két komposztkészítmény hatása között a felső 30 cm-es mélységben ugyancsak szignifikáns különbséget találtunk, a „Terrasol” komposzt átlagosan 0,4 MPa-lal bizonyult kedvezőbbnek. Ennek lehetséges oka a korábbi kijuttatás, így hosszabb idő, több mint fél év állt rendelkezésére a talajjavító hatás kifejtésére.

5. táblázat. Az egytényezős varianciaanalízis eredménytáblázata a különböző komposztkészítményekre

Csoportok (1)	Darabszám (2)	Összeg (3)	Átlag (4)	Variancia (5)		
Műtrágyázott kontroll (6)	75	704,0	9,39	0,95		
Remusz 20 t/ha	75	524,2	6,99	1,00		
Terrasol 20 t/ha	75	494,5	6,59	2,94		
Varianciaanalízis (7)						
Tényezők (8)	SS	df	MS	F	p-érték (9)	F krit. (10)
Csoportok között (11)	342,6684	2	171,334	105,274	7E-33	3,036
Csoporton belül (12)	361,3048	222	1,6274			
Összesen (13)	703,9732	224				

Table 5. Results of the One-way ANOVA for the different composts. (1) Groups, (2) Samples, (3) Sum, (4) Mean, (5) Variance, (6) Fertilized control, (7) ANOVA, (8) Source of variance, (9) p-value, (10) F-crit., (11) Between groups, (12) Within groups, (13) Total

Következtetések

A 2019. évben, Karcagon, nagy agyagtartalmú, kötött réti csernozjom talajon elvégzett vizsgálataink szerint az általunk alkalmazott két komposztkészítmény kedvező hatást gyakorolt a talaj penetrációs ellenállására a vizsgált 0–30 cm-es talajrétegben, használatuknak betudhatóan csökkent a talaj tömörödöttsége.

A „Remusz” komposztot különböző dózisokban használva megállapítottuk, hogy már az 5 t/ha adag is jelentős mértékű javulást eredményezett a talaj penetrációs ellenállásának alakulásában. Az alkalmazott dózisok növelésével további javulást értünk el, a növekvő komposztadagok növekvő mértékben javították a talaj lazultsági állapotát. Bár a 25 t/ha kijutatott dózis eredményezte a penetrációs ellenállás legnagyobb mértékű csökkenését, ilyen vagy ennél nagyobb mennyiséget, gazdasági és egyéb okokból, már nem célszerű alkalmazni.

A „Terrasol” komposzt hatását ugyanolyan (20 t/ha) dózisban kiadott „Remusz” komposzttal és a műtrágyázott kontrollal hasonlítottuk össze. Megállapítottuk, hogy mindkét komposztkészítmény kedvező hatást gyakorolt a talaj fizikai állapotára, ugyanakkor a „Terrasol” komposzt pozitív hatása nagyobb mértékű volt.

Vizsgálatainkkal igazoltuk mindkét komposztkészítmény (juhtrágya és szennyvíz-iszap alapú) eredményes alkalmazhatóságát nagy agyagtartalmú talajon. Feltételezhető, hogy a csökkentett talajművelési rendszerben a komposztok hosszabb tartamhatására lehet számítani, mivel a komposzt és a kezelt talajréteg nem kerül alászántásra.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program NKFIH-1150-6/2019 számon támogatta, a Debreceni Egyetem 4. tématerületi programja keretében.

Irodalom

2011. évi CCIX. törvény a víziközmű-szolgáltatásról. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100209.tv>
- Aranyos T. J.–Makádi M.–Tomócsik A.–Orosz V.–Demeter I.–Blaskó L.: 2017. Szennyvíziszap komposzt kezelés hatása a talaj térfogattömegére és légáteresztő képességére. Talajvédelem különszám. 129–138.
- Arthur, E.–Cornelis, W. M.–Vermang, J.–De Rocker, E.: 2011. Effect of compost on erodibility of loamy sand under simulated rainfall. *Catena*. 85: 67–72.

- Bengstone, G. W.–Cornette, J. J.*: 1973. Disposal of composted municipal waste in a plantation of young slash pine: effects on soil and trees. *Journal of Environmental Quality*. 2: 441–444.
- Birkás M.–Đekemati I.–Kende Z.–Radics Z.–Szemők A.*: 2018. A sokszántásos műveléstől a direktvetésig – Előrehaladás a talaj művelésében és védelmében. *Agrokémia és Talajtan*. 67. 2: 253–268.
- Campbell, D. J.–O’Sullivan, M. F.*: 1991. The cone penetrometer in relation to trafficability, compaction, and tillage. [In: Smith, K. A.–Mullins, C. E. *Soil Analysis*.] New York. Marcell Dekker. 399–423.
- Campbell, D. J.*: 1994. Determination and use of soil bulk density in relation to soil compaction. [In: Soane, B. D.–Van Ouwerkerk, C. (eds.) *Soil compaction in crop production*.] Elsevier Sci. 113–139.
- Celik, I.–Ortas, I.–Kilic, S.*: 2004. Effects of composts, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research*. 78: 59–67.
- Csubák M.–Mahovics B.*: 2008. A kommunális szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításának tapasztalatai. *Talajvédelem különszám*. 217–226.
- Filep Gy.*: 1999. Talajjavítás. [In: Stefanovits P. (szerk.) *Talajtan*.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 347–362.
- Freitag, D. R.*: 1971: Methods of measuring soil compaction. [In: Barnes, K. K. (ed.) *Compaction of agricultural soils*.] ASAE monograph. 47–103.
- Gyuricza Cs.–Junek N.–Csuzi Sz.–Kovács G.–Újj A.–Mikó P.*: 2012. Talajállapot vizsgálatok energetikai faültetvényben. *Növénytermelés*. 61. 2: 65–82.
- Hunyadi G.–Bíró T.–Tamás J.–Mézess L.–Kosárhó M.*: 2008. Rothasztott szennyvíziszap felhasználásával kialakított komposztreceptúrák tápanyagtartalmának vizsgálata. *Talajvédelem különszám*. 395–403.
- Kovács Gy.–Tuba G.–Czibalmos R.–Csízi I.*: 2013. Különböző komposztadagok hatása az extenzív gyeptalajának néhány tulajdonságára. *Gyepgazdálkodási Közlemények*. 2010/2011. 2: 9–14.
- Ligetvári F.–Zsabokorszky F.*: 2015. Az európai unióhoz történt csatlakozás hatása a hazai szennyvíztisztításra és iszapkezelésre. [In: Simon L.–Vincze Gy. (szerk.) *Szennyvizek és szennyvíziszapok hasznosítása a régió fenntartható mezőgazdaságáért: Az Európai Unióhoz történt csatlakozás hatása a hazai szennyvíztisztításra és iszapkezelésre*.] Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Főiskolai Kar. Nyíregyháza. 33–38.
- Makádi M.*: 2010. Ásványi és szerves adalékanyagok hatása a nyírségi homoktalajok mikrobiológiai tulajdonságaira. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem. Gödöllő.
- Marinari, S.–Masciandaro, G.–Ceccanti, B.–Grego, S.*: 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology*. 72: 9–17.

- Monori, I.–Blaskó, L.–Zsigrai, Gy.–Biró, B.:* 2009. TERRASOL compost from sheep manure. [In: Koutev, V. (ed.) Potential for simple technology solutions in organic manure management.] 13th RAMIRAN International Conference. 2008. 06. 28–30. Albena. Bulgaria. 421–424.
- NÉBIH:* 2008. Terrasol komposzt forgalomba hozatali és felhasználási engedélye. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKewiE2Ijb_4LoAhVJ_SoKHRZNDsYQFjAAegQIBRAB&url=http%3A%2F%2Fportal.nebih.gov.hu%2Fdocuments%2F10182%2F287638%2Fterrasolkomposzt.pdf%2F170c34ee-34fe-40b0-beb1-a6900d7319d4&usg=AOvVaw30LVsNu5_gw1H5LDAbUi3q
- Pap J.–Papné Kránitz E.:* 1997. A település eredetű szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezésének másfél évtizedes tapasztalata. Vízmű Panoráma. 5. 1: 11–14.
- Pigeon, J. D.–Soane, B. D.:* 1977: Effects of tillage and direct drilling on soil properties during the growing season in a long term baley mono-culture system. J. Agricultural Sci. 88: 432–442.
- Pinamonti, F.–Zorzi, G.:* 1996. Experiences of compost use in agriculture and in land reclamation projects. [In: de Bertoldi, M. et al. (eds.) The Science of Composting.] Blackie Academic and Professional. London. 515–527.
- Sanchez, H. A.:* 1990. Comparison of soil physical properties developed by four tillage system on chalmers silty clay loam soil. Doctorial PhD Exercise. Purdue University West Lafayette. Indiana. 106.
- Simon L.:* 2015. Szennyvizek és szennyvíziszapok hasznosítása a régió fenntartható mezőgazdaságáért. [In: Simon L.–Vincze Gy. (szerk.) Szennyvizek és szennyvíziszapok hasznosítása a régió fenntartható mezőgazdaságáért. Az Európai Unióhoz történt csatlakozás hatása a hazai szennyvíztisztításra és iszapkezelésre.] Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Főiskolai Kar. Nyíregyháza. 7–9.
- Sinóros-Szabó B.–Szöllősi S.:* 1999. A 3T System alkalmazása és gyakorlati jelentősége. Gyakorlati Agroforum. 10. 7. 1: 5–16.
- Tuba G.–Kovács Gy.–Czellér K.–Zsembeli J.:* 2019. A szennyvíziszap-komposzt hatása a kukorica termésre és a talaj néhány tulajdonságára. Növénytermelés. 68. 3: 73–89.
- Uri Zs.–Simon L.–Vincze Gy.–Szabó B.–Irinnyiné Oláh K.–Vigh Sz.–Szabó M.–Koncz J.:* 2015. Szennyvíziszap komposzt és fűzhamu hatása az energiafűzre. Talajvédelem Különszám. 373–379.
- Uri Zs.–Lukácsné Veres E.–Kátai J.–Simon L.:* 2005. Települési szennyvíziszapok hatása a talaj mikroorganizmusaira és enzimaktivására. Agrokémia és Talajtan. 54: 439–450.
- Zsembeli J.–Szűcs L.–Tuba G.–Czimbalmos R.:* 2015. Nedvességtakarékos talajművelési rendszer fejlesztése Karcagon. [In: Madarász B. (szerk.) Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon: elmélet és gyakorlat.] MTA CSFK Földrajztudományi Intézet. Budapest. 122–133.

Zsembeli J.-Takács M.-Kovács Gy.-Tuba G.: 2019. A talaj ásványi-, valamint repce és napraforgó növényi maradványok nitrogéntartalmának összefüggése jellegzetes hazai talajokon. *Agrokémia és Talajtan.* 68. 2: 243–258.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Tuba Géza – Dr. Kovács Györgyi – Arzu Rivera-García – Dr. Zsembeli József
Debreceni Egyetem AKIT
Karcagi Kutatóintézet
Karcag
Kisújszállási út 166.
H-5300
*tuba@agr.unideb.hu

MEGEMLÉKEZÉS

In memoriam

150 éve született Székács Elemér növénynemesítő, a „kalász vadász”



(1870–1938)

Napjainkban, amikor azon gondolkozunk, hogy miért csak 5 t/ha körül van a búza országos termésátlaga, holott a jobb táblákon már több gazdaság is elért 10 t/ha körüli átlagot, nemigen jut eszünkbe, hogy a száz évvel ezelőtti gazdák is azon töprengtek, hogy hogyan lehetne a gyakori rozsdás évek miatti 0,85 t/ha átlagot 1,7 t/ha-ra növelni. Ez foglalkoztatta e korszak nemesítőjét Székács Elemért, aki 150 évvel ezelőtt született. Ez alkalomból ismerjük meg ne csak főbb életrajzi adatait, hanem írásai alapján búzanemesítési elveit, módszereit, eredményeit is.

1870. szeptember 23-án látta meg a napvilágot Pesten. Gimnáziumi tanulmányait a fővárosban és Nagyszébenben végezte. Ezt követően 1888-tól volt a magyaróvári Gazdasági Akadémia hallgatója, majd friss diplomásként 1892-ben Károlyi Alajos birtokán kezdte gazdatiszti pályáját. Dolgozott a kiterjedt birtok budapesti központjában, a Csongrád megyei nagymágocsi uradalom-

ban és a Nyitra megyei Tótmegyeren. Harmincéves sem volt, amikor 1897-ben a Békés és Csongrád megyékben lévő árpádhalmi uradalom intézője lett. Három évvel később innen helyezték át a 3500 ha-os Temes vármegyei soósdpusztai birtok irányítására, amelyet nyolc év alatt a megye legkorszerűbb birtokává fejlesztett. 1908-ban visszakerült Árpádhalomra és kinevezték a nagy kiterjedésű Berchtold-Károlyi birtok jószágkormányzójává.

Itt dolgozott 1917-ig, s ez idő alatt a gazdaság szakmai irányítása mellett különösen a gabonafélék nemesítésével ért el kiváló eredményeket. Székács már fiatal pályakezdőként új talajművelési, műtrágyázási, talaj ápolási módszerek alkalmazásával törekedett a növényi termés hozamok növelésére. Hasonló céllal kezdett Soósdpusztán a növények nemesítéséhez is, amelyet tovább folytatott Árpádhalmon is. Barátai „kalász vadásznak” nevezték, mert a gabonatáblákban mindig kereste a szép, egészséges, jól termékenyült kalászokat. Kitarolt nemesítő munkájának eredménye: 15 búza, egy tavaszi árpa, hét őszi árpa, két zab, egy kukorica és egy olajlen fajta.

Székács Elemér szerencsére olyan ember volt, aki tudását, tapasztalatait szerte másokkal megosztani, s ezért az akkori idők legolvasottabb mezőgazdasági lapjában, a 'Köztelek'-ben gyakran jelentek meg írásai. Növény nemesítői munkássága e cikkek segítségével elég jól nyomon követhető. Székács 1906-ban Sósdon kezdte az elitnövények kiválogatását és 1908-ban a munkát Árpádhalmon folytatta. Már 1908-ban írt a Köztelekben egy kétrészes cikket a következő címmel *“Az alföldi, főként a tiszavidéki búza nemesítésének irányelveiről”*. Tanulmányában először a tiszavidéki búza előnyeit, hátrányait jellemzi, így: *„A tiszavidéki búzának, hazánk ezen legjelesebb természetvényének megvannak a maga kiváló, valamint nem kívánatos tulajdonságai. Jó tulajdonsága a magas sikértartalom, kitűnő sikerminőség, fagyállóság, valamint a nyugati féleségekhez viszonyítva a koránérőség is, mely utóbbi jó tulajdonság emelése, tekintve a gyakori hirtelen beálló korai nagy hőséget, bizonyos mértékig a meglévő felül is kívánatos volna. Hibái a gyenge szalma, vagyis csekély ellenállóképesség a megdőlés, rozsdakár s a hőütéssel szemben, valamint a nyugati búzáknál csekélyebb termőképessége is.”* Majd a természet hi-báit ismerteti, ami így foglalható össze:

1. a holdanként kivetett 80–90 liter vetőmag kevés, mert fokozott bokrosodást okoz, a túl sok sarjkalász a rozsdá és a hóguta miatt rossz minőségű vetőmagot terem, ugyan úgy, mint a kapásbúza;
2. a búzatáblák művelése sem megfelelő.

A cikk második részében foglalkozik igazán a nemesítéssel. Fő módszere a pedigré tenyésztés. A kiválasztás fő szempontjának pedig a rozsdá ellenállóságot tekinti, mert az 1900-as évek első évtizedében a rozsdás esztendők holdankénti átlagtermése csak öt mázsa (8,7q/ha) búza volt. A "rozsdáállóság" gazdasági jelentőségét a következő szemléletes példán mutatja be: „Egy 1500 holdas nem egészen külterjes birtokon 500 hold búzával bevetett területet feltételezve, ha a termésátlag a rozsdá következtében csupán 5 mázsa, úgy az eladható mennyiség elkeserítően kevés, minthogy a 2500 q összertermésből átlagos számítással levonandó:

Vetőmagszükséglet	500 q
Szegődményekre	480 q
Aratók nyári munkások, hónapos cselédek ételmezésére	280 q
Arató- és cséplőrész (biztosíték)	440 q
Rostálás után aljba megy körülbelül 7%	150 q
Összesen:	1.850 q

vagyis eladó kereken 6 vagon búza. Ha azonban csak 7 q is az átlagos termés kat. holdankint, úgy ez kerek 12 vagonnal emeli az eladható mennyiséget, nem csekély előnyére a jövedelemnek, ha pedig 10 q az átlagos termés, úgy nem még egyszer akkora az eladható mennyiség, mint amidőn fele annyi, vagyis 5 q terem, hanem körülbelül 5-6-szor nagyobb.”

A rozsdá elleni küzdelmet a rozsdáévben kell megkezdeni, mégpedig úgy hogy a szorult búzából kiszelektált telt szemeket kell egyenként külön parcellára "anyaggyűjtő parcellára" elvetni normális sor- és tőtávolságra (10×5 cm). E parcellából kell az elit töveket a jó szalmaminőség, a koránérőség és más jó tulajdonságok szerint kiválogatni.

A tiszavidéki búza akkoriban keverten tartalmazott fehér és vörös kalászokat. Felvetődött a kérdés, melyik a jobb? Székács kísérletei ezt egyértelműen eldöntötték, amelyekben fehér kalászá egyedei ugyanis korábban értek a vörösöknél és a rozsdával szemben is ellenállóbbak voltak. A fehérek nem bokrosodtak olyan jól, mint a vörösek. Székács szerint alapvetően a fehérekre kell szelektálni – ez ellentétes volt az akkoriban elterjedt nézettel, hiszen a gazdák a vörös kalászá búzában jobban bíztak. E cikk végén azt írja: „Összegezve az elmondottakat, az alföldi, elsősorban pedig a tiszavidéki búza nemesítése érdekében kívánatosnak tartom a következőket:

1. A helyes talajművelés, elsősorban is a kellő mennyiségű vetőmag alkalmazásának s a vetések okszerű ápolásának elterjedését.

2. *A nemesítésnél legfőbb súly a rozsdállóság átörökítésére helyezendő, ezzel karöltve igyekezzünk rövid, erős szalmájú, csekélyebben bokrosodó, koránérő fajtákat előállítani, figyelmet fordítva a nagyobb termőképességre is.*
3. *Fehérkalásziú egyedekre különösen a rozsdától gyakrabban szenvedő vidékeken nagyobb súly helyezendő.*
4. *Részesítse földmivelésügyi kormányunk a nemesítéssel foglalkozó gazdákat támogatásában s gyakoroljon ellenőrzést a tenyészetek forgalomba kerülő termékei felett.”*

Ez a kis összefoglaló tekinthető Székács nemesítési célkitűzésének is. Ahogy teltek az évek, nemesítési ismeretei egyre gyarapodtak, úgy hogy 1912-ben megjelentette „*Gyakorlati búzanemesítés*” című könyvét, amelyben leírta módszereinek nagy része még ma is használható. A könyv előszavában és bevezetésében is felhívja a figyelmet arra, hogy a magyar búza különféle típusok keverékéből áll. Azt írja: „*Ha a gazda búzáját az értéktelenebb típusoktól megtisztítani képes, csakhamar észre fogja venni, hogy terméseredményei megjavulnak, s így tiszta jövedelme is emelkedik. Hat év óta foglalkozom ezen kérdéssel tisztán gyakorlati alapon, s eddigi eredményeim jogosítanak fel arra, hogy jelen munkámban közre adjam azon eljárásokat, melyek alapján minden gyakorlati gazda képes lesz saját búzáját az értéktelen típusoktól megtisztítani, nagyobb termésátlagot elérni, s így nemcsak jobban, de egyszerűsített módon hozzájárulni nagyobb nemzeti vagyon előállításához, bebizonyítván, hogy a „termeljünk többet” jelszó nem „pium desiderium” többé, de tisztán gyakorlati alapon megvalósítható.*”

A könyv 10 fejezetre tagolódik. Az első fejezetben a magyar búza természetrajzát ismerteti. Szerinte a tar búzák (pl. somogyi tar) nem „magyar” búzák. A szálkás búzák közt a fehér, a vörös és sötétbarna színűeket említi, s kísérletesen bizonyítja a fehér színűek fölényét a színesekkel szemben. Helyesen látja, hogy „... *a mag belső tulajdonságai, mint a sikértartalom, sikerminőség, lisztesség elsősorban a termőtalaj és éghajlat s a termelési év időjárásától befolyásoltatnak, s bár tagadhatatlan, hogy ezen tulajdonságok öröklődnek, de az előbb jelzett tényezőktől sem függetlenek.*”

A könyv 2. fejezete szerint „... *a nemesítés gyakorlati célja „a termelés jövedelmének fokozása”, mit eltekintve a mindenkori árak és értékesítési viszonyoktól, akként érhetünk el, ha igyekezzünk termésátlagainkat emelni, s az átlagokat biztosabbá tenni. Hogy ezen irányban haladhassunk, ismer-*

nünk kell búzatermelésünk hibáit, mert ha a búzának a kellő művelést nem biztosítjuk, egyedül a nemesítéstől sikert ne várjunk, csakúgy, mint ahogyan az elmaradt őszi szántás hibáját műtrágyázással helyreütni nem lehetséges. Ismernünk kell továbbá a magyar búza hibáit és becses tulajdonságait, mert a nemesítésnél követendő sarkalatos alapelvünk: a hibák csökkentése, az értékes tulajdonságok megóvása mellett.”

A hibák: a kevert, rostálatlan, gyomokkal fertőzött, rossz minőségű vetőmag, a helytelen csávázás vagy annak hiánya, a késői vetés, a ritka vetés, a tavaszi boronálás elhagyása, az ok nélküli hengerezés, az aratási veszteségek és a műtrágyázás hiánya.

Az értékes típusok kiválogatása és helyes művelés több termést eredményez. Melyek az értékes típusok?

„Értékes típusokul azon búzatöveket ismerhetjük el, amelyek a magyar búza jó tulajdonságaival fel vannak ruházva s emellett a típusok keverékéből álló vetésnél biztosabb termést, tehát több jövedelmet adnak. A magyar búza legértékesebb tulajdonságai a fagyállóság, koraérőség, bő sikértartalom, jó sikerminőség, tehát a nemesítőnek legfőbb feladata, hogy a búza ezen kiváló tulajdonságait el ne hanyagolja, sőt különösen ami a koraérőséget illeti, még fokozza s igyekezzék a kedvezőtlen tulajdonságokat, mint amilyenek a csekély hozam, a rozstda, s a megdőlés iránti nagyfokú hajlam, mérsékelni.

Fenti előnyös és hátrányos tulajdonságok azonban egymással világos korrelációban állanak, vagyis a koránérő típusok rendszerint nem bőtermőek, az erősszalmájúak általában nem adnak jó lisztminőséget, tehát, hogy ezen általánosságban fennálló viszonyos tulajdonságok ellenére sikerrel járhasunk el, keresnünk kell azon típusokat, melyek az általános szabályok alól kivételek.”

A könyv a 3. fejezetében az elitek kiválasztását és törzskönyvezését ismerteti. A törzsek kiválasztásakor a következő szabályokat kell betartani:

- „1. Csak normális sűrűségű búzából válogassunk töveket, sohasem a szélekről szedjük ezeket.*
- 2. Korán vagy normálisan érő töveket gyűjtsünk.*
- 3. A legszebb egyhajtású töveket se szedjük fel, legalább is két egyenletes anyahajtása legyen a tőnek, de négyenél több anyahajtását csak az esetben sorozzuk be, ha valami kiváló tulajdonságot vélünk benne látni.*
- 4. Inkább fehér-, mint vöröskalászu töveket gyűjtsünk.*

5. *Érett és kevésbé rozsdás szalmájú töveket keressünk, mert bár a rozsdás nem zárja ki a rozstdaállóságot, a nagyon rozsdás tövek általában csekély rozstdaállóságra mutatnak.*
6. *Túl vastag szalma ne tévessze meg az anyaggyűjtőt, mert erős szalma a magyar búzánál ritkán jár együtt a koraérség s jó lisztminőséggel.*
7. *Sarjkalászokat mutató töveket csak akkor szedjük, ha a tő különben is értékesnek mutatkozik.*
8. *Oly években, midőn a hatsorosság általános, ne gyűjtsünk négysoros eliteket, négysoros években gyűjtsünk hatsoros kalászáú töveket, ha egyébként is megfelelőeknek mutatkoznak.*
9. *Igyekezzünk a búzáinkban mutatkozó lehetőleg összes típusokból anyagot gyűjteni, mert sokszor a szemnek kevésbé tetszetős tövek töltik meg a zsákokat, tehát ne legyünk a formalizmus rabjai.*
10. *A tövek a feldolgozásakor sorszámot kapjanak és adataikat törzskönyvbe kell írni”.*

A könyv 4., 5. és 6. fejezetében az elitek vetését, ápolási munkáit, a megfigyeléseket, a betakarítást és az anyag feldolgozását ismerteti igen részletesen. Gyakorlati és elméleti kérdéseket egyaránt érint. Megismerhetjük a szemenkénti vetés végrehajtásának eszközeit, a tenyészker kialakítását, megfigyelési szempontokat, megdőlés elleni védekezést, az elit tövek kijelölését, aratását, feldolgozást, végül a törzskönyvi feljegyzések összesítését, amely alapján végezte a selejtezést, illetve a továbbvitelt.

A 7. fejezetben az elszaporítás munkáit ismerteti. Az elit tő termését az első évi szaporításkor szemenként veti 10 cm sortáv és öt cm tőtávra vetőkerettel és vetőléccel, kb. 2 öl×2 öl méretű parcellára. A második évi szaporítást kétsoros vagy ötsoros kézi vetőgéppel végzi, hosszú keskeny parcellákra. A 3. évi vetést már fogatos vetőgéppel veti. A 4. évi szaporítások már több holdas parcellák. A szaporítások során az idegenelés és értékelés mindvégig szigorú kell, hogy legyen.

A 8. fejezetben a nemesített búza nagybani termesztését ismerteti. Fontos a keveredésmentes termesztés, a fajtatisztaság megőrzése. Erre alkalmazta a felújító (regenerátor) parcellákat. Itt esik szó a nemesített vetőmag védelméről, a nyilvános törzskönyvezésről.

A 9. fejezet a búza egyes tulajdonságainak öröklődéséről és a tulajdonságok közti kapcsolatokról szól. Érdekes, hogy már Ő is megfigyelte, hogy a kalász bunkóssága sűrű állományban sokkal ritkább, mint tágtérállásban. A

termőképesség örökletes voltára a törzsek évenkénti rangsorából következtetett.

A 10. fejezet a rozsdakérdéssel foglalkozik. Akkoriban már ismerték mind a három búzarozsdát és fejlődésüket is. Azonban a fertőzés módja az, ami vitatott volt. Székács nem fogadta el, hogy a köztes gazdákon felszaporodó spórák fertőzik tömegesen a búzát. Szerinte a betegség hordozója maga a vetőmag. Ezért az ellenállóságra való nemesítés mellett, a vetőmag kezelésével próbálkozott a rozsdá ellen védekezni. Kísérletezett a vetőmag napfény „fürdetésével”, hőkezeléssel, rézgálicos csávázással. De egyik sem hozott egyértelmű eredményt.

1913-ban Székács ismét egy terjedelmes írással hívta fel a gazdák figyelmét a növénynemesítésre. A Köztelek mellékletében „*A magyar növénynemesítés eddigi eredményei és a jövő feladatai*” címmel szól a búza, a rozs, az árpa, a zab, a kukorica, a burgonya, a cukorrépa, a takarmányrépa és a dohány fajták nemesítéséről. Írt az országos vetőmag törzskönyv szervezéséről, és a növénynemesítők társaságának megalapítását is javasolta ebben cikkében.

Székácsnak több mint 30 írása jelent meg a Köztelekben. Sok mindennel foglalkozott, így pl. a műtrágyázás hatásával, a keverékvetésekkel, a nemesített vetőmag jogtalan után-termesztésével stb. Többször is foglalkozott a nemesített vetőmag jogtalan használatával, kimutatta, hogy ez milyen kárt okoz a nemesítőnek, de a termelőnek is. Nemesítő telepeket hozott létre, szorgalmazta a nemesített vetőmag használatát, forgalmazását stb. Nagyon jelentős volt a múlt század '20–30-as években végzett agrárközéleti tevékenysége is.

Székács Elemér, a búzanemesítő 15 elismert fajtát állított elő, 1916-ig kilencet, 1923-ban pedig hatot. Közülük kettőt, a 'Székács 1055' és 'Székács 1242'-t az FM 1931-ben a négy elterjesztésre javasolt búzafajta közé sorolta. A 'Székács 1055'-öt még 1951-ben is termesztették. A Bánkúti búzák mellett az ő fajtáinak is köszönhető, hogy az 1931–1940 évtizedben az országos búza átlag 13,8 q/ha volt, de ez az 1938 és 1939 években a 16,5 q/ha volt. Mikor ő a nemesítést elkezdte, az 1900-as évek első évtizedének átlaga csak 11 q/ha volt. Fajtáit a nemesítők gyakran használták keresztezéseikben a kiváló lisztminőség donorjaként. Az interneten található búza pedigré (wheat pedigree) honlap több mint 10 fajtát sorol fel, amelyek ősei közt Székács búza szerepel. Tápiószelén a génbankban jelenleg kilenc Székács Búza található.

Székács Elemér 1938. május 16-án hunyt el Budapesten, sírja a Fiumei úti sírkertben található. Írásain kívül az Agrárminisztérium épületének falán dom-

bormű és emléktábla, Kompolton, Szegeden, Orosházán, Törökszentmiklóson szobor, és a Székács Elemér Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Szakképző Iskola és Kollégium (Törökszentmiklós) őrizi emlékét.

Végezetül mit tanulhatunk, miben lehet példaképünk Székács Elemér? Elsősorban abban, hogy ugyanúgy kitartóan kell törekednünk a jobbnál jobb fajták előállítására, a fejlettebb mezőgazdaság megteremtésére, mint ő tette. Mert ő a jót, a jobbat nemcsak elképzelte, nemcsak akarta, hanem tette is. Ahogy Váci Mihály írja a „*Nem elég*” című versében:

*„Nem elég a jóra vágyni:
a jót akarni kell!
És nem elég akarni:
de tenni, tenni kell!”*

Matuz János



NAGY JÁNOS főszerkesztő

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

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika
