

Crop
Production

 HERMAN OTTÓ INTÉZET
NONPROFIT KFT.

NÖVÉNYTERMELÉS

68. kötet | 3. szám | 2019. szeptember

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Komplex talajhasználati,
víz- és tápanyag-
gazdálkodási
tartamkísérletek 1983-tól
a Debreceni Egyetemen

A babrozsda (*Uromyces
appendiculatus*) fertőzés hatá-
sa a bab klorofilltartalmára, a
fotoszintézis fényszakaszának
hatékonyságára, a szuperoxid-
dizmutáz aktivitására és a
lipidperoxidáció mértékére

Évi termésszűrések
vizsgálata kukorica
tartamkísérletben

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

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

ISSN 0546-8191
Növényterm 68 (2019) 3
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

68. kötet, 3. szám, 2019. szeptember

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

Z. BERZSENYI, M. BIRKÁS, L. BLASKÓ, CS. GYURICZA, K. INUBUSHI,
Z. IZSÁKI, M. JOLÁNKAI, T. KISMÁNYOKY, É. LEHOCZKY,
L. CS. MARTON, J. NAGY, 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</i> : Komplex talajhasználati, víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérletek 1983-tól a Debreceni Egyetemen	5
<i>Bojtor Csaba – Radócz László – Tóth Brigitta</i> : A babrozsa (<i>Uromyces appendiculatus</i>) fertőzés hatása a bab klorofilltartalmára, a fotoszintézis fényszakaszának hatékonyságára, a szuperoxid-dizmutáz aktivitására és a lipidperoxidáció mértékére	29
<i>Kismányoky Tamás – Dunai Attila</i> : Évi termésingadozások vizsgálata kukorica tartamkísérletben	51
<i>Tuba Géza – Kovács Györgyi – Czeller Krisztina – Zsembeli József</i> : A szennyvíziszap-komposzt hatása a kukorica termésére és a talaj néhány tulajdonságára	73
<i>Zsombik László – Ashish Wele – Ayaz Mukarram Shaikh – Roshni Ashok Kadam – Pál Vivien</i> : Indiai köles (<i>Pennisetum glaucum</i>) genotípusok termésképző elemeinek vizsgálata savanyú homoktalajon	91
MEGEMLÉKEZÉS	
<i>Matuz János – Pauk János</i> : In memoriam – Dr. Szániel Imre (1927–2019)	109

CONTENTS

<i>J. Nagy</i> : Complex long-term experiments on soil use, water and nutrient management at the University of Debrecen since 1983	5
<i>Cs. Bojtor – L. Radócz – B. Tóth</i> : The effect of bean rust (<i>Uromyces appendiculatus</i>) on chlorophyll content, the effectiveness of photosynthesis, the activity of superoxide-dismutase and lipid peroxidation in bean	29
<i>T. Kismányoky – A. Dunai</i> : Examining yearly yield fluctuations in a long-term maize experiment	51
<i>G. Tuba – Gy. Kovács – K. Czeller – J. Zsembeli</i> : The impact of sewage sludge on maize yield and certain soil characteristics	73

<i>L. Zsombik – A. Wele – A. M. Shaikh – R. A. Kadam – V. Pál: Examination of pearl millet (<i>Pennisetum glaucum</i>) genotypes yield elements on acidic sandy soil</i>	91
--	----

COMMEMORATION

<i>J. Matuz – J. Pauk: In memoriam – Dr. Szániel Imre (1927–2019)</i>	109
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Я. Надь: Комплексные продолжительные опыты землепользования, водохозяйства и хозяйствования питательными веществами с 1983-его года в Дебреценском Университете</i>	5
<i>Ч. Бойтор – Л. Радоц – Б. Том: Влияние заражения ржавчиной фасоли (<i>Uromyces appendiculatus</i>) на содержание хлорофилла в бобах, на эффективность фотосинтеза светового периода, на активность супероксиддисмутазы и на размер перекисного окисления липидов</i>	29
<i>Т. Кишманьоки – А. Дунаи: Исследования годовых колебаний урожая кукурузы в продолжительном опыте</i>	51
<i>Г. Туба – Д. Ковач – К. Целлер – Ё. Жембели: Влияние компоста ила сточных вод на урожай кукурузы и на некоторые свойства почвы</i>	73
<i>Л. Жомбик – А. Веле – А. М. Шайк – Р. А. Кадам – В. Пал: Исследование генотипов плодообразующих элементов Индийского проса (<i>Pennisetum glaucum</i>) на кислой песчаной почве</i>	91

ВОСПОМИНАНИЯ

<i>Я. Матуз – Я. Паук: В память о Др. Имре Саниел (1927–2019)</i>	109
---	-----

Komplex talajhasználati, víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérletek 1983-tól a Debreceni Egyetemen

NAGY JÁNOS

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A földművelésben, növénytermesztésben és a hozzá kapcsolódó talajban, agrokémia, agrometeorológia, növényélettan és műszaki tudományterületek nagy változásokon mentek keresztül az elmúlt négy évtizede során. A változások elsősorban a tudományos eredmények gyakorlati hasznosíthatóságát jelentik. A tartamkísérletek nemzeti, nemzetközi értéket képviselnek. Különösen felértékelődött a tartamkísérletek jelentősége a precíziós mezőgazdaság fejlesztésében. A tartamkísérletek olyan fontos célok tudományos megalapozását szolgálják, mint a klímaváltozáshoz történő alkalmazkodás, annak elősegítése a földhasználatban, a növénytermesztésben, valamint a környezetbarát, fenntartható termesztéstechnológiák kidolgozása, a termesztés hosszú távú biológiai, agronómiai és ökonómiai hatékonyságának komplex vizsgálata. A Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán a szántóföldi tartamkísérletek 1983 óta folynak a Látóképi Kísérleti Telepen. A debreceni szántóföldi tartamkísérletek – Európában egyedülállóan – kiváló alapokat szolgáltatnak a környezetbarát, fenntartható földhasználathoz, növénytermesztéshez, a termesztéstechnológiák fejlesztéséhez, a talajműveléshez, az öntözéshez, a műtrágyázáshoz, a fajták és hibridek megválasztásához.

Kulcsszavak: szántóföldi tartamkísérletek, talajhasználat, öntözés, műtrágyázás, talajművelés

Complex long-term experiments on soil use, water and nutrient management at the University of Debrecen since 1983

J. NAGY

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

Summary

The scientific fields of tillage, crop production and the related soil science, agro-chemistry, agro-meteorology, plant physiology and engineering have undergone major changes in the last four decades. These changes primarily revolve around the practical application of scientific results. Long-term experiments are of national and even international value. The importance of long-term experiments was particularly appreciated in the development of precision agriculture. Long-term experiments serve to scientifically substantiate important goals such as adaptation to climate change, its promotion in land use, crop production and the development of environmentally friendly, sustainable production technologies, and the complex study of the long-term biological, agronomic and economic efficiency of cultivation. The long-term field experiments at the Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management of the University of Debrecen were established in 1983 at the Látókép Experiment Site. Field experiments in Debrecen provide excellent foundations for environmentally friendly sustainable land use, crop production, development of production techniques, tillage, irrigation, fertilisation, variety and hybrids selection.

Key words: long-term field experiments, soil use, irrigation, fertilisation, tillage

Комплексные продолжительные опыты землепользования, водохозяйства и хозяйствования питательными веществами с 1983-его года в Дебреценском Университете

Я. НАДЬ

Факультет Сельского Хозяйства

Науки о Пище и Экологического Менеджмента (МЭК)

Институт Землепользования, Технический и Развития Территорий, Дебрецен

Резюме

За последние сорок лет наука о земледелии, растениеводстве и связанное с ним почвоведение, агрохимия, агрометеорология, ботаника и технические науки претерпели большие изменения. Эти изменения в первую очередь проявляются в возможности использования научных результатов на практике. Продолжительные опыты представляют национальную, международную ценность. Особенно выросло значение продолжительных опытов в развитии прецизионного сельского хозяйства. Продолжительные опыты служат научной обоснованностью таким важным целям, как происходящая адаптация к изменению климата, содействию этому в землепользовании, в растениеводстве, а также выработка устойчивых экологических технологий выращивания, комплексное долговременное исследование биологической, агрономической и экономической эффективности выращивания. В Науки о Пище и Экологического Менеджмента (МЭК) Дебреценского Университета пахотные продолжительные опыты продолжаются с 1983 года на Опытной Базе в местечке Латокейп (Látókép). Дебреценские пахотные продолжительные опыты являются отличными уникальными возможностями в Европе для сберегающего экологию, устойчивого землепользования, растениеводства, для развития технологий выращивания, для землепользования, для орошения, к внесению удобрений, для выбора сортов, гибридов.

Ключевые слова: пахотные продолжительные опыты, землепользование, орошение, внесение искусственных удобрений

Bevezetés

A földműveléstan, növénytermesztéstan és a hozzá kapcsolódó diszciplínák (talajtan, agrokémia, agrometeorológia, növényélettan, műszaki ismeretek) nagy változásokon mentek keresztül az elmúlt négy évtized során. Ezek a változások elsősorban a kutatási területek mélységét és a tudományos eredmények gyakorlati hasznosíthatóságának kidolgozását jelentik. A kutatás évtizedeiben az értéket elsősorban szántóföldi tartamkísérletek jelentik. A tartamkísérletek nemzeti, nemzetközi értéket képviselnek. Különösen felértékelődött a tartamkísérletek jelentősége a precíziós mezőgazdaság fejlesztésében.

A Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán a szántóföldi tartamkísérletek 1983 óta folynak a Látóképi Kísérleti Telepen. Az elmúlt 35 év alatt az agronómiai vizsgálatok jelentősen kibővültek talajtani, meteorológiai, agrokémiai, növényfiziológiai, növényvédelmi és ökonómiai vizsgálatokkal. Kivételes, Európában is egyedülálló érték az a több millió adatot tartalmazó adatbázis, amelyek a tartamkísérleteinkből származnak. A tartamkísérletek kiváló alapokat szolgáltatnak a technológiai fejlesztésekhez, valamint a környezetbarát, fenntartható földhasználathoz és növénytermesztéshez, valamint a növénytermesztési modellek kidolgozásához, a termesztés hosszú távú biológiai, agronómiai és ökonómiai hatékonyságának komplex vizsgálatához.

A kísérleti telep rövid története

A Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep 1983. évben létesült. A kísérleti telep létesítésében igen sok egyetemi és külső szakember vett részt, múlhatatlan érdemeket szerezve a hazai és nemzetközi összehasonlításban is különleges, számos vonatkozásban Európában egyedülálló tartamkísérletek létesítésében. A kísérleti telep alapításához Dr. Bocz Ernő, Dr. Ruzsányi László, Dr. Szász Gábor professzorok rendkívül jelentős mértékben járultak hozzá. Már a kezdetektől tartamkísérleteket indítottak Dr. Nagy János és Dr. Pepó Péter professzorok, amelyek a következő években újabakkal bővültek (Nagy és Pepó 2015). A KITE Zrt. támogatásával igen jelentős mértékben fejlődött a termesztéstechnológiai kutatás-fejlesztés.

A Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep területe 190 hektár. A telep területéből 140 hektár öntözhető (két darab lineár + kiegészítő öntöző berendezések). Fontos része a telepnek a 80 hektár ökológiailag művelt terület

(1995 év óta Biokontroll Kht. által ellenőrzött terület, melyet Dr. Pepó Péter professzor kezdeményezett). A telepnek önálló, független vízkivételi műve van, amely a Látóképi Víztározóból biztosítja az öntözéshez szükséges vizet. A telep korszerű nagyüzemi és kisparcellás kísérleti végrehajtásához szükséges erő- és munkagépekkel rendelkezik. A telep dolgozói magasan kvalifikált, a kísérleti munkákhoz kiválóan értő szakemberek.

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 talaj foszforellátottsága közepes (AL-oldható P_2O_5 133 mg/kg), a káliumellátottsága pedig közepes-jó (AL-oldható K_2O 240 mg/kg).

Kedvezőek a talaj vízgazdálkodási jellemzői is (2. táblázat). A talaj térfogattömege 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.

Az éghajlati-időjárási feltételeket a kontinentális és gyakran szélsőséges viszonyok jellemzik. Különösen igaz ez a lehulló csapadék mennyiségére és annak eloszlására, de szélsőséges viszonyok tapasztalhatók a hőmérsékleti értékek alakulásában mind a vegetációs perióduson belül, mind azon kívül (Gombos és Nagy 2019). A csapadék 30 éves (1981–2010) átlaga 560 mm, amely trendjében folyamatos csökkenést mutat az elmúlt évtizedekben. A legcsapadékosabb hónapok a július, augusztus, míg a legszárazabb a január.

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

Talajréteg (cm) (1)	pH (KCl)	K _A (2)	CaCO ₃ (%)	Humusz (%) (3)	Össz. N (%) (4)	NO ₃ ⁺ NO ₂ (mg/kg)	P ₂ O ₅	K ₂ O
							Al oldható (mg) (5)	
0-25	6,46	43,0	0	2,76	0,150	6,20	133,4	239,8
25-50	6,36	44,6	0	2,16	0,120	1,74	48,0	173,6
50-75	6,58	47,6	0	1,52	0,086	0,60	40,4	123,0
75-100	7,27	46,6	10,25	0,90	0,083	1,92	39,8	93,6
100-130	7,36	45,4	12,75	0,59	0,078	1,78	31,6	78,0

Talajréteg (cm) (1)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)
25-50	405,4	66,2	0,80	4,54	406	9,13
50-75	366,6	55,4	0,58	3,64	339	10,80
75-100	249,0	67,8	0,48	2,24	74	7,95
100-130	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 plasticity index, (3) Humus (%), (4) Total N (%), (5) Al-soluble (mg), Source: *Martin* (1983)

A sokévi éves átlaghőmérséklet 10,4 °C, amely tendenciájában növekedést mutat. A leghidegebb hónap a január (-1,4 °C), míg a legmelegebb a július (21,3 °C). Az évi napsütéses órák száma 2046 óra, amelyből a legborultabb a december hónap (48 óra átlagos napfénytartam), míg a legtöbb napsütés júliusban (285 óra) van (*3. táblázat*).

A kísérletekhez számos tudományterület kutatói csatlakoznak és végeznek sokoldalú, interdiszciplináris kutató munkát: talajtan, agrokémia, agrometeorológia, növényvédelem, növénynevelés, vízgazdálkodás, környezetvédelem.

A beállított és 1983 óta folyamatosan végzett tartamkísérletek, valamint az egyéb agrotechnikai kísérletek, az öntözési lehetőség, a kutatások multidiszciplináris jellege, a kutatás-oktatás-szaktanácsadás-termelés komplex rendszere hazai és nemzetközi szinten is kiemelkedő jelentőségű.

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

Talajréteg (cm) (1)	Térfogat- tömeg (Tt) (2)	Pórus térfogat (P%) (3)	Gravitációs pórustér + levegő- zárvány (Pg+I%) (4)	Minimális 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

Forrás: *Martin* (1983)

Table 2. Water management indexes of the experiment site (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) Slack water (HV%), (7) hy, Source: *Martin* (1983)

A komplex talajművelési tartamkísérlet beállítása, kezelései

A komplex talajművelési (vetésváltás×talajművelés×trágyázás×öntözés×növényszám×genotípus) tartamkísérletet Győrffy Béla akadémikus javaslatára Dr. Nagy János professzor alapította, amely Európában is egyedülálló. A multifaktoriális tartamkísérlet kezelései:

Talajművelési változat:

T₁=őszi szántás,

T₂=sávos talajművelés (2013-ig tavaszi szántás),

T₃=tavaszi tárcsás sekélyművelés.

Öntözési változat:

Ö₁=öntözött,

Ö₂=nem öntözött.

Műtrágyakezelés:

$M_1 = N \ 0 \text{ kg/ha}$, $P_2O_5 \ 0 \text{ kg/ha}$, $K_2O \ 0 \text{ kg/ha}$;

$M_2 = N \ 120 \text{ kg/ha}$, $P_2O_5 \ 90 \text{ kg/ha}$, $K_2O \ 106 \text{ kg/ha}$;

$M_3 = N \ 240 \text{ kg/ha}$, $P_2O_5 \ 180 \text{ kg/ha}$, $K_2O \ 212 \text{ kg/ha}$.

Növényszám változat:

$N_1 - N_6 = 30, 60, 70, 80, 90$ és 100 ezer tő/ha (1999-ig),

$N_1 = 50$ ezer tő/ha, $N_2 = 70$ ezer tő/ha (2000-től).

Hibridek: 1-5

Vetésváltás: őszi búza, kukorica

3. táblázat. *Klimatikus tényezők 30 éves átlaga (Debrecen, 1981–2010)*

Hónapok (1)	Csapadék (mm) (2)	Hőmérséklet (°C) (3)	Napfény (óra) (4)
I.	30	-1,4	59
II.	31	0,2	91
III.	30	5,3	152
IV.	53	11,2	197
V.	64	16,6	248
VI.	66	19,3	264
VII.	66	21,3	285
VIII.	49	20,8	276
IX.	48	16,0	194
X.	38	10,6	152
XI.	42	4,6	80
XII.	44	-0,1	48
Összesen/átlag/összesen (5)	560	10,4	2046

Forrás: *Debrecen (OMSZ)*

Table 3. 30-year-average of climatic factors (Debrecen, 1981–2010). (1) Months, (2) Precipitation (mm), (3) Temperature (°C), (4) Sunlight (hours), (5) Total/average, Source: Debrecen (OMSZ)

A tartamkísérlet kétszeresen osztott parcellás (split-split-plot) elrendezésű, a főparcellákon a talajművelési és az öntözési változatok szerepelnek. Az első-

rendű alparcellákon a kukorica hibridek 1999-ig 30–100 ezer tőszámmal, majd 2000-től 50–70 ezres tőszámmal, a másodrendű alparcellákon a műtrágyakezelés négy ismétlésben randomizáltan foglal helyet.

A kísérlet egy talajművelési blokkja 8064 m². Egy-egy hibriddel beállított főparcella mérete 2688 m², a műtrágyakezelés parcellája négy ismétlésben 336 m² (1. ábra).

1. ábra. Multifaktoriális szántóföldi tartamkísérlet (Debrecen)

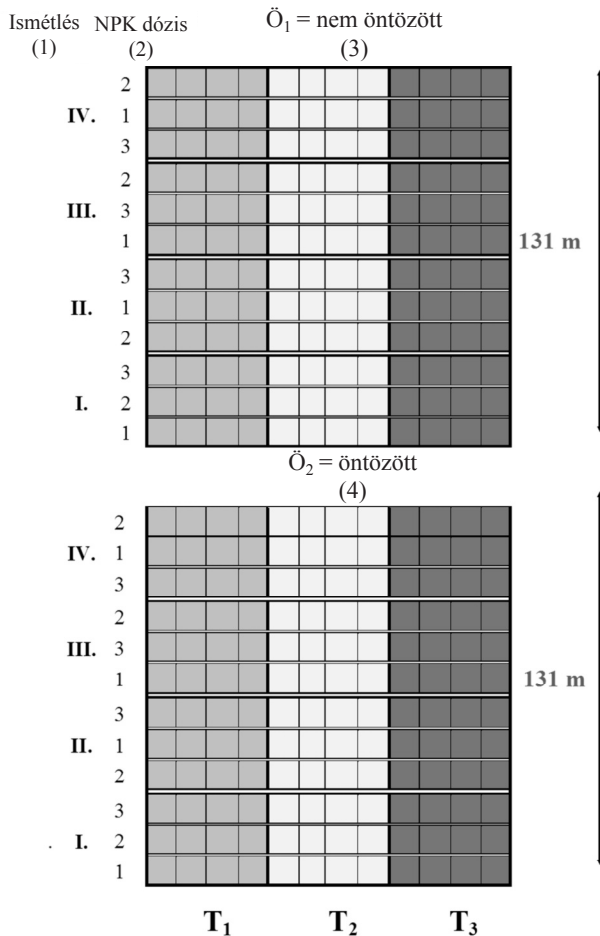


Figure 1. Polyfatorial long-term field experiment (Debrecen). (1) Replication, (2) NPK dose, (3) \ddot{O}_1 =non-irrigated, (4) \ddot{O}_2 =irrigated

A kísérleti telepen a környezeti paraméterek folyamatos mérését automata mérő- és adatgyűjtő-állomás végezi. A berendezés hat másodpercenként méri a levegő hőmérsékletét, relatív páratartalmát 2, 1, 0,5 m magasságban, a talaj hőmérsékletét 5, 25, 50 cm-es mélységben, a beérkező sugárzást és a csapadék mennyiségét. Az adatok negyedórás gyakorisággal kerülnek tárolásra, és feldolgozásukat saját rendszer keretében végezzük. A tartamkísérletek eddigi eredményeiből összeállított relációs adatbázis több mint 100 ezer adatot tartalmaz, ami a hatások pontos és megbízható elemzését teszi lehetővé.

Eredmények

Talajművelés

A talajművelés növénytermesztési szempontból akkor éri el célját, ha a vetőágy megfelelő, és jó feltételeket biztosít a kukorica csírázásához, egyenletes keléséhez, az egyöntetű növényállomány kialakításához. Az őszi szántás terméadatai jelentősen eltértek mind a szántás nélküli, mind a tavaszi szántás terméseredményeitől. Az évek átlagában az őszi szántás biztosította a kukorica számára a legmegfelelőbb feltételeket.

A talajművelés hatása lényegesen eltért az öntözés nélküli és az öntözött változatokban (2. ábra). Nem öntözött állományban, az aszályos években az őszi szántás és a szántás nélküli közel azonos, a tavaszi szántás ezekhez képest 8%-kal kisebb termést adott. Az átlagos csapadékkellátottságú években legjobb volt az őszi szántás, ehhez képest a tavaszi szántás 7%-kal, a szántás nélküli 15%-kal termett kevesebbet. Öntözött változatban az aszályos és az átlagos csapadékkellátottságú években egyaránt az őszi szántás volt a legkedvezőbb. Aszályos években a szántás nélkülihez és tavaszi szántáshoz képest 6-7%-kal. Átlagos csapadékkellátottságú években a szántás nélkülihez képest 28%-kal és a tavaszi szántáshoz képest 9%-kal (Nagy 1997).

Csernozjom talajon – legalább átlagos csapadékkellátottság esetén – az őszi szántás trágyázás nélkül, vagy kis trágyaadagok használata esetén, segítve a talaj tápanyagainak feltárását, számottevően növeli a kukorica termését. A műtrágyázás teljes mértékben nem, de részben kompenzálni képes más kedvezőtlen agrotechnikai hatásokat. A tavaszi szántás – más kutatási eredményekkel egyezően – kedvezőtlen talajállapotot eredményez, hátráltatva elsősorban a csírázást és az egyöntetű, gyors kelést, amely a terméseredmények csökkenésében is megmutatkozik.

2. ábra. A talajművelés és az öntözés hatása a termésre (Debrecen)

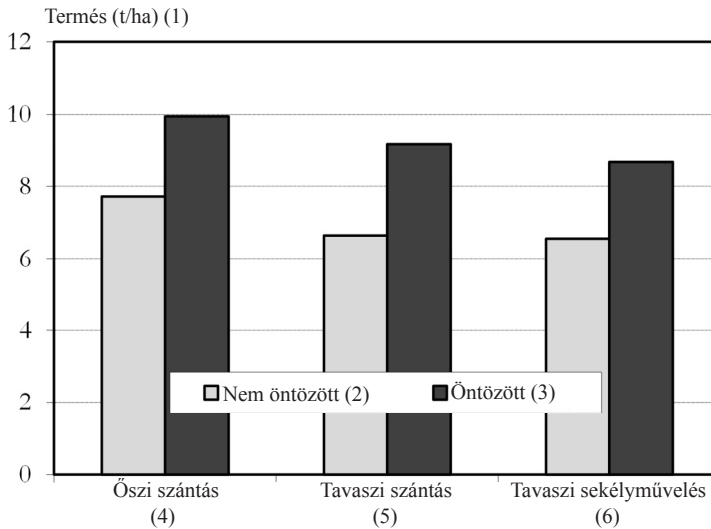


Figure 2. The effect of tillage and irrigation on yield (Debrecen). (1) Yield (t ha⁻¹), (2) Non-irrigated, (3) Irrigated, (4) Autumn ploughing, (5) Spring ploughing, (6) Spring shallow tillage

A penetrométerrel mért talajellenállás az egyik leggyakrabban alkalmazott módszer a talajfizikai állapotának, a talaj tömődöttségének-lazultságának, a tömörödött rétegek mélységbeli elhelyezkedésének és kiterjedésének vizsgálata (Rátonyi et al. 2007). Szántásos alpművelés esetében 0–30 cm mélységben a sekély művelés eredményeképpen a 0–10 cm talajmélységben a művelő eszközök talajlazító hatása kimutatható. A rendszeresen művelt talajréteg alatt tárcsatalp, illetve eketalp-réteg jelenlétét igazolják a magasabb talajellenállás értékek. A sekély tavaszi talajművelés talajtömörítő hatása a legkifejezettebb (Rátonyi et al. 2018) (3. ábra).

Öntözés

Az öntözés hatása a természetes vízellátottságtól függően nagymértékben differenciált, de a vizsgált évek mindegyikében megbízhatóan pozitív. Legnagyobb öntözéshatás az őszi szántásban volt. Átlagos csapadékellátottságú években az öntözéshatás ugyan megbízható, de igen kicsi. Ugyanakkor az aszályos évek átlagában az öntözés terméstöbblete kiemelkedő. A szántás nélküli változat – csernozjom talajon – öntözéssel termesztésben nem ajánlható. Az öntözés terméstöbblete szignifikánsan kisebb, hatékonysága rosszabb, mint őszi szántás-

ban. A vizsgált genotípusok terméseredményei között a különbség kicsi, de megbízható.

3. ábra. Eltérő talajelőkészítés hatása a talaj tömődöttségére (Debrecen)

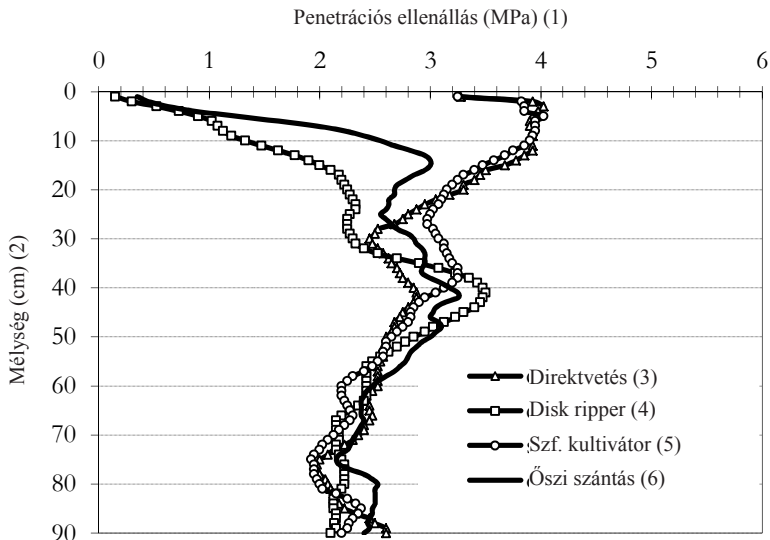


Figure 3. The effect of different soil preparation on soil compaction (Debrecen). (1) Penetration resistance (MPa), (2) Depth (cm), (3) Direct sowing, (4) Disk ripper, (5) Field cultivator, (6) Autumn ploughing

Növényszám

A megfelelő növényszám alkalmazása csak egyéb termést kialakító tényezők figyelembe vételével lehetséges. Egyfelől a növényszám döntően befolyásolja a kukoricatermesztés hatékonyságát, másfelől az indokoltnál nagyobb növényszám nagy kockázatot, termés kiesést jelent a termesztőknek.

Őszi szántásban hektáronként 70–80 ezer növény szám volt a legkedvezőbb (Nagy *et al.* 1999) (4. ábra). Ezen belül aszályos évjáratokban a kisebb, átlagos csapadékelátottságú években a nagyobb növény szám indokolt. Kimutattuk, hogy különösen szántás nélküli változatban okoznak termés kiesést a 60 ezer-nél nagyobb növény számok. Amennyiben a tavaszi szántás elkerülhetetlen – a kísérleti eredmények szerint – maximum hektáronként 70 ezer növény szám alkalmazható.

Kutatási eredményeink szerint az optimális növény szám a termőhely csapadékviszonya a talaj vízgazdálkodása és a tápanyagellátás szintje mellett függ

a vetendő genotípustól. A növényszám és a genotípus kölcsönhatás a vizsgált év mindegyikében szignifikáns.

4. ábra. A növényszám és a talajművelés hatása a termésre (Debrecen)

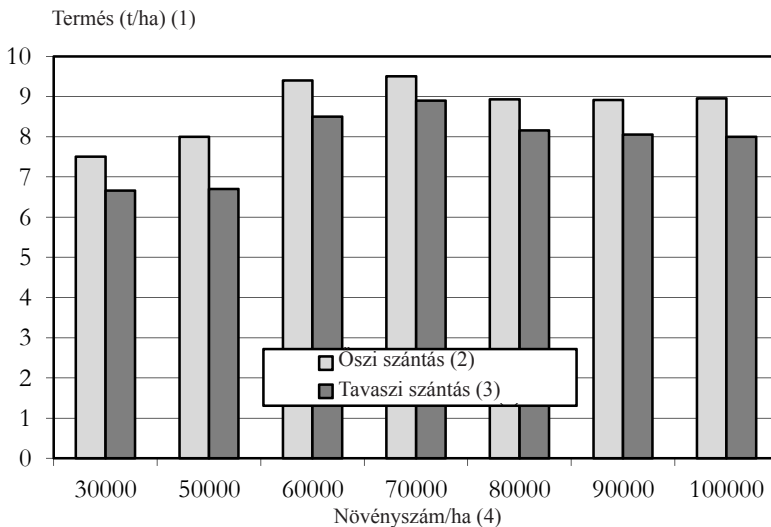


Figure 4. The effect of crop density and tillage on yield (Debrecen). (1) Yield (t ha⁻¹), (2) Autumn ploughing, (3) Spring ploughing, (4) Crop density per ha

Műtrágyázás

A kutatási eredmények szerint hektáronkénti 240 kg N műtrágyadózis és a 90 ezer növényszám alkalmazása nagy kockázattal jár, ezért nem javasolható. A műtrágyázás terméstöbblete nem öntözött állományban hektáronként 1,9–2,1 t/ha (34–37%), aszályos években azonban csak 1,4–1,5 tonna. Öntözött változatban a műtrágyázás terméstöbblete kiemelkedő: 4,4 t/ha (67%). Ez is bizonyítja, hogy öntözéses gazdálkodásban a tápanyag-ellátottság döntő tényező.

Eredményeink igazolják, hogy a növénytermesztés során egyetlen tényező növelésével vagy csökkentésével nem lehet a legkedvezőbb eredményt elérni. Az egyes tényezők aránya a termésnövekedésben eltérő (Nagy 1995) (5. ábra). A kísérlet eredményei alapján a termésnövekedésben a növénytermesztési tényezők aránya a következő: műtrágyázás 48%, öntözés 28%, talajművelés 18%, növényszám 6%.

5. ábra. A növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére (Debrecen)

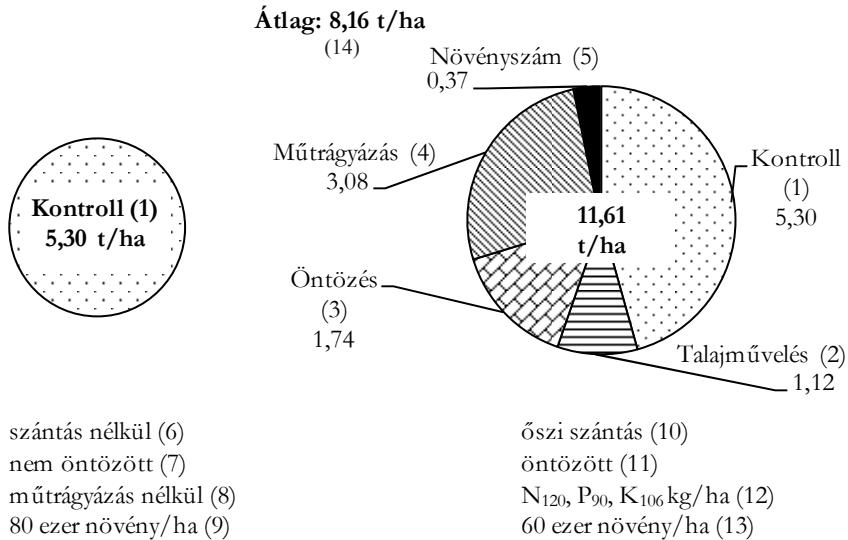


Figure 5. The effect of crop production factors on maize yield (Debrecen). (1) Control, (2) Tillage, (3) Irrigation, (4) Fertilisation, (5) Crop density, (6) Without ploughing, (7) Non-irrigated, (8) Non-fertilised, (9) 80 thousand crops per ha, (10) Autumn ploughing, (11) Irrigated, (12) N 120, P 90, K 106 kg ha⁻¹, (13) 60 thousand crops per ha, (14) Average (t ha⁻¹)

Eredményeink bizonyítják, hogy a termesztési tényezők (öntözés, talajművelés, növényszám, műtrágyázás) hatása nem függetlenek egymástól. Bizonyítottuk, hogy az öntözés×műtrágya és a növényszám×műtrágya kölcsönhatás pozitív, ezért a termesztési színvonal megválasztásakor vagy megváltoztatásakor mindhárom tényezőt egyszerre kell változtatni. A kísérlet főátlagához tartozó értékek a variancia komponensek felbontásakor közepes (mid-tech) termelési szintet képviselnek. Alacsonyabb (low-input) termelési szintet megcélözva figyelembe kell venni, hogy az egyik termesztési tényező csökkentése, a másik két tényező hatását is lerontja. A két tényező relatíve nagyobb ráfordításai nem lesznek hatékonyak. Kutatási eredményeink szerint bármilyen termesztési szintet kívánunk elérni, az adott szinten egyszerre kell biztosítanunk a víz-, a tápanyagellátás és a növényszám legkedvezőbb kölcsönhatását.

A víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérlet beállítása, kezelése

Háromtényezős (műtrágyázás, öntözés és genotípus) kísérletek a Debreceni Egyetem jogelőd Debreceni Agrártudományi Egyetemen 1978-ban - Búvár

Géza vezérigazgató javaslatára a nádudvari KITE Mezőgazdasági Szolgáltató és Kereskedelmi Zrt.-vel együttműködve – indultak. A kutatás legfontosabb célja a növénytermesztésben ható ökológiai, biológiai és agronómiai tényezők hatásainak, kölcsönhatásainak feltárása, számszerűsítése és a növényállományokat érő stresszfaktorok alaptudományi vizsgálata, amelyet a tartamkísérlet adatbázisa és a nemzetközi szintű műszerezettség tesz lehetővé.

A háromtényezős szabadföldi tartamkísérlet négyismétléses, sávos elrendezésű. Egy ismétlésen belül randomizálva hat műtrágyakezeléssel, valamint 25 kukorica hibrid öntözött és öntözés nélküli változatban azonos, 70 ezer növényszám beállításával. Egy ismétlés mérete: 1260 m², a műtrágyázási parcelláké: 210 m² (6. ábra). A polifaktoriális tartamkísérlet kezelése:

Öntözési változat:

Ö₁=öntözött,

Ö₂=nem öntözött.

Műtrágyakezelés:

M₀=N 0 kg/ha, P₂O₅ 0 kg/ha, K₂O 0 kg/ha;

M₁=N 30 kg/ha, P₂O₅ 23 kg/ha, K₂O 27 kg/ha;

M₂=N 60 kg/ha, P₂O₅ 46 kg/ha, K₂O 54 kg/ha;

M₃=N 90 kg/ha, P₂O₅ 69 kg/ha, K₂O 81 kg/ha;

M₄=N 120 kg/ha, P₂O₅ 92 kg/ha, K₂O 108 kg/ha;

M₅=N 150 kg/ha, P₂O₅ 115 kg/ha, K₂O 135 kg/ha.

Hibridek: 1–25

Az egyik legjobban felszerelt terepi laborral rendelkezünk Magyarországon, mely lehetővé teszi nem destruktív módon, *in vivo* mérésekkel elsősorban a növényi vízellátottság és fotoszintetikus apparátus real-time vizsgálatát.

Eredmények

Tápanyagellátás

A tartamkísérlet 35 éves eredményei igazolják, hogy a csapadékmennyiség, illetve a talajban tárolt nedvességkészlet a trágyaszükségletet és a trágyahatást is befolyásolja (Nagy 2012).

6. ábra. A háromtényezős kísérlet vázrajza (Debrecen)

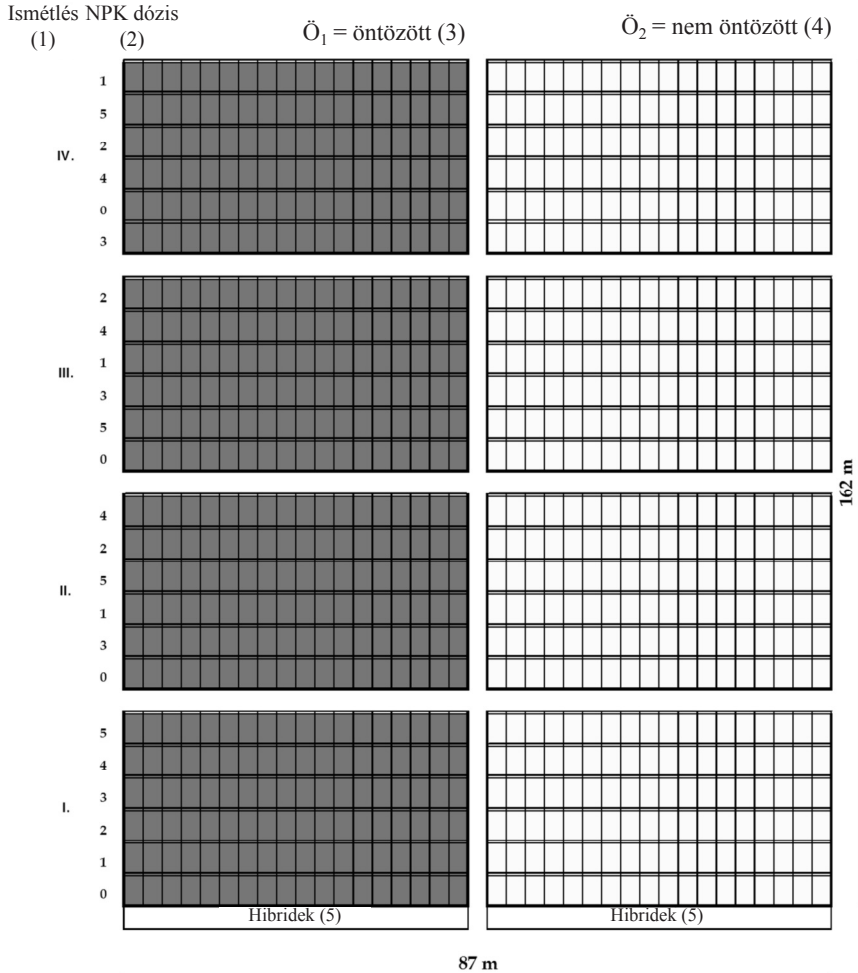


Figure 5. Outline of the three-factor experiment (Debrecen). (1) Replication, (2) NPK dose, (3) Ö₁=Irrigated, (4) Ö₂=Non-irrigated, (5) Hybrids

A trágyahatás az optimális vízellátáshoz közeledve nő, majd a káros víztöbblet beálltával csökken. Öntözés hatására valamennyi trágyázási kezelésben megbízhatóan, mintegy 2,5–3,0 tömeg%-kal emelkedik a talaj 40–180 cm-es szelvényének nedvességekészlete. A talaj mélyebb rétegeiben az egyes kezelések között nem tapasztalható szignifikáns eltérés.

Száraz évjáratban a csapadék hiánya és a mérsékelt növényi tápelemfelvétellel következtében a nitrát-N mennyisége a trágyázás mértékétől függően mindössze 20–35%-kal csökkent a kukorica 6–7 leveles állapotától az 50%-os növirágzásig terjedő időszakig. Jó csapadék-ellátottságú évben a talajszelvényben tárolt nitrát-N mennyisége az R1 növekedési szakaszra jelentős mértékben, 60–70%-ra lecsökkent. A 30–90 kg/ha N kezeléseknél mindössze 10–20 kg/ha volt, csak a 120–150 kg/ha-N dózisok esetén volt 50, illetve 100 kg/ha feletti nitrát-N érték (Ványiné Széles *et al.* 2012) (7. ábra).

7. ábra. A növény által felvehető nitrát-N tartalom (Debrecen)

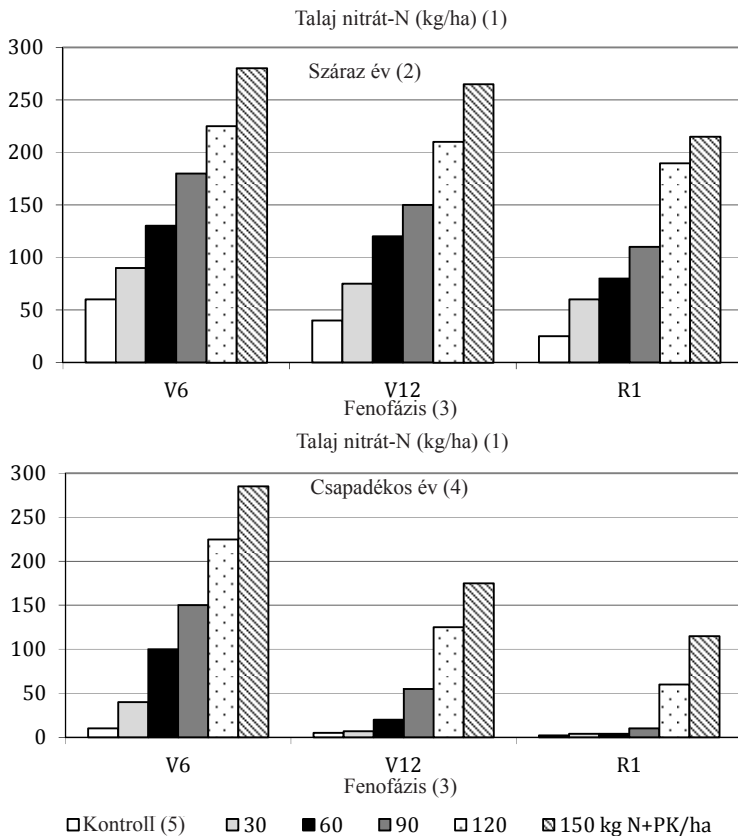


Figure 7. Nitrate N content accessible for crops (Debrecen). (1) Soil nitrate N (kg ha⁻¹), (2) Dry crop year, (3) Phenophases, (4) Rainy crop year, (5) Control

A nitrogén-ellátottságra következtetni lehet a levelek klorofilltartalmából. A klorofilltartalmat az öntözés és az évjárat nagymértékben módosítja. Száraz évben a levél Chl-tartalma – a kezelések átlagában – a V6 szakaszban volt a legnagyobb, ami a fejlődés során jelentősen lecsökkent. A legnagyobb Chl-tartalom csökkenés a nem műtrágyázott parcellán, míg a legkisebb a 120 kg/ha N kezeléskor volt. Csapadékos évben ellentétben a száraz évvel a vegetációs periódusban az idő előrehaladtával a Chl-tartalom – a kezelések átlagában is – növekedett az R1 növekedési szakaszra. Legnagyobb Chl-tartalom növekedést a R1 szakaszig a 150 kg/ha N-kezelés mutatott (Ványiné Széles 2010) (8. ábra).

8. ábra. A műtrágyázás hatása a kukoricalevél klorofilltartalmára (Debrecen)

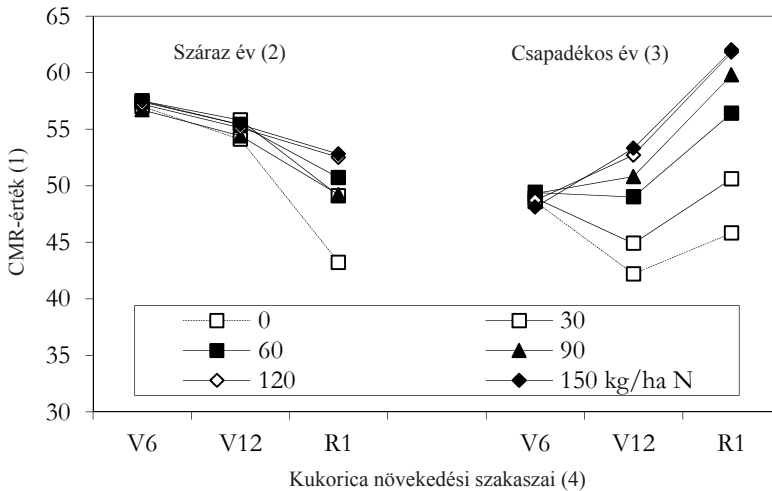


Figure 8. The effect of fertilisation on the chlorophyll content of maize leaves (Debrecen). (1) CMR value, (2) Dry crop year, (3) Rainy crop year, (4) Growth stages of maize

A háromtényezős kísérlet lehetőséget ad a műtrágyázás nélküli parcellák eredményeinek felhasználásával évente 20–25 kukorica hibrid természetes tápanyag-hasznosító képességének az értékelésére. A műtrágyázás nélküli parcellák terméseredményei mellett a vizsgált évek mindegyikében szignifikáns a gyakorlat számára javasolható 120 kg N+90 kg P₂O₅+105 kg K₂O műtrágya-kezelés termésmenővelő hatása (9. ábra).

Az időjárás változékonyságát mutatja, hogy jelentős a száraz és csapadékos évek közötti 31%-os szignifikáns differencia (P<0,001). Az NPK-kezelések hatását értékelve igazolódott, hogy kedvezőbb csapadékelátottság mellett a 120:92:108 kg

NPK kezelés hatására alakult ki a legnagyobb hozam, amely 26%-os termésmnövekedést jelentett a száraz évhez viszonyítva (Széles *et al.* 2018a, 10. ábra).

9. ábra. A műtrágyázás termésmnövelő hatása (Debrecen)

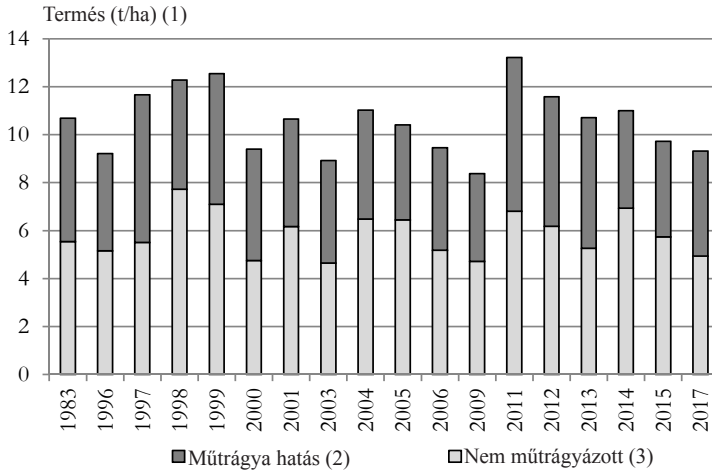


Figure 9. Yield-increasing effect of fertilisation (Debrecen). (1) Yield ($t\ ha^{-1}$), (2) Effect of fertilisation, (3) Non-fertilised

10. ábra. Az évjáratok (száraz, átlagos és csapadékos) hatása a kukorica termésére (Debrecen)

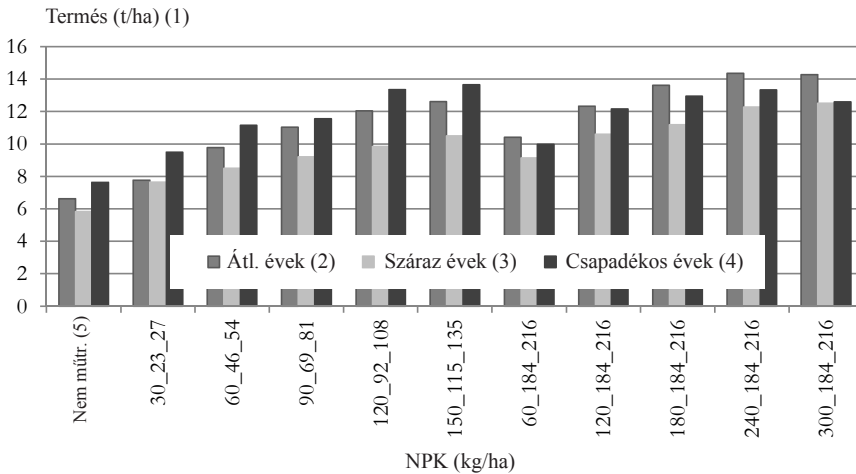


Figure 10. The effect of crop years (dry, average and rainy) on maize yield (Debrecen). (1) Yield ($t\ ha^{-1}$), (2) Average crop years, (3) Dry crop years, (4) Rainy crop years, (5) Non-fertilised

A kukorica hibridek műtrágya-reakciójára jelentősen hat az évjárat – ezen belül elsősorban a csapadék –, mely hatás jól jellemezhető az 1 mm csapadékra jutó szemtermés mennyiségével (11. ábra). A vízhasznosítási értéket a műtrágyázás – a tenyészedőszak csapadékmennyiségét figyelembe véve – jelentős mértékben javította. 2016. évben a vízfelhasználás hatékonysága a nem műtrágyázott kezelés 19 kg/mm-éről az optimális 120:92:108 kg NPK/ha kezelésben 29 kg/mm-re emelkedett. 2017. évben az 1 mm csapadékra jutó termés a nem műtrágyázott kezelésben 15 kg/mm, az optimális 180:184:216 kg NPK/ha kezelésben 32 kg/mm volt (Széles et al. 2018b) (12. ábra).

11. ábra. 1 mm csapadékra jutó kukorica szemtermés (Debrecen)

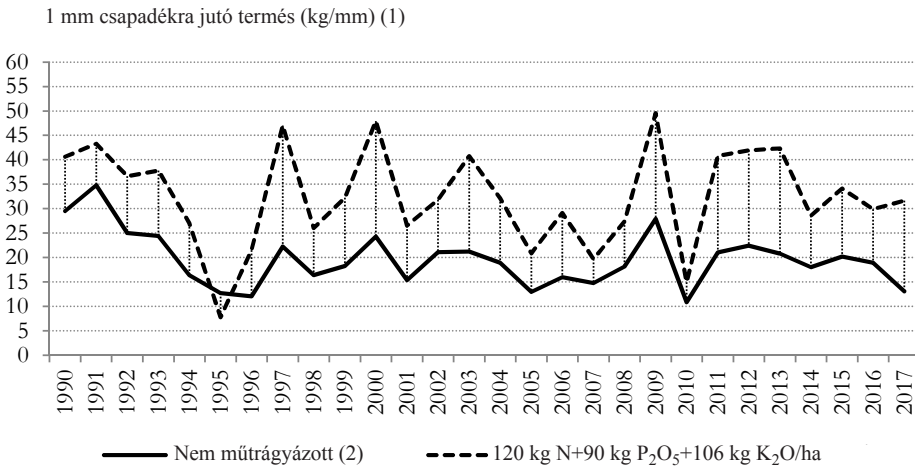


Figure 11. Maize grain yield per 1 mm precipitation (Debrecen). (1) Yield per 1 mm precipitation, (kg mm⁻¹), (2) Non-fertilised

Genotípus

A vizsgált hibridek egy részénél a tápanyagellátás és a termés közötti összefüggés új típusú termésgörbével írható le. Az új összefüggés abban különbözik az eddig ismert extenzív és intenzív típustól, hogy a termésgörbe magas szintről indul, műtrágyázás hatására a termés növekszik. Az ilyen hibridek nemcsak kiváló tápanyag-reakciójúak, hanem természetes tápanyag-hasznosító képességük is kiváló (Nagy 2007) (13. ábra).

12. ábra. A műtrágyázás és az évjárat hatása a kukorica vízhasznosító képességére (Debrecen)

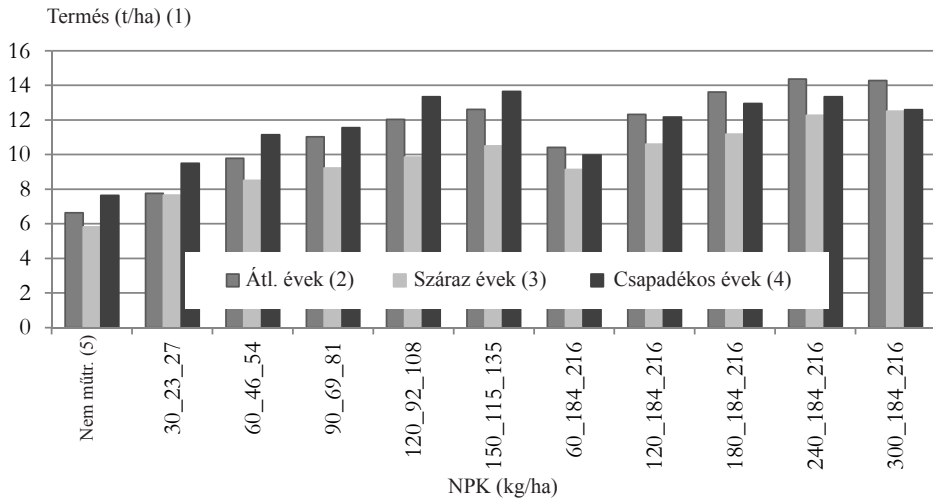
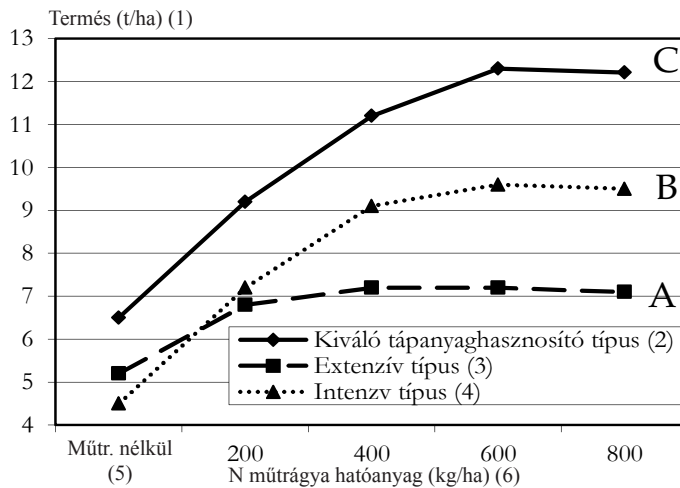


Figure 12. Effect of fertilisation and crop year on maize WUE (Debrecen). (1) Yield ($t\ ha^{-1}$), (2) Average crop years, (3) Dry crop years, (4) Rainy crop years, (5) Non-fertilised

13. ábra. Különböző kukorica hibridek műtrágya-reakciója (Debrecen)



Forrás: A és B típus Győrffy (1979), C típus Nagy (1987)

Figure 13. Fertiliser reaction of various maize hybrids (Debrecen). (1) Yield ($t\ ha^{-1}$), (2) Outstanding NUE, (3) Extensive type, (4) Intensive type, (5) Non-fertilised, (6) N fertiliser active substance ($kg\ ha^{-1}$), Source: types A and B: Győrffy (1979), type C: Nagy (1987)

Minőség

A eltérő vízellátottság és csapadékeloszlás jelentős különbséget okozott a kukoricaszem minőségében. A T-teszt kimutatta, hogy legnagyobb eltérés (28%, $P < 0,001$) a fehérjetartalomban két száraz (2012, 2015) év között volt. Jelentős szignifikáns differencia volt továbbá 2015 és 2011 (24%, $P < 0,001$), 2015 és 2013 (19%, $P < 0,001$), valamint 2014 és 2012 (22%, $P < 0,001$) évek között. A csapadékos évek (2014, 2016) közötti eltérés nem volt szignifikáns (Széles *et al.* 2018a) (14. ábra). Jó vízellátottság esetén a beltartalmi értékek stabilak.

14. ábra. Az évjárat hatása a kukorica fehérjetartalmára a műtrágya-kezelések átlagában (Debrecen)

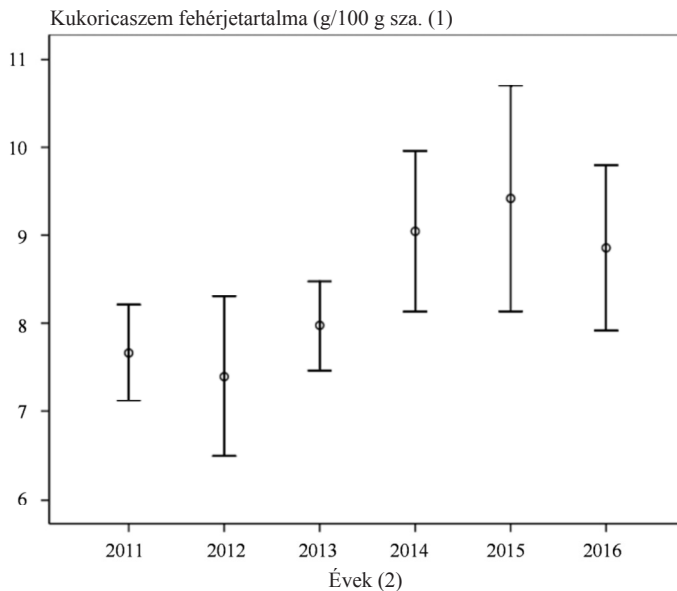


Figure 14. The effect of crop years on the protein content of maize, averaged over the different fertiliser treatments (Debrecen). (1) Protein content of maize grain (g per 100 g dry matter), (2) Years

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett 20428-3/2018/FEKUTSTRAT azonosítószámú, a Felsőokta-

tási Intézményi Kiválósági Program Támogatta, a Debreceni Egyetem, 4. téma-területi programja keretében. A publikáció elkészítését az EFOP 3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Szociális Alap támogatásával valósult meg.

Irodalom

- Gombos B.–Nagy J.*: 2019. Az időjárás értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletek eredményei alapján. Növénytermelés. 68. 2: 5–24.
- Martin B.*: 1983. A Látóképi kísérleti terület talajtani jellemzése. Agrártudományi Egyetem. 1–10.
- Nagy J.*: 1995. A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. Növénytermelés. 44. 3: 251–260.
- Nagy, J.*: 1997. The effects of fertilization on the yield of maize (*Zea mays* L.) with and without irrigation. Cereal Res. Commun. 25. 1: 69–76.
- Nagy J.*: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest. 393.
- Nagy, J.*: 2012. The effect the fertilization and precipitation on the yield of maize (*Zea mays* L.) in a long-term experiment. Időjárás. 116. 1: 39–52.
- Nagy, J.–Dobos, A.–Sum, O.*: 1999. Evaluation of interaction between plant density and soil cultivation in maize production. Acta Agronomica Hungarica. 47: 313–321.
- Nagy J.–Pepó P. (szerk.)*: 2015. Debrecen-Látókép. Tartamkísérletek. Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ. Debrecen. 1–4.
- Rátonyi T.–Megyes A.–Sulyok D.*: 2007. A talaj tömődöttségének penetrométeres vizsgálata. Acta Agronomica Óváriensis. 49. 2: 445–449.
- Rátonyi, T.–Ragán, P.–Nagy, J.–Széles, A.–Fejér, P.–Harsányi, E.*: 2018. Estimation of soil Compaction by using penetrometer in long-term tillage experiment. Paris. International Soil Tillage Research Organisation (ISTRO) 1–2.
- Széles, A.–Harsányi, E.–Kith, K.–Nagy, J.*: 2018b. The effect of fertilisation and weather extremities caused by climate change on maize (*Zea mays* L.) yield in Hungary. Journal of Agriculture Food and Development. 4: 1–9.
- Széles, A.–Horváth, É.–Vad, A.–Harsányi, E.*: 2018a: 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.
- Ványiné Széles, A.*: 2010. Evaluation of the level of N supply in maize hybrids at different nutritional levels. Acta Agronomica Hungarica. 58: 89–94.
- Ványiné Széles, A.–Megyes, A.–Nagy, J.*: 2012. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. Agricultural Water Management. 107: 133–144.

A szerző levelezési címe - Address of the author:

Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
nagyjanos@agr.unideb.hu

A babrozsdá (*Uromyces appendiculatus*) fertőzés hatása a bab klorofilltartalmára, a fotoszintézis fényszakaszának hatékonyságára, a szuperoxid-dizmutáz aktivitására és a lipidperoxidáció mértékére

¹BOJTOR CSABA – ²RADÓCZ LÁSZLÓ – ³TÓTH BRIGITTA

Debreceni Egyetem

¹MÉK Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

²MÉK Növényvédelmi Intézet, Debrecen

³Táplálkozástudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Kutatásunk célkitűzése a bab természetes ellenálló-képességének vizsgálata babrozsdá fertőzés (*Uromyces appendiculatus* (Pers.) Strauss) hatására.

Kísérletünk során a kórokozó fertőzésének hatását vizsgáltuk a gazdanövény főbb növényfiziológiai paramétereire, úgy, mint a relatív klorofilltartalmára, a fotoszintetikus pigmentek (klorofill-a, b, karotinoidok) mennyiségére, a fotoszintézis fényszakaszának hatékonyságára, valamint a szuperoxid-dizmutáz (SOD) aktivitására és a lipidperoxidáció mértékére (LP). Ezen vizsgálatok jelentősen hozzájárulhatnak a természetes védekező mechanizmussal rendelkező növényfajták nemesítéséhez, amivel mérsékelhető az élelmiszertermelésben felhasznált kemikáliák mennyisége.

A kísérleteket fóliasátorban és szántóföldi körülmények között állítottuk be. Mindkét termesztési környezetben szignifikáns változásokat tapasztaltunk a relatív klorofilltartalomban, valamint a fotoszintetikus pigmentek abszolút mennyiségében is, babrozsdá fertőzés hatására. A szuperoxid-dizmutáz aktivitása, valamint a lipidperoxidáció mértéke mindkét kísérleti területen, mindkét mintavételi időpontban (egy és két héttel a fertőzés után) szignifikánsan változott a fertőzött és nem fertőzött növényeket összehasonlítva.

Eredményeink alapján bizonyítottuk, hogy a babrozsdá fertőzés hatással van a bab növényfiziológiai paramétereire, valamint a szuperoxid-dizmutáz aktivitására és a lipidperoxidáció mértékére.

Kulcsszavak: bab, babrozsdá, klorofill, lipidperoxidáció, szuperoxid-dizmutáz

The effect of bean rust (*Uromyces appendiculatus*) on chlorophyll content, the effectiveness of photosynthesis, the activity of superoxide-dismutase and lipid peroxidation in bean

¹CS. BOJTOR - ²L. RADÓCZ - ³B. TÓTH

University of Debrecen

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

²Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,
Institute of Plant Protection, Debrecen

³Institute of Nutrition, Debrecen

Summary

The aim of our study was to prove that there exists a strong effect on reactive oxygen species level in host-parasitic relationship. The clarification of the role of enzymes involved in the defense mechanism can significantly contribute to the breeding of plant varieties with a natural defense mechanism, thereby reducing the amount of chemicals used in food production.

In our study, the effect of bean rust was investigated. The main physiological parameters, such as the relative chlorophyll content of the host plant, the amount of photosynthetic pigments, and the activity of superoxide dismutase (SOD) and lipid peroxidation (LP) were measured. The experiment was conducted both in field conditions and in a humidity tent. In both cases, significant changes in the relative chlorophyll content, and in the amount of photosynthetic pigments was measured. At both sampling times, an increase was found in enzyme activity (both superoxide-

dismutase and lipid peroxidation) due to bean rust infection. Notably, in several cases, the observed differences were significant.

The obtained results indicate that bean rust inoculation has a significant effect on the physiological characteristics, superoxide-dismutase activity and the rate of lipid-peroxidase of common bean.

Key words: bean, bean rust, chlorophyll, lipid peroxidation, superoxide-dismutase

Влияние заражения ржавчиной фасоли (*Uromyces appendiculatus*) на содержание хлорофилла в бобах, на эффективность фотосинтеза светового периода, на активность супероксиддисмутазы и на размер перекисного окисления липидов

¹Ч. БОЙТОР – ²Л. РАДОЦ – ³Б. ТОТ

Дебреценский Университет

¹МЭК Институт Землепользования, Технический и Развития Территорий,
Дебрецен

²МЭК Институт Защиты Растений, Дебрецен

³Институт Науки о Питании, Дебрецен

Резюме

Целью нашего исследования является изучение естественной резистентной способности фасоли под влиянием заражения ржавчиной фасоли (*Uromyces appendiculatus* (Pers.) Strauss).

В ходе нашего исследования изучали влияние патогенного заражения на наиболее главные ботанико-физиологические параметры растения хозяина, такие, как относительное содержание хлорофилла, количество фотосинтетических пигментов (хлорофилл-а, в, каротиноиды), эффективность фотосинтеза светового периода, активность супероксиддисмутазы (SOD) и размер перекисного окисления липидов (LP). Эти исследования значительно могут способствовать селекции сортов растений, обладающих естественным защитным механизмом, чем можно уменьшить используемое в производстве продуктов питания количество химикалий.

Опыты установили в тепличных и пахотных условиях. В обоих условиях выращивания обнаружили значительные изменения в относительном содержании хлорофилла и в абсолютном количестве фотосинтетических пигментов под влиянием заражения ржавчиной фасоли. Активность супероксиддисмутазы и размер перекисного окисления липидов на двух опытных территориях, в обоих моментах взятия образцов (через одну и две недели после заражения) значительно изменились при сравнении заражённых и незаражённых растений.

На основе наших результатов доказали, что заражение ржавчиной фасоли имеет влияние на ботанико-физиологические параметры фасоли, а также на активность супероксиддисмутазы и на размер перекисного окисления липидов.

Ключевые слова: фасоль, ржавчина фасоли, хлорофилл, перекисное окисление липидов, супероксиддисмутаза

Bevezetés

A növények különféle abiotikus és biotikus stresszeknek vannak kitéve, melyek növényekre kifejtette hatásának megismerése elősegítheti a növénytermesztés eredményességét.

A világban 815 millió ember nem jut megfelelő ételéhez (Rosen et al. 2016), továbbá a Föld ételmiszertermelésének megközelítőleg 40–60%-a elvész növényi betegségek, állati károkozók és gyomnövények miatt, melyből 12,5%-ért a növényi patogének felelősek (Oerke 2006). Ezen felül a növényi betegségek nem csupán a humán ételmiszertermelést, hanem a természeti rendszereket, azok egyensúlyát is befolyásolják (Burdon et al. 2006).

Számtalan tanulmány bizonyítja, hogy az abiotikus stresszen kívül, a biotikus stressz, mint például a különféle patogének is hatással vannak a növény természetes védekező mechanizmusára (Mehdy 1994, de Gara et al. 2003, Shetty et al. 2008, Barna et al. 2012, Prasannath 2017). Különféle fertőzések hatására hirtelen megnő a reaktív oxigénformák (ROS) száma a növényi szövetekben, ami káros hatással van a lipidekre, proteinekre és nukleinsavakra. Shetty et al. (2008) azt tapasztalták, hogy a patogén fertőzése után a reaktív oxigénformák méregtelenítésében a NADPH-oxidáz, a peroxidáz (POX), a szuperoxid-dizmutáz (SOD), az oxalát-oxidáz és az amin-oxidáz vesz részt. Hurali és Patil (2009) a rozsdagomba hatását vizsgálták szójababon. Kísérletükben a

rozdsda fertőzés hatására nőtt a peroxidáz aktivitás a nem fertőzött növényekhez viszonyítva. *Hasabnis* (1998) nagyobb polifenol-oxidáz aktivitást figyelt meg patogének hatására. *Buonaurio et al.* (1987) a szuperoxid-dizmutáz és a peroxidáz aktivitásának szignifikáns növekedését figyelték meg a babrozdsda fertőzés utáni 96–240. órában.

A növényeket károsító betegségek egy egymással kompatibilis, gazdanövény–patogén–környezet közötti kölcsönhatás eredményének tekinthetők. Egy adott betegség kialakulásának dinamikáját, annak mértékét a gazdanövény–patogén–környezet egymáshoz való viszonya képes jelentős mértékben befolyásolni (*Engering et al.* 2013). A gazdanövény és a kórokozó, amennyiben optimálisak a környezeti tényezők, valamint emberi beavatkozás nem történik, kölcsönhatásba lépve egymással meghatározzák nem csak a betegség mértékét, hanem a gazdanövény növekedési dinamikáját, és termés hozamát is (*Mersha és Hau* 2011).

A különböző növényeknek a patogén, illetve nem patogén mikroorganizmusokkal, illetve elicitor anyagokkal való találkozása a növényekben belső, fiziológiai változásokat indukálhat. Ezek a folyamatok vezetnek el a génextpresszió szabályozásához, és a védekezési válaszreakciók kialakításához, amelyek lehetnek többek között sejtfal megvastagítás, fitoalexinek, illetve patogenezissel összefüggésbe hozható fehérjék felhalmozása (*Dangl és Jones* 2001, *Garcia-Brugger et al.* 2006).

A patogének befolyásolják a növények elsődleges anyagcsere folyamatait. A védekezési mechanizmusok működtetése sok energia ráfordítását követeli meg (*Heil és Bostock* 2002). Ez a növényekben növekvő asszimiláta igényt okoz, de, a kórokozó befolyásolja a növény szénhidrát anyagcseréjét is. A patogén által a növénytől elvont tápanyagok később tovább növelik a növény asszimiláta szükségletét (*Berger et al.* 2007).

A növények életfolyamataiban fontos szerepet játszó enzimek – többek között: peroxidáz, katekoloxidáz, glikolát-oxidáz és glioxalát reduktáz – enzimaktivitása növekszik az *Uromyces appendiculatus*-sal való fertőzés alatt. A rozsdafertőzés kifejlődése alatt a kinonok, plasztokinonok és ubikinonok mennyisége is növekszik. Egyes hiperszenzitív gazdanövény reakciók során tanninok felhalmozódása és az érintett gazdasejtek pusztulása következik be a fertőzést követő rövid időn belül (*Stavelly és Pastor-Corrales* 1989). A fertőzött növények érzékenyebbé válnak a víz stresszre a sporuláció folyamán (*Duniway és Durbin* 1971).

A reaktív oxigén gyökök (ROS) képződése, mint például a szuperoxid és a hidrogén peroxid, az úgynevezett oxidatív robbanás, a növényekben külső hatásra indukált oxidatív stressz hatására történik meg. Ezek a kórokozó növény általi sikeres felismerését követő első növényi válaszreakcióknak tekinthetők (Doke 1983, Auh és Murphy 1995). Az ilyen reaktív oxigén gyökök akár közvetlen protektív elemekként szolgálhatnak a fertőzéssel szemben. A reaktív oxigénformák gátolhatják, vagy megölhetik a növényt fertőző kórokozókat (Hafez és Király 2003, El-Zahaby et al. 2004). A növényi sejtekben ezek a reaktív oxigén gyökök képesek megerősíteni a sejtfalakat glikoproteinek összekapcsolásával (Bradley et al. 1992, Lamb és Dixon, 1997) vagy a lipidperoxidáció és membrán károsítás együttes hatása által (Lamb és Dixon 1997, Montillet et al. 2005).

A különféle gombafertőzések a gazdanövény fotoszintézist is befolyásolják, ezáltal közvetve hatnak a szerves anyag felhalmozásra, a megtermelt szerves anyag mennyiségére is. Bolton et al. (2008) a búza zászlólevelének fotoszintetikus kapacitását vizsgálták rozsda fertőzés hatására. Azt tapasztalták, hogy nem csak a fotoszintézis hatékonysága csökken, hanem a fertőzés hatására minőségi változások is bekövetkeznek, például csökken a szemtermés fehérjetartalma és kisebbek lesznek a szemek. A fotoszintézis hatékonyságának csökkenésén kívül a fertőzés csökkenti a növény vízfelhasználási hatékonyságát is (Bassanezi et al. 2002). Több kutató is megállapította, hogy gomba fertőzése hatására csökken a gazdanövény nettó fotoszintézise, valamint a klorofill mennyisége is (Peterson és Aylor 1995, Lopes és Berger 2001, Robert et al. 2005).

A babrozsa az egész világon elterjedt kórokozó. Elsősorban a trópusi és szubtrópusi területeken okoz jelentős problémát (Souza et al. 2013). Babrozsa fertőzés hatására 65%-kal is csökkenhet a termés mennyisége (Mersha és Hau 2011), míg súlyos járványos fertőzésnél akár 100%-os termés kiesés is előfordulhat (Howland és McCartney 1966). A babrozsa fertőzés a fiatal leveleken alakul ki legkönnyebben, amelyek még nem érték el a 70%-át a kifejlett méretüknek (Harter és Zaumeyer 1941). A fertőzés külső, látható tünetei elsősorban a leveleken és a hüvelyeken jelentkeznek, de ritkán a szár is fertőzhető. A kezdeti tünetek általában a levél felületén jelennek meg, apró halvány, sárgás-fehéres, enyhén kiemelkedő foltok formájában, hat nappal az inokulációt követően. A teljes fertőzési ciklus általában 12–15 nap alatt megy végbe (Stavelly és Pastor-Corrales 1989).

A babrozdsda fertőzés kezelése alapvetően három fő területen zajlik: fungicidek alkalmazása, gazdanövény rezisztencia és termesztéstechnológiai megoldások. Ezeken felül a biológiai védekezés is potenciálisan hatékony módszer lehet a kórokozó ellen (*Souza et al.* 2008). A babrozdsda elleni hatékony, gazdaságos és környezetkímélő védekezési stratégiaként a genetikai rezisztenciával rendelkező fajták termesztése lehet a megfelelő megoldás, szükség szerint kiegészítve egyéb növényvédelmi védekezési eljárásokkal (*Stavely és Pastor-Corrales* 1989).

Kutatásunk fő célkitűzése a babrozdsda által előidézett élettani változások tisztázása, a fogékonyság és a betegség-ellenállóság (rezisztencia) háttérben zajló folyamatok feltárása. További célunk volt, hogy kimutassuk az összefüggést a bab mint kísérleti növény, természetes ellenálló-képessége, a reaktív oxigénformák szintje és a vizsgált enzim aktivitása között. A szuperoxid-dizmutáz aktivitása, valamint a lipidperoxidáció mértékének vizsgálata jelentősen hozzájárulhat a természetes védekező mechanizmussal rendelkező növényfajták nemesítéséhez, amivel mérsékelhető az élelmiszertermelésben felhasznált kemikáliák mennyisége.

Anyag és módszer

A kísérleteinkben sárgahüvelyű zöldbabot (*Phaseolus vulgaris* L. cv Sonesta) használtunk. A kísérletet két helyszínen állítottuk be, a KITE Mezőgazdasági Szolgáltató és Kereskedelmi Zrt. derecskei kertészeti telephelyén fóliasátor alatt tenyészedenyekben, valamint a Bab-15 Szövetkezet területén, szabadföldi, kisparcellás körülmények között. Mind a két kísérlet beállítására 2017 májusában került sor. Fóliasátorban 2017. május 11-én vetettük el a magokat, a primer levél kifejlődése után, május 19-én fertőztük a növényeket. Szántóföldi körülmények között szintén májusban, de más fenológiai fázisban, 6–7 leveles állapotban, fertőztük a növények primer levelét. Mind a két kísérletben naponta öntöztük a növényeket. A fóliasátorban történt vizsgálat során 50 kontroll és 50 kezelt növényt vizsgáltunk, melyből randomizáltan, a kezelést követő első és második héten történt a mintavétel. A szántóföldi kísérletben 60 kontroll és 60 kezelt növény vizsgáltunk. A mintavétel a fóliasátorban való mintavétellel megegyezik.

A fóliasátor alatti kísérletekben természetközlegként az optimális csírázás és kezdeti növekedés érdekében mészlepedékes csernozjom talaj, valamint

tőzeg 2:1 arányú keverékét használtuk. A fóliasátorban használt talajt a szántóföldi kísérleti területről gyűjtöttük, így a két talaj paraméterei megegyeznek. A kísérlet során használt babrozsdát (*Uromyces appendiculatus* (Pers.) Strauss), annak fertőzőképes spóráit a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézetétől szereztük be.

A spórákat a mesterséges inokuláció megfelelő előidézése érdekében keményítővel keverve, vizes szuszpenziót készítettünk és ezt dörzsöltük fel a bab primer leveleinek fonákára, felsértve a levél felső epidermisz réteget. A mintavétel minden esetben a kezelést követő hetedik, illetve 14. napon történt.

Fóliasátras kísérletben mértük a relatív klorofilltartalmat, a II-es fotokémiai rendszer hatékonyságát, a SOD és a LP aktivitást. Szántóföldi kísérletben a SOD és a LP aktivitása került mérésre. A szántóföldi kísérletben mért paraméterek ismétlésszámai megegyeznek a fóliasátras kísérletnél leírtakkal. Minden méréséhez a növények primer leveleit használtuk.

A relatív klorofilltartalmat SPAD-502 (MINOLTA, Japán) klorofill mérővel mértük. A relatív klorofilltartalmat kezelésenként 15 növényen, növényenként öt ismétlésben. A táblázatokban az eredményeket SPAD-egységben szerepeltetjük. A fotoszintetikus pigmentek mennyiségét (klorofill-a, b és karotinoiodok) Metertek SP 80 Spektrométerrel mértük *Moran* és *Porath* (1980) módszere és *Wellburn* (1994) alapján.

A fotoszintézis fényszakasz hatékonyságának a meghatározásához, közvetett módszerként a klorofill fluoreszcencia indukciós módszert alkalmaztuk (*Scheiber et al.* 1996). A II-es fotokémiai rendszer hatékonyságát PAM-2001 típusú fluorométerrel (WALZ GmbH, Németország) mértük 10 órákor, kezelésenként hat növényen, a randomizáltan kiválasztott és a laborba szállított növényeken. A szuperoxid-dizmutáz (SOD) enzimaktivitását a nitroblue tetrazolium (NBT) fotokémiai redukciójának gátlását mérve határoztuk meg (*Giannopolities* és *Ries* 1977, *Beyer* és *Fridovich* 1987). Egy egység SOD mennyiségét az 560 nm hullámhosszon mért NBT redukciójának 50%-os csökkenéséhez szükséges enzim mennyiségeként definiáljuk. A SOD aktivitását kezelésenként hat növényen mértük.

A lipidperoxidáció (LP) mértékét a keletkezett malondialdehid mennyisége alapján határoztuk meg *Heath* és *Packer* (1968) módszere alapján. A lipidperoxidációt kezelésenként hat növényen mértük.

Fóliasátorban végzett kísérlet során a SOD és a LP meghatározáshoz a kiválasztott növényeket, tenyészedénnyel együtt, a laboratóriumba szállítottuk,

ahol a friss növényi mintákat folyékony nitrogénben azonnal lefagyasztottuk, majd a SOD aktivitás és a LP mértékének méréséig ultrafagyasztóban tároltuk. Szántóföldi kísérletben, a földből, gyökérrel együtt kiszedett növények gyökerét vízben tartva, hűtőtáskában laboratóriumba szállítottuk és a fóliasátorban elírtaknál megegyezően történt ezután a mintavétel.

Az eredmények kiértékeléséhez Microsoft Excel 2003 és Sigma Plot 12.0 verziót használtunk (student t-test).

Eredmények

Méréseink szerint a különböző kezelések szignifikáns mértékben befolyásolták a relatív klorofilltartalmat. Az 1. táblázatban a fóliasátorban, valamint szántóföldön végzett kezeléseknél mért változások láthatóak a növények relatív klorofilltartalmában. A fóliasátorban egy, valamint két héttel a mesterséges inokulációt követően szignifikánsan csökkent a relatív klorofilltartalom a növények leveleiben. Az első mintavétel során hat SPAD egységnyi, megközelítőleg 14%-os csökkenést, a második mintavételnél pedig 14 SPAD egységnyi, 40%-os csökkentést mértünk.

1. táblázat. *A babrozsdá fertőzés hatása a relatív klorofilltartalom (SPAD-egység) változására, egy (1. mintavétel) és két (2. mintavétel) héttel a fertőzés után (N=75±S.D.)*

Kezelések (1)	1. mintavétel (2)	2. mintavétel (3)
Fóliasátorban végzett kezelés (4)		
Kontroll (5)	43,96±4,13	34,66±7,02
Kezelt (6)	37,93±6,06*	20,55±8,07***
Szántóföldön végzett kezelés (7)		
Kontroll (5)	43,02±4,42	37,05±3,38
Kezelt (6)	50,45±2,04**	46,60±1,67***

Megjegyzés: szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Table 1. Changes in relative chlorophyll content one and two weeks after the bean rust inoculation (1st and 2nd samplings) (SPAD-Units) N=75±S.D. (1) Treatments, (2) 1st sampling, (3) 2nd sampling, (4) Experiment in humidity tent, (5) Control plants, (6) Bean rust inoculated plants, (7) Experiment on field, Note: significant differences compared to the control: *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001

Szántóföldi kezelés során a relatív klorofilltartalom vizsgálatakor azt tapasztaltuk, hogy mind a két mintavételi időpontban szignifikánsan növekedtek a mért értékek. Az első mintavételi időpontban hét SPAD egységgel, megközelítőleg 17%-kal, a második mintavételi időpontban kilenc SPAD egységgel, 25%-kal növekedett a mért relatív klorofilltartalom a babrozsdá fertőzés hatására.

A relatív klorofilltartalom egy viszonylagos érték. Ezért mértük a fotoszintetikus pigmentek (klorofill-a, klorofill-b, karotinoidok) mennyiségét a növények primer leveleiben (2. táblázat).

2. táblázat. A babrozsdá fertőzés hatása a fotoszintetikus pigmentek mennyiségének (mg/g) változására, egy (1. mintavétel) és két (2. mintavétel) héttel a fertőzés után (N=5±S.D.)

Kezelések (1)	Klorofill-a (2)	Klorofill-b (3)	Karotinoidok (4)
Fóliasátorban végzett kezelés (5)			
1. mintavétel (6)			
Kontroll (7)	9,12±1,61	3,42±0,58	6,88±1,05
Kezelt (8)	6,16±1,20*	2,24±0,79*	4,52±0,79*
2. mintavétel (9)			
Kontroll (7)	5,57±0,55	1,93±0,48	4,41±0,62
Kezelt (8)	2,23±1,17**	0,83±0,57*	2,65±0,94**
Szántóföldön végzett kezelés (10)			
1. mintavétel (6)			
Kontroll (7)	10,41±0,89	3,26±0,52	8,16±0,67
Kezelt (8)	8,81±0,62*	2,52±0,33*	6,19±0,31***
2. mintavétel (9)			
Kontroll (7)	8,68±1,46	3,13±0,57	6,08±1,01
Kezelt (8)	9,79±1,35	3,32±0,53	6,74±0,94

Megjegyzés: szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: *p<0,05, **p<0,01; ***p<0,001

Table 2. Changes in the amount of photosynthetic pigments one and two weeks after the bean rust inoculation (1st and 2nd samplings) (mg g⁻¹) (N=5±S.D.). (1) Treatments, (2) Chlorophyll-a, (3) Chlorophyll-b, (4) Carotenoids, (5) Experiment in humidity tent, (6) 1st sampling, (7) Control plants, (8) Bean rust inoculated plants, (9) 2nd sampling, (10) Experiment on field, Note: significant differences compared to the control: *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001

Fóliasátorban végzett kezeléseknél minden mért fotoszintetikus pigment (klorofill-a,b, karotinoidok) mennyisége szignifikánsan csökkent a babrozsdá

fertőzés hatására. Az első mintavételnél, egy héttel a kezelést követően a mért klorofill-a mennyisége 33%-kal, a klorofill-b és a karotinoidok mennyisége 35%-kal csökkent a kontroll növényekben mért értékekhez képest. A második, két héttel a kezelést követő mintavétel során a klorofill-a 60%-os, a klorofill-b 57%-os, valamint a karotinoidok 40%-os csökkenését tapasztaltuk a kontroll növényekhez viszonyítva.

A szántóföldi körülmények között végzett kísérletben is eltérést tapasztaltunk a fotoszintetikus pigmentek mennyiségében. A kezelés utáni egy héttel történő mintavételnél a fotoszintetikus pigmentek szignifikáns csökkenését tapasztaltuk. A klorofill-a 16%-kal, a klorofill-b 23%-kal, a karotinoidok mennyisége pedig 25%-kal csökkent a kontrollhoz képest. Ezzel szemben a második hetet követő mintavétel során mért értékek enyhe, nem szignifikáns növekedést mutattak. A klorofill-a 12%-kal, a klorofill-b 6%-kal, a karotinoidok mennyisége pedig 10%-kal növekedett a kontroll növények értékeihez képest.

A szántóföldi kísérletben mértük a babrozsda fertőzés hatását a fotoszintézis fényszakaszának hatékonyságára. A 3. táblázatban látható adatok szerint az első mintavételnél, nem volt szignifikáns változás a mért értékekben.

3. táblázat. A babrozsda fertőzés hatása a fotoszintézis fényszakaszának hatékonyságbeli változására, egy (1. mintavétel) és két (2. mintavétel) héttel a fertőzés után ($N=6\pm S.D.$, F_0 : alap fluoreszcencia, F_m : maximális fluoreszcencia, F_v : változó fluoreszcencia)

Kezelések (1)	F_0	F_m	F_v/F_m
1. mintavétel (2)			
Kontroll (3)	0,271±0,025	1,698±0,062	0,770±0,021
Kezelt (4)	0,273±0,024	1,563±0,122	0,785±0,012
2. mintavétel (5)			
Kontroll (3)	0,272±0,043	1,827±0,124	0,844±0,008
Kezelt (4)	0,259±0,024	1,511±0,305*	0,802±0,014*

Megjegyzés: szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: * $p<0,05$

Table 3. Changes in the light stage efficiency of photosynthesis, one and two weeks after the bean rust inoculation (1st and 2nd samplings) ($N=6\pm S.D.$, F_0 : minimum fluorescence, F_m : maximum fluorescence, F_v : variable fluorescence). (1) Treatments, (1) 1st sampling, (3) Control plants, (4) Bean rust inoculated plants, (5) 2nd sampling, Note: significant differences compared to the control: * $p<0.05$

Ezzel szemben a második mintavételkor, a maximális fluoreszcencia (F_m) értékében, valamint az F_m értéknek a változó fluoreszcencia (F_v) arányosításával kapott F_v/F_m viszonyszámában is szignifikáns csökkenést tapasztaltunk a kontroll növényekben mért értékekhez képest. Az utóbbi, F_v/F_m paramétert a növényekben a PSII maximális fotokémiai hatékonyság jellemzésére használtuk.

A kísérlet során vizsgáltuk a babrozsdá hatását a bab szuperoxid-dizmutáz aktivitására és a lipidperoxidáció mértékére.

A fóliasátorban végzett kísérleteknél azt tapasztaltuk, hogy a babrozsdá fertőzés hatására nem szignifikánsan ugyan, de növekedett a SOD aktivitás egy, valamint két héttel a kezelést követően is (4. táblázat).

4. táblázat. A SOD aktivitás (U/g FW) változásai babrozsdá fertőzés hatására a fertőzést követő 1. és 2. héten ($N=6\pm S.D.$, FW: friss tömeg)

Kezelések (1)	1. mintavétel (2)	2. mintavétel (3)
Fóliasátorban végzett kezelés (4)		
Kontroll (5)	0,09±0,00	0,04±0,00
Kezelt (6)	0,10±0,01	0,06±0,01
Szántóföldön végzett kezelés (7)		
Kontroll (5)	0,10±0,01	0,14±0,02
Kezelt (6)	0,12±0,01	0,18±0,01*

Megjegyzés: szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: * $p<0,05$

Table 4. Changes in superoxide-dismutase (SOD) enzyme activity (U g⁻¹ FW) one and two weeks after the bean rust inoculation (1st and 2nd samplings) ($N=6\pm S.D.$, FW: fresh weight). (1) Treatments, (2) 1st sampling, (3) 2nd sampling, (4) Experiment in humidity tent, (5) Control plants, (6) Bean rust inoculated plants, (7) Experiment on field, Note: significant differences compared to the control: * $p<0.05$

A szántóföldi kísérlet során végzett mérések szintén a SOD enzim aktivitásának növekedését mutatták. A 4. táblázatban látható, hogy a kezelést követő első mintavétel során nem szignifikáns növekedést, a második mintavételnél, két héttel a kezelést követően viszont szignifikáns mértékű növekedést tapasztaltunk a SOD aktivitásban a kontroll növényekhez képest.

Az 5. táblázatban a babrozsdá fertőzés hatása látható a növények lipidperoxidációjára.

5. táblázat. A babrozsda fertőzés hatása a lipidperoxidációra (nmol MDA/g FW) a fertőzést követő 1. és 2. héten (N=6±S.D., MDA: malon-dialdehid, FW: friss tömeg)

Kezelések (1)	1. mintavétel (2)	2. mintavétel (3)
Fóliasátorban végzett kezelés (4)		
Kontroll (5)	62,75±4,62	79,04±7,39
Kezelt (6)	76,78±9,18*	82,11±10,75
Szántóföldön végzett kezelés (7)		
Kontroll (5)	65,59±13,63	45,12±3,19
Kezelt (6)	64,15±3,96	59,58±8,44*

Megjegyzés: szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: *p<0,05

Table 5. Rate of lipid peroxidation (nmol MDA g⁻¹ FW) one and two weeks after the bean rust inoculation (1st and 2nd samplings) (N=6±S.D., MDA: malondialdehyde, FW: fresh weight). (1) Treatments, (2) 1st sampling, (3) 2nd sampling, (4) Experiment in humidity tent, (5) Control plants, (6) Bean rust inoculated plants, (7) Experiment on field, Note: significant differences compared to the control: *p<0.05

A fóliasátorban végzett kezelésekben a lipidperoxidáció növekedését tapasztaltuk, a kezelést követő egy hét utáni mintavétel során szignifikáns, 22%-os növekedést, a második hetet követően pedig csökkenő tendenciájú, 3%-os növekedést tapasztaltunk. A patogén által okozott stressz hatásra a növényi enzimatiszus válaszreakció a fertőzést követő első héten volt szignifikáns.

A szántóföldi kísérletben mért lipidperoxidáció értékeiben szintén eltérést tapasztaltunk a fóliasátor alatt végzett kezeléshez képest. A szabadföldi kísérletben a lipidperoxidáció mértéke az első mintavételkor, vagyis a kezelést követő első hétben nem változott, ugyanakkor a második mintavételkor, a kezelést követő második hét elteltével az érték szignifikánsan, 32%-kal emelkedett.

Kísérletünkben a babrozsda fertőzés hatását vizsgáltuk a bab klorofilltartalmára, a fotoszintézis fényszakaszának hatékonyságára, a szuperoxid-dizmutáz aktivitására és a lipidperoxidáció mértékére, fóliasátorban és szántóföldi körülmények között. Célunk volt, annak bizonyítása, hogy a babrozsda fertőzés hatással van a gazdanövény (bab) fentebb felsorolt növényélettani paramétereire, valamint a méregtelenítési folyamataira, mely a szuperoxid-dizmutáz aktivitásának, valamint a lipidperoxidáció mértékének változásában mutatkozik meg.

Több kutató is vizsgálta a biotikus stressz hatására bekövetkező növényélettani változásokat. *Rashid* és *Bernier* (1991) különféle lóbab fajták ellenálló-

képességét vizsgálták rozsdafertőzéssel szemben. *Lobato et al.* (2010) *Colletotrichum lindemuthianum* fertőzés hatását vizsgálta a bab klorofilltartalmára és a fotoszintézis hatékonyságára.

A felhalmozódó szervesanyag a növényekben lejátszódó biokémiai folyamatok eredményeképpen jön létre. A felépítő és lebontó folyamatok közötti különbség az a szervesanyag mennyiség, amely az adott növény biológiai terméként realizálódik. A növények minél hatékonyabb szerves anyag felhalmozásához szükségesek a fotoszintézisben alapvető szerepet betöltő különböző fotoszintetikus pigmentek (klorofilok, karotinoidok) (*Rabinowitch és Govidje* 1965). *Berger et al.* (2007) kísérletükben megfigyelték, hogy a kórokozó fertőzése gyakran okoz klorotikus, nekrotikus károsodásokat, amely a fotoszintetikus asszimiláció csökkenéséhez vezet. *Lopes és Berger* (2001) kísérletében 30%-kal csökkent a klorofill tartalom babrozsa fertőzés hatására, valamint a nettó fotoszintézis szintén csökkent 5%-kal. A levelek 70–90%-os fertőzöttségénél a nettó fotoszintézis rátája 0 körüli volt. Megállapították, hogy a fotoszintézisre gyakorolt hatást nagymértékben meghatározza a fertőzés súlyossága. A fóliasátorban beállított kísérletben hasonló eredményeket kaptunk. A relatív klorofilltartalom (SPAD) 14%-kal csökkent hét nappal a fertőzés után, míg ez az érték 40% volt 14 nappal a fertőzés után. A klorofilltartalomra gyakorolt hatás vizsgálatok kapott eredmények összhangban vannak a SPAD-értékekkel. A fóliasátorban beállított kísérletünkben a fotoszintetikus pigmentek mennyisége a fertőzést követő második mintavételkor nagyobb mértékben csökkent, mint az első mintavételi időpontban (fertőzés utáni 7. nap). Egy héttel a fertőzés után a klorofill-a tartalom 33%, a klorofill-b és a karotinoidok mennyisége 35–35%-kal csökkent, a kontroll növényekben mért értékekhez képest. Két héttel a fertőzés után az értékek a következők voltak: 60%, 57% és 40%. A babrozsa fertőzés a klorofill-a mennyiségére volt a legnagyobb hatással. *Lobato et al.* (2010) kísérletükben bab levelében mért karotinoidok mennyisége 28,3%-kal, és 35%-kal csökkent nyolc, illetve 12 nappal gomba fertőzés után. A klorofilok összes mennyisége (klorofill-a+klorofill-b) 6,4%, 20,6% és 21,3%-os csökkentést mutatott négy, nyolc és 12 nappal a fertőzés után.

A szántóföldi kísérletben egy héttel a fertőzés után látható szignifikáns különbség a fotoszintetikus pigmentek mennyiségében: a klorofill-a mennyisége 16%-kal, a klorofill-b 23%-kal, a karotinoidok 25%-kal csökkentek a kontroll növényekben mért értékekhez képest.

A gazdanövény fiziológiai mutatóit és a növényben lejátszódó biokémiai folyamatokat egyaránt befolyásolja az *Uromyces appendiculatus*-sal való fertőzés. A légzés intenzitása fokozódik, és a fotoszintézis mértéke csökken a fertőzés ideje alatt, főleg a fertőzést követő 6. naptól kezdődően (Raggi 1980). Szakirodalmi adatok szerint a patogének hatással vannak a fotoszintézis fényszakaszának hatékonyságára is (Peterson és Aylor 1995), így a szántóföldi kísérletben mértük a babrozdsda fertőzés hatására bekövetkezett változásokat. Robert et al. (2005) búzával végzett kísérletben megállapították, hogy rozdsda fertőzés hatására csökken a nettó fotoszintézis. Hasonló megállapításra jutott Bassanezi et al. (2001). Peterson és Aylor (1995) kísérletükben három nappal a babrozdsda fertőzés után emelkedett klorofill fluoresszenciát mértek a bab leveleiben. Lobato et al. (2010) 22%, 49,9% és 77,3% csökkenést figyelt meg a nettó fotoszintézisben négy, nyolc és 12 nappal a *Colletotrichum lindemuthianum* fertőzést követően. Kísérletünkben egy héttel a babrozdsda fertőzés után nem változott a fotoszintézis fényszakaszának hatékonysága, míg két héttel a fertőzés után a F_m és az F_v/F_m hányados értéke is szignifikánsan csökkent.

Több kutató is vizsgálta különféle gombafertőzések hatását a gazdanövény enzimaktivitására, a szabad gyökök képződésére (Foley et al. 2016, Ali et al. 2018, Segal és Wilson 2018). A szuperoxid-dizmutáz enzimek (SOD), amelyek a szuperoxid szabadgyökök molekuláris oxigénné, illetve H_2O_2 -vé alakulását katalizálják, létfontosságú enzimek, amelyek megvédik a sejteket az O_2 - által indukált oxidatív károsodásoktól, illetve egyéb toxikus, szuperoxidból származó oxigénformáktól, főképpen a hidroxil gyököktől (OH) (Fridovich 1976). Kísérletünk célja volt annak bizonyítása, hogy a növényben a kórokozó okozta stressz hatására lejátszódó egyik első válaszreakció, a szuperoxid képződése, és annak következménye a megnövekedett SOD aktivitás. Szántóföldi körülmények között, a szuperoxid-dizmutáz aktivitása szignifikánsan nőtt a fertőzött növényekben, két héttel a babrozdsda fertőzés után, a nem fertőzött növényekben mért értékhez képest.

A növényeknél abiotikus és biotikus stressz hatásokra változás következhet be a membránok szerkezetében, felépítésében. A membránok válaszreakciót adnak a különböző környezeti stressz hatásokra (hőmérsékleti extrémítások, szárazság, magas sótartalom, biotikus fertőzések) (Bhattacharjee 2014). A kedvezőtlen környezeti körülmények, illetve biotikus fertőzések miatt felborult belső redox egyensúly megfelelő körülményeket biztosít a lipidperoxidáció végbemeneteléhez, amely a membránlipidek károsodását okozza (Bhattacharjee

2012, Foyer és Noctor 2013). Kísérletünkben a lipidperoxidáció mértéke egy héttel a fertőzés után fóliasátorban, valamint két héttel a fertőzés után szántó-földi körülmények között szignifikánsan nőtt.

Következtetések

Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kap a különféle fertőzésekkel szemben ellenálló hibridek nemesítése, mellyel csökkenthető a felhasznált növényvédőszer mennyisége. Ez összhangban van a fenntartható környezetvédelmi és növénytermesztési törekvésekkel. Ehhez elengedhetetlen az alap növényélettani folyamatok, parazita-gazdanövény kölcsönhatások megismerése, hogyan reagál a gazdanövény gomba- vagy baktériummal való fertőzésre.

Kísérletünkben a babrozsa fertőzés hatását vizsgáltuk a gazdanövény (bab) klorofilltartalmára, a fotoszintézis fényszakaszának hatékonyságára, a SOD aktivitásra és a LP mértékére.

Eredményeinkből azt a következtetést vontuk le, hogy a fertőzés után eltelt idő hatással van elsősorban a szuperoxid-dizmutáz aktivitására, a lipidperoxidáció mértékére és a fotoszintetikus pigmentek mennyiségére. Továbbá befolyásolja a fotoszintézis fényszakaszának hatékonyságát, amely által csökken a növények által képzett asszimiláta mennyiség, vagyis csökken a megtermelhető gazdasági termék.

A termesztési körülmények is befolyásolják a rozsa fertőzés következményeként fellépő enzimatisus változásokat.

Köszönetnyilvánítás



A kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság programjának támogatásával valósult meg. A szerzők köszönik Dr. Veres Szilvia, PAM-2001 típusú fluorométer használatához nyújtott segítségét.

Irodalom

- Ali, M.–Cheng, Z.–Ahmad, H.–Hayat, S.: 2018. Reactive oxygen species (ROS) as defence against a broad range of plant fungal infections and case study on ROS employed by crops against *Verticillium dahliae* wilts. *Journal of Plant Interactions*. 13. 1: 353–363.
- Auh, C. K.–Murphy, T. M.: 1995. Plasma membrane redox enzyme is involved in the synthesis of O₂⁻ and H₂O₂ by Phytophthora elicitor-stimulated rose cells. *Plant Physiology*. 107: 1241–1247.
- Barna, B.–Fodor, J.–Harrach, B. D.–Pogány, M.–Király, Z.: 2012. The Janus face of reactive oxygen species in resistance and susceptibility of plants to necrotrophic and biotrophic pathogens. *Plant Physiology and Biochemistry*. 59: 37–43.
- Bassanezia, R. B. Amorima, L.–Bergamin Filho, L.–B. Hauband, B.–Berger, R. D.: 2001. Accounting for photosynthetic efficiency of bean leaves with rust, angular leaf spot and anthracnose to assess crop damage. *Plant Pathology*. 50: 443–452.
- Bassanezi, R. B.–Amorim, L.–Filho, A. B.–Berger, R. D.: 2002. Gas exchange and emission of chlorophyll fluorescence during the monocycle of rust, angular leaf spot and anthracnose on bean leaves as a function of their trophic characteristics. *Journal of Phytopathology*. 150: 37–47.
- Berger, S.–Sinha, A. K.–Roitsch, T.: 2007. Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant–pathogen interactions. *Journal of Experimental Botany*. 58. 15–16: 4019–4026.
- Beyer, W. F.–Fridovich, I.: 1987. Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in conditions. *Analytical Biochemistry*. 161. 2: 559–566.
- Bhattacharjee, S.: 2012. The language of reactive oxygen species signaling in plants. *Journal of Botany*. ID: 985298
- Bhattacharjee, S.: 2014. Membrane lipid peroxidation and its conflict of interest: the two faces of oxidative stress. *Current Science*. 107: 1811–1823.
- Bolton, M. D.–Kolmer, J. A.–Garvin, D. F.: 2008. Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticana*. *Molecular Plant Pathology*. 9: 563–575.
- Bradley, D.–Kjellbom, P.–Lamb, C.: 1992. Elicitor- and wound-induced oxidative cross-linking of a proline-rich plant cell wall protein: a novel, rapid defense response. *Cell*. 70: 21–30.
- Buonaurio, R.–Della Torre, G.–Montalbini, P.: 1987. Soluble superoxide dismutase (SOD) in susceptible and resistant host-parasite complexes of *Phaseolus vulgaris* and *Uromyces phaseoli*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 31. 2: 173–184.
- Burdon, J. J.–Thrall, P. H.–Ericson, L.: 2006. The current and future dynamics of disease in plant communities. *Annual Review of Phytopathology*. 44: 19–39.

- De Gara, L.-de Pinto, M. C.-Tommasi, F.: 2003. The antioxidant systems vis-à-vis reactive oxygen species during plant-pathogen interaction. *Plant Physiology and Biochemistry*. 41. 10: 863-870.
- Dangl, J. L.-Jones, J. D.: 2001. Plant pathogens and integrated defense responses to infection. *Nature*. 411: 826-833.
- Doke, N.: 1983. Involvement of superoxide anion generation in the hypersensitive response of potato tuber tissues to infection with an incompatible race of *Phytophthora infestans* and to the hyphal wall components. *Physiological Plant Pathology*. 23: 345-357.
- Duniway, J. M.-Durbín, R. D.: 1971. Detrimental effects of rust infection upon the water relations of bean. *Plant Physiology*. 48: 69-72.
- El-Zahaby, H. M.-Hafez, Y. M.-Király, Z.: 2004. Effect of reactive oxygen species on plant pathogens in planta and on disease symptoms. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 39: 325-345.
- Engering, A.-Hogerwerf, L.-Slingenbergh, J.: 2013. Pathogen-host-environment interplay and disease emergence. *Emerg. Microbes Infect.* 2. 1: 1-7.
- Foley, R. C.-Kidd, B. N.-Hane, J. K.-Anderson, J. P.-Singh, K. B.: 2016. Reactive oxygen species play a role in the infection of the necrotrophic fungi, *Rhizoctonia solani* in wheat. *PLoS One*. 11. 3: e0152548.
- Foyer, C. H.-Noctor, G.: 2013. Redox signalling in plants. *Antioxid. Redox Signal.* 18. 16: 2087-2096.
- Fridovich, I.: 1976. Oxygen radicals, hydrogen peroxide, and oxygen toxicity. [In: Pryor, W. A. (ed.) *Free radicals in biology*.] Academic Press. New York. 1: 239-277.
- Garcia-Brugger, A.-Lamotte, O.-Vandelle, E.-Bourque, S.-Lecourieux, D.-Poinssot, B.-Wendehenne, D.-Pugin, A.: 2006. Early signaling events induced by elicitors of plant defenses. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 19: 711-724.
- Giannopolities, C. H.-Ries, S. K.: 1977. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plant. *Plant Physiology*. 59: 309-314.
- Hafez, Y. M.-Király, Z.: 2003. Role of hydrogen peroxide in symptom expression of barley susceptible and resistant to powdery mildew. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 38: 227-236.
- Harter, L. L.-Zaunmeyer, W. J.: 1941. Differentiation of physiologic races of *Uromyces phaseoli* typica on bean. *Journal of Agricultural Research*. 62: 717-731.
- Hasabnis, S. N.: 1998. Epidemiology and management of leaf rust of wheat caused by *Puccinia recondita* f. sp. tritici through host plant resistance. Doctoral dissertation Ph. D. Thesis. Univ. Agric. Sci. Dharwad. India.
- Heath, R. L.-Packer, L.: 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 125. 1: 189-198.
- Heil, M.-Bostock, R. M.: 2002. Induced systemic resistance (ISR) against pathogens in the context of induced plant defenses. *Annals of Botany*. 89: 503-512.

- Howland, A. K.–McCartney, J. C.: 1966. East Africa bean rust studies. East African Agricultural and Forestry Journal. 32: 55–66.
- Hurali, M. K.–Patil, P. V.: 2009. Impact of indigenous technology knowledge on enzymatic activity as influenced by rust of soybean. Karnataka Journal of Agricultural Sciences. 22. 2: 340–343.
- Lamb, C.–Dixon, R. A.: 1997. The oxidative burst in plant disease resistance. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 48: 251–275.
- Lobato, A. K. S.–Gonçalves-Vidigal, M. C.–Vidigal Filho, P. S.–Andrade, C. A. B.–Kvitschal, M. V.–Bonato, C. M.: 2010. Relationships between leaf pigments and photosynthesis in common bean plants infected by anthracnose. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 38. 1: 29–37.
- Lopes, D. B.–Berger, R. D.: 2001. The effect of rust and anthracnose on the photosynthetic competence of diseased bean leaves. Phytopathology. 91. 2: 212–220.
- Mehdy, M. C.: 1994. Active reactive oxygen species in plant defense against pathogens. Plant Physiology. 105: 467–472.
- Mersha, Z.–Hau, B.: 2011. Reciprocal effects of host and disease dynamics in the bean rust pathosystem. Journal of Plant Diseases and Protection. 118. 2: 54–62.
- Montillet, J. L.–Chamnongpol, S.–Rusterucci, C.–Dat, J.–Van De Cotte, B.–Agnel, J. P.–Battesti, C.–Inze, D.–Van Breusegem, F.–Triantaphylides, C.: 2005. Fatty acid hydroperoxides and H₂O₂ in the execution of hypersensitive cell death in tobacco leaves. Plant Physiology. 138: 1516–1526.
- Moran, R.–Porath, D.: 1980. Chlorophyll determination in intact tissues using N,N-dimethylformamide. Plant Physiology. 65: 478–479.
- Oerke, E. C.: 2006. Crop losses by pests. The Journal of Agricultural Science. 144. 1: 31–43.
- Peterson, R. B.–Aylor, D. E.: 1995. Chlorophyll fluorescence induction in leaves of *Phaseolus vulgaris* infected with bean rust (*Uromyces appendiculatus*). Plant Physiology. 108. 1: 163–171.
- Prasannath, K.: 2017. Plant defense- related enzymes against pathogens: a review. AGRIEAST: Journal of Agricultural Sciences. 11. 1: 38–48.
- Rabinowitch, E. I.–Govidje, E.: 1965. The role of chlorophyll in photosynthesis. Scientific American. 213. 1: 74–83.
- Raggi, V.: 1980. Correlation of CO₂ compensation point with photosynthesis and respiration and CO₂-sensitive in rust-infected bean leaves. Physiological Plant Pathology. 16: 19–24.
- Rashid, K. Y.–Bernier, C. C.: 1991. The effect of rust on yield of faba bean cultivars and slow-rusting populations. Canadian Journal of Plant Science. 71: 967–972.
- Robert, C.–Bancal, M. O.–Ney, B.–Lannau, C.: 2005. Wheat leaf photosynthesis loss due to leaf rust, with respect to lesion development and leaf nitrogen status. New Phytologist. 165: 227–241.

- Rosen, S.–Thorne, K.–Meade, B.: 2016. International Food Security Assessment, 2016–2016, GFA-27. U.S. Department of Agriculture. Economic Research Service. https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/37270/59794_gfa27.pdf?v=42551.
- Scheiber, U.–Kühl, M.–Klimant, I.–Reising, H.: 1996. Measurement of chlorophyll fluorescence within leaves using a modified PAM Fluorometer with a fiber-optic microprobe. *Phytosynthesis Research*. 47: 103–109.
- Segal, L. M.–Wilson, R. A.: 2018. Reactive oxygen species metabolism and plant-fungal interactins. *Fungal Genetics and Biology*. 110: 1–9.
- Shetty, N. P.–Jørgensen, H. J. L.–Jensen, J. D.–Collinge, D. B.–Shetty, H. S.: 2008. Roles of reactive oxygen species in interactions between plants and pathogens. *European Journal of Plant Pathology*. 121. 3: 267–280.
- Souza, T. L. P. O.–Alzate-Marin, A. L.–Faleiro, F. G.–Barros, E. G.: 2008. Pathosystem common bean-*Uromyces appendiculatus*: host resistance, pathogen specialization, and breeding for rust resistance. *Pest Technology*. 2. 2: 56–69.
- Souza, T. L. P. O.–Faleiro, F. G.–Dessaune, S. N.–de Paula-Junior, T. J.–Moreira, M. A.–de Barros, E. G.: 2013. Breeding for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rust resistance in Brazil. *Tropical Plant Pathology*. 38. 5: 361–374.
- Stavely, J. R.–Pastor-Corrales, M. A.: 1989. Rust. [In: Schwartz and Pastor-Corrales (eds.) *Bean Production Problems in the Tropics* (2nd ed.).] Centro Internacional de Agricultura Tropical Press. Cali. 159–194.
- Wellburn, A. R.: 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*. 144: 307–313.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Bojtor Csaba
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Dr. Radócz László
Debreceni Egyetem MÉK
Növényvédelmi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

*Dr. Tóth Brigitta
Debreceni Egyetem
Táplálkozástudományi Intézet
Debrecen
Egyetem tér 1.
H-4032
btoth@agr.unideb.hu

*Jelenlegi cím:
University of the Free State
Faculty of Natural and Agricultural Sciences
Institute of Plant Sciences
(Plant Breeding)
PO Box 339
Bloemfontein 9300
Republic of South Africa

Évi termésingadozások vizsgálata kukorica tartamkísérletben

KISMÁNYOKY TAMÁS - DUNAI ATTILA

Pannon Egyetem Georgikon Kar,

Növénytermesztési és Földhasználati Tanszék, Keszthely

Összefoglalás

Vizsgálatainkat az IOSDV (Internationalen Organischen Stickstoff-Dauerversuch) nemzetközi szabadföldi kisparscellás tartamkísérletre épülve végeztük a Pannon Egyetem Georgikon Kara keszthelyi kísérleti telepén. A kutató munka célja volt, hogy a tartamkísérlet több évtizedes adatsorából választ kapjunk a jelentős, a kukorica termésében megnyilvánuló évi ingadozások okaira. Pontosítani kívántuk azt a gyakorlati tapasztalatot, amely szerint a szerves és műtrágyázás megfelelő alkalmazása az évingadozásokat csökkenti. Az agrotechnikai tényezők, a kezelések, az egész kísérleti elrendezés változatlan volt az egész vizsgálati időszakban (1984–2013), a klimatikus tényezők viszont, főként az általunk rendszeresen mért hőmérsékleti átlagok és a csapadék összegek évente a tenyészidőszakban változtak. A 30 év alatt 10 háromszakaszos vetésforgó rotáció történt, a kukorica minden évben őszi árpa elővetemény után került. Az adatok feldolgozását a következő statisztikai módszerekkel végeztük: ANOVA strip plot, kísérleti főösszegek (G) összehasonlítása, Pearson-korrelációk, továbbá variációs koefficiensek (CV%) értékelése.

Barna erdőtalajon a rendszeresen nagy kukorica termések elérése csak a műtrágyázás melletti következetes szervesanyag-gazdálkodással valósítható meg. Az egyes évek termés adatai a kísérleti főátlagok alapján jelentős ingadozást mutatnak évről évre. A variációs koefficiens a 30 év átlagában ezen a termőhelyen 30,08%, vagyis 2227 kg/ha átlagos termésszint ingadozást jelentett. A 30 éves összesített korrelációs mátrix alapján az egész vizsgálati időszakra az jellemző, hogy a csapadékkal minden kezelés pozitív korrelációt ad, a hőmérséklettel pedig minden kezelés negatív kapcsolatban van. A jú-

niusi csapadék mennyiségének és eloszlásának különösen nagy a jelentősége, amit a viszonylag szoros és minden esetben szignifikáns korrelációs értékek igazolnak.

Kulcsszavak: tartamkísérletek, szerves és műtrágyázás, kukoricatermések, évjárat-hatások

Examining yearly yield fluctuations in a long-term maize experiment

T. KISMÁNYOKY - A. DUNAI

University of Pannonia, Georgikon Faculty,
Department of Crop Production and Land Use, Keszthely

Summary

Our research work was based on the IOSDV/ILTE field experiment in Hungary, University of Pannonia Georgikon Faculty Keszthely. The aim of our study was to reveal the main reasons which usually cause the measurable and significant fluctuation in yield of maize over the years in the long-term field experiment. The agronomic factors, the treatments and the whole LTFE were unchanged in the period of 1984–2013, but the climatic factors, mainly the amount and distribution of the precipitation and temperature are different each year and growing seasons. During the 30 years, 10 crop rotation turns had occurred and it is presumable, that the database included every types of years what are typical around the experimental site. The statistical methods to analyse the results and the effects of the annual climatic conditions were the following: Duncan's multiple range test, ANOVA strip plot, grand mean comparisons (G), Pearson correlation matrix, coefficient (CV%) of variation.

In brown forest soils reaching of high maize yields is realisable only with using of fertilizers and consequential organic material management. The yield data of the examined years show significant fluctuation based on the experimental main averages. The coefficient of variation indicated 30.08% (2227 kg ha⁻¹) yield fluctuation in this area in average of the 30 examined years. Based on the 30 years correlation matrix, there is a positive correlation between the precipitation and every treatment, while between the temperature and every treatment there is a negative correlation. The

amount and distribution of June precipitation has a significant role, which was confirmed by the tight and significant correlation values.

Key words: long-term field experiments (LTFE), fertilization, cropping years, annual yield fluctuation

Исследования годовых колебаний урожаев кукурузы в продолжительном опыте

Т. КИШМАНЬОКИ – А. ДУНАИ
Университет Паннония, Факультет Георгикон,
Кафедра Растениеводства и Землепользования, г.Кестхей

Резюме

Наши исследования, основанные на международном пахотном малопарцельном опыте IOSDV (Internationalen Organischen Stickstoff-Dauerversuch), проводили на кестхейской опытной базе факультета Георгикон Университета Паннония. Целью исследовательской работы было получить ответ на причины, значительных, проявляющихся из ряда данных многолетнего продолжительного опыта годовых колебаний в урожае кукурузы. Хотели уточнить тот практический опыт, согласно которому соответствующее применение органического и искусственного удобрения уменьшает годовые колебания. Агротехнические факторы, обработки, всё расположение опыта было неизменно в весь период исследования (1984–2013), однако климатические факторы, главным образом, регулярно измеряемые нами средние температуры и суммы осадков ежегодно изменялись в вегетационный период. За 30 лет произошло 10 трехэтапных ротаций севомена, ежегодно кукуруза шла после растения предшественника – озимого ячменя. Обработку данных проводили следующими статистическими методами: ANOVA strip plot, сравнение главных сумм опыта (G), корреляция «Pearson», а также оценка вариантных коэффициентов (CV%).

На бурой лесной почве регулярное достижение больших урожаев кукурузы можно осуществить только вместе с искусственным удобрением и последовательным хозяйствованием органическим веществом. Данные урожаев некоторых лет на основе опытных главных средних данных показывают значительные колебания из

года в год. Вариантный коэффициент в среднем за 30 лет на этом месте выращивания 30,08%, т.е. означает колебания среднего уровня урожая в размере 2227 kg/ha. На основе 30-летней объединенной корреляционной матрицы для всего периода исследования характерно то, что с осадками каждая обработка дает позитивную корреляцию, а с температурой каждая обработка находится в негативной связи. Особенно большое значение имеет июньское количество осадков и их распределение, это доказали относительно тесные и в каждом случае значительные корреляционные показатели.

Ключевые слова: продолжительные опыты, внесение органического и искусственного удобрения, урожаи кукурузы, влияния года урожая

Bevezetés

A termőhely klimatikus viszonyai és a talaj nagyszámú egyedi tényezői állandó kölcsönhatásban vannak és az adott agrotechnikai tényezőkkel együtt alakítják a termőhely jellemző produktivitását (termésátlagok). A talaj–klíma–genetikai háttér külön-külön is mérhető hatása együttesen érvényesül a klíma, talaj, vetésforgó és az agrotechnikai tényezők minőségének a függvényében (évjárat) (*Boguslawski* 1981, *Oemichen* 1983). Amennyiben a fenti tényezőket kedvezőtlen hatások érik vagy rosszul működnek, a termesztett növények termése csökken. Több kedvezőtlen hatást a management az agrotechnika módosításával képes elhárítani, de nagyobb drasztikus hatásokat (pl. tartós aszály) legfeljebb mérsékelni, tolerálni tud csak. A klímaváltozás, amely tartós tendenciának bizonyul, a növénytermesztőtől sokoldalú felkészültséget követel meg. Fel kell készülni arra, hogy a szokásos és rutinszerű agrotechnika helyett a feltételekhez igazodó, módosított növénytermesztési rendszerek közül kell választanunk.

A klíma változása napjainkban már nem csak egy vízió, hanem mérhető, többé-kevésbé modellezhető ténykérdés. Magyarországon hosszútávon fokozatos felmelegedés és a szélsőséges időjárási események gyakoriságának, valamint intenzitásának növekedése várható. Gyorsuló felmelegedésre lehet számítani, növekszik a különböző hőmérsékleti küszöbértékeket meghaladó napok száma (nyári hőségnapok, meleg éjszakák), a meleg szakaszok intenzitása és gyakorisága megnövekedik. Az éves csapadék összeg csökken, évi szokásos

menete megváltozik. Ugyanakkor a lehullott csapadék intenzitása megnövekedik, a hirtelen leszakadó eső elfolyik, belvizet és árvizet idézve elő, amely erózióval és talajpusztulással párosul. Az éves csapadék csökkenés elsősorban tavasszal várható, és ha a vegetációs idő kezdetén a talaj felső rétege nem telítődik vízzel, akkor komoly károk várhatóak (Mika 2005, Varga-Haszonits et al. 2006, Láng et al. 2007, Faragó et al. 2010). Prognosztizálható, hogy a jövőben az extrém csapadék ellátottság előfordulása sokkal gyakoribb lesz. A termés-
csökkenés jelentősen csökkenthető nem csupán az optimális tápanyag-ellátással, de a talajállapot fenntartásának és javításával is (Birkás és Gyuricza 2001). Az évek variabilitása és a klimatikus tényezők hatása a növény termesztésére csak természetes körülmények között, a szabadföldi tartamkísérletekben tanulmányozható megbízhatóan, ahol az egymást követő évek mindegyike újabb információkat szolgáltat és egyidejűleg az évek egymásutánisága folyamatos adatsorokat biztosít. Egy tartamkísérlet minél idősebb, annál több, újabb és értékesebb eredményt tartogat számunkra. A különböző kísérleti helyek és évek kiértékelésének összehasonlítása alapján ellenőrizhető és modellezhető a klímaváltozás hatása. A tartamkísérletek forrásként szolgálnak a mezőgazdasági fenntarthatóság dimenzióinak értékelésére, a jövőbeni globális változások előrejelzésére és a modellalkalmasság ellenőrzésére (Kismányoky 2018). A tartamkísérletek közös jellemzője, hogy ugyanazokat a kezeléseket, ugyanazonokon a parcellákon állítjuk be minden évben, a kezelések időbeni tartamhatásának tanulmányozása céljából (Berzsenyi 2015). A tartamkísérletek leglényegesebb közös tulajdonsága, amely elkülöníti az összes többi kísérlettől az, hogy a kísérleti kezeléseket változatlan megfigyelési egységeken, több egymást követő időpontban figyeljük meg (Sváb 1981).

A klímaváltozás markáns hatással lehet a hőmérsékleti trend és a különböző növényfajok vegetációs periódusainak alakulására. A tartósan változó hőmérséklet változásokat indukál a termesztett növények fiziológiájában, a vegetációs periódus változása hatással lehet a télállóságra, technológiai fázisokra, a termőképességre. Ezek a jelenségek jelentős változást eredményezhetnek a fajták megválasztására és az egész fajtapolitikára (Jolánkait 2010). A klíma és az évjárat hatásának tanulmányozásával több hazai kutató foglalkozott az ország különböző tájegységein, főként a VAHAVA projekt keretében és nagyrészt a tartamkísérletek adataira támaszkodva. A különbségek mellett hasonló eredményeket kaptak a tekintetben, hogy az extrémítások gyakorisága növekszik, ezzel együtt növekedik a termés nagyságában mérhető évjáráthatás,

évingadozás is (Márton 2002, Késmárki et al. 2005, Kismányoky 2005, Nagy 2005, Pepó 2005, Sárvári és Boros 2009). A meteorológiai tényezők erősen hatnak a növények produktivására és a műtrágyák felvehetőségére a gyökérzónában. Az évek, a csapadékellátottság, továbbá a tápanyag-ellátottság és a produktivitás közötti korrelációk vizsgálata fontos részét képezik a növénytermesztés és a mezőgazdasági kemizálás kutatásának (Ruzsányi 1992, Berzsenyi 1993, Nagy és Huzsvai 1995). A jelenleg hazánkban lehulló 300–400 mm tenyészidőszakbeli csapadék a kukoricatermelés korlátozó tényezője, és ennek esetleges emelkedése javítaná a növény pozícióját. A jelenleg tapasztalható tendenciák inkább a csapadék csökkenését sejtetik. A feltételezett éghajlatváltozási scénáriók közül egy jelentős nedvesedéssel (+20% csapadék) párosuló enyhe hőmérséklet csökkenés (-1 °C) tűnik a legkedvezőbbnek, ellenben egy jelentős csapadékcsökkenés (-20%) és hőmérsékletemelkedés (+2 °C) kombinációja nagy veszteséget okozhatna (Varga-Haszonits et al. 2006). Aszályos évjáratokban igen jelentős volt a termés kiesés, amelynek mértéke elérte az 52–67%-ot. A kukoricatermés hozamai az átlagos csapadékú tenyészidőszakokban voltak a legnagyobbak. Átlagos csapadékú évjáratokban alacsonyabb trágyázási szint mellett is jóval nagyobb hozamok voltak elérhetőek, mint az átlagostól eltérő évjáratokban, nagyadagú műtrágyázás mellett (Debreczeniné és Kismányoky 2009). Az időjárás szempontjából kedvező évjáratok vagy kedvezőtlen évek a műtrágyázás hatásgörbéit magasabb, illetve alacsonyabb termésszintekkel futtatják (Antal 1966, 1981). A szántóföldi növénytermesztésben a jövő kulcskérdése, a szárazságot, esetenként a nagy csapadékot figyelembevevő talajművelés, valamint az öntözés bővítése (Láng 2006). A talaj megfelelő művelése a nedvesség megőrzésének egyik legtokéletesebb módszere (Szász 1997). Huzsvai és Nagy (2003) kutatásai szerint a kukorica hibridek kiváló termésstabilitása is csak megfelelő vízellátottsági érték mellett érvényesül. Rendkívül fontos a tápanyag- és vízellátottság összhangja.

Kutatásaink során az évjáratok variabilitását és a növények termésére gyakorolt hatását vizsgáltuk gabonás vetésforgóban, több évtizedes tartamkísérletekben, ahol az egymást követő évek adatai nem csak egyszerű statisztikai ismétlést jelentenek, de évről-évre újabb információkat is nyújtanak. A kutatások nemzetközi tartamkísérletekre alapozódnak, amelyek irányítója a Pannon Egyetem Georgikon Kar Növénytermesztési és Földhasználati Tanszéke. A kutatások célja volt azon okok felkutatása, amelyek az évjáratok hatására bekövetkező termés fluktuációért felelősek. A műtrágya és szervestrágya kezelé-

sek, továbbá az elrendezés és az agrotechnika változatlan évek óta (1984–2013), ugyanakkor a klimatikus tényezők, főként a csapadék és a hőmérséklet alakulása a tenyészidőszakban évente különböző.

Anyag és módszer

A kísérlet talaja agyagbemosódásos barna erdőtalaj (Eutric cambisol), fizikai félesége homokos vályog, semleges kémhatású ($\text{pH}_{\text{KCl}} 7,2$) természetes állapotban felvehető foszforral gyengén, káliummal közepesen ellátott, humusztartalma 1,7%, bolygatatlan térfogattömege $1,53 \text{ g/cm}^3$. Az évi átlagos csapadék összeg 683 mm (100 éves átlag), az évi középhőmérséklet $10,5 \text{ }^\circ\text{C}$. A csapadék-összegek és hőmérsékleti átlagok havi alakulását a vizsgált 30 év, illetve az 1901–2000 közötti időszak vonatkozásában az 1–2. táblázat mutatja.

1. táblázat. *Csapadékösszegek alakulása (mm) havi bontásban az 1901–2000 és az 1984–2013-as időszekekre Keszthelyen*

Időszak (1)	Hónapok (1)											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1901–2000	35	35	38,9	52,4	68,8	78,7	76,2	72	61,3	55,7	61,4	49
1984–2013	31	31,2	35,7	49	63,2	71,9	65	71,3	61,5	49,7	56,7	44,6

Table 1. Amount of precipitation by months between 1901–2000 and 1984–2013 in Keszthely. (1) Months, (2) Period

A kéttényezős kisparcellás szabadföldi kísérlet öt különböző adagú N műtrágya kezelés és három különböző szervestrágya kezelés kombinációjából áll. A kísérlet beállításának éve 1984 volt. A kezelések háromszakaszos vetésforgóban (őszi búza – őszi árpa – kukorica) helyezkednek el. Jelen feldolgozásban csak a kukorica növény eredményeit ismertetjük, az őszi búza feldolgozása már részben publikált (*Kismányoky és Dunai 2015*). A kukorica hibridek a 30 év során többször változtak (ha a fajta nem önálló tényező, illetve kezelés). Minden tartamkísérletünk esetében a termőhely térségében eredményesen természetű korai érésű hibridet vetjük. A jelen dolgozatban szereplő tartamkísérlet kukorica parcellái esetében a N adagok 0–70–140–210–280 kg/ha voltak.

2. táblázat. *Hőmérsékleti átlagok alakulása (°C) havi bontásban az 1901–2000 és az 1984–2013-as időszakokra Keszthelyen*

Idő- szak	Hónapok											
	(1)											
(1)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1901												
-	-0,90	0,89	5,67	10,90	15,88	19,06	20,98	20,29	16,34	10,80	5,24	1,12
2000												
1984												
-	-0,46	1,09	5,55	11,16	16,08	19,10	21,11	20,56	15,69	10,62	5,19	0,86
2013												

Table 2. Amount of temperature means by months between 1901–2000 and 1984–2013 in Keszthely. (1) Months, (2) Period

A szervestrágyák (mint főtényező) három variációban szerepeltek:

- NPK műtrágyák szervestrágya kiegészítés nélkül (jelölése: NPK),
- NPK+istállótrágya kiegészítés, 35 t/ha a forgóban a kukorica alá adva (jelölése: NPK+IST),
- NPK+az elővetemény búza szalmája leszántva (10 kg N/t szalma N kiegészítéssel+az elővetemény tarlójába vetett olajretek zöldtrágya a szalmával együtt október végén leszántva (jelölése: NPK+Sz+Zt).

A foszfor és kálium műtrágyák hatóanyag mennyisége minden kezelésben és parcellában 100–100 kg/ha (P_2O_5 és K_2O) volt.

A vizsgált 30 év (1984–2013) alatt 10 vetésforgó rotáció valósult meg, ezért feltételezhető, hogy a vizsgálatokhoz megfelelő adatbázis állt rendelkezésre. A felhasznált statisztikai módszerek a következők voltak: sávós, kéttényezős, háromismétléses ANOVA, kísérleti főátlagok (G) összehasonlítása, Pearson korrelációs mátrix. A statisztikai vizsgálatokat SPSS 20 programcsomag segítségével végeztük el.

Eredmények

Szerves és szervetlen trágyázási kezelések szemtermése az évek átlagában

A 3. táblázatban foglalt adatok a vizsgált 30 év szemtermés eredményeit mutatják, amely jelenti azt is, hogy a három szakaszos vetésforgó 10 rotációját dolgoztuk fel és értékeltük az évjáráthatás és a tápanyag-ellátottság összefüggéseiben.

3. táblázat. A kukorica szemtermése (kg/ha) az évek (1984–2013) átlagában

Szervestrágyák (2)	N kezelések (1)					Átlag (3)
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
NPK	5757	7194	7849	7973	7983	7351
NPK+IST	6937	7828	7875	8213	8347	7840
NPK+Sz+Zt	6366	7558	7622	8119	8286	7590
Átlag (3)	6354	7527	7782	8102	8206	7594

Megjegyzés: SzD_{5%} N₀-N₄=147 kg/ha, SzD_{5%} I-II-III=114 kg/ha, SzD_{5%} I-II-III×N₀-N₄=255 kg/ha.

Table 3. Corn yield in the different organic and inorganic treatments in average over the years (1984–2013). (1) N treatments, (2) Organic fertilization, (3) Mean, Notes: LSD_{5%} N₀-N₄=147 kg ha⁻¹, LSD_{5%} I-II-III=114 kg ha⁻¹, LSD_{5%} I-II-III×N₀-N₄=255 kg ha⁻¹

A N műtrágya növekvő adagjai a kontrollhoz képest szignifikánsan növelték a termést. Az N₄ (280 kg/ha) kezelésnél kaptuk a maximális termést, azonban az N₃ és N₄ adagok között csak a szignifikáns differenciát nem meghaladó különbségeket kaptunk. A műtrágyázás kiegészítése szervestrágyákkal minden esetben pozitív volt. Az istállótrágya és a szalmatrágya (N kiegészítéssel), továbbá a zöldtrágya használatával szignifikánsan több termést kaptunk. A szalmatrágyázás és a zöldtrágyázás az istállótrágya kedvező hatását nem érte el, de hatásában csaknem szignifikáns különbséggel maradt el.

A szervestrágya nélküli tényező N₀ kezelésében volt a legkisebb a termés az egész kísérletben (5757 kg/ha), amelyhez képest az IST és a Sz+Zt kiegészítések 1180, illetve 610 kg/ha szignifikáns terméstöbbletet értek el a műtrágya N₀ kezelésekhöz viszonyítva. A maximális terméseket az N₃-N₄ kezeléseknél kaptuk, a két N adag között (210 és 280 kg/ha) csak jelentéktelen és statisztikailag nem megbízható különbségek adódtak. A maximális termések az NPK+szervestrágyák együttes alkalmazásával alakultak ki. Ezek a tapasztalatok arra utalnak, hogy barna erdőtalajon rendszeresen nagy kukorica termések elérése csak a műtrágyázás melletti következetes szervesanyag gazdálkodással valósítható meg.

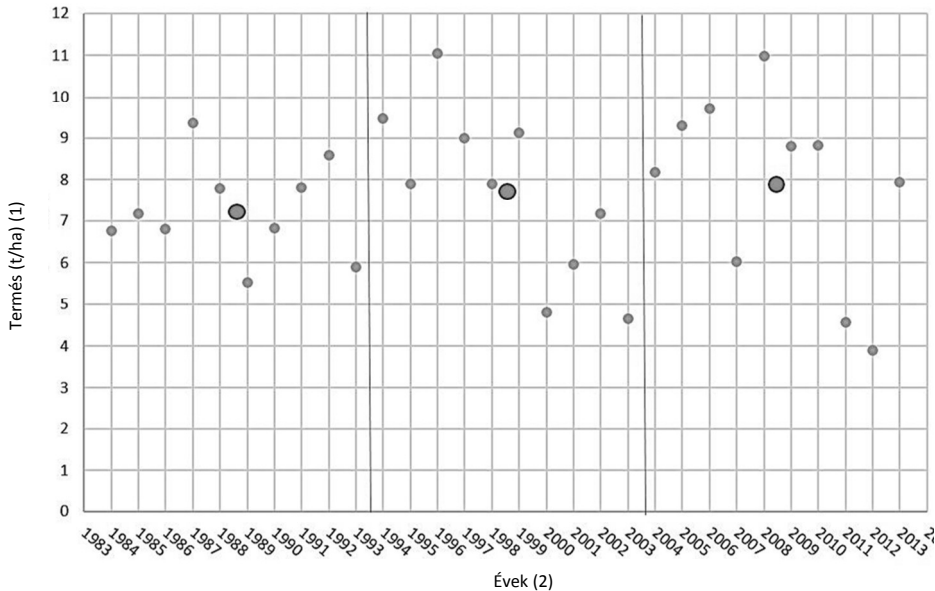
A kísérleti főátlagok változása (G)

A 3. táblázat adatai a kéttényezős kísérlet összes kezelésének a hatását és statikus állapotát mutatják a vizsgált 30 év összes adatának átlagában. Az eredmé-

nyekből megbízható következtetések vonhatóak le a szerves és műtrágyák hosszú távú hatására vonatkozóan. Ezek az eredmények azonban az egyes években különböző módon manifesztálódnak az egyes évek sajátosságai (évhatás) miatt. Vannak rossz évek és termésre nézve kedvező évjáratok. A rendelkezésre álló több évtizedes adatsorok lehetővé teszik az egyes évek, évcsoportok (dekád) sajátosságainak és a fontosabb klimatikus tényezők hatásainak vizsgálatát. Fontos információkat kaphatunk a terméseredmények statisztikai szóródásából a termésstabilitás várható alakulására, továbbá a klímaváltozás hatásának jobb megismerésére.

Az 1. ábra az egyes kísérleti évek egész kísérletre vonatkozó termés szintjeit szemlélteti. A koordináta rendszer egy pontja a 45 parcellás teljes kukorica kísérlet minden parcellájának átlagát mutatja.

1. ábra. A kísérleti főátlagok (G) évenkénti változása és a dekádátlagok t/ha-ban kifejezve



Megjegyzés: CV% 30,08; S=2270 kg/ha; SzD_{5%év}=361 kg/ha; Főátlag: 7,59 t/ha. A nagyobb pontok az egyes dekádok átlagait jelölik.

Figure 1. Annual change in the experimental main average and the averages of the decades in t ha⁻¹. (1) Corn yield (t ha⁻¹), (2) Years, Notes: CV% 30.08, S=2270 kg ha⁻¹, LSD_{5%year}=361 kg ha⁻¹, Main average: 7.59 t ha⁻¹. Larger points represent the mean of each decade.

Az évek termés adatai jelentős szóródást mutatnak. A variációs koefficiens a 30 év átlagában 30,08%, ez a variáció abszolút értékben 2227 kg/ha átlagos termésingadozást jelent a termőhelyen. A grafikus ábrázolás szemléletesen mutatja, hogy a kísérlet kezdete óta az évek változatossága egyre növekszik. Az első 10 évben a variáció még csak 21,96% volt, a 2. évtizedben 29,57%, és a 3. dekádban ez már 34,95% volt. Ugyanezen időszakban a dekádokra vonatkoztatott átlagtermések (7,25–7,69–7,82 t/ha) jelentősen nem változtak. A 2. évtizedben (1993–2000) a ciklus átlaga szignifikánsan nagyobb volt, mint az első dekádé. Összefoglalóan megállapítható, hogy a vizsgált évtizedekben a kukorica kismértékű termésnövekedése mellett az évek közötti termésingadozás jelentősen megnövekedett.

A szemtermések évi ingadozásai a trágyázási kezelésekben

Az évek során (1984–2013) a kukorica szemtermés mennyisége jelentős szóródást mutatott kezelésenként, de a kezelések átlagában is. Az adatok szórását variációs koefficiens (CV%) illetve a szórás abszolút (S =kg/ha) értékeivel szemléltetjük. A szórás számítással a kísérleti tényezők és ezek ismétléseinek parcella adatait értékeltük ki (1288 parcella), azonban a 4. táblázatban az egyszerűbb áttekinthetőség miatt csak a kiemelt kezelések eredményeit közöljük. Az N_0 és a maximális terméshez szükséges N_3 adagot emeltük ki a szerves variációk összefüggésében. Az összes évet három dekádra osztva (10–10–10 év) elemezzük. Egy-egy dekád a vetésforgó három rotációjának átlagát tartalmazza. Az eredmények az évjáratok különbözősége miatt, továbbá a trágya kezelések hatására is következetes változásokat mutatnak.

A 4. táblázat adatai azt mutatják, hogy az egész megfigyelési időszakon belül az egyes dekádok variációja különböző, a szórás nagysága az évek haladásával egyre nagyobb. Az 1. dekád 23,10%, a 2. dekád 33,06%, a 3. dekád pedig 35,10% az összes kezelések átlagában. A százalékos értékekhez tartozó abszolút értékek ennek megfelelően alakultak (1603–2336–2579 kg/ha), ami azt jelenti, hogy az évjáratok extremitása, a szélső értékek nagysága és gyakorisága egyre növekszik a termésszintek csökkenése nélkül. Az egész kísérlet főátlagáa 30,41%, $S=2173$ kg/ha, ehhez viszonyítva az egyes trágyakezelések termése nemcsak a dekádokkal változott, de szignifikáns különbségek tapasztalhatóak a N és a szerves kezelések között is. A kontrollhoz képest az N_3 kezelésekben a CV értéke kisebb ($N_0=33,48\%$, $N_3=27,35\%$), ugyanakkor a nagyobb termés szint következtében a variáció abszolút értéke az N_3 kezelésben a nagyobb (N_3

S=2110 kg/ha, N₃ S=2235 kg/ha). A szerves trágya kiegészítést nem kapott NPK kezelésekben (I) a variációs koefficiens nagyobb volt, mint az istállótrágyával ellátott (II) főparcellák esetében (I=31,82%, II=30,80%), de a különbség jelentéktelen. Ugyanakkor abszolút szemtermésben kifejezve a szerves trágyázott kezelések szórása jelentősen nagyobb volt (I=2065, II=2235 kg/ha), mint a csak műtrágyázott kezeléseké. Ugyanezt a jelenséget tapasztaltuk őszi búza kísérletekben is ebben a kísérletben (*Kismányoky és Dunai 2015*), de búzánál ezek a különbségek lényegesen kifejezettebbek voltak, amennyiben a szerves és műtrágya adagok növekedésével a szórás jelentősen csökkent. Ezek az összefüggések arra utalnak, hogy jó tápanyag-ellátás esetén az évjáratok esetleges kedvezőtlen hatása mérsékelhető.

4. táblázat. A kukorica szemtermések változása az egyes dekádokban és a trágyázási kezelésekben (CV%, S=kg/ha)

Szerves/műtrágya kezelések (1)	1. dekád		2. dekád		3. dekád		Átlag (5)
	1984-1993 (2)		1994-2003 (3)		2004-2013 (4)		
	No	N ₃	No	N ₃	No	N ₃	
I.	29,30	21,06	43,38	27,01	40,83	29,32	31,82
	1815	1447	2463	2221	2204	2245	2065
II.	23,30	24,39	39,99	27,78	35,07	34,28	30,80
	1605	1820	2675	2348	2533	2390	2228
III.	21,29	19,30	36,08	24,12	32,15	38,86	28,63
	1357	1475	2303	2005	2039	3264	2074
Átlag (5)	24,63	21,58	39,82	26,30	36,00	34,16	30,41
	1592	1615	2480	2192	2259	2900	2173

Table 4. Corn grain yield variations among the year and fertilizer treatments (CV%, S=kg ha⁻¹). Notes: (1) Organic and inorganic fertilizer treatments, (2) 1st decade (1984-1993), (3) 2nd decade (1994-2003), (4) 3rd decade (2004-2013), (5) Mean

A Pearson korrelációk eredményei

Az évjáratok ingadozásában elsősorban a klimatikus tényezők játsszák a döntő szerepet, amelyek hatása nem, vagy csak kismértékben prognosztizálhatóak. A termésingadozások okainak elemzéséhez a rendelkezésre álló meteorológiai adatsorokból a csapadék havi összegeit és a hőmérsékleti átlagokat tudtuk

felhasználni. A korrelációk számításához a meteorológiai adatok közül egyrészt a kukorica tenyészidőszaka csapadék összegét és hőmérsékleti átlagát, továbbá a tenyészidőszak hónapjainak értékeit, másrészt a tartamkísérletekben szereplő összes kezeléskombináció termés adatait használtuk fel. A korrelációs mátrix 1288 elemet tartalmaz, az adatokat a három dekádban külön-külön is kiértékeljük. A könnyebb áttekinthetőség miatt a kezelések közül az N_0 és N_3 kezeléseket emeltük ki. a szerves és ásványi trágya kombinációkból egyaránt.

A 30 év összesített táblázata (5. táblázat) szerint az egész vizsgálati időszakra az jellemző, hogy a csapadékkal minden kezelés pozitív korrelációt ad, a hőmérséklettel pedig minden kezelés negatív kapcsolatban van.

5. táblázat. Korrelációs mátrix a teljes 30 éves időszakra vonatkoztatva (1984–2013)

Trágya kezelések (1)	Csapadék- összeg tenyészidőszak (mm) (2)	Tenyészidőszak (hónapok) (3)					
		04	05	06	07	08	09
NPK N_0	0,478**	0,259	0,249	0,576**	-0,117	0,269	0,256
NPK+IST N_0	0,545**	0,177	0,331	0,576**	0,029	0,302	0,252
NPK+Sz+Zt N_0	0,535**	0,246	0,319	0,542**	0,159	0,300	0,116
NPK N_3	0,429*	0,394*	0,251	0,467**	-0,145	0,343	0,035
NPK+IST N_3	0,472*	0,347	0,286	0,467**	-0,080	0,303	0,149
NPK+Sz+Zt N_3	0,502**	0,429	0,652	0,470**	-0,006	0,364	-0,108

Trágya kezelések (1)	Hőmérséklet átlag tenyészidőszak (°C) (4)	Tenyészidőszak (hónapok) (3)					
		04	05	06	07	08	09
NPK N_0	-0,405*	-0,220	-0,386*	-0,395	-0,190	-0,300	-0,240
NPK+IST N_0	-0,419*	-0,134	-0,421*	-0,285	-0,045	-0,384*	-0,050
NPK+Sz+Zt N_0	-0,429*	-0,151	-0,491*	-0,312	-0,001	-0,441*	0,023
NPK N_3	-0,339	-0,102	-0,265	-0,232	-0,008	-0,439*	-0,028
NPK+IST N_3	-0,341	-0,093	-0,223	-0,119	-0,097	-0,371*	-0,162
NPK+Sz+Zt N_3	-0,429*	-0,120	-0,259	-0,251	-0,036	-0,502*	-0,150

Table 5. Correlation matrix correlated with the whole 30 year period (1984–2013). (1) Fertilizer treatments, (2) Precipitation amount in the whole vegetation season, (3) Months in the vegetation season, (4) Average temperature in the whole vegetation season

Ez értelmezhető úgy, hogy a gyenge csapadék ellátottságú évekhez képest a csapadékosabb években a termések nagyobbak voltak, ugyanakkor a magasabb hőmérséklet a szemtermés nagyságát csökkentette. Az egész tenyészidőszakra (április-szeptember) számolt korrelációs értékek a csapadék esetében szignifikánsan pozitívak voltak, a hőmérséklet viszont többnyire szignifikánsan negatív kapcsolatot mutatott. Ebből az a gyakorlati következtetés vonható le, hogy az adott agroökológiai körzetben a csapadékosabb és hűvösebb évjáratok esetén számíthatunk nagy kukoricatermésekre. A júniusi csapadék mennyiségének és eloszlásának különösen nagy a jelentősége, amit a viszonylag szoros és minden esetben szignifikáns korrelációs értékek igazolnak. A májusi átlagnál magasabb hőmérsékletek, főként az N_0 kezelésekben a termést csökkentették. Hasonlóképpen az augusztusi nagyobb melegek – a szemkitelítődés fenofázisában – termés-csökkentő hatásúak voltak. A 30 év együttes értékelése csak óvatos következtetések levonására alkalmas, mert a szélsőértékek (extrémítások) és hatásuk az átlagokban kiegyenlítődnek, és csak az igazán erős kapcsolatok láthatóak. Ezért a korrelációs mátrixokat 10 éves bontásokban (dekád) is kimunkáltuk.

Az első dekád időjárására a mérsékelt meleg, szélső értékektől mentes hőmérsékleti eloszlás volt jellemző. Az évi hőmérsékleti átlag $10,31\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt, a kukorica tenyészidőszaka alatt pedig $17,06\text{ }^{\circ}\text{C}$. A csapadék ellátottság a tenyészidőszak alatt 381 mm volt, ami egy jó közepes termés eléréséhez elegendő (Debreceziné 2009). Ennek megfelelően ebben az első 10 évben volt a termés adatok szórása a legkisebb ($21,96\%$) és a korrelációs értékek sem mutatnak szoros és következetes, szignifikáns kapcsolatot. Az első dekádban az összes kezelések átlagában az évi szórás csak 1588 kg/ha volt. Ezek az összefüggések arra utalnak, hogy amennyiben a hőmérsékleti átlagok és a csapadék-összegek a sokévi átlagnak megfelelően alakulnak, a termésátlagok ingadozása kismértékű (6. táblázat).

A második dekádban a csapadék minden esetben pozitív, a hőmérséklet pedig negatív korrelációkat adott, ami arra utal, hogy voltak száraz időszakok, amihez képest a csapadékos évek növelték a termést, ugyanakkor meleg vagy hőségnapok csökkentették azt. A csapadék mennyiség az egész tenyészidőszakra vonatkoztatva szignifikáns és erős kapcsolatot mutatott a terméssel. A víz szerepe a május hónapban meghatározó volt. A növények kelése május első és második dekádjában várható, majd az ezt követő kelés-címerhányás időszaka a növényfejlődés legintenzívebb szakasza.

6. táblázat. Korrelációs mátrix az I. dekádra (1984–1993) vonatkoztatva

Trágya kezelések (1)	Csapadék- összeg tenyészidőszak (mm) (2)	Tenyészidőszak (hónapok) (3)					
		04	05	06	07	08	09
NPK N ₀	0,051	0,026	0,060	0,663*	-0,465	0,051	0,021
NPK+IST N ₀	0,227	-0,143	0,283	0,256	-0,045	0,065	0,193
NPK+Sz+Zt N ₀	0,342	-0,030	0,540	-0,171	0,226	0,374	-0,224
NPK N ₃	0,204	-0,116	0,248	0,355	-0,050	0,046	0,066
NPK+IST N ₃	0,147	-0,161	0,223	0,455	0,075	-0,189	-0,017
NPK+Sz+Zt N ₃	0,608	0,412	0,748*	0,126	0,325	0,385	-0,492

Trágya kezelések (1)	Hőmérséklet átlag tenyészidőszak (°C) (4)	Tenyészidőszak (hónapok) (3)					
		04	05	06	07	08	09
NPK N ₀	0,376	0,048	-0,117	0,388	0,262	0,262	0,417
NPK+IST N ₀	0,159	-0,349	-0,379	0,397	0,493	0,022	0,521
NPK+Sz+Zt N ₀	0,137	-0,097	-0,550	0,012	0,806**	-0,114	0,753
NPK N ₃	0,323	-0,207	-0,355	0,537	0,485	0,152	0,622
NPK+IST N ₃	0,321	0,148	-0,237	-0,345	0,437	0,414	0,301
NPK+Sz+Zt N ₃	0,048	0,032	-0,585	0,059	0,662*	-0,221	0,816

Table 6. Correlation matrix correlated with the first decade (1984–1993). (1) Fertilizer treatments, (2) Precipitation amount in the whole vegetation season, (3) Months in the vegetation season, (4) Average temperature in the whole vegetation season

A május első felében kikelt növény július első vagy második dekádjában hoz címert. Június hónapban az N₀ kezeléseknél volt tapasztalható a vízhiány, majd pedig az augusztus hónap, a szemkitelítődésének időszaka volt kritikus. A hőmérsékleti többlet negatív hatását a májusi és augusztusi erős és szignifikáns korrelációk mutatják. A hőmérséklet termés csökkentő hatása elsősorban az N₀ szerves és szervesetlen kezeléskombinációkban volt szignifikáns, vagyis a tápanyaggal harmonikusan ellátott növény állomány az időjárási anomáliákkal szemben ellenállóbb. Meg kell említeni azt, hogy 2000, 2003 és 2012 években a termések átlagtól való eltérése rendkívül nagy. Ezekben az években a csapadék mennyisége az évi összegnek a fele, 2/3-a volt, +1,0 °C-kal maga-

sabb évi átlaghőmérséklettel, továbbá 2–3 °C-kal az átlagnál magasabb júniusi hőmérséklettel. Az ezekben az években mért alacsony termésszint és a nagy termésingadozások az egész dekád átlagértékeit befolyásolták (7. táblázat).

7. táblázat. Korrelációs mátrix az II. dekádra (1994–2003) vonatkoztatva

Trágya kezelések (1)	Csapadék- összeg tenyészedőszak (mm) (2)	Tenyészedőszak (hónapok) (3)					
		04	05	06	07	08	09
NPK N ₀	0,895**	0,426	0,671*	0,699*	0,018	0,709*	0,293
NPK+IST N ₀	0,901**	0,372	0,706*	0,616*	0,067	0,707*	0,365
NPK+Sz+Zt N ₀	0,855**	0,352	0,715	0,650*	0,139	0,683*	0,248
NPK N ₃	0,673*	0,539	0,673*	0,341	-0,079	0,683*	0,121
NPK+IST N ₃	0,723*	0,539	0,613	0,250	0,038	0,537	0,326
NPK+Sz+Zt N ₃	0,670*	0,502	0,643*	0,360	0,125	0,537	0,121

Trágya kezelések (1)	Hőmérséklet átlag tenyészedőszak (°C) (4)	Tenyészedőszak (hónapok) (3)					
		04	05	06	07	08	09
NPK N ₀	-0,650*	-0,181	-0,808**	-0,598	-0,123	-0,762*	0,007
NPK+IST N ₀	-0,587	-0,123	-0,802**	-0,505	-0,174	-0,656*	0,010
NPK+Sz+Zt N ₀	-0,570	-0,135	-0,807**	-0,532	-0,155	-0,670*	-0,090
NPK N ₃	-0,583	-0,314	-0,457	-0,493	-0,140	-0,699	-0,040
NPK+IST N ₃	-0,561	-0,260	-0,317	-0,284	-0,369	-0,604	-0,216
NPK+Sz+Zt N ₃	-0,540	-0,326	-0,368	-0,393	-0,259	-0,631	-0,013

Table 7. Correlation matrix correlated with the second decade (1994–2003). (1) Fertilizer treatments, (2) Precipitation amount in the whole vegetation season, (3) Months in the vegetation season, (4) Average temperature in the whole vegetation season

A 3. dekádban kapott adatok annyiban hasonlóak az előző időszakokhoz, hogy a tenyészedőszak csapadéka pozitív, a hőmérsékleti átlagok minden kezelésben negatív kapcsolatot adtak. A júniusi hőmérsékletek voltak szignifikánsan a meghatározóak minden kezelésben és az augusztusi hőmérsékletek az N₃-as kombinációkban. Ezek a kezelések a nagyobb biomassza produkciójuk miatt nagyobb vízfogyasztóak, ezért a hőmérsékletemelkedésre és a gyen-

gébb vízellátásra érzékenyebben reagálnak, ami a korrelációs együtthatókban is megnyilvánul. Meg kell említeni azt, hogy ebben a dekádban a 30 év átlagához és a 100 éves átlaghoz képest nem jelentős eltérések önmagában nem indokolnák a dekád termésben megnyilvánuló nagy variációt. Említésre méltó viszont az, hogy a 2011, 2012, 2013 évek rendkívül száraz júniusi és augusztusi időszaka, továbbá ugyanezen évek június-július-augusztus extrém hőmérsékleti átlagai a dekád és a teljes időszak átlagaiban statisztikailag belesimulnak az átlagba (8. táblázat).

8. táblázat. Korrelációs mátrix az III. dekádra (2004–2013) vonatkoztatva

Trágya kezelések (1)	Csapadék- összeg tenyészidőszak (mm) (2)	Tenyészidőszak (hónapok) (3)					
		04	05	06	07	08	09
NPK N ₀	0,387	0,101	0,224	0,720**	0,060	0,340	0,398
NPK+IST N ₀	0,390	0,133	0,181	0,760*	0,145	0,230	0,200
NPK+Sz+Zt N ₀	0,372	0,218	0,114	0,861**	0,231	0,184	0,038
NPK N ₃	0,376	0,548	0,108	0,858**	-0,234	0,360	-0,194
NPK+IST N ₃	0,462	0,480	0,213	0,873**	-0,220	0,407	-0,032
NPK+Sz+Zt N ₃	0,421	0,476	0,202	0,873**	-0,251	0,340	-0,034

Trágya kezelések (1)	Hőmérséklet átlag tenyészidőszak (°C) (4)	Tenyészidőszak (hónapok) (3)					
		04	05	06	07	08	09
NPK N ₀	-0,650*	-0,471	-0,391	-0,173	-0,492	-0,046	-0,204
NPK+IST N ₀	-0,587	-0,559	-0,327	-0,094	-0,352	-0,256	-0,328
NPK+Sz+Zt N ₀	-0,570	-0,550	-0,394	-0,050	-0,199	-0,272	-0,439
NPK N ₃	-0,583	-0,663*	-0,030	-0,232	-0,703*	-0,266	-0,707*
NPK+IST N ₃	-0,561	-0,738*	-0,075	-0,235	-0,560	-0,305	-0,733*
NPK+Sz+Zt N ₃	-0,540	-0,764	-0,142	-0,191	-0,520	-0,255	-0,715*

Table 8. Correlation matrix correlated with the third decade (2004–2013). (1) Fertilizer treatments, (2) Precipitation amount in the whole vegetation season, (3) Months in the vegetation season, (4) Average temperature in the whole vegetation season

Következtetések

A vizsgált 30 év (1984–2013) során a három szakaszos vetésforgóban szereplő kukorica kísérlet 10 rotációjának eredményeit értékeltük az évjáráthatás és a tápanyag-ellátottság összefüggéseiben. A nagyszámú adat feldolgozása az adatbázisból megalapozott állítások megfogalmazását teszi lehetővé.

Barna erdőtalajon a rendszeresen nagy kukorica termések elérése csak a műtrágyázás melletti következetes szervesanyag-gazdálkodással valósítható meg. Meg kell említeni azt, hogy az N_3 és N_4 (210 és 280 kg/ha) nitrogén-adagok között csak jelentéktelen, a szignifikáns differenciát nem meghaladó különbségek adódtak az évek átlagában.

Az egyes évek termésadatai a kísérleti főátlagok alapján jelentős ingadozást mutatnak évről évre. A variációs koefficiens a 30 év átlagában ezen a termőhelyen 30,08%, vagyis 2227 kg/ha átlagos termésszint ingadozást jelentett. A kísérlet kezdete óta az évek változása, ingadozása növekszik, az első 10 évben a variáció még csak 21,96% volt, a 2. dekádban 29,57%, a 3. évtizedben ez már 34,95% volt. Ugyanezen időszakban a dekádonkénti teljes kísérlet termésszintjei (7,25–7,69–7,82 t/ha) jelentősen nem változtak. A fentiek alapján megállapítható, hogy a vizsgált évtizedekben a kukorica kismértékű termés növekedése mellett, az évek termésszintje is jelentősen megnövekedett.

Az évek folyamán a kukorica szemtermés mennyisége jelentős ingadozást mutatott a kiemelt kezelések (N_0 , N_3) átlagában is. Az egyes dekádok variációi az évek haladásával egyre nagyobbak, az évjáratok extremitása, a szélső értékek nagysága és gyakorisága egyre növekszik, a statisztikai átlagos termésszintek csökkenése nélkül. A kontrollhoz (N_0) képest az N_3 kezeléseknél a CV% kisebb, ugyanakkor a nagyobb termésszint következtében a variációk értéke (kg/ha) az N_3 kezelésben nagyobb. Ezek az összefüggések azt mutatják, hogy jó tápanyag-ellátottság mellett az évjáratok esetleges kedvezőtlen hatása mérsékelhető. A dekádok elemzése során azt tapasztaltuk, hogy az utóbbi évtizedekben (2. és 3. dekád) a kukorica termések trendjei terméscsökkenést nem, sőt kisebb mértékű növekedést mutatnak, ugyanakkor az egyes termesztési évek ingadozása, kiszámíthatatlansága megnövekedett.

Az első 10 évben a termés adatok variációja a legkisebb volt (21,96%) és a korrelációs értékek sem mutattak érdemleges, következetes és szignifikáns kapcsolatot a meteorológiai elemekkel (évi variáció 1588 kg/ha). Ebből arra következtethetünk, hogy amennyiben a hőmérsékleti átlagok és a csapadék

mennyisége a sokévi átlagnak megfelelően alakul, a terméssingadozás kismértékű.

A második dekádban a csapadék minden esetben pozitív, a hőmérséklet pedig negatív korrelációs értékeket adott, tehát voltak száraz időszakok, amihez képest a csapadékos évek növelték a termést, viszont a meleg vagy hőség napok csökkentették azt. A csapadék mennyiség az egész tenyészidőszakra vonatkoztatva szignifikáns és erős kapcsolatot mutatott a terméssel. A víz szerepe a május hónapban meghatározó volt. A növények kelése május első és második dekádjában várható, majd az ezt követő kelés-címerhányás időszaka a növényi fejlődés legintenzívebb szakasza. A május első felében kikelt növény július első vagy második dekádjában hoz címet. Június hónapban az N_0 kezeléseknél volt tapasztalható a vízhiány, majd pedig az augusztus hónap, a szemkitelítődés időszaka volt kritikus. A hőmérsékleti többlet negatív hatását a májusi és augusztusi erős és szignifikáns korrelációk igazolják. A hőmérséklet terméscsökkentő hatása elsősorban az N_0 szerves és szervesetlen kezelés kombinációkban volt szignifikáns, vagy is a tápanyaggal harmonikusan ellátott növényállomány az időjárás anomáliákkal szemben ellenállóbb.

A harmadik dekádban kapott adatok annyiban hasonlóak az előző időszakhoz, hogy a tenyészidőszak csapadéka pozitív, a hőmérsékleti átlagok pedig minden kezeléssel negatív kapcsolatot mutattak. A júniusi hőmérsékletek voltak szignifikánsan meghatározóak minden kezelésben és az augusztusi hőmérsékletek az N_3 kombinációkban. A variációs koefficiens ebben a dekádban volt a legnagyobb, amely a 2011, 2012, 2013 évek rendkívül száraz júniusi és augusztusi időszaka, továbbá ugyanezen évek június-július-augusztus extrém hőmérsékleti átlagai következménye.

A 30 éves összesített korrelációs mátrix alapján az egész vizsgálati időszakra az jellemző, hogy a csapadékkal minden kezelés pozitív korrelációt ad, a hőmérséklettel pedig minden kezelés negatív kapcsolatban van. Ez értelmezhető úgy, hogy a gyenge csapadék ellátottságú évekhez képest a csapadékosabb években a termések nagyobbak voltak, ugyanakkor a magasabb hőmérséklet a szemtermés nagyságát csökkentették. Ebből az a gyakorlati következtetés vonható le, hogy az adott agroökológiai körzetben a csapadékosabb, mérsékelt és kiegyenlített meleg évjáratok esetén számíthatunk nagy kukorica-termésekre. A júniusi csapadék mennyiségének és eloszlásának különösen nagy a jelentősége, amit a viszonylag szoros és minden esetben szignifikáns korrelációs értékek igazolnak. A májusi átlagnál magasabb hőmérsékletek,

főként az N₀ kezelésekben a termést csökkentették. Hasonlóképpen az augusztusi nagyobb melegek – a szemkitelítődés fenofázisában – termés csökkentő hatásúak voltak.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkát az Európai Unió a Horizon 2020 ISQAPER project (No. 635750) és a Soil Care project (No. 677407) programok keretében támogatja.

Irodalom

- Antal E.*: 1981. Az időjárás és az éghajlat hatása a műtrágya érvényesülésére. Kutatási zárójelentés. OMI.
- Antal E.*: 1966. Egyes mezőgazdasági növényállományok potenciális evapotranszpirációja. Öntözéses gazdálkodás. 4. 1: 69–86.
- Berzsenyi Z.*: 1993. A N műtrágyázás és az évjárat hatása a kukorica hibridek szemmérete és N műtrágya reakciójára tartamkísérletekben az 1970–1991 években. Növénytermelés. 42. 1: 49–63.
- Berzsenyi Z.*: 2015. Növénytermesztési kísérletek tervezése és értékelése. Agroinform Kiadó. Budapest. 587.
- Birkás M.–Gyuricza Cs.*: 2001. A szélsőséges csapadékelátottság hatása az őszi búza néhány termesztési tényezőjére barna erdőtalajon. Növénytermelés. 50. 2–3: 333–344.
- Boguslawski, E.*: 1981. Ackerbau. Frankfurt/Main DLG-Verlag. 427.
- Debreczeni B.-né–Kismányoky T.*: 2009. Évjáráthatás. [In: Debreczeniné–Németh T. (szerk.) OMTK kutatási eredményei (1967–2001).] Akadémiai Kiadó. Budapest. 200.
- Debreczeni B.-né*: 2009. Évjáráthatások vizsgálata az OMTK növényeinek termésére. [In: Debreczeniné–Németh T. (szerk.) OMTK kutatási eredményei (1967–2001).] Akadémiai Kiadó. Budapest. 200.
- Faragó, T.–Láng, I.–Csete, L.*: 2010. Climate change and Hungary: Mitigating the Hazard and Preparing for the Impacts (The VAHAVA report). Budapest. 124.
- Huzsvai L.–Nagy J.*: 2003. A műtrágyázás hatása a kukorica termésére öntözés nélkül és öntözéses termesztésben. Növénytermelés. 52. 5: 533–541.
- Jolánkai, M.*: 2010. Agriculture, soil management and climate change. VAHAVA report. Budapest. 38–46.
- Késmárki I.–Kajdi F.–Petróczi F.*: 2005. A globális klímaváltozás várható hatásai és válaszai a Kisalföld szántóföldi növénytermesztésében. Agro-21 Füzetek. 41: 66–81.

- Kismányoky T.*: 2005. A globális klímaváltozás hatásai és válasza Közép- és Dél-Dunántúl szántóföldi növénytermesztésében. *Agro-21 Füzetek*. 41: 81–95.
- Kismányoky, T.–Dunai, A.*: 2015. Effect of the cropping years on the yield of winter wheat in long-term field experiments (IOSDV 1984–2013). 60th Anniversary of long-term field experiments in the Czech Rep. *Proceedings 2015 Jun. 22–24 Prague Crop Res. Inst. Ruzyně*. 27–32.
- Kismányoky, T.*: 2008. Long-term field experiments in the crop production and agroecology. *Acta Agraria Debreciensis*. 150: 267–273.
- Láng I.*: 2006. A globális klímaváltozás, hazai hatások és válaszok. A magyarországi klímapolitika alapjai. VAHAVA. Budapest.
- Láng I.–Csete L.–Jolánkai M.*: 2007. A globális klímaváltozás, hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 228.
- Márton L.*: 2002. A csapadék, a tápanyag ellátás és az őszi búza termése közötti kapcsolat. *Növénytermelés*. 51. 5: 529–542.
- Mika J.*: 2005. Globális klímaváltozás, magyarországi sajátosságok. *Agro-21 Füzetek*. 41: 7–18.
- Nagy J.–Huzsvai L.*: 1995. Az évjárat hatás értékelése a kukorica termésére. *Növénytermelés*. 44. 4: 385–393.
- Nagy J.*: 2005. A mezőgazdasági földhasználat, a szántóföldi növénytermelés és a vízgazdálkodás. *Agro-21 Füzetek*. 41: 38–47.
- Oemichen, J.*: 1983. Pflanzenproduktionen Band 1. Grundlagen. Berlin-Hamburg. Paul Parey Verlag. 531.
- Pepó P.*: 2005. A globális klímaváltozás hatásai és válaszok a Tiszántúl szántóföldi növénytermelésében. *Agro-21 Füzetek*. 41: 59–66
- Ruzsányi L.*: 1992. Főbb növénytermesztési tényezők és a vízellátás kölcsönhatásai. DSC Thesis. Debrecen.
- Sárvári M.–Boros B.*: 2009. A kukorica termésbiztonságát meghatározó tényezők. V. Növénytermesztési Tudományos Napok. MTA Növ. Term. Biz. Akadémiai Kiadó. Budapest. 193–197.
- Sváb J.*: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Szász G.*: 1997. A talajművelés és a talajerőgazdálkodás időjárási vonatkozásai. Meteorológia mezőgazdálkodóknak, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 472–481.
- Varga-Haszonits Z.–Varga Z.–Lantos Zs.–Enzsölné G. E.*: 2006. Az éghajlati változékonyság és az agro-ökoszisztémák. NyME. Mosonmagyaróvár. 410.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Kismányoky Tamás - **Dr. Dunai Attila
Pannon Egyetem Georgikon Kar
Növénytermesztési és Földhasználati Tanszék
Keszthely
Festetics u. 7.
H-8360
*kis5556@ella.hu
**dunai@georgikon.hu

A szennyvíziszap-komposzt hatása a kukorica termésére és a talaj néhány tulajdonságára

TUBA GÉZA – KOVÁCS GYÖRGYI – CZELLÉR KRISZTINA – ZSEMBELI JÓZSEF
Debreceni Egyetem AKIT
Karcagi Kutatóintézet, Karcag

Összefoglalás

Kutatómunkánk során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a 'Remusz' elnevezésű szennyvíziszap alapú komposzt hogyan hat a talaj néhány tulajdonságára és a kukorica terméseredményére.

A kísérletet Karcagon, réti csernozjom talajon állítottuk be három komposzt dózis alkalmazásával. Vizsgáltuk a talaj kémiai tulajdonságainak, nedvességtartalmának, penetrációs ellenállásának és CO₂-emissziójának változását, valamint a kukorica termésének alakulását a különböző komposztkezelések függvényében.

Megállapítottuk, hogy a talaj kémiai paraméterei nem változtak jelentősen a kezelésekre hatására, viszont a talaj tömörödése jelentős mértékben csökkent a komposzt dózisének növelésével. A talaj nedvességkészletében a csak a 20 t/ha (legnagyobb alkalmazott dózis) komposztkezelés vezetett értékelhető eredményre, ez esetben jelentősen több víz maradt vissza a talaj vizsgált rétegében. A komposzt talajélet serkentő hatását CO₂-emissziós vizsgálatokkal igazoltuk, a legnagyobb komposztdózis kedvezőtlen körülmények között is jelentős mértékben növelte a CO₂-emissziót.

A kukorica terméseredményét vizsgálva megállapítottuk, hogy a növekvő komposzt adagokkal arányosan nagyobb termésmennyiségeket kaptunk a kontrollhoz képest.

Kulcsszavak: szennyvíziszap-komposzt, tápanyagellátás, talajtömörödés

The impact of sewage sludge on maize yield and certain soil characteristics

G. TUBA – GY. KOVÁCS – K. CZELLÉR – J. ZSEMBELI

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

Summary

The main goal of our research was to determine the effects of a sewage sludge compost called „Remusz” on the yield of maize and certain soil properties.

An experiment was set up with three compost doses on meadow chernozem soil in Karcag. The change of the following parameters was determined in the function of the different compost doses: some chemical properties, moisture content, penetration resistance, and CO₂-emission of the soil and the yield of maize.

There was no significant change in the chemical parameters of the soil, but the penetration resistance of the soil considerably decreased in parallel to the increase of the compost dose. Regarding the soil moisture content, only the application of the highest dose (20 t ha⁻¹) of the compost resulted in significantly higher amount of restored water in the investigated soil layer. The stimulation effect of compost application on the microbiological activity in the soil was established as higher CO₂-emission was characteristic to the soil with the highest compost dose even under unfavourable circumstances.

The yield of maize increased in parallel to the increase of the compost dose compared to the untreated control.

Key words: sewage sludge compost, nutrient supply, soil compaction

Влияние компоста ила сточных вод на урожай кукурузы и на некоторые свойства почвы

Г. ТУБА – Д. КОВАЧ – К. ЦЕЛЛЕР – Ё. ЖЕМБЕЛИ

Дебреценский Университет, Карцагский Исследовательский Институт «АКИТ»,
Карцаг

Резюме

В ходе нашей исследовательской работы мы искали ответ на вопрос, как влияет компост на основе ила сточных вод под названием «Remusz» на некоторые свойства почвы и на результаты урожая кукурузы.

Опыт установили в г.Карцаг, на луговой чернозёмной почве с применением трех доз компоста. Исследовали изменения химических свойств почвы, содержания влаги, пенетрационного сопротивления и эмиссии CO_2 , а также формирование урожая кукурузы в зависимости от различных доз компоста.

Установили, что химические параметры почвы значительно не изменились под влиянием обработок, но уплотнение почвы в значительной мере уменьшилось с увеличением доз компоста. В запасе влаги почвы только обработка компостом дозой в 20 t/ha (самая большая использованная доза) привела к оценимому результату, в этом случае значительно больше воды сохранилось в исследованном слое почвы. Стимулирующее влияние компоста на жизнь почвы подтвердили CO_2 -эмиссионными исследованиями, самая большая доза компоста и при неблагоприятных условиях также в значительной мере увеличила CO_2 -эмиссию.

Исследуя результаты урожая кукурузы установили, что с растущими дозами компоста пропорционально большее количество урожая получили по сравнению с контролем.

Ключевые слова: компост из ила сточных вод, обеспечение питательными веществами, уплотнение почвы

Bevezetés

A városiasodással, az Európai Unió szabályozásnak köszönhetően, egyre több települési szennyvíz kerül kezelésre, ártalmatlanításra. Ezzel együtt megnöve-

kedik a keletkező szennyvíziszap mennyisége. A kommunális szennyvíziszap szerves hulladéknak minősül, ugyanakkor értékes tápanyagokat tartalmaz, ezért döntő mértékben mezőgazdasági úton érdemes hasznosítani. *Pap és Papné* (1997) szerint a jó minőségű szennyvíziszap alkalmazásakor a dózis növelésével arányosan növekszik a termesztett növények termése. A szennyvíziszap nagy nedvességtartalma és káros nehézfém tartalma nagymértékben korlátozhatja a felhasználhatóságát, adalékanyagokkal kiegészítve azonban kiváló komposzt alapanyag (*Hunyadi et al.* 2008) lehet. A szennyvíziszap komposztálás célja a keletkezett hulladék mennyiségének csökkentése, a benne lévő szervesanyag-formák stabilizálása és a patogén mikroorganizmusok elpusztítása (*Uri et al.* 2005). A szennyvíziszap-komposzt kedvezőbb hatással van a talaj szerkezetére és ezáltal termékenységére, 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).

A komposztkezelések hatására, a bevitt szervesanyag miatt, csökken a talaj térfogattömege (*Gyuricza et al.* 2012), nő a talajpórusok összterfoga (*Marinari et al.* 2000), megnövekszik a talaj légáteresztő képessége (*Aranyos et al.* 2017). A szervesanyag elsősorban a makropórusok arányát növeli meg, így a talaj kevésbé lesz érzékeny a tömörödéssre. Tömörödött talajban a makropórusok aránya 20% alá csökken (*Campbell* 1994). A talajtömörödés vizsgálatára a gyakorlatban a talaj penetrációs ellenállásának mérése terjed el, melynek eszközei a penetrométerek. Az általunk használt „3T System” elektronikus rétegindikátor (*Sinoros-Szabó és Szöllősi* 1999) a penetrációs ellenállás értékét MPa-ban adja meg. Mivel a talajellenállás a talaj nedvességtartalmával fordított, a térfogattömeggel pedig egyenes arányban változik (*Campbell és O’Sullivan* 1991) nagy adagú komposzt alkalmazása estén csökken a talaj penetrációs ellenállása, javul a vízgazdálkodása (*Kovács et al.* 2013), csökkentve ezáltal az aszálykárt és a terméskiesést (*Celik et al.* 2004, *Arthur et al.* 2011).

A kukorica az ásványi elemek közül legtöbbet a nitrogénből igényel, jelentős a káliumigénye, mérsékelt a foszforigénye. Fontos a Ca- és a Mg-igény is. A mikroelemek közül a Zn-, valamint a Cu-hiányra érzékeny, leginkább cinkhiányos területeken (*Várallyay és Csathó* 2005, *Pepó és Sárvári* 2011). A tápanyag-, különösen a nitrogénellátás, rendkívül fontos eleme a kukoricater-

mesztés sikerességének (Izsáki 2015, Pepó 2017), a termésmennyiség nagymértékben függ a levélfelület fejlettségétől. A szennyvíziszap komposztokban, a makrotápelemek mellett, Ca és Mg is található, valamint nagy mennyiségű mikroelem, köztük a kukorica számára fontos Zn és Cu. A komposzt N-tartalma lassan tárul fel (Tóth 2017), így a kukorica fejlődése során rendelkezésre állhat a talajban a legintenzívebb nitrogénfelvételkor, a virágzás és a szemtelítődés időszakában is (Győrffy *et al.* 1965). A kukorica tápanyag-igényének (Bocz *et al.* 1996) jelentős részét műtrágya helyett komposzttal is ki lehet adni.

A kutatásunk célkitűzése a „Remusz” komposzt talajra és a kukorica termésére gyakorolt hatásának vizsgálata volt.

Anyag és módszer

A kísérletet 2017 őszén a Debreceni Egyetem AKIT Karcagi Kutatóintézet B-1 jelű tábláján állítottuk be, réti csernozjom talajon. A parcellák nettó területe 2394 m² (12 sor×266 m) volt. A kezelések között hat sor széles elválasztó területet hagytunk ki. A kísérlet WGS koordinátái: 47.28742; 20.88499.

A meteorológiai adatok a Kutatóintézet területén, a kísérlettől 200 m távolságban elhelyezkedő, OMSZ állomás méréseiből származnak. A kukorica vetésétől betakarításáig, a vegetációs időszakban összesen 255,2 mm csapadék hullott, az átlaghőmérséklet 20,6 °C volt, a legmelegebbet (34,5 °C) augusztus 21-én, a legalacsonyabb hőmérsékletet (2,4 °C) október 5-én mértük. A fontosabb meteorológiai adatokat havi bontásban az 1. táblázat tartalmazza.

Karcagi viszonylatban csapadék tekintetében átlagosnak tekinthető a 2018-as év, ugyanakkor az április kifejezetten csapadékszegény volt, és májusban is kevesebb csapadék érkezett az ötvenéves átlagnál. Általában megjegyezhető, hogy míg a havi csapadékmennyiség nem marad el jelentősen az ötvenéves átlagtól (54,2 mm), a csapadék eloszlása kedvezőtlen volt. A kukorica vetését követően 18 napig egyáltalán nem volt csapadék. A havi átlaghőmérsékleteket nézve megállapítható, hogy március kivételével minden hónap melegebb az ötvenéves átlagnál. Szeptemberben és októberben is nyári meleg és szárazság volt.

Az általunk használt komposzt alapanyagai: homogenizált települési szennyvíziszap (80 tf%), szelektíven gyűjtött zöldhulladék (10 tf%), szalma (5 tf%), repce-, napraforgóhéj és sörgyári technológiai szennyvíziszap (5 tf%). A komposzt beltartalmi értékeit az 2. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat. *A kísérleti terület meteorológiai adatai*
(Karcag, 2018)

2018 hónapok	Átlag- hőmérséklet (°C)	Maximum hőmérséklet (°C)	Minimum hőmérséklet (°C)	Csapadék (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I.	2,2	11,4	-7,7	28,1
II.	0,2	10,1	-10,2	66,5
III.	3,2	19,6	-11,4	79,7
IV.	16,1	19,6	4,1	13,7
V.	19,8	30,6	10,1	44,9
VI.	21,2	32,8	8,0	55,0
VII.	22,5	33,5	8,0	57,3
VIII.	24,0	34,5	12,7	72,2
IX.	18,3	33,1	2,7	23,5
X.	13,7	25,3	1,7	13,4

Table 1. Meteorological data of the examined area (Karcag, 2018). (1) Months, (2) Mean temperature (°C), (3) Maximum temperature (°C), (4) Minimum temperature (°C), (5) Precipitation (mm)

2. táblázat. *A Rémusz komposzt beltartalmi értékei*

Száranyag (m/m% eredeti anyag)	Száranyag (m/m%) (3)			
	Szervesanyag (2)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
67,45	24,18	1,07	2,48	1,54
Száranyag (mg/kg) (3)				
P	K	B	Ca	Cd
10837	12798	51,3	29715	0,9
Co	Cr	Cu	Fe	Mg
10,0	75,1	121	21992	8528
Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
555	<0,2	30,5	26,1	444

Table 2. Parameters of Remusz compost. (1) Dry matter m/m% of original matter, (2) Organic matter, (3) Dry matter (m/m%, mg kg⁻¹)

Az elővetemény őszi búza volt, a tábla 2017 őszén 170 kg/ha MAP (N - 12%, P₂O₅ - 52%) műtrágyát kapott, ami 20,4 kg/ha nitrogén és 88,4 kg/ha foszfor hatóanyagot jelent. Az alap talajművelés 27-29 cm mélységű őszi szántás volt. Tavasszal fogasboronával végeztünk szántás elmunkálást. A komposztot szer-vestrágya-szóróval juttattuk ki április 25-én, 5 t/ha, 10 t/ha valamint 20 t/ha dózisban, majd szántóföldi kultivátorral sekélyen (0-10 cm) bedolgoztuk a talajba. A kukorica tápanyag-ellátását így a kontroll parcellán csupán az őszi alapműtrágya, a komposztos kezelésekből pedig az őszi alapműtrágya és a komposzt együtt biztosították (3. táblázat).

3. táblázat. A kukorica tápanyagellátása a kísérletben
(Karcag, 2018)

	Kezelések (kg/ha hatóanyag)			
	Kontroll (2)	5 t/ha	10 t/ha	20 t/ha
N	20	57	93	165
P ₂ O ₅	88	172	256	423
K ₂ O	-	52	104	208
CaO	-	140	281	562
MgO	-	48	95	191

Table 3. Nutrition of maize (Karcag, 2018). (1) Treatments (kg ha⁻¹ active substance), (2) Control

A kukoricát április 27-én vetettük John Deere 1750 típusú hat soros vetőgéppel, a csíraszám 70 ezer/ha, a vetés mélysége 6 cm volt. A termesztett hibrid: PR37N01. A vetéssel egy menetben Force 1,5 G talajfertőtlenítőt használtunk. A kukorica gyomirtására május 18-án került sor 2,2 l/ha Laudis WG gyomirtószert használva. Más növényvédelemre, illetve növénytáplálásra, tavaszi műtrágyázásra nem került sor. A kukoricát október 11-én takarítottuk be kezelésként, a termést 5 kg pontosságú hídmérlegen mértük le, a nedvességtartalmát gravimetriás módszerrel határoztuk meg, majd 14% nedvességtartalomra számoltuk át.

A kísérlet beállításakor, valamint kukorica betakarítása után kezelésként megmintáztuk a talaj művelt rétegét, a talajminták vizsgálatára a Kutatóintézet akkreditált laboratóriumában került sor.

Az első helyszíni méréseket 2018. május 10-én végeztük a kukorica négy-leveles állapotánál. Ekkor jelöltük ki a kezeléseken belül a mérőhelyeket, ahol heti rendszerességgel mértük a talaj felső 10 cm-es rétegének nedvességtartalmát és hőmérsékletét. A rendszeres talajnedvesség és hőmérsékletmérésekre SMT-100 típusú műszert használtunk, ami a talaj dielektromos vezetőképességét méri, ebből számolja a nedvességtartalmat, amit térfogatszázalékban fejez ki. A műszer robusztus, gyors méréseket tesz lehetővé a legtöbb talajállapotnál. Egy 0–10 cm-es réteg átlagos nedvességtartalmának mérésére használható. A nedvességméréssel egy időben a réteg hőmérsékletét is méri, az eredmények egy kézi adatgyűjtő kijelzőjéről olvashatóak le. A méréseket mindhárom kezelésben és a kontroll területen is heti rendszerességgel végeztük, három ismétlésben. Május 10-én és a betakarítást követően 10 cm-es rétegenként megmintáztuk a talajt és gravimetriásan meghatároztuk a nedvességtartalmát.

A talajtömörödés mértékének meghatározását „3 T System” elnevezésű elektronikus rétegindikátorral (penetrométer) végeztük, kezelésként négy ismétlésben, a kijuttatott komposzt által feltételezhetően érintett 0–40 cm-es talajrétegben. A műszer 1 cm-es bontásban képes mérni és rögzíteni az adatokat, 0–60 cm mélyséig. 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 ábráztuk. A „3 T System” műszer a legfelső talajréteg vizsgálatára nem alkalmas.

A talaj CO₂-emissziójának meghatározására Testo 535 típusú infravörös gázanalizátort használtuk. A mérési terület lehatárolására egy Karcagon kifejlesztett, speciális eszközt (fémkeret és műanyag mérőedény) alkalmaztunk (Kovács 2010). A vizsgálatokat kezelésként három ismétlésben végeztük el.

Eredmények

A bővített talajvizsgálat során a talaj kémiai tulajdonságait a komposzt kiszórása előtt a teljes kísérleti területről vett átlagmintából (kiindulási állapot) és a betakarítást követően kezelésként vett átlagmintákból a Kutatóintézet akkreditált laboratóriumában határozták meg, a hazánkban elfogadott hivatalos módszerekkel (Baranyai et al. 1987) (4. táblázat).

4. táblázat. A kísérleti terület talajának tulajdonságai
(Karcag, 2018)

Kezelés (1)	pH (KCl)	K _A (2)	Só- tartalom (m/m%) (3)	CaCO ₃ (m/m%)	Humusz (m/m%) (4)	NO ₃ + NO ₂ (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)
Kiindulási állapot (5)	5,2	46	0,04	< 0,05	3,4	8,3	96
5 t/ha	5,4	45	0,02	< 0,05	3,4	10,0	126
10 t/ha	5,2	46	<0,02	< 0,05	3,3	6,1	122
20 t/ha	5,5	49	0,04	< 0,05	3,6	29,1	169
Kontroll (6)	5,0	45	<0,02	< 0,05	3,3	9,3	112
Kezelés (1)	K ₂ O (mg/kg)	Na (mg/kg)	Mg (mg/kg)	SO ₄ -S (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)
Kiindulási állapot (5)	371	36	584	8,1	1,9	8	607
5 t/ha	364	44	547	11,3	4,6	5	512
10 t/ha	302	40	510	7,3	2,3	5	506
20 t/ha	429	62	570	9,6	2,5	4	502
Kontroll (6)	369	49	538	6,3	1,4	5	525

Table 4. Soil parameters of the examined area (Karcag, 2018). (1) Treatments, (2) Soil plasticity according to Arany, (3) Salt content (m/m%), (4) Humus content (m/m%), (5) Initial state, (6) Control

A kísérlet beállításakor a talaj jó nitrogén-, közepes foszfor-, igen jó kálium-, igen jó magnézium-, közepes cink- és kielégítő réz-ellátottságot mutatott (MÉM NAK 1979).

Az adatokat elemezve megállapítható, hogy a kísérlet talaja jó termőképességű, gyengén savanyú, agyagos vályog, mely makro- és mezo-tápelemekkel kellően ellátott.

A 20 t/ha dózisú komposzt kezelés hatására kis mértékben emelkedett a talaj kémhatása, szervesanyag-tartalma, valamint a könnyen felvehető nitrogén-tartalma, ami által valamelyest növekedett a termőképessége. Ugyanakkor csekély mértékben emelkedett a talaj vízdoldható összes-só tartalma is. A két kisebb dózisú komposztkezelésnek nem volt értékelhető hatása a talaj vizsgált tulajdonságaira.

A heti rendszerességgel végzett talajnedvesség- és hőmérsékletmérések eredményeiből megállapítottuk, hogy a kísérlet talajának vizsgált felső 10 cm-es rétege a vegetációs időszakban végig igen száraz és meleg volt. A különböző dózisu komposztkezelések között nem tudtunk értékelhető különbséget kimutatni, ez az alacsony nedvességtartalom már a talajnedvesség mérés pontosságát is befolyásolja. A talaj mélyebb rétegeiben viszont volt annyi víztartalék, ami elég volt (az öntözés nélküli termesztés mellett) átlagon felüli termés-eredmény eléréséhez.

A talaj penetrációs ellenállásának mérését tavasszal, a kísérlet beállításakor, amikor a komposztnak még nem volt ideje hatni, a teljes terület talajának átlagos tömődöttségének megállapítása céljából végeztük. Az ősszel, betakarítás után, végzett vizsgálatok eredményeit a tavaszi átlaghoz, valamint a kezeléseket egymáshoz hasonlítva értékeltük. A penetrációs mérésekkel egy időben vizsgáltuk az érintett talajréteg nedvességtartalmát is. A mérések során azt tapasztaltuk, hogy a kísérlet talaja nagymértékben tömörödött és kiszáradt a vegetációs időszak alatt (*1. ábra*). Megállapítjuk, hogy a felső 0–20 cm-es talajrétegben a kontroll, az 5 t/ha és a 10 t/ha dózisu komposztkezelés talaja közel azonos mértékben tömörödött, míg a 20 t/ha dózisu kezelés ezeknél sokkal kisebb mértékben. A 20–40 cm közötti talajrétegben a 10 t/ha és 20 t/ha dózisok közel azonos mértékben csökkentették a tömődöttséget.

A kontroll területen, valamint a kisebb dózisok parcelláin a tervezett mélységig csupán a vizsgálati pontok 50%-ában sikerült elvégezni a mérést, így a rendelkezésre álló adatok darabszáma is kezelésenként eltérő (*5. táblázat*). Míg a 20 t/ha dózisonál minden mérés sikeres volt (140 adat), a kontroll esetében csak 80 adatot sikerült mentenünk, a többi esetben a talaj mechanikai ellenállása meghaladta a műszer mérési tartományának felső határát (10 Mpa).

Az *5. táblázatból* kitűnik, hogy a talaj felső 40 cm-es rétegében penetrációs ellenállás várható értéke a komposzt adagok növelésével együtt csökken, tehát magasabb komposzt adag kisebb tömődöttséget eredményez.

A tavasszal mért átlaggal összehasonlítva megállapítható, hogy a talaj felső 40 cm-es rétege minden kezelésnél jelentős mértékben kiszáradt és a kontroll, valamint az 5 t/ha dózissal kezelt talaj erősen tömörödött. A 10 t/ha dózisu komposzt kezelés esetén a 0–20 cm-es réteg a kezeletlenhez hasonló, a 20–30 cm-es réteg átmenetet képez a kevésbé tömörödött 20 t/ha dózisu kezelés felé, míg a legmélyebb réteg a 20 t/ha-os dózissal egyforma tömörségű talajt eredményezett.

1. ábra. A talaj penetrációs ellenállása és nedvességtartalma a vegetációs időszak elején és végén (Karcag, 2018)

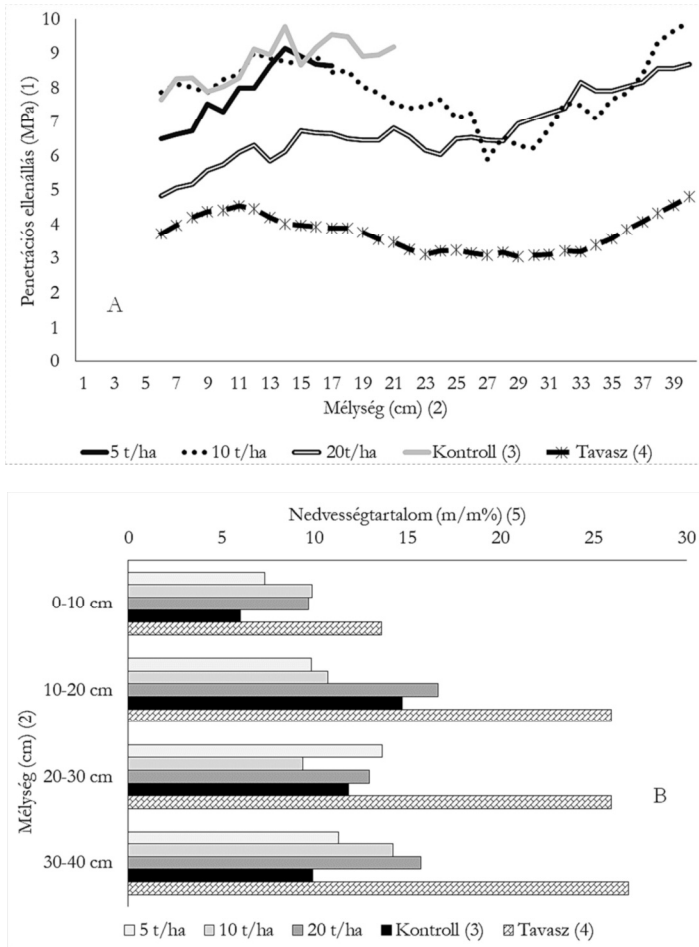


Figure 1. The penetration resistance and the moisture content of soil at the beginning and the end of the vegetation period (Karcag, 2018). (1) Penetration resistance (MPa), (2) Depth (cm), (3) Control, (4) Spring, (5) Moisture content (m/m%)

A 20 t/ha komposzt dózis a vizsgált 0–40 cm-es rétegben a legkedvezőbb a talaj tömörödésének meggátolására, ebben a kezelésben a legkisebb a különbség a tavaszi mérések eredményéhez képest. Az eredmények a statisztikai elemzésre használt egytényezős varianciaanalízis szerint szignifikánsak.

5. táblázat. A penetrációs értékek leíró statisztikai elemzése

	Kezelések			
	Kontroll (2)	5 t/ha	10 t/ha	20 t/ha
Várható érték (3)	8,641	8,082	7,948	6,766
Standard hiba (4)	0,158	0,171	0,145	0,120
Medián (5)	8,8	7,6	8,2	6,75
Szórás (6)	1,410	1,547	1,623	1,421
Minta varianciája (7)	1,988	2,392	2,635	2,021
Minimum (8)	4,8	5,1	3,8	3,8
Maximum (9)	10	10	10	10
Darabszám (10)	80	82	126	140
Konfidenciaszint (95,0%) (11)	0,314	0,339	0,286	0,237

Table 5. Descriptive statistics of the penetration data. (1) Treatments, (2) Control, (3) Mean, (4) Std. error, (5) Median, (6) Std. deviation, (7) Variance, (8) Minimum, (9) Maximum (10) Number of cases, (11) Confidence (95.0%)

A talaj nedvességtartamát vizsgálva megállapítható, hogy a tavaszi kedvező nedvességállapothoz képest a teljes 0–40 cm-es talajrétegben kontroll talaja száradt ki leginkább. A különböző komposzt dózisok között ebben a tekintetben nem tudtunk jelentős különbséget kimutatni.

A talaj szén-dioxid-emisszióját a kukorica betakarítása után végzett mérések eredményeiből határoztuk meg. A 2. ábrán az emissziós értékek mellett azok számtani átlagát, a mediánt és a szórást tüntettük fel. A méréseket október 13-án, 19 °C léghőmérséklet mellett, napos száraz időben végeztük. A talaj nedvességtartalma, az ezt megelőző másfél hónap meleg, száraz időjárásának köszönhetően, rendkívül alacsony volt (átlagosan 2%), a feltalaj hőmérséklete 22 °C volt.

A kedvezőtlen körülményeknek megfelelően alacsony gázemissziós értékeket tapasztaltunk, így a kis dózisu (5 t/ha és 10 t/ha) kezelések hatását nem is tudtuk kimutatni. A 20 t/ha dózis ellenben jelentős CO₂-emisszió növekedést eredményezett. Tehát a nagy dózisu komposztnak még kedvezőtlen körülmények között is jelentkezett a talajélet serkentő hatása.

A komposztkezelések hatását a kukorica terméshozamára az 3. ábrán mutatjuk be. A kontroll parcellákon átlagosan 10,65 t/ha szemtermés mennyiséget mértünk.

2. ábra. A talaj szén-dioxid-emissziója kezelésenként a betakarítás után
(Karcag, 2018)

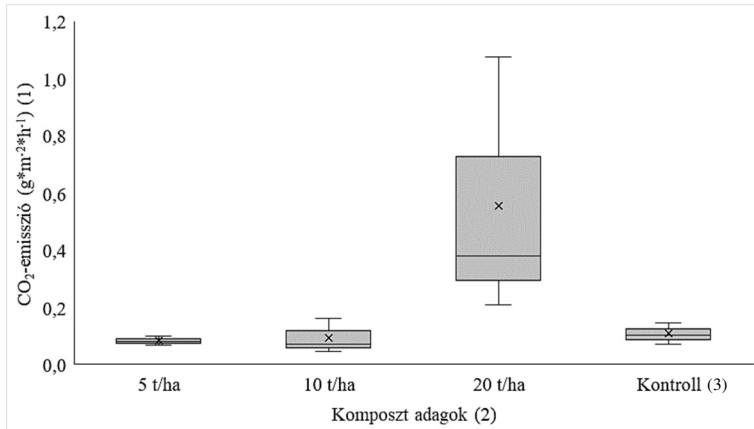


Figure 2. CO₂ emission of the soil in the treatments after harvest (Karcag, 2018). (1) CO₂ emission, (2) Compost doses

3. ábra. A komposzt hatása a kukorica termésmennyiségére
(Karcag, 2018)

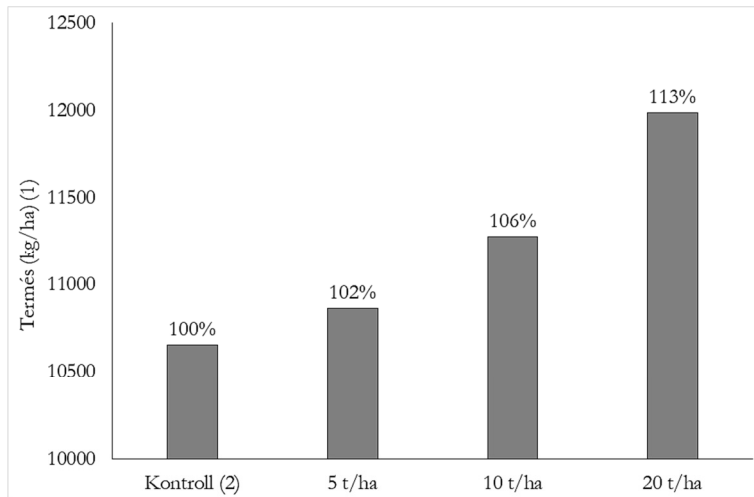


Figure 3. Effect of compost treatments on yield of maize (Karcag, 2018). (1) Yield (kg ha⁻¹), (2) Control

Az oszlopdigramokon feltüntettük a kontrollhoz viszonyított százalékos termésnövekedést. A kukorica termésmennyiségét vizsgálva megállapítjuk, hogy az év meteorológiai viszonyaihoz és a tápanyag-utánpótláshoz képest, kiűnő terméseredmények mellett a növekvő dózisú komposztadagok egyre nagyobb mértékben növelték a termés mennyiségét. A 10 t/ha és a 20 t/ha dózisoknak már jelentős, (6; 13%) termésnövelő hatása volt, a különbségek szignifikánsak ($SzD_{5\%}=467,1$ kg/ha). A nagyobb terméseredmények elsősorban a komposzttal kiadott N-, P-, K-, Ca- és Mg-mennyiségnek, másrészt a komposzt gazdag mikroelem-, különösen Zn-tartalmának tulajdonítható. Már az 5 t/ha komposzt dózis is fedezte a kukorica ez irányú igényét. A nagyobb adagok Ca-tartalma a növény szükségleteinek kielégítésén túl már melioratív szerepet is játszhat.

Következtetések

A 2018 évben, Karcagon, réti csernozjom talajon elvégzett vizsgálataink szerint a „Remusz komposzt” kedvező hatást gyakorolt a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságaira, valamint a kukorica terméseredményére.

A nagyadagú (20 t/ha dózis) komposzt hatására kismértékben javultak a talaj kémiai paraméterei, ugyanakkor a komposztkezeléseknek termésnövelő hatása volt.

A növekvő komposztadagok növekvő termést eredményeztek, a legmagasabb terméseredményt, a legnagyobb dózisú komposztkezelésnél értük el, ez több mint 12%-kal haladta meg a kezeletlen kontroll termésmennyiségét.

A komposzt kedvezően hatott a talaj lazultsági állapotára, a vizsgált 0–40 cm-es talajréteg penetrációs ellenállása a nagyadagú komposztkezelés hatására szignifikánsan alacsonyabb, mint a kontroll kezelése. Megállapítottuk, hogy a növekvő komposzt adagok növekvő mértékben csökkentették a talaj tömödöttségét.

A talaj nedvességtartalmát vizsgálva a legfelső rétegben nem tudtunk különbséget kimutatni a kezelések között. A teljes vizsgált talajrétegben a nagyadagú komposzt hatására több nedvesség őrződött meg a tenyészidőszak során.

A komposzt serkentő hatást gyakorolt a talajéletre. A betakarítás utáni méréseknél a 20 t/ha dózisú komposztkezelés jelentős CO_2 -emisszió növekedést eredményezett a kontrollhoz képest. Mivel a feltalaj aktuális nedvességtartalma a mikrobiológiai aktivitást korlátozó tényezőnek bizonyult, valószínűsít-

hető, hogy nedvesebb évjáratokban a kedvezőbb fizikai-, kémiai-, és biológiai állapotot megteremtő komposzt használata magasabb gázemissziót eredményez, ami az élénkebb talajélet jele. Ez hosszabb távon mindenképpen a talaj és a benne termesztett kultúra előnyére válik.

Megállapítottuk, hogy az általunk vizsgált szennyvíziszap-komposzt sikeresen alkalmazható a kukoricatermesztésben, mivel növeli a termést és csökkenti a talajt károsító tömörödési folyamatokat. Az eddigi tapasztalatok alapján a kísérlet folytatását és kibővítését tervezzük redukált talajművelési rendszerben.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberei Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett 20428-3/2018/FEKUTSTRAT azonosító számú, a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Debreceni Egyetem 4. téma-területi programja keretében.

Irodalom

- Aranyos T. J.–Makádi M.–Tomócsik A.–Orosz V.–Demeter I.–Blaskó L.:* 2017. Szennyvíziszap komposzt kezelés hatása a talaj térfogattömegére és légáteresztő képességére. [In: Kátai J.–Sándor Zs. (szerk.) Talajvédelem különszám. Talajvédelmi Alapítvány.] Debrecen. 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.
- Baranyai, F.–Fekete, A.–Kovács, I.:* 1987. A magyarországi talaj tápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 189.
- 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.
- Bocz E.–Kovács A.–Nagy J.–Sárvári M.:* 1996. Tápanyagellátás. [In: P. Szabados K. (szerk.) Szántóföldi növénytermesztés.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 389–394.
- 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. [In: Simon L. (szerk.) *Talajvédelem különszám. Talajvédelmi Alapítvány.*] Bessenyei György Könyvkiadó. 217-226.
- Győrffy B.-ISó I.-Böloni I.*: 1965. Kukoricatermesztés. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.
- 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.-Mézés L.-Kosárhó M.*: 2008. Rothasztott szennyvíziszap felhasználásával kialakított komposztreceptúrák tápanyagtartalmának vizsgálata. [In: Simon L. (szerk.) *Talajvédelem különszám. Talajvédelmi Alapítvány.*] Bessenyei György Könyvkiadó. 395-403.
- Izsáki Z.*: 2015. A szarvasi műtrágyázási tartamkísérlet eredményei I. 1990-2010. Kukorica, cukorrépa, zab, olajlen és silócirok tápanyagellátása. *Agroinform Kiadó és Nyomda Kft.* Budapest.
- Kovács Gy.*: 2010. Examination of CO₂ emission of different stubbles on a chernozem soil. *Acta Agraria Debreceniensis*. 38: 53-59.
- Kovács Gy.-Tuba G.-Czibalmos R.-Csízi I.*: 2013. Különböző komposztadagok hatása az extenzív gyepek talajának néhány tulajdonságára. *Gyepgazdálkodási Közlemények*. 2010/2011. 2: 9-14.
- Makádi M.*: 2010. Ásványi és szerves adalékanyagok hatása a nyírségi homoktalajok mikrobiológiai tulajdonságaira. *Doktori 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.
- MÉM NAK [Buzás I.-Fekete A. (szerk.)]*: 1979. Műtrágyázási irányelvek és a műtrágyázás üzemi számítási módszere. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.
- Pap J.-Papné Kránitz E.*: 1997. A település eredetű szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezésének másfél évtizedes tapasztalata. *Vízmű Panoráma*. 5. 1: 11-14.
- Pepó P.-Sárvári M.*: 2011. Gabonanövények termesztése: Az Agrármérnök MSc szak tananyagfejlesztése TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010. *Debreceni Egyetem. Debrecen*. 60-64.
- Pepó, P.*: 2017. Role of agrotechnical elements in sustainable wheat and maize production. *Columella J. Agric. Environ.* 4: 59-64.
- Pinamonti, F.-Zorzi, G.*: 1996. Experiences of compost use in agriculture and in land reclamation projects. [In: de Bertoldi et al. (eds.) *The Science of Composting.*] Blackie Academic and Professional. London. 515-527.
- Simóros-Szabó B.-Szöllösi I.*: 1999. A 3T System alkalmazása és gyakorlati jelentősége. *Gyakorlati Agroforum*. 10. 7. 1: 5-16.

- Tóth Z.:* 2017. Komposzt. [In: Birkás M. (szerk.) Földművelés és földhasználat.] Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó. Budapest. 213.
- Uri Zs.-Lukácsné Veres E.-Kátai J.-Simon L.:* 2005. Települési szennyvíziszapok hatása a talaj mikroorganizmusaira és enzimaktivitására. Agrokémia és Talajtan. 54: 439-450.
- Várallyay Gy.-Csathó P.:* 2005. A talaj termékenységét meghatározó talajtulajdonságok. [In: Kovács G. J.-Csathó P. (szerk.) A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között.] MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Budapest. 27-60.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

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

Indiai köles (*Pennisetum glaucum*) genotípusok termésképző elemeinek vizsgálata savanyú homoktalajon

¹ZSOMBIK LÁSZLÓ - ²ASHISH WELE - ³AYAZ MUKARRAM SHAIKH - ³ROSHNI
ASHOK KADAM - ¹PÁL VIVIEN

¹Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza

²Independent Corporate Consultant, Debrecen

³Debreceni Egyetem MÉK Élelmiszertudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Az indiai köles (*Pennisetum glaucum*) kiváló alkalmazkodóképessége révén a világ arid régióiban is sikerrel termesztethető. A klímaváltozás eredményeképp fellépő csapadékhiány és átlaghőmérséklet növekedés a növény termesztetőségi zónáját jelentős mértékben kibővíti. Kísérletünkben hazánkban elsőként vizsgáltuk két indiai köles genotípus (Dhanashakti fajta, illetve ICMH 1301 hibrid) termésképző elemeinek alakulását eltérő edafikus feltételek mellett. A vizsgált genotípusok tenyészideje 117-125 nap volt, a kísérleti állományok vetése június elején történt. Az értékelt paraméterek közül a bugahossz alakulása bizonyult a legstabilabbnak, illetve itt tapasztaltunk legkisebb mértékű termőhely és genotípus hatást. A vizsgált paraméterek közül nagyfokú variabilitást mutatott a teljes bugasúly, bugaátmérő, a bugánkénti magszám, illetve a bugánkénti magtömeg. Bugánkénti magtermés a Dhanashakti fajta esetében 30,42 g, az ICMH 1301-es hibrid esetében 60,04 g volt. A genotípusok ezermagtömege 11,99 g, illetve 14,78 g volt. A korrelációanalízis eredményeképp a termésparaméterek közül a bugánkénti magtömeget befolyásolta leginkább a többi vizsgált termésképző elem alakulása. Vizsgálatainkban a június eleji vetésidő alkalmazása ellenére is megfelelő vegetatív és generatív fejlődést figyelhettünk meg, az indiai köles genotípusok potenciális termőképessége egy év eredményei alapján eltérő talajkörülmények mellett 2-6 t/ha közére tehető.

Kulcsszavak: indiai köles, termésképző elem, ezermagtömeg, termés

Examination of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) genotypes yield elements on acidic sandy soil

¹L. ZSOMBIK – ²A. WELE – ³A. M. SHAIKH – ³R. A. KADAM – ¹V. PÁL

¹University of Debrecen, Institutes for Agricultural Research and Educational Farm,
Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza

²Independent Corporate Consultant, Debrecen

³University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management, Institute of Food Sciences, Debrecen

Summary

Pearl millet (*Pennisetum glaucum*) has excellent adaptability, as it can be successfully grown in the arid regions of the world. Because of climate change, the lacking precipitation and the increasing average temperature significantly expand the plant's growing zone. In our experiment, our group was the first in Hungary who studied the development of the yielding elements of two Indian millet genotypes (Dhanashakti variety and ICMH 1301 hybrid) under different soil conditions. The growing time of the two examined genotypes was between 117–125 days, the experimental stocks were sown in early June. Of the evaluated parameters, the development of the spike length proved to be the most stable, and we experienced the smallest site and genotype effect. We examined the high variability of parameters in total weight of the spike, the diameter of the spike, the number of seeds per spike, and the weight of the seeds per spike. The Dhanashakti's seed weight per spike was 30.42 g, the ICMH 1301 hybrid's seed weight per spike was 60.04 g. The thousand seed weight of the examined genotypes was 11.99 g and 14.78 g. As a result of the correlation analysis, of the different crop parameters, the seed weight per spike was influenced mostly by the other examined yield forming elements. Despite the fact that our sowing date was in early June, we were able to observe proper vegetative and generative development in our studies. The potential productivity of Pearl millet genotypes under different soil conditions (based on the results of one year) is potentially between 2–6 t ha⁻¹.

Key words: pearl millet, yield element, thousand seed weight, yield

Исследование генотипов плодобразующих элементов Индийского проса (*Pennisetum glaucum*) на кислой песчаной почве

¹Л. ЖОМБИК – ²А. ВЕЛЕ – ³А. М. ШАЙК – ³Р. А. КАДАМ – ¹В. ПАЛ

¹Дебреценский Университет, Ниредьхазский Исследовательский Институт АКІТ,
Ниредьхаза

²Independent Corporate Consultant, Debrecen

³Дебреценский Университет, МЭК Институт Науки о Питании, Дебрецен

Резюме

Индийское просо (*Pennisetum glaucum*) благодаря её отличной способности приспосабливаться в аридных регионах мира также можно успешно выращивать. В результате изменения климата проявляющийся дефицит осадков и увеличение средней температуры в значительной мере расширяют зону возможного выращивания этого растения. В наших опытах в Венгрии в первую очередь исследовали формирование плодобразующих элементов двух генотипов индийского проса (сорт Dhanashakti и гибрид ICMH 1301) в различных эдафических условиях. Вегетационный период исследованных генотипов был 117–125 дней, посев опытных насаждений произошёл в начале июня. Среди оцениваемых параметров формирование длины метёлки оказалось самым стабильным, точнее здесь обнаружили самое маленькое влияние места выращивания и генотипа. Среди исследованных параметров большую изменчивость показали полный вес метёлки, диаметр метёлки, число семян по метёлке, а также масса семян по метёлке. В случае сорта «Dhanashakti» урожай зерна по метёлке был 30,42 g, а в случае гибрида «ICMH 1301» 60,04 g. Масса тысячи зёрен этих генотипов была 11,99 g и 14,78 g. Результатом анализа корреляции среди параметров урожая на массу зерна по метёлке повлияло больше всего формирование других исследуемых плодобразующих элементов. В наших исследованиях несмотря и на использование для времени посева начало июня мы могли наблюдать соответствующее вегетативное и генеративное развитие, на основе одного года можно определить потенциальную способность к урожаю генотипов индийского проса в различных почвенных условиях в рамках 2–6 t/ha.

Ключевые слова: индийское просо, плодобразующий элемент, масса тысячи зёрен, урожай

Bevezetés

A világszerte termesztett indai köles (*Pennisetum glaucum*) az észak-afrikai területeken őshonos. Napjainkban termesztésének központja a trópusi szemi-arid zónába esik, kiemelkedően jó szárazságtűréssel rendelkezik, így jól tűri a nyár során jelentkező aszályos időszakokat. Rendkívül rövid és a vegetációs periódusa, a termés az arid régiókban 60–65 nap után betakarítható (*Deepak et al.* 2006). A világon a gyöngykölest 31 millió ha-on termesztik (*Icrisat* 2016), élelmezésbiztonsági szempontból az egyik legfontosabb növény a meleg, száraz területeken élő vidéki emberek számára (*Vadez et al.* 2012). Az indiai köles egyéves növény, amely akár három méterre is megnőhet köszönhetően erőteljes gyökérrendszerének. Szára 1–3 cm vastag, levelei váltakozó állásúak, egyszerűek, széleiken finoman csipkézettek, legfeljebb 1,5 m hosszúak és mintegy nyolc cm szélesek. Virágzata 12–30 cm hosszú sűrű bugavirágzat. Termése magtermés, melyek alakja fajtafüggő. C4-es növény, magas vegetatív vigorral, és igen magas biomassza produktummal rendelkezik. Ezek az adaptív tulajdonságok nélkülözhetetlenek számára a túléléshez a számos stresszt okozó körülmény között (*Andrews és Kumar* 2006). Ott is termeszthető, ahol más C4-es gabonák (kukorica, cirok) nem fejlődnek a szárazság és hőség okozta stressz miatt. Termeszthető mindazon régiókban, ahol az évi csapadékmennyiség 125 és 900 mm közé esik. A fejlődéséhez optimális hőmérséklet 21 °C és 35 °C között van, jól tolerálja a savanyú és a sós talajokat is (*FAO* 2009). Rhizoszférájában olyan N-fixáló baktériumok vannak, amelyek segítik a növekedést serkentő hatóanyagok termelődését, úgymint az indol-ecetsav, gibberellin és cito-kinin, ezáltal segítik növelni a gyökér-biomasszát (*Kumar és Gautam* 2004). Az alacsony szervesanyag-tartalmú trópusi arid talajokon a nitrogénellátás élvez prioritást a gyöngyköles hozamának növelésében. Szignifikánsan igazolható, hogy a 80–120 kg/ha N dózis hatékonyan növelte a gyöngyköles hozamát (*Parihar et al.* 1998). A szemtermés világszerte 250–1500 kg/ha között mozog az indiai köles esetében, Afrikában átlagosan 670 kg/ha, míg Indiában 790 kg/ha körül alakul (*Andrews és Kumar* 2006). Az indiai köles termése emberi táplálékként is kiváló, jó beltartalmi paraméterekkel rendelkezik. Gluténmentes, magasabb a rosttartalma, mint a rizsnek, lipidtartalma megegyezik a kukoricával, esszenciális aminosav-tartalma pedig magasabb, mint a búzáé vagy a rozsé. Mindezen tulajdonságok mellé alacsony termesztési költség párosul. Az indiai köles őrölhető, hántolható, csíráztatható, erjesztve, főzve és extrudálva

olyan termékek állíthatóak elő belőle, mint a liszt, keksz, snack, tészta és probiotikus italok. Funkcionális előnyökkel is rendelkezik, alacsony a glikémiás indexe, így alternatív megoldást nyújthat diétás étrendekben, ezáltal csökkenti a krónikus cukorbetegség kialakulásának kockázatát (*Dias-Martins et al.* 2018). A magvak tápanyagdúsak, magas energia és fehérjetartalommal rendelkeznek, illetve nagy koncentrációban tartalmazznak vasat és cinket (*Rai et al.* 2008). Kémiai összetétele átlagosan 72,2% szénhidrát, 11,8% fehérje, 6,4% zsír, 7,8% élelmi rost és 1,8% ásványi anyag (*Taylor* 2016). Állati takarmányozásban a gyöngykölesnek a kukoricával szemben számos előnye van, úgy mint a magasabb fehérjetartalom, azonos lipidtartalom, illetve alacsonyabb kockázat a mikotoxinok általi szennyezettségre (*Rodrigues et al.* 2001). A gyöngyköles annak ellenére, hogy gyenge ökológiai adottságú területeken termesztik, fenntartható, kulturálisan elfogadható, táplálkozási szempontból ideális és gazdaságilag is életképes növény (*Ndiku et al.* 2014).

Anyag és módszer

A kísérlet helyszínéül 2018-ban a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézet és Tangazdaság Nyíregyházi Kutatóintézet kísérleti területe szolgált. Az indiai köles termesztési kísérlete során két genotípust, egy hibridet (ICMH 1301) és egy fajtát (Dhanashakti) vizsgáltunk 1200 m² területen.

Az ICMH 1301 hibrid kísérleti területének talaja a talajvizsgálati eredmények alapján gyengén savanyú tartományba esik (pH 6,69), míg a Dhanashakti fajta kísérleti terület talajának kémhatása savanyú (pH 5,41). Az Arany-féle kötöttségi szám az ICMH 1301 hibrid talajának esetében 31, amely könnyű szerkezetű homokot jelent. A Dhanashakti fajta talajának kötöttsége 25 alatti, amely érték a futó homok kategóriába tartozik. Mindkét kísérleti terület talajának humusztartalma alacsony (1,3% és 1,04%). A vizsgálati helyszínek talajainak AL-oldható foszfor tartalma 179 mg/kg és 162 mg/kg (jó ellátottság), AL-oldható kálium tartalma 167 mg/kg, illetve 129 mg/kg (közepes ellátottság). A talajok nitrát-nitrogéntartalma 15,2 mg/kg, illetve 15,9 mg/kg, mely közepes ellátottságnak felel meg. A kísérleti terület talajának további adatait az *1. táblázat* tartalmazza.

Az agrotechnikai műveletek egységesek voltak. A vetés előtt 2018. május 30-án 250 kg/ha-os dózisban NPK (8-24-24) műtrágya kijuttatás történt. Május 30-án a kísérlet talaja kombinátorozva lett magágykészítés céljából. A vetésre

június 4-én került sor 3,7 kg/ha dózisú vetőmagmennyiséggel, Wintersteiger Plotspider parcellavetőgéppel, 2,5–3 cm-es mélységben, 50 cm-es sortávolságra, 20 cm-es tőtávolságra (100 000 tő/ha) mindkét vizsgálati helyszín esetében. Július 5-én 300 kg/ha-os dózisban Pétisó (27-0-0) került kijuttatásra. A magtermés paramétereinek meghatározásához 16 ismétlésben, ismétlésenként 10 növény mintázásával történt a mintavétel. A vizsgált paraméterek a buga súlya, hossza, átmérője, illetve a bugánkénti magszám, bugánkénti magtömeg és az ezermagtömeg. A betakarítást 25%-os szemnedvesség tartalomnál végeztük, az ICMH 1301 hibrid esetében 2018. szeptember 28-án, a Dhanashakti fajta esetében 2018. október 6-án. A bugák betakarítása kézzel, a cséplés 16%-os szemnedvesség tartalomnál parcellakombájnnal történt.

1. táblázat. Az ICMH 1301 és a Dhanashakti fajta kísérleti terület talajának főbb paraméterei (Nyíregyháza, 2018)

Vizsgálat (1)	ICMH 1301 kísérleti terület (2)	Dhanashakti kísérleti terület (3)	Mértékegység (4)
pH (KCl)	6,69	5,41	
Kötöttség (K _A) (5)	31	<25	
Vízoldható összes só (6)	< 0,02	< 0,02	% (m/m)
Összes karbonát-tartalom CaCO ₃ -ban kifejezve (7)	0,417	<0,1	% (m/m)
Humusz % (8)	1,3	1,04	% (m/m)
(NO ₂ +NO ₃)-N	15,2	15,9	mg/kg
P (P ₂ O ₅)	179	162	mg/kg
K (K ₂ O)	167	129	mg/kg
Mg	50,9	39,5	mg/kg
Na	38,5	22,3	mg/kg
Zn	3,02	3,15	mg/kg
Cu	1,96	2,14	mg/kg
Mn	46,2	41,2	mg/kg

Table 1. The main soil parameters of the ICMH 1301 hybrid and the Dhanashakti variety experimental area (Nyíregyháza, 2018). (1) Examination, (2) ICMH 1301 experimental area, (3) Dhanashakti experimental area, (4) Unit, (5) Arany-type plasticity index, (6) Total soluble salt content, (7) Total carbon content in CaCO₃, (8) Organic matter (%)

Eredmények

A vetéstől betakarításig eltelt időszak 117, illetve 125 napot tett ki, amely időtartam alatt összesen az ICMH 1301 hibrid esetében 166,6 mm csapadék, a Dhanashakti fajta esetében 173,0 mm csapadék hullott, ami mintegy 40 mm-rel kevesebb a 30 éves átlagnál. Az evapotranspiráció mértéke a tenyészidőszak alatt 458,4 mm volt. A meleg és száraz időjárás nem kedvezett a kezdeti fejlődésnek, a havi átlaghőmérséklet értékek meghaladták a 30 éves átlagot. A vegetációs idő alatt a csapadék eloszlása is igen egyenlőtlen volt (1. ábra).

1. ábra. A csapadék mennyiségének alakulása az indiai köles (*Pennisetum glaucum*) tenyészidőszakában (Nyíregyháza, 2018)

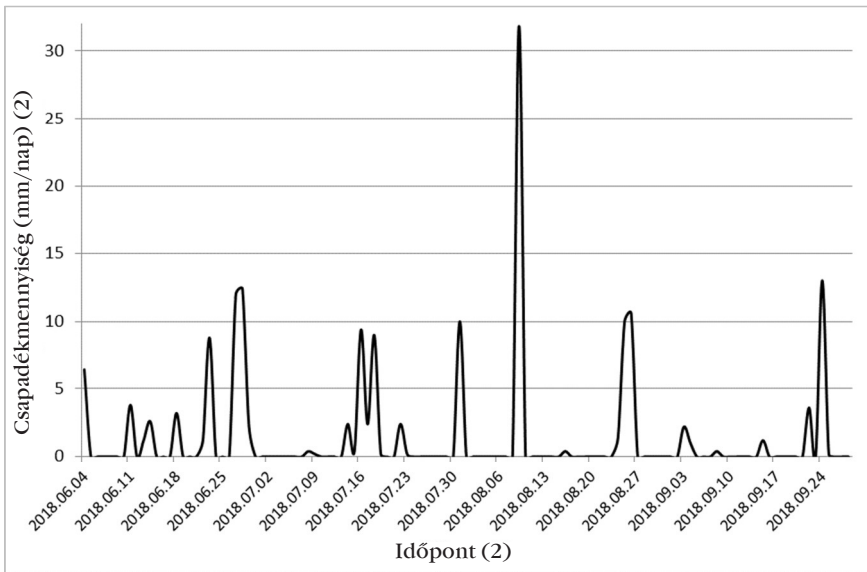


Figure 1. The amount of precipitation during the crop season of the pearl millet (*Pennisetum glaucum*) (Nyíregyháza, 2018). (1) Precipitation (mm day⁻¹), (2) Date

Ezen időjárási hatások eredőjeként azonban kedvező fejlettségű vegetációt figyelhettünk meg (2. ábra), a betakarított terméseredmények közepesnek minősíthetők az ICMH 1301 genotípus esetében, a Dhanashakti fajtánál gyenge-közepes terméseredményeket regisztráltunk. A betakarítást megelőző idő-

szakban jelentősebb mértékű madárkárt tapasztaltunk, az egyedi méréseket a károsítástól mentes növényeken végeztük el.

2. ábra. *Indiai köles (Pennisetum glaucum cv. ICMH 1301) állomány*
(Nyíregyháza, 2018)



Figure 2. Pearl millet (*Pennisetum glaucum* cv. ICMH 1301) stock before harvest (Nyíregyháza, 2018)

Az ICMH 1301-es hibrid esetében a betakarításkori teljes bugasúly tekintetében az átlagérték 86,95 g volt, 48,7–119,5 g szélső értékek mellett. Az eredmények eloszlása alapján megállapítható, hogy a legtöbb buga a 90–100 g-os bugasúly-tartományban található. A vizsgált bugák 85%-a a 60–110 g közötti tartományban helyezkedett el. A Dhanashakti fajta esetében a teljes betakarításkori bugasúly vizsgálata során az átlagérték 47,05 g volt, 21,1–98,9 g-os szélsőértékek mellett. A legtöbb buga a 40–50 g-os tartományban található. A vizsgált bugák 85%-a a 30–70 g közötti teljes bugasúly tartományban találhatóak (3. ábra). A Dhanashakti fajta esetében a kedvezőtlen adottságú talajon a jellemző teljes bugasúly 30–60 g közötti, mely közel 50%-kal kevesebb az ICMH 1301 hibridnél mért értékhez képest.

A bugahossz tekintetében homogénebb értékeket mértünk (4. ábra). A vizsgált bugák átlagos hosszúsága az ICMH 1301-es hibrid esetében 26,5 cm volt, 21,9–32,0 cm szélső értékek mellett. Az értékek szórása kismértékű volt,

a mért értékek 82,5%-a a 23–29 cm-es tartományba esett a vizsgált évjáratban. A Dhanashakti fajta esetében a vizsgált bugák átlagos hosszúsága (24 cm) hasonlóan alakult az ICMH 1301-es hibridéhez, 13,83–17,00 cm-es szélső értékek között. A szórás ez esetben nagyobb mértékű, a mért értékek 83,65%-a esik a 19–29 cm-ig terjedő buga hosszúság tartományba (4. ábra). A genotípusra jellemző bugahossz 23–27 cm közé tehető.

3. ábra. Az indiai köles (*Pennisetum glaucum*) genotípusok bugasúly (g) értékeinek eloszlása (Nyíregyháza, 2018)

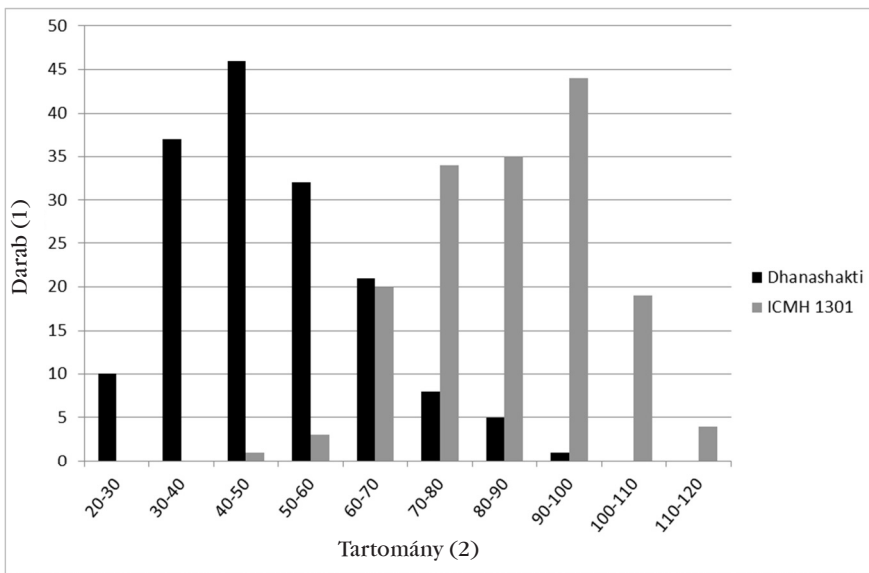


Figure 3. Distribution of spike weight (g) values of the Pearl millet genotypes (*Pennisetum glaucum*) (Nyíregyháza, 2018). (1) Number, (2) Interval

A buga átmérő tekintetében a bugahosszhoz hasonló értékeloszlást figyelhetünk meg. A vizsgált évjáratban a bugaátmérő átlagos értéke az ICMH 1301-es hibridnél 38,84 mm volt, 27,6–44,5 mm szélső értékek mellett. Az értékek szórása hasonlóan alakult a bugahossznál tapasztaltakhoz, az értékek 88,8%-a a 33–42 mm-es értéktartományban esett. A Dhanashakti fajtánál az átlagos átmérő kisebb, 27,84 mm volt. A szélső értékek 19,2–43,24 mm közé estek. Az értékek szórása magasabb, a kapott eredmények 92,5%-a esik 21–36 mm-es kategóriák közé (5. ábra).

4. ábra. Az indiai köles (*Pennisetum glaucum*) genotípusok bugahossz (cm) értékeinek eloszlása (Nyíregyháza, 2018)

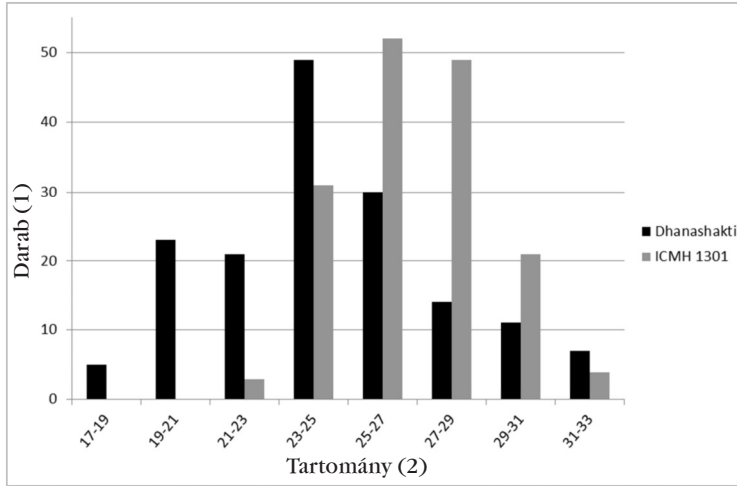


Figure 4. Distribution of spike length (cm) values of the Pearl millet genotypes (*Pennisetum glaucum*) (Nyíregyháza, 2018). (1) Number, (2) Interval

5. ábra. Az indiai köles (*Pennisetum glaucum*) genotípusok bugaátmérő (mm) értékeinek eloszlása (Nyíregyháza, 2018)

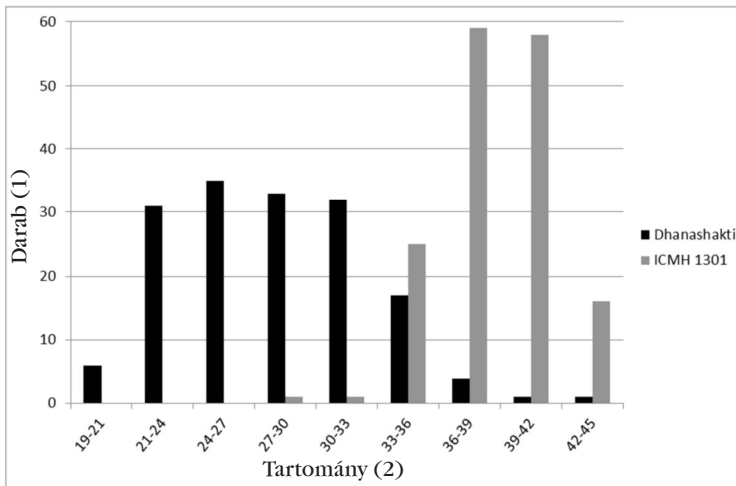


Figure 5. Distribution of spike diameter (mm) values of the Pearl millet genotypes (*Pennisetum glaucum*) (Nyíregyháza, 2018). (1) Number, (2) Interval

Hasonlóan a bugahosszhoz, a fajta esetében széles intervallumban mértünk bugaátmérő értékeket, mely a kedvezőtlenebb adottságú területen mutatkozó nagyobb mértékű heterogenitásra enged következtetni.

A bugánkénti magszám tekintetében már nagyobb mértékű szórást tapasztaltunk az ICMH 1301-es hibridnél. Vizsgálatainkban a bugánkénti átlagos magszám 4072 mag/buga volt, a szélső értékek 1544–5576 mag/buga közé estek. Az értékek 60%-a a 3500–4500 mag/buga intervallumban található. A tágabb intervallum következtében a szórás mértéke nőtt, az értékek 92,5%-a a 3200–5200 mag/buga értékek között voltak.

A Dhanashakti fajta esetében az átlagos bugánkénti magszám közel 32%-kal alacsonyabb értékeket mutatott (2772 mag/buga), mint az ICMH 1301-es hibridnél mért eredmények. A szélső értékek 1023 és 6443 mag/buga között alakultak. A szórás értékek is magasabban alakultak, a mért értékek 92%-a esik 1700–4200 mag/buga értékek közé (6. ábra). A fajtára jellemző magszám 2200–3200 mag/buga értékek közé tehetőek.

6. ábra. Az indiai köles (*Pennisetum glaucum*) genotípusok bugánkénti magszám (db) értékeinek eloszlása (Nyíregyháza, 2018)

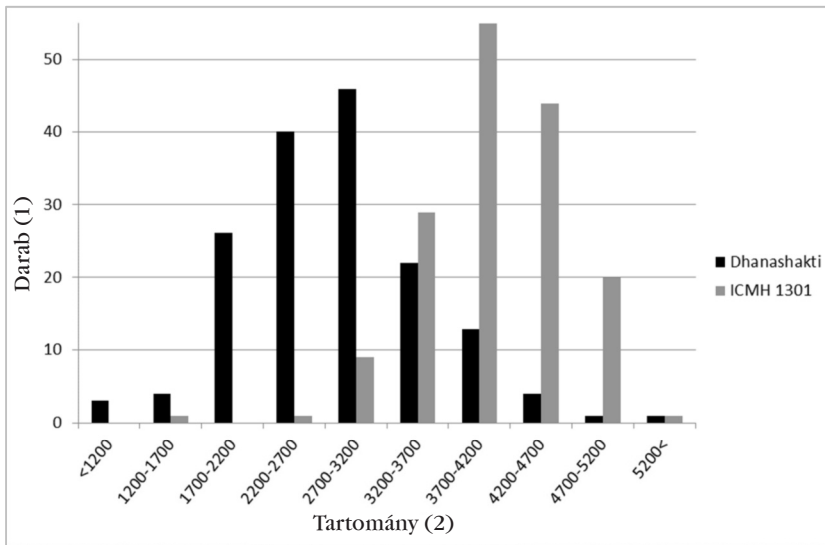


Figure 6. Distribution of grain number per spike values of the Pearl millet genotypes (*Pennisetum glaucum*) (Nyíregyháza, 2018). (1) Number, (2) Interval

A bugánkénti magtömeg tekintetében a mért értékek eloszlása kevésbé követte a normál eloszlást, az átlag értéknél alacsonyabb értékek gyakorisága nagyobb volt az előző paraméterek esetében tapasztaltaknál az ICMH 1301-es hibrid esetében. A bugánkénti átlagos magtömeg 60,04 g/buga volt, a szélső értékek 22,7–79,98 g voltak. A vizsgált bugák 73,8%-a az 50–70 g/buga értéktartományba esett. Az átlagos bugánkénti magtömeg a Dhanashakti fajta esetében közel fele volt (30,42 g) az ICMH 1301-es hibridnél mért eredményhez képest. A szórás értékek is magasabbak voltak, a szélső értékek 10,64–61,81 g közé estek. A mért értékek 86,9%-a esik 15–45 g-os értéktartományba (7. ábra).

7. ábra. Az indiai köles (*Pennisetum glaucum*) genotípusok bugánkénti magtömeg (g) értékeinek eloszlása (Nyíregyháza, 2018)

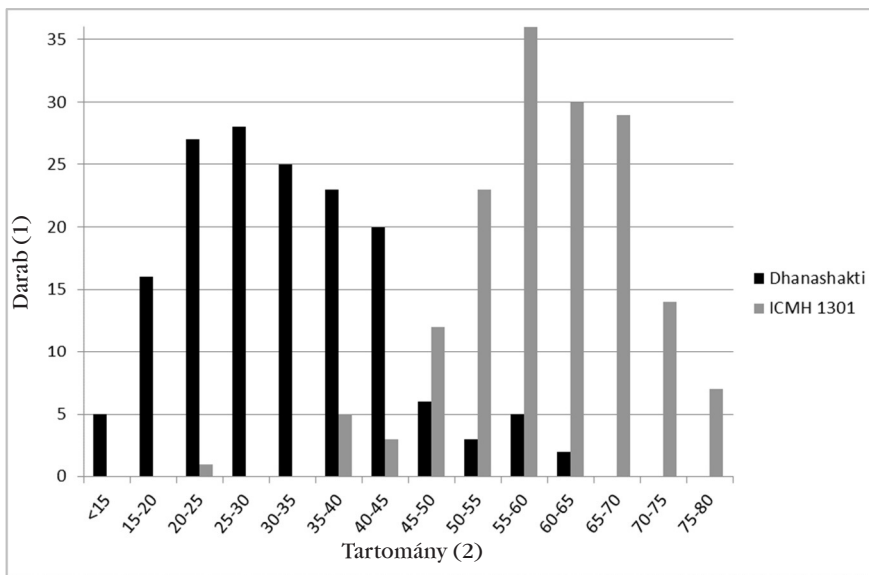


Figure 7. Distribution of grain weight per spike (g) values of the Pearl millet genotypes (*Pennisetum glaucum*) (Nyíregyháza, 2018). (1) Number, (2) Interval

Az ezermagtömeg vonatkozásában kiegyenlített képet kaptunk a mért értékek eloszlásában az ICMH 1301-es hibridnél. Az értékek átlaga 14,78 g volt, 10,56–21,67 g szélső értékek mellett. Az értékek 40 %-a a 13–15 g intervallumba esett, míg 77%-a a 11–17 g értéktartományba tartozott. A Dhanashakti fajta

esetében némileg alacsonyabb átlagértéket kaptunk (11,99 g) az ezermagtömeg esetében, magasabb szórásértékkel. A szélső értékek 3,73 g és 17,68 g voltak. A kapott értékek 79%-a esik 7–15 g-os ezermagtömeg tartományba (8. ábra).

8. ábra. Az indiai köles (*Pennisetum glaucum*) genotípusok ezermagtömeg (g) értékeinek eloszlása (Nyíregyháza, 2018)

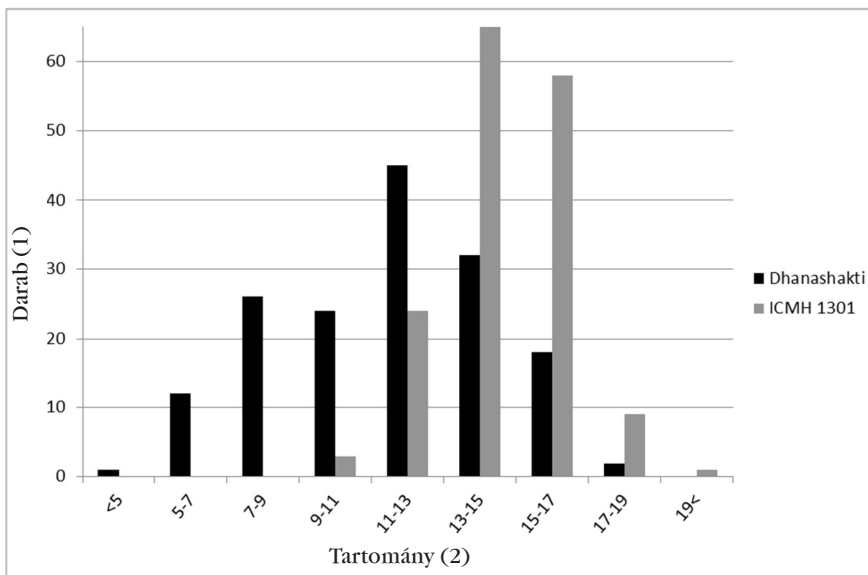


Figure 8. Distribution of 1000 seed weight values of the Pearl millet genotypes (*Pennisetum glaucum*) (Nyíregyháza, 2018). (1) Number, (2) Interval

Következtetések

A Pearson-féle korreláció eredményei alapján legtöbb közepes mértékű, pozitív összefüggést a vizsgált paraméterek közül a bugánkénti magtömeg esetén tapasztaltunk (2. táblázat). A paraméter a teljes buga súlyával $r=0,63$, a buga átmérőjével, illetve a bugánkénti magszámmal egyaránt $r=0,68$ korrelációs értéket mutatott. Az ezermagtömeg a bugaátmérővel mutatott közepes, pozitív korrelációt ($r=0,45$), mely a vegetatív fejlettség és a magméret közötti pozitív összefüggésre enged következtetni.

2. táblázat. A vizsgált paraméterek közötti összefüggés vizsgálata az ICMH 1301 köles (*Pennisetum glaucum*) hibrid esetén Pearson-féle korreláció analízissel (Nyíregyháza, 2018)

	Buga-		Bugánkénti		Ezermag- tömeg (6)	
	súly (1)	hossz (2)	átmérő (3)	mag- szám (4)		mag- tömeg (5)
Bugasúly (1)	1					
Bugahossz (2)	0,55	1				
Bugaátmérő (3)	0,58	0,56	1			
Bugánkénti magszám (4)	0,46	0,34	0,38	1		
Bugánkénti magtömeg (5)	0,63	0,57	0,68	0,68	1	
Ezermagtömeg (6)	0,24	0,31	0,45	-0,18	0,39	1

Table 2. Examination of the relationship between the examined parameters for the ICMH 1301 millet (*Pennisetum glaucum*) hybrid by Pearson correlation analysis (Nyíregyháza, 2018). (1) Spike weight, (2) Spike length, (3) Spike diameter, (4) Grain number/spike, (5) Grain weight/spike, (6) 1000 grain weight

A gyengébb adottságú területen vizsgált Dhanashakti fajta esetén az adatok heterogenitásának mértéke is nagyobb volt, a vizsgált paraméterek között kisebb mértékű összefüggéseket találtunk, mint az ICMH 1301 hibrid esetén (3. táblázat). A magparaméterek közül csak a bugánkénti magszám esetén tapasztaltunk szorosabb (közepes mértékű) összefüggést a teljes bugasúllyal. Az ezermagtömeg esetében csak a teljes bugasúly mutatott közepes, pozitív korrelációt.

Az indiai köles (*Pennisetum glaucum*) magyarországi természetességi vizsgálataiban a termésképző elemek értékelését végeztük el. A vizsgálati eredmények stabilitása megfelelő volt, azonban a szélsőségesen gyenge homoktalajon termesztett Dhanashakti fajta esetében a mért értékek szórása nagyon bizonyult, ami nagyobb mértékű ökológiai érzékenységet feltételez. A vizsgált paraméterek közül az eltérő adottságú termőhelyeken a bugahossz bizonyult a legstabilabbnak. A termésképző elemek közül a teljes bugasúly, a bugaátmérő, a bugánkénti magszám, illetve a bugánkénti magtömeg tekintetében jelentős mértékű genotípus hatást tapasztaltunk, ugyanakkor az ezermagtömeg vonatkozásában stabilabb értékeket mértünk. A növény termesztésének egyik potenciális indoka – a magtermés beltartalmi paraméterei mellett – a kedve-

zötlen talaj- és ökológiai viszonyokhoz történő adaptációs képesség. Vizsgálatainkban a június eleji vetésidő alkalmazása mellett is stabil fejlődést figyeltünk meg, a kísérleti állomány homogén volt a vizsgált genotípusok esetén. Egy éves vizsgálati eredményeink alapján az ICMH 1301 hibrid jobb minőségű, mélyebb termőrétegű humuszos homoktalajon 4–6 tonna/ha potenciális termésre képes, a Dhanashakti fajta gyenge homoktalajon 2–4 tonna/ha potenciális szántóföldi termőképességgel jellemezhető. Vizsgálataink elsődleges célja a hazai viszonyokhoz történő adaptáció lehetőségének értékelése volt, mely alapját képezheti további, konkrét technológiai vizsgálatoknak.

3. táblázat. A vizsgált paraméterek közötti összefüggés vizsgálata a Dhanashakti köles (*Pennisetum glaucum*) fajta esetén Pearson-féle korreláció analízissel (Nyíregyháza, 2018)

	Buga-		Bugánkénti		Ezermag- tömeg (6)	
	súly (1)	hossz (2)	átmérő (3)	mag- szám (4)		mag- tömeg (5)
Bugasúly (1)	1					
Bugahossz (2)	0,59	1				
Bugaátmérő (3)	0,54	0,29	1			
Bugánkénti magszám (4)	0,59	0,33	0,26	1		
Bugánkénti magtömeg (5)	-0,14	-0,07	-0,05	0,03	1	
Ezermagtömeg (6)	0,46	0,32	0,35	-0,24	-0,16	1

Table 3. Examination of the relationship between the examined parameters for the Dhanashakti millet (*Pennisetum glaucum*) variety by Pearson correlation analysis (Nyíregyháza, 2018). (1) Spike weight, (2) Spike length, (3) Spike diameter, (4) Grain number/spike, (5) Grain weight/spike, (6) 1000 grain weight

Irodalom

- Andrews, D. J.–Kumar, K. A.: 2006. *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. [In: Brink, M.–Belay, G. (eds.). Record from Protabase.] PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale). Wageningen. Netherlands.
- Deepak, S. A.–Basavaraju, P.–Chaluvaraju, G.–Shetty, N. P.: 2006. Developmental stage response of pearl millet downy mildew (*Sclerospora graminicola*) to fungicides. Applied Ecology and Environmental Research. 4. 2: 125–149.

- Dias-Martins, A. M. F.–Pessanha, K. M.–Pacheco, S. S.–Rodrigues, J. A.–Carvalho, C. W. P.*: 2018. Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. Food Research International. 109: 175–186.
- FAO: 2009. Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes. FAO. Rome. I.
- Icrisat Exploreit@Icrisat*: 2016. Sorghum, Pearl Millet, Small Millets. <http://exploreit.icrisat.org/>
- Kumar, N.–Gautam, R. C.*: 2004. Effect of moisture conservation and nutrient management practises on growth and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) under rainfed conditions. Indian Journal of Agronomy. 49. 3: 182–185.
- Ndiku, M. H.–Jara, E.–Sabate, J.*: 2014. Formative research on acceptability of pearl millet in rural eastern Kenya – A pilot study. Sustainable Agriculture Research. 3: 1–8.
- Parihar, G. N.–Sahul, M. P.–Joshi, N. L.*: 1998. Nitrogen, Sulphur and Thiourea Nutrition of Pearl millet (*Pennisetum glaucum*) II. Effect on Yield Components. Annals of Arid Zone. 37. 1: 59–67.
- Rai, K. N.–Gowda, C. L. L.–Reddy, B. V. S.–Sehgal, S.*: 2008. The potential of sorghum and pearl millet in alternative and health food uses. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 7: 340–352.
- Rodrigues, P. B.–Rostagno, H. S.–Albino, L. F. T.–Gomes, P. C.–Barboza, W. A.–Nunes, R. V.*: 2001. Aminoácidos digestíveis verdadeiros do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com galos adultos cecectomizados. Revista Brasileira de Zootecnia. 30. 6: 2046–2058.
- Taylor, J. R. N.*: 2016. Millet pearl: Overview encyclopedia of food grains (2nd edition). Academic Press. Oxford. 190–198.
- Vadez, V. H. T.–Bidinger, F. R.–Kholova, J.*: 2012. Phenotyping pearl millet for adaptation to drought. Frontiers in Physiology. 3: 386.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Zsombik László – Pál Vivien
Debreceni Egyetem AKIT
Nyíregyházi Kutatóintézet
Nyíregyháza
Westsik Vilmos út 4–6.
H-4400
*zsombik@agr.unideb.hu

Ashish Wele
Independent Corporate Consultant
Debrecen
Doberdó u. 26.
H-4032

Ayaz Mukarram Shaikh – Roshni Ashok Kadam
Debreceni Egyetem MÉK
Élelmiszertudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

IN MEMORIAM**Dr. Szániel Imre (1927–2019)**

2019 január végén, 92 éves korában elhunyt dr. Szániel Imre, aki 20 éven át volt a Gabonatermesztési Kutatóintézet igazgatója.

1927. február 28-án született Bátaszéken. Édesapja Szániel Imre szobafestő és mázoló mester volt, édesanyja Faidt Teréz volt, aki napszámosként dolgozott. Édesapja az első világháborúban szerzett sérülése miatt 1938-ban meghalt. Ezt követően nagy szegénységben éltek. Gyerekként is dolgozott, 16 éves korától minden nyáron cséplőmunkás volt, hogy segítsen családjának, később zsellér is volt, és nagyszüleit is eltartotta.

1950-ben kezdte tanulmányait a gödöllői Agrártudományi Egyetemen, végig kitűnő hallgató volt és kitüntetéses diplomát kapott. Munkába állása után néhány évre már a Tolna megyei, majd Baranya megyei mezőgazdasági szakirányítás vezető munkatársa lett. 1968. március 1-jén lett igazgatója a Dél-alföldi Mezőgazdasági Kutatóintézetnek, amely 1970-ben Gabonatermesztési Kutatóintézetté alakult, ahol főigazgatóként dolgozott nyugdíjazásáig, 1988.

január 1-ig. E 20 év alatt az ő vezetésével az alig ismert Dél-alföldi Mezőgazdasági Kutatóintézetből egy nemzetközi hírű kutatóintézet lett. Számos általa kezdeményezett és vezetésével megvalósított kutatás és beruházás napjainkban és még a jövőben is meghatározta, meghatározza a mostani cég, a GK Kft. tevékenységét. Ezekben a munkákban nagy segítségére volt, a jogász dr. Molnár István. Felemlítünk néhányat ezek közül.

Építkezések

1970–1973: Kiszomboron felépül a Vetőmagüzem.

1969–1979: Kutatói lakások építése három ütemben: I. ütem 1969–1970, II. ütem 1972–1973, III. ütem 1975–1979.

1971–1973: Táplánszentkereszten felépül a Kutató Állomás: laboratóriumokkal, kutatószobákkal, előadótermekkel és háromhajós üvegházzal.

1972–1974: Szegeden a központban felépül a négyszintes laboratóriumi épület, kutató szobákkal, könyvtárral, előadóteremmel, konyhával és ebédlővel.

1975: Szeged, Kecskés-telep búzanevelési feldolgozó, és háromszintes épület ebédlővel, kutató szobákkal és kukoricanevelési feldolgozóval, valamint terményszárító és -tároló színek.

1976–1977: Központi háromhajós, modern üvegház felépítése.

1979: Szeged, Öthalmi-telep: agrotechnikai osztály szociális épülete, feldolgozó szobák, raktárak, géptároló színek.

1979: Kiszombori olajvizsgálati labor létrehozása.

1982: Szegedi központi (rég)i épület felújítása.

Földterületek (szántók): a kutatáshoz, kísérletezéshez, vetőmagtermesztéshez szükséges makói, kiszombori, szegedi (Kecskés-telep, Alsó-telep, Öthalmi telep, Táplánszentkereszt) szükséges és alkalmas földek megszerzése és gyarapítása is az ő vezetői tevékenységének az eredménye volt.

Kutatások

1970: kutatási profilrendezés: a mezőgazdaság szempontjából fontos kutatási feladatok (búza, kukorica, árpa stb.) a Gabonatermesztési Kutatóintézetbe kerültek, koncentráltak. Ezzel az intézet az ország 60–65%-ára vonatkozó felelősséget kapott (nemesítés, termesztéstechnika, ágazat ökonómia).

1973: A durumbúza honosításának megkezdése Erdei Péterrel és Barabás Zoltánnal.

1973: A Cereal Research Communications nemzetközi tudományos szaklap alapítása Barabás Zoltánnal.

1974-: Az intézet 50 éves fennállásának megünneplése, és az „50 éves a mezőgazdasági kutatás Szegeden” című könyv kiadása.

Kutatók felvétele

Sok olyan középkorú és fiatal kutatót vett fel, akik évtizedekig sikeres kutatókat vagy kiváló fajtákat, hibrideket nemesítettek, és közülük néhányan még ma is aktívak. A tudományos arcél kimunkálásában dr. Magassy Dániel segítségére támaszkodott. A teljesség igénye nélkül néhány név, Szániel Imre munkatársai közül: Beke Ferenc, Sági Ferenc, Német János, Barabás Zoltán, Gráczol Géza, Nagy László, Selley Ferenc, Kertész Zoltán, Kertész Zoltánné, Proksza János, Prokszáné Paplogó Zsuzsanna, Mesterházy Ákos, Szél Sándor, Széll Endre, Kálmán László, Faragó László, Palágyi András, Pintér Lajos, Siklósiné Rajki Erzsébet, Frank József, Tomcsányi András, Pálvölgyi László, Matuz János, Pauk János, Papp Mária, Purnhauser László, Falusi János, Falusi Jánosné, Beke Béla, Cseuz László és mások. Velük tudta Szániel Imre elérni azt, hogy amíg 1968-ban csak hét fő volt tudományosan minősített, 1987-ben egy fő MTA levelező tag, két fő MTA doktora és 18 fő kandidátus, négy fiatal kutató MTA aspiráns volt és hat fiatal önállóan készült a kandidátusi fokozat megszerzésére. Számos fiatal személyesen ösztökélt tudományos dolgozatok írására.

A vezetői munka mellett aktív ágazatökonómiai kutatásokat végzett. Közel száz tudományos dolgozata jelent meg hazai és külföldi szaklapokban. 1967-ben védte meg a Magyar Tudományos Akadémián kandidátusi disszertációját. „*A búza- és a kukoricatermesztés minőségi-területi kérdései*” című akadémiai doktori értekezésével 1981-ben megkapta a mezőgazdasági tudományok doktora címet. Nyugdíjasként egy érdekes novellás kötetet írt Bátaszéken töltött gyermek éveiről, „*A világ közepe*” címmel. Ez a könyv „... a múlt század első felének Bátaszékéről, a kicsi faluról, és annak szorgalmas egymás mellett élő, sokszínű népéről, magyarokról, székelyekről, svábokról” szól.

Szakmai, társadalmi tisztségei (jelentősebbek): MAE Csongrád megyei elnöke (1968–1989), SZAB mezőgazdasági szakbizottság vezetője, titkára (1968–1989), MTA TMB Növénytermesztési Szakbizottság (1973–1976), MTA Agrárökonómiai Szakbizottság (1976–1985).

Munkásságát számos díjjal, kitüntetéssel ismerték el: METESZ díj, Eötvös Loránd díj, két alkalommal Ifjúságért érdemérem, megosztott Állami Díj (1988),

Magyar Köztársaság Arany Érdemkereszt (2007). A Debreceni Agrártudományi Egyetem Rektori Tanácsa felterjesztésére dr. Romány Pál miniszter 1978. május 30-án címzetes egyetemi tanári címmel tisztelte meg.

Dr. Szániel Imre a mezőgazdasági kutatás fejlesztésében, szervezésében maradandót alkotott, különösen azzal, hogy a Gabonatermesztési Kutatóintézet az ő vezetése alatt lett nemzetközileg is elismert, rangos kutató intézet. Tudományos eredményei – a durumbúza honosítása, búza és kukorica ágazatökonomiai vizsgálatai – a magyar mezőgazdasági szakirodalmat gazdagították. Számos fiatalot ő indított el a kutatói pályán. Emlékét nem csak felesége, két gyermeke, négy unokája és egy dédunokája, hanem sok-sok munkatársa is megőrzi.

Matuz János – Pauk 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
