

Crop
Production

 HERMAN OTTÓ INTÉZET
NONPROFIT KFT.

NÖVÉNYTERMELÉS

72. kötet | 2. szám | 2023. június

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



A kukoricatermesztési kísérletek meteorológiai viszonyai a Debreceni Egyetem agrár kampuszán a 2022-es tenyészidőszakban

A kukorica hibridek smart paramétereinek elemzése

Különböző talajművelési rendszerek hatása eltérő genotípusú kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésparamétereire, fehérje-, szénhidrát- és olajtartalmára

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 nyelvű összefoglalókkal ellátott
tudományos közleményeket, vitacikkeket, szemlét, könyvismertetést közöl.

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

DEBRECENI EGYETEM MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
4002 Debrecen, Pf. 400
Telefon: (06 52) 508-310
E-mail: novenytermeles@agr.unideb.hu

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

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

A kiadásért felelős Bozzay Péter,
a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője.

ISSN 0546-8191
Növényterm 72 (2023) 2
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

72. kötet, 2. szám, 2023. június

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

Z. BERZSENYI, M. BIRKÁS, CS. GYURICZA, E. HARSÁNYI,
K. INUBUSHI, Z. IZSÁKI, M. JOLÁNKAI, T. KISMÁNYOKY,
L. CS. MARTON, J. NAGY, P. PEPÓ, K. RAJKAI,
R. SCHMIDT, A. SZÉLES

AGRÁRMINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője.

A nyomást és kötést a Zemplén-Vektor Nyomda végezte.

Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Illés Árpád

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Gombos Béla – Nagy János: A kukoricatermesztési kísérletek meteorológiai viszonyai a Debreceni Egyetem agrár kampuszán a 2022-es tenyészidőszakban</i>	5
<i>Hadászi László – Illés Árpád – Bojtor Csaba – Sojnóczki István – Nagy János: A kukorica hibridek smart paramétereinek elemzése</i>	21
<i>Kecskés István – Nagy Antal – Sojnóczki István – Nagy János: Különböző talajművelési rendszerek hatása eltérő genotípusú kukorica (<i>Zea mays</i> L.) hibridek termésparamétereire, fehérje-, szénhidrát- és olajtartalmára</i>	37
<i>Kovács Ágnes – Sárvári István – Mikó Péter Pál – Percze Attila: Sárvári burgonya-fajtajelöltek összehasonlító fehérjetartalom- és <i>Phytophthora infestans</i> rezisztencia-vizsgálata magas minőségű fehérje kinyerésére alkalmas fajta kiválasztása céljából</i>	59
<i>Monoki Szabolcs: A napraforgó (<i>Helianthus annuus</i> L.) tőszámreakciójának vizsgálata heterogén termőképességű termőterületeken</i>	87
<i>Nagy János – Demeter Cintia – Bakos Zsuzsanna – Szabó Atala – Sinka Lúcia – Hajer Mohamed Ibrahim Sidahmed – Simon Károly – Illés Árpád: A csemegekukorica (<i>Zea mays</i> conv. <i>saccharata</i> Koern) terméslemeinek elemzése öntözéses termesztésben</i>	97
<i>Székely Árpád – Szalóki Tímea – Pauk János – Lantos Csaba – Jancsó Mihály: Portoktenyésztéssel előállított tetraploid genotípusok összehasonlító vizsgálata</i>	113
<i>Varga Krisztina – Csízi István: A hasznosítási módok hatása az extenzív gyep növényállományának ökológiai szempontú nitrogénigény mutatóira</i> ...	127
<i>NEKROLÓG</i>	
<i>Németh Tamás (1952–2023)</i>	145

CONTENTS

<i>Gombos, B. – Nagy, J.:</i> Meteorological conditions of maize growing experiments on the agricultural campus of the University of Debrecen in the growing season 2022	5
<i>Hadászi, L. – Illés, Á. – Bojtor, Cs. – Sojnóczki, I. – Nagy, J.:</i> Analysing the smart parameters of maize hybrids	21
<i>Kecskés, I. – Nagy, A. – Sojnóczki, I. – Nagy, J.:</i> Impact of different tillage systems on the yield parameters, protein, carbohydrate and oil content of different genotypes of maize (<i>Zea mays</i> L.) hybrids	37
<i>Kovács, Á. – Sárvári, I. – Mikó, P. P. – Percze, A.:</i> Comparative protein content and <i>Phytophthora infestans</i> resistance testing of Sárvári potato cultivar candidates to select a variety suitable for high quality protein production	59
<i>Monoki, Sz.:</i> Analysing the plant density response of sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.) on heterogeneous production sites	87
<i>Nagy, J. – Demeter, C. – Bakos, Zs. – Szabó, A. – Sinka, L. – Hajer Mohamed Ibrahim Sidahmed – Simon, K. – Illés, Á.:</i> Analysing the yield elements of sweet maize (<i>Zea mays</i> conv. <i>saccharata</i> Koern) in irrigation production	97
<i>Székely, Á. – Szalóki, T. – Pauk, J. – Lantos, Cs. – Jancsó, M.:</i> Comparative analyses of tetraploid genotypes produced by androgenesis	113
<i>Varga, K. – Csízi, I.:</i> Impact of land use practices on the ecological nitrogen balance indicators of extensive grassland vegetation	127
OBITUARY	
Németh Tamás (1952–2023)	145

A kukoricatermesztési kísérletek meteorológiai viszonyai a Debreceni Egyetem agrár kampuszán a 2022-es tenyészidőszakban

^{1,2}GOMBOS BÉLA – ¹NAGY JÁNOS

¹Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

²MATE KÖTI

Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszék, Szarvas

Összefoglalás

2022-ben igen súlyos aszály alakult ki Debrecen térségében. A Debreceni Egyetem kukorica kísérleteinek termésátlaga minden eddiginél alacsonyabb volt. Több parcellán a növény lényegében nem hozott termést. Egy ilyen rendkívüli évjárat meteorológiai viszonyainak kiértékelése elengedhetetlen a kukorica aszályérzékenységgel kapcsolatos ismeretek bővítésében, a stressztűrés határainak pontosításában. Lehetőség szerint a kísérleti helyen, annak közelében mért meteorológiai adatokra kell támaszkodni. Ennek az igénynek megfelelően vizsgáltuk és mutatjuk be az agrár kampusz meteorológiai viszonyait, elsősorban a kukorica vonatkozásában. A 2022-es aszály rendkívüliségében fontos tényező volt, hogy a megelőző téli félévben nem volt elegendő csapadék a talajok mélyebb rétegeinek feltöltődéséhez. Az április még átlagosan csapadékos volt, ezt követően azonban igen jelentős csapadékhiány alakult ki. A három nyári hónapban összesen 66 mm csapadék esett, ami 115 mm-el elmaradt az átlagostól. A vízhiányt és annak káros hatásait fokozta, hogy a hőmérséklet a május-augusztus közötti időszakban a szokásosnál lényegesen magasabban alakult. Különösen a nyári hónapok voltak a sokévi átlagnál sokkal melegebbek, rendre 3,4 °C, 2,4 °C, illetve 2,9 °C-os pozitív hőmérsékleti anomáliát mutattak.

Kulcsszavak: Debrecen, agrometeorológia, aszály, csapadék, középhőmérséklet

Meteorological conditions of maize growing experiments on the agricultural campus of the University of Debrecen in the growing season 2022

^{1,2}B. GOMBOS - ¹J. NAGY

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

Institute of Land Use, Engineering and Precision Farming Technology, Debrecen

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Environmental Sciences, Department of Irrigation and Land Improvement, Szarvas

Summary

In 2022, a very severe drought developed in the Debrecen area. The average yield of the maize experiments at the University of Debrecen was lower than ever before. On several plots the crop yielded practically nothing. The evaluation of the meteorological conditions of such an exceptional year is essential to increase knowledge on the drought susceptibility of maize and to clarify the limits of stress tolerance. As far as possible, meteorological data measured at or near the experimental site should be used. In response to this need, we have investigated and presented the meteorological conditions on the agricultural campus, especially for maize. An important factor in the exceptional nature of the 2022 drought was the lack of sufficient precipitation to recharge the deeper layers of the soils during the previous winter. April was still average in terms of rainfall, but thereafter a very significant rainfall deficit developed. In the three summer months, a total of 66 mm of rain fell, 115 mm below average. The lack of water and its adverse effects were exacerbated by the fact that temperatures in the May-August period were significantly higher than normal. In particular, the summer months were much warmer than the long-term average, with positive temperature anomalies of 3.4 °C, 2.4 °C and 2.9 °C respectively.

Keywords: Debrecen, agrometeorology, drought, precipitation, mean temperature

Bevezetés

2022-ben igen súlyos aszály alakult ki Debrecen térségében. A Debreceni Egyetem kukoricatermesztési kísérleteinek termésátlaga minden eddiginél alacsonyabb volt. Több parcellán a növény lényegében nem hozott termést. Ez az év is bizonyítja, hogy kukoricatermesztésben az egyik legjelentősebb kockázati tényező az időjárás.

A tenyészidőszakot megelőző téli félév hatása közvetett módon, a talajon keresztül érvényesül. Elsősorban a tavaszi kezdő hasznosítható vízkészlet nagysága számít, ugyanis a vegetációs időszakban ez jelentősen hozzájárulhat a növény vízellátásához. *Pálfai* (2002) hazai aszályvizsgálatai során megállapította, hogy a tenyészidőszakot megelőző őszi-téli időszak szárazsága növeli az aszály kialakulásának kockázatát, illetve fokozza annak mértékét. A márciusi időjárás (a csapadék és a párolgást meghatározó tényezők) a felső talajrétegek nedvességi állapotán keresztül a talajelőkészítési munkák fontos tényezője.

A vegetációs időszak csapadékösszege és a debreceni kísérletek termésátlaga között erős pozitív korreláció mutatható ki (*Nagy* 2012). A kukorica fejlődésének egyes szakaszaiban ugyanakkor eltérő jelentőségű a csapadék, illetve a vízhiány. A kelést követően a vegetatív fázisban a kukorica vízigénye fokozatosan növekszik. Ekkor a csapadékos időjárás kedvező, azonban a száraz időjárás sem okoz jelentős károsodást. Lényegében csapadékmentes júniusi időjárás önmagában nem csökkenti a termésátlagot az átlagos érték alá (*Gombos és Nagy* 2019). A címerhányást közvetlenül megelőző napoktól a szemtelítődés középső szakaszáig tart az az időszak, amelyben a kukorica legérzékenyebb a vízhiány-stresszre (*Nielsen et al.* 2010). A terméskötés utáni vízellátottsági probléma ezerszem-tömeg csökkenést okoz, míg a korábban jelentkező szárazság elsősorban a szemszám csökkenésben nyilvánul meg (*Westgate és Boyer* 1986, *Smith et al.* 2004).

Magyarországon az éghajlatváltozással összefüggésben az éves és az évszakos középhőmérsékletek, valamint a hóhullámos napok száma is növekvő tendenciát mutat az utóbbi évtizedekben (*OMSZ* 2019) és a jövőben további melegedésre számíthatunk. Számos kutatás bizonyítja a magas nyári hőmérséklet termés-csökkentő hatását (*Lobell et al.* 2013, *Ben-Ari et al.* 2016, *Carter et al.* 2016), amely várhatóan egyre fontosabb tényezővé válik a hazai kukoricatermesztésben. A kukorica a virágzás idején a legérzékenyebb a hőstresszre (*Wheeler et al.* 2000).

A 2022-es rendkívüli évjárat meteorológiai viszonyainak vizsgálata elengedhetetlen a kukorica aszályérzékenységevel kapcsolatos ismeretek bővítésében, a stressztűrés határainak pontosításában. A modern kukoricatermesztés során az időjárás figyelembevétele mellett fontos tényező a modellezés, mellyel a betakarítás előtt meghatározhatjuk a várható termésmennyiséget (Nyéki *et al.* 2021). A környezeti stresszviszonyok leküzdésére alkalmas genotípusok helyes megválasztása és a genotípushoz igazodó tápanyagellátás nagyon fontos, mivel ezek nagyban meghatározzák a termesztés hatékonyságát (Széles *et al.* 2019). Az időjárási szélsőségek – mint például a korai vetés okozta hideghatás – sok esetben hatást gyakorolnak a termesztett növények, mint például a kukorica hibridek szemtermésének beltartalmi értékeire (Széles *et al.* 2019). Emellett szinte bármely növénytermesztési kísérlet kiértékelése során figyelembe kell venni az időjárási viszonyokat. Lehetőség szerint a kísérleti helyen, annak közelében mért meteorológiai adatokra kell támaszkodni. Ennek az igénynek megfelelően vizsgáltuk és mutatjuk be a Debreceni Egyetem agrár kampusz meteorológiai viszonyait elsősorban a kukorica tenyészidőszakára fókuszálva.

Anyag és módszer

A Debreceni Egyetem agrár kampusz területén különböző nagyságú szántóföldi kísérleti területek, parcellák helyezkednek el. Ezen területek sajátos meteorológiai viszonyokkal rendelkeznek, melynek ismerete alapvető fontosságú a kísérletek kiértékelése során. A Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet 2019-től automata meteorológiai állomást üzemeltet a területén, kezdetben csak a tenyészidőszakban a kukoricaállományban, 2021-től már a tenyészidőszakon kívül is a parcellák mellett levő füves területen. Ez utóbbi mérések léghőmérsékleti és csapadék adatait használtuk fel a vizsgálatunk során. A napsugárzási viszonyokat a mezőgazdászok által preferált napfényes órák számával mutatjuk be, mely adatok az OMSZ Debrecen Repülőtér meteorológiai állomásának méréseiből származnak.

A 2021-es évről szóló, hasonló tárgyú kutatásunk módszertanát követtük, valamint az időjárási viszonyok bemutatásában is ugyanazt a sémát használtuk (Gombos és Nagy 2022). A hőmérsékleti- és csapadékviszonyokat a tenyészidőszakban elsődlegesen havi, majd dekád bontásban értékeltük. A dekádhőmérséklet esetében az anomália, a csapadék esetében a tényleges

értékek elemzése volt célravezetőbb, a grafikus megjelenítésnél ezért ezeket alkalmaztuk. Az időjárás alakulásának részletes bemutatásához felhasználtuk a csapadék-, valamint a középhőmérséklet, minimum és maximum hőmérséklet napi adatait is. A kukorica fenofázisonként változó éghajlati igényének, illetve a kritikus tényezőinek figyelembevételével értékeltük a 2022-es év tenyészidőszakának meteorológiai viszonyokat. A tenyészidőszakot megelőző téli félév időjárását az előzőekben bemutatott okok miatt kevésbé részletesen, havi felbontású adatbázis alapján vizsgáltuk.

Eredmények

A 2021/22-es téli félév időjárása

A tenyészidőszakot megelőző téli félév átlagos hőmérsékletű, száraz és napfényben igen gazdag volt. Az időszak középhőmérséklete pontosan megegyezett a sokévi átlaggal (4,2 °C). A napfénytartam elérte a 891 órát, ami 217 órával több, mint a klimatikus átlag. A hat hónap alatt lehullott 150 mm csapadék 64 mm-rel (30%-kal) marad el a szokásostól (1. táblázat). Ez a vízmennyiség nem volt elegendő a talajok mélyebb rétegeinek föltöltéséhez a 2021-es aszályos tenyészidőszak után. Megjegyzendő, hogy a téli félév második felében (január-március) uralkodó napos, szeles időjárás határozottan elindította a talajok felső rétegének kiszáradását. A tavaszi talajmunkákat lényegében tetszőlegesen korán el lehetett végezni.

A 2022-es tenyészidőszak időjárása

A tenyészidőszak 18,9 °C-os középhőmérséklete az átlagosnál magasabban (+1,4 °C) alakult, ezen belül sajátos menetet mutatva (1. ábra). Május elejétől szeptember elejéig kivétel nélkül minden dekád pozitív hőmérsékleti anomáliát mutatott. Előtte áprilisban és utána szeptember utolsó két dekádjában viszont a szokásosnál hűvösebben alakult az időjárás. A tenyészidőszak alapvetően igen száraz volt. A nyári félévben leesett 320 mm-es csapadékadat igen félrevezető, nem utal szárazságra. Valójában ennek több mint fele szeptemberben esett, amikor a kukorica gyakorlatilag kiszáradt. A növény szempontjából meghatározó időszakban jelentős csapadékhiány mutatkozott. Áprilisban még megfelelő volt a vízellátottság, majd száraz hónapok sorozata következett. A

nyáron lehullott 66 mm csapadék 115 mm-el maradt el az átlagostól, annak alig több mint egy harmada (36%-a) esett (1. táblázat).

1. táblázat. A hőmérséklet, a csapadék (Debrecen agrár kampusz) és a napfénytartam (Debrecen Repülőtér, OMSZ) havi és féléves jellemzői 2022-ben

Időszak (1)	Közép- hőmérséklet (°C) (2)	Csapadék (mm) (3)	Napfény- tartam (óra) (4)
Téli félév (X-III) (5)	4,2 (0,0)	150 (-64)	891 (+217)
Nyári félév (IV-IX) (6)	18,9 (+1,4)	320 (-26)	1566 (+50)
Április (7)	9,6 (-1,6)	50 (-3)	177 (-37)
Május (8)	17,7 (+1,1)	39 (-25)	275 (+25)
Június (9)	22,7 (+3,4)	19 (-47)	358 (+89)
Július (10)	23,7 (+2,4)	38 (-28)	312 (+26)
Augusztus (11)	23,7 (+2,9)	9 (-40)	303 (+14)
Szeptember (12)	15,8 (-0,4)	165 (+116)	141 (-67)

Megjegyzés: zárójelben az 1981–2010-es időszak átlagértékeitől való eltérések.

Table 1. Monthly (and half year) characteristics of air temperature, precipitation at Debrecen agricultural campus and sunshine duration (Debrecen Airport, HMS) in 2022. (1) Period, (2) Mean temperature (°C), (3) Precipitation (mm), (4) Sunshine duration (hours), (5) Winter period, (6) Summer period, (7) April, (8) May, (9) June, (10) July, (11) August, (12) September, Note: in brackets the differences from the climatic normal values of 1981–2010.

2022. április

Az április hűvös, átlagosan csapadékos és napfényben kissé szegény volt. A havi középhőmérséklet (9,6 °C) 1,6 °C-kal maradt el az átlagostól (1. táblázat). A hónapot változékony időjárás jellemezte. A napi középhőmérsékleti értékek a kukorica bázishőmérsékletét csak a hónap utolsó hetében haladták meg tartósabban, de még ekkor sem volt a szokásosnál melegebb időjárás (2. ábra). Mindhárom dekád negatív hőmérsékleti anomáliát mutatott (1. ábra). A legmagasabb hőmérséklet is mindössze 22,9 °C volt (24-én). A hónap középső időszakában öt napon volt kisebb fagy, 19-én -2,5 °C-ig csökkent a hőmérséklet. Az áprilisi 50 mm csapadék kedvező eloszlásban hullott. Az 1. és a 3. dekádot jellemezte a felhős időjárás, több alkalommal esővel, míg a hónap közepén nem volt csapadék.

1. ábra. A dekád középhőmérsékletek eltérése a sokévi átlagtól (a) és a csapadékösszegek (b) 2022 tenyészidőszakában (Debrecen agrár kampusz)

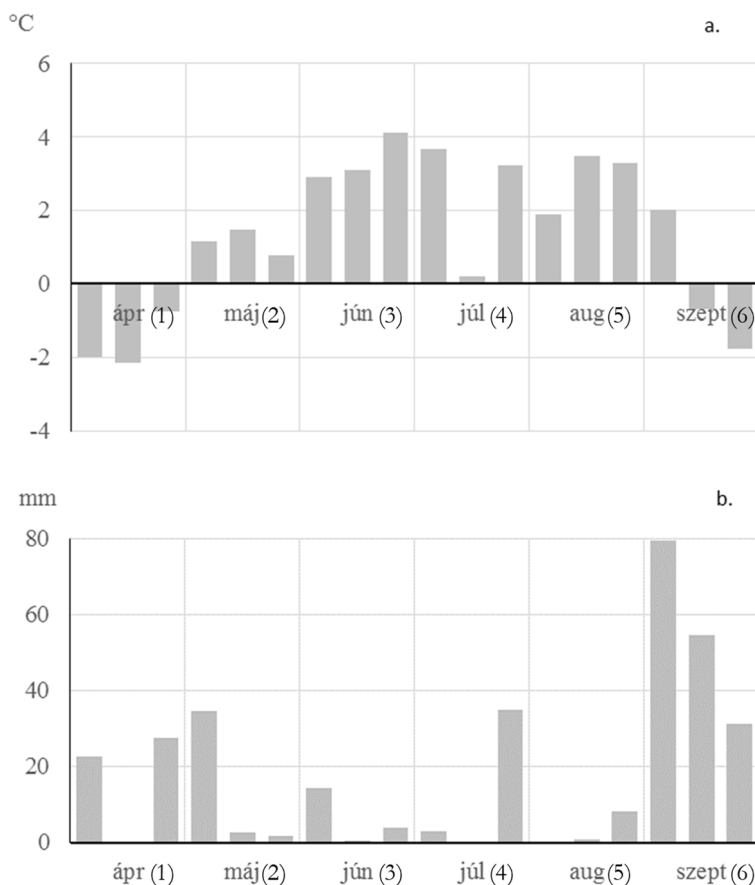


Figure 1. 10-day precipitation sums (b) and anomalies of the 10-day average air temperature values (a) in the growing season (Debrecen agricultural campus, 2022). (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) September

2022. május

Az április végén elkezdődött felmelegedés folytatódott, a mérsékelt meleg időjárás tartósnak bizonyult. A havi középhőmérséklet 17,1 °C-os értéke 1,1 °C-kal meghaladta a sokévi átlagot. A kiegyenlített hőmérsékleti viszonyok miatt

mindhárom dekádban közel azonosan alakult a pozitív anomália értéke (1. ábra).

A maximumhőmérsékletek jellemzően a 22–28 °C-os tartományba estek. Hőségnap nem volt, a legmelegebb napon 29,5 °C-ot ért el a hőmérséklet csúcserőke. A minimumok az első héten még 5–10°C között, ezt követően 10–15 °C között alakultak. Csupán a május 18–20. és május 28–30. időszakokban volt átmenetileg hűvösebb, mind az éjszakai, mind a nappali órákban (3. ábra). A csapadék havi összege 39 mm, ami 25 mm-rel elmaradt a szokásos havi mennyiségtől. Lényegében a csapadék egésze (34 mm) két napon, május 7–8-án hullott le. Megjegyezzük, hogy csak lokálisan volt ekkora csapadék, átmenetileg jó vízellátottságot biztosítva a kukoricának. Ezt követően kezdődött a nyáron is folytatódó igen hosszú, száraz periódus.

2. ábra. A minimum, maximum és középhőmérséklet, valamint a csapadék napi értékei 2022 áprilisában (Debrecen agrár kampusz)

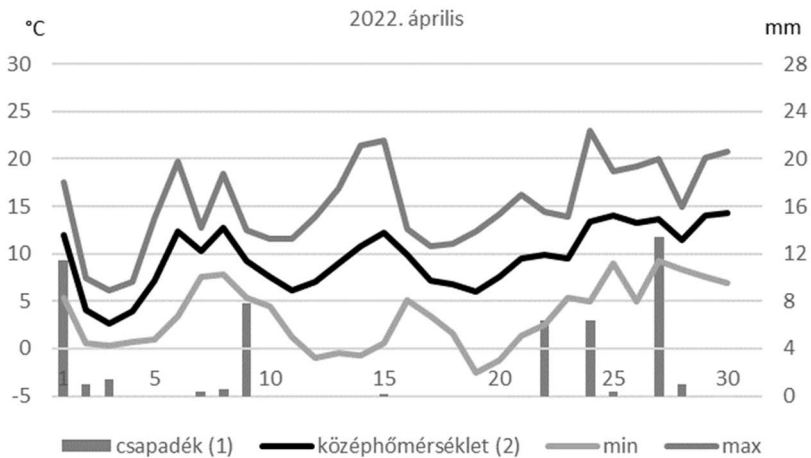


Figure 2. Daily values of precipitation, minimum, maximum and mean temperatures in April 2022, Debrecen agricultural campus. (1) Precipitation (mm), (2) Mean temperature (°C)

3. ábra. A minimum, maximum és középhőmérséklet, valamint a csapadék napi értékei 2022 májusában (Debrecen agrár kampusz)

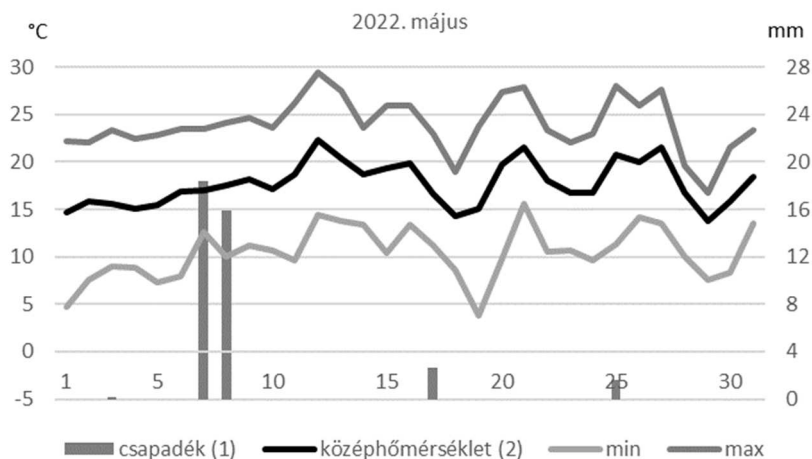


Figure 3. Daily values of precipitation, minimum, maximum and mean temperatures in May 2022, Debrecen agricultural campus. (1) Precipitation (mm), (2) Mean temperature (°C)

2022. június

A nyár első hónapjában az átlagnál lényegesen melegebb, napsütésben gazdag, igen száraz időjárás uralkodott. A júniusi középhőmérséklet 22,7 °C (+3,4 °C anomália), ami Debrecenben a mérések kezdete óta a második legmagasabb érték. A napsütéses órák száma (358 óra) a szokásosnál lényegesen nagyobb volt. A havi csapadékösszeg 19 mm, ez csupán az átlagos érték 29%-a, annál 47 mm-rel kevesebb (1. táblázat). Mindössze egyszer esett jelentős napi csapadék (4-én 9 mm), de ez érdemben nem tudott hozzájárulni a kukorica vízellátásához. A hónap első felében a napi maximum hőmérsékletek a 25–30 °C-os tartományban voltak. Június 20-a környékén, illetve az utolsó héten már minden nap elérte a csúcshőmérséklet a 30 °C-ot. A hőségnapok (max ≥ 30 °C) száma 11, és két alkalommal elérte a hőmérséklet a 35 °C-ot, 30-án a 36,9 °C-os értéket (4. ábra). A nagy meleg és a jelentős csapadékhiány hatására a hónap folyamán fokozatosan súlyos aszályhelyzet alakult ki. A vízhiány és részben a magas hőmérséklet által okozott stressz károsan hatott a növény asszimilációjára, az állományok magassági- és

levélfelület növekedésére. A kukorica már ebben a hónapban szemmel jól látható károsodást szenvedett.

4. ábra. A minimum, maximum és középhőmérséklet, valamint a csapadék napi értékei 2022 júniusában (Debrecen agrár kampusz)

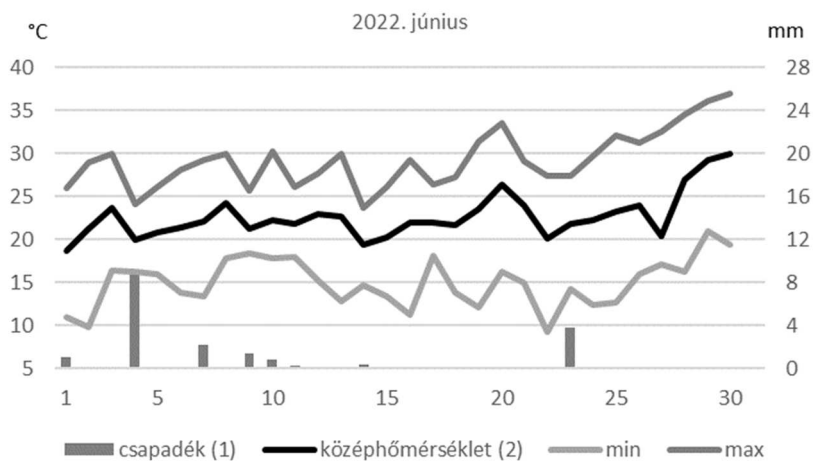


Figure 4. Daily values of precipitation, minimum, maximum and mean temperatures in June 2022, Debrecen agricultural campus. (1) Precipitation (mm), (2) Mean temperature (°C)

2022. július

Igen meleg időjárás jellemezte a júliust is, a 23,7 °C-os középhőmérséklet 2,4 °C-os pozitív anomáliát jelent. A hónap elején folytatódott a júniusban elkezdődött kánikulai időjárás, 35 °C körüli napi maximumokkal. Július 6-18-ig (néhány nap kivételével) a sokévi átlag közelébe mérséklődött a hőmérséklet, jellemzően 25-30 °C közötti maximumokkal. Ezt követően visszatért az igazi kánikula, a hőmérséklet csak a hónap utolsó napján esett vissza jelentősen. Július 23-án 38,5 °C-ig emelkedett a hőmérséklet, ez nemcsak a július, hanem az egész év legmagasabb értéke. A hónapban 18 hőségnap volt. A kevés felhő és a száraz levegő miatt nagy volt a napi hőingás. Még a legmelegebb napokon is többnyire 20 °C alatt alakult a napi minimum hőmérséklet. Az átmeneti hűvösebb periódusokban éjjelente 10-15 °C közé hűl le a levegő (5. ábra). A júliusi 312 órás napfénytartam lényegesen átlag feletti (1. táblázat). A

csapadék mennyisége (38 mm) elmaradt a szokásostól. Csaknem a teljes mennyiség a hónap végén hullott le záporok formájában. Ekkorra a kukorica súlyos irreverzibilis károsodást szenvedett. A száraz levegő és magas hőmérséklet együttesen a napok jelentős részében légköri aszályt okozott, ami tovább fokozta a talajaszály miatti vízhiány stresszt.

5. ábra. A minimum, maximum és középhőmérséklet, valamint a csapadék napi értékei 2022 júliusában (Debrecen agrár kampusz)

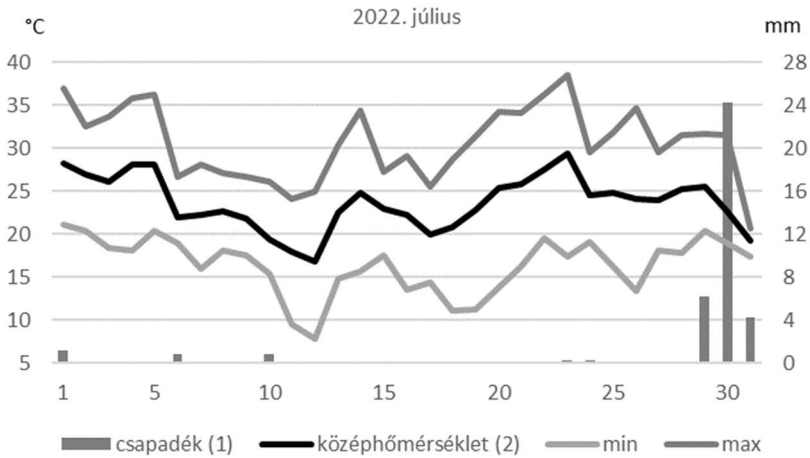


Figure 5. Daily values of precipitation, minimum, maximum and mean temperatures in July 2022, Debrecen agricultural campus. (1) Precipitation (mm), (2) Mean temperature (°C)

2022. augusztus

Az augusztus is igen meleg volt. A júliusival megegyező 23,7 °C-os középhőmérséklet 2,9 °C-os pozitív anomáliát jelent. A hőmérséklet menete nem mutatott jelentős kilengéseket. A napi minimumok 15–20 °C között, a maximumok 25–35 °C között változtak (6. ábra). Az abszolút maximum kerekítve érte el a 35 °C-ot (34,6 °C 28-án). A nyári napok száma 31, a hőségnapok száma 18. A napfénytartam a kevés felhő miatt a rövidülő nappalok ellenére is meghaladta a 300 órát. Rendkívül kevés csapadék hullott, összesen 9 mm (a sokévi átlag 49 mm), ez is több alkalommal kisebb részletben az augusztus 20. utáni időszakban.

6. ábra. A minimum, maximum és középhőmérséklet, valamint a csapadék napi értékei 2022 augusztusában (Debrecen agrár kampusz)

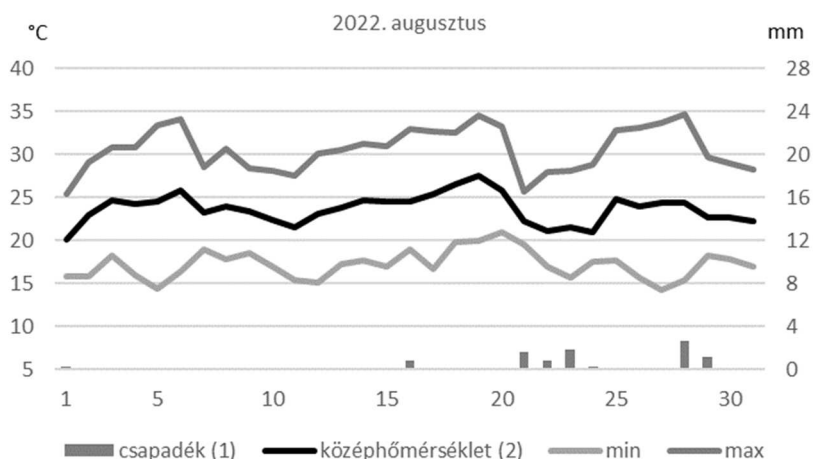


Figure 6. Daily values of precipitation, minimum, maximum and mean temperatures in August 2022, Debrecen agricultural campus. (1) Precipitation (mm), (2) Mean temperature (°C)

2022. szeptember

Szeptemberre jelentős fordulat következett be az időjárás jellegében. A havi középhőmérséklet (15,8 °C) kissé elmaradt a sokévi átlagtól és emellett rendkívül sok csapadék hullott. A 165 mm-es csapadékösszeg a legnagyobb szeptemberi érték a mérések kezdete óta. A szélsőséges szárazság már a hónap elején mérséklődött, később a talajok jelentős mélységig telítődtek. A hőmérsékleti maximumok a hónap első felében többnyire 20–26 °C, a második felében 15–20 °C között alakultak (7. ábra). A minimumokban is fokozatos csökkenés figyelhető meg. Fagy nem volt, a legalacsonyabb érték a 20-i 3,8 °C. A hónap időjárása az érés, illetve betakarítás szempontjából kedvezőtlenül alakult.

7. ábra. A minimum, maximum és középhőmérséklet, valamint a csapadék napi értékei 2022 szeptemberében (Debrecen agrár kampusz)

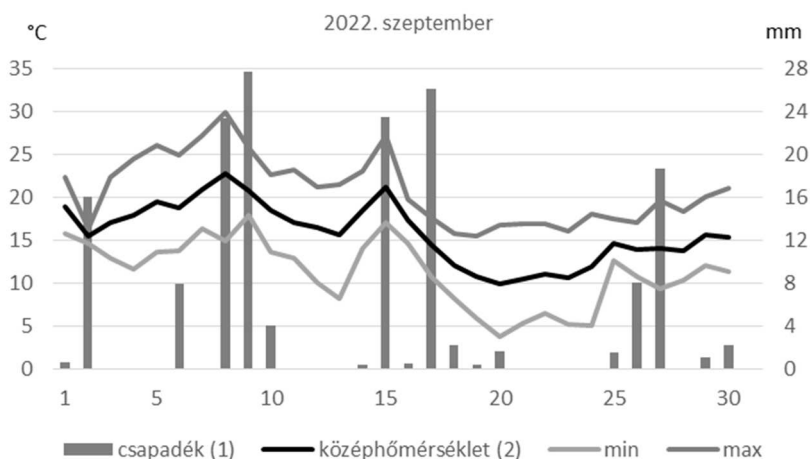


Figure 7. Daily values of precipitation, minimum, maximum and mean temperatures in September 2022, Debrecen agricultural campus. (1) Precipitation (mm), (2) Mean temperature (°C)

Következtetések

A 2022-es aszály rendkívüliségében fontos tényező volt, hogy a megelőző téli időszakban a talajok mélyebb rétegei nem tudtak átnedvesedni. A téli félévben mindössze 150 mm csapadék hullott, egy igen aszályos tenyészidőszakot követően, így nagyon alacsony volt a talajok tavaszi induló vízkészlete. Az április még átlagosan csapadékos volt, ezt követően azonban igen jelentős csapadékhiány alakult ki. A három nyári hónapban összesen 66 mm csapadék esett, ami 115 mm-el elmaradt az átlagostól. A vízhiányt és annak káros hatásait fokozta, hogy a hőmérséklet a május-augusztus időszakban a szokásosnál lényegesen magasabban alakult. Különösen a nyári hónapok voltak a sokévi átlagnál sokkal melegebbek, rendre 3,4 °C, 2,4 °C, illetve 2,9 °C-os pozitív hőmérsékleti anomáliát mutattak.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- Ben-Ari, T.–Adrian, J.–Klein, T.–Calanca, P.–Van der Velde, M.–Makowski, D.*: 2016. Identifying indicators for extreme wheat and maize yield losses. *Agricultural and Forest Meteorology*. 220: 130–140.
- Carter, E. K.–Melkonian, J.–Riha, S. J.–Shaw, S. B.*: 2016. Separating heat stress from moisture stress: analyzing yield response to high temperature in irrigated maize. *Environmental Research Letters*. 11: 094012.
- Gombos B.–Nagy J.*: 2019. Az időjárás értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletek eredményei alapján. *Növénytermelés*. 68. 2: 5–23.
- Gombos B.–Nagy J.*: 2022. A látóképi kukorica tartamkísérlet 2021-es tenyészidőszakának agrometeorológiai jellemzőinek elemzése. *Növénytermelés*. 71. 1: 7–20.
- Lobell, D. B.–Hammer, G. L.–McLean, G.–Messina, C.–Roberts, M. J.–Schlenker, W.*: 2013. The critical role of extreme heat for maize production in the United States. *Nat. Clim. Change*. 3: 497–501.
- Nagy, J.*: 2012. The effect of fertilization and precipitation on the yield of maize (*Zea mays* L.) in a long-term experiment. *Időjárás*. 116. 1: 39–52.
- Nielsen, D. C.–Halvorson, A. D.–Vigil, M. F.*: 2010. Critical precipitation period for dryland maize production. *Field Crops Research*. 118: 259–263.
- Nyéki, A.–Kerepesi, C.–Daróczy, B.–Benczúr, A.–Milics, G.–Nagy, J.–Harsányi, E.–Kovács, A. J.–Neményi, M.*: 2021. Application of spatio-temporal data in site-specific maize yield prediction with machine learning methods. *Precision Agriculture*. 22: 1397–1415.
- OMSZ.*: 2019. Magyarország hőmérsékleti viszonyai.
- Pálfai I.*: 2002. Magyarország aszályossági zónái. *Vízügyi Közlemények*. 84. 3: 323–357.
- Smith, W. C.–Betran, J.–Runge, E. C. A. (eds.)*: 2004. *Corn. Origin, History, Technology, and Production*. Hoboken, NJ: John Wiley. 949.
- Széles, A.–Fejér, P.–Harsányi, E.–Huzsvai, L.*: 2019. Evaluation of Changes Caused by Genotypes and Weather on the Protein and Oil Content of Maize Grains in the Continental Climate of Central European Hungary. *Journal of Agriculture Food and Development*. 5: 22–32.

- Széles, A.-Nagy, J.-Rátonyi, T.-Harsányi, E.:* 2019. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. *Maydica*. 64. 2: 14.
- Westgate, M. E.-Boyer, J. S.:* 1986. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. *Crop Science*. 26: 951-956.
- Wheeler, T. R.-Craufurd, P. Q.-Ellis, R. H.-Porter, J. R.-Vara Prasad, P.:* 2000. Temperature variability and the yield of annual crops. *agric. Ecosyst. Environ.* 82: 159-167.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

*Dr. Gombos Béla - Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*gombos.bela@agr.unideb.hu

A kukorica hibridek smart paramétereinek elemzése

¹HADÁSZI LÁSZLÓ – ²ILLÉS ÁRPÁD – ²BOJTOR CSABA –

¹SOJNÓCZKI ISTVÁN – ²NAGY JÁNOS

¹KITE Zrt. Innovációs Főigazgatóság, Nádudvar

²Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Kutatásunk során Magyarországon nagy területen termesztett kiváló kukorica hibrideket vizsgáltunk szuper intenzív csepegtető öntözéses kísérletben. A kísérlet a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet (DE AKIT DTTI) Látókép Növénytermesztési Kísérleti Telepén került beállításra. Vizsgálatunk során nyolc eltérő FAO számmal rendelkező hibridet elemeztünk szántóföldi körülmények között csepegtető öntözéses tartamkísérletben. Az egyes genotípusok termésmennyiségét, valamint az azokat meghatározó terméselemeket a fiziológiai érettséget követő egyedi mintavétel alapján állapítottuk meg. A mintavételt követően egyedi mintafeldolgozás keretében határoztuk meg az egyes genotípusok átlagos egyedi szentőmegét, egyedi szemszámát, ezermagtömegét, valamint a termésmennyiséget. A kedvezőtlen agrometeorológiai tényezők ellenére az intenzív termesztéstechnológia eredményeképpen a H3, H5 és H6 genotípusok egyaránt 15 t/ha értéket meghaladó termésmennyiséggel rendelkeztek, amely mutatja a genotípusok jó termésstabilitását. A termésmennyiség kialakulásában elsődleges jelentőséggel két tényező, az egyedi szemszám, valamint az egyedi szentőmeg jelenik meg. Ezen tényezők genotípus-specifikus értékelése során megállapítottuk, hogy az egyedi szemszám értékeiben kiemelkedő volt a H6 genotípus, mintegy 9-34%-kal meghaladva a többi vizsgált hibridet. Ezen felül a kísérletben a H5 hibrid szintén 600 db/cső értéket meghaladó egyedi szemszámmal rendelkezett, jelentősen meghaladva a többi vizsgált hibridet. Az ezermagtömeg adatokban a H4 genotípus bizonyult

legkiemelkedőbbnek 465,71 g értékkel. Ezek alapján a hibrid 10–27%-kal nagyobb ezermagtömeggel rendelkezett a többi vizsgálatba vont genotípushoz képest. A hibridek közül a 400 g ezermagtömeg értéket meghaladó H2 és H3 – a rövid tenésztidő ellenére – kiemelkedő értékeket mutatott.

Kulcsszavak: kukorica hibrid, intenzív termesztéstechnológia, csepegtető öntözés

Analysing the smart parameters of maize hybrids

¹L. HADÁSZI – ²Á. ILLÉS – ²CS. BOJTOR – ¹I. SOJNÓCZKI – ²J. NAGY

¹KITE Zrt. Innovation Directorate-General, Nádudvar

²University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management

Institute of Land Use, Engineering and Precision Farming Technology, Debrecen

Summary

In this research, excellent maize hybrids grown over a large area in Hungary were tested in a super intensive drip irrigation experiment. The experiment was set up at the University of Debrecen, Institutes for Agricultural Research and Educational Farm, Debrecen Educational Farm and Landscape Research Institute (DE AKIT DTTI) the Látókép Crop Production Experimental Station. In our study, eight hybrids with different FAO numbers were analysed under field conditions in drip irrigation long-term experiments. The yield of each genotype and the yield components determining the yield were estimated on the basis of individual sampling after physiological maturity. After sampling, the average individual grain weight, individual grain number, thousand grain weight and yield of each genotype were determined by individual sample processing. Despite unfavourable agro-meteorological factors, intensive production techniques resulted in yields of genotypes H3, H5 and H6 all exceeding 15 t ha⁻¹, indicating high yield stability of the examined genotypes. Two factors, individual grain number and individual grain weight, are of primary importance in the development of yield. Genotype-specific evaluation of these factors revealed that the genotype H6 was prominent in the values of individual grain

number, outperforming the other examined hybrids by about 9–34%. In addition, in the experiment, the H5 hybrid also had an individual grain number exceeding 600 grains per ear, significantly outperforming the other tested hybrids. The genotype H4 proved to be the most outstanding in terms of thousand grain weight with a value of 465.71 g. These results showed that the hybrid had 10–27% higher thousand grain weight compared to the other tested genotypes. Of the examined hybrids, H2 and H3, which exceeded 400 g thousand grain weight, showed outstanding values despite the fact that they are short maturity hybrids.

Keywords: maize hybrid, intensive production technology, drip irrigation

Bevezetés

A népességszám és az ipari volumenek növekedése magával vonja a termesztés intenzifikálását. Termőterületeink mérete folyamatosan csökken, ezáltal a rendelkezésre álló területek hatékony kihasználása elengedhetetlen a modern mezőgazdasági gyakorlat során. Magyarországon a szántóterületeink jelentős része kiváló minőségű és alkalmas a termesztés nagyfokú intenzifikálására. Hazánkban a köztermesztésben forgalomban lévő kukorica hibridek száma meghaladja a 400 darabot. A hibridek között jelentős eltérés van genetikai potenciálban, illetve a tenyészidőszak hosszában. A FAO érréscsoportok szoros összefüggést mutattak a terméshozammal, illetve pozitív, mérsékelt erősséggel korrelációt ($r=0,68$) találtak a hozam és a keményítőtartalom között; negatív, közepesen erős korrelációt ($r=-0,52$) a hozam és a fehérjetartalom között; laza, negatív korrelációt ($r=-0,19$) a hozam és a hozam és az olajtartalom között (Hegyi et al. 2008). A vetés időpontja és a hibrid érréscsoportja két döntő tényező, amelyek meghatározzák a kukorica terméshozampotenciálját egy bizonyos környezetben (Baum et al. 2019). Az éghajlatváltozással összefüggésben ezek a tényezők egyre fontosabbak. A környezeti stresszviszonyok leküzdésére alkalmas genotípusok helyes megválasztása és a genotípushoz igazodó tápanyagellátás nagyon fontos, mivel ezek nagyban meghatározzák a termesztés hatékonyságát (Széles et al. 2019, Nyéki et al. 2021). A változó éghajlat jelentősen befolyásolja a kukoricatermelést, különféle abiotikus stresszt okozva (Lobell és Field 2007, Lobell et al. 2014, Pachauri et al. 2014.). Ennek ellenére Észak- és Nyugat-Európában a fajták

koraisága kulcsfontosságú alkalmazkodási tulajdonságnak tekinthető (*Singor et al.* 2001), ami korábbi betakarítást és a szárítási költségek csökkenését eredményezi.

A Debreceni Egyetem által létrehozott hosszú távú kísérletben az éves csapadék mennyisége és eloszlása, valamint a tápanyag-utánpótlás együttes hatásainak értékelésére van lehetőség. *Széles et al.* (2017) kutatásukban megállapították, hogy a kukorica termőképességét a 2014-es, 2015-ös és 2016-os tenyészidőszakban jelentős mértékben befolyásolták a környezeti tényezők. Minden vizsgált esetben szignifikáns ($P < 0,001$) különbség volt az egyes tenyészévek között (*Széles et al.* 2017).

A késői érettségi csoportba tartozó hibridek azonban többet vehetnek igénybe a rendelkezésre álló hőegységekből (*Lobell et al.* 2014). A környezeti tényezők közül a víz jelenléte vagy hiánya nagymértékben limitáló tényező, amelyre genotípus-specifikus toleranciával rendelkeznek az egyes kukorica hibridek (*Shojaei et al.* 2022). A csepegtető öntözés hatékonyságát bizonyítja a többi öntözési móddal szemben az, hogy a víz és a tápanyagok közvetlenül a gyökérszóna közelében kerülnek kijuttatásra. *Abd El-Wahed* és *Ali* (2013) kimutatták, hogy a csepegtető öntözőrendszer maximalizálta a kukorica szemtermést és a vízfelhasználás hatékonyságát a szórófejes öntözőrendszerhez képest. Az öntözés gyakorisága az egyik fontos tényező a csepegtető öntözés kezelésében, különösen a durva szerkezetű talajokon. A megfelelő öntözési gyakoriság egyensúlyt teremthet a talajnedvesség és az oxigénviszonyok között a növény gyökérszónájában a teljes vegetációs időszakban (*Wan* és *Kang* 2006). A megfelelő tápanyagellátáshoz a kukoricának nitrogénre, foszforra és káliumra van elsődlegesen szüksége a normál növekedéshez. A nitrogén fontos növényi tápelem, és ez az elem határozza meg a vegetatív fázist és az azt követő szaporodási fázist, különösen olyan tápanyagindikátor-kultúráknál, mint a kukorica. A talaj nitrogéntartalma meghatározhatja a kukorica termését egy adott területen (*Adediran* és *Banjoko* 1995, *Subedi* és *Ma* 2005). A nitrogén a kukorica szárazanyagának 1–4%-át teszi ki. A nitrogén kulcsszerepet játszik a kukorica (növényi) növekedési folyamataiban, különösen a klorofillban és az enzimekben, hiánya a kukorica növekedésének csökkenéséhez vezethet. A foszfor makroelem egyaránt döntő szerepet játszik a kukorica növekedésében. Enzimatis reakciókban működik, nélkülözhetetlen a sejtosztódásban, segíti a mag- és termésképzést, beleértve a termés

érettségét (Illés et al. 2022). A kálium a kukorica növekedésében is jelentős szerepet játszik, a kálium csak szerves formában fordul elő a talajban, és nagymértékben befolyásolja a növényekben található szerves összetevők szintézisét. Minden sejttanyagsere-folyamatban nélkülözhetetlen, fontos szereppel bír a szénhidrát, fehérjék, zsírok és olajok szintézisében, valamint a szintetizált összetevők transzlokációjában és a klorofill fejlődésében egyaránt.

A kukorica a növényfajától és a talaj termékenységi állapotától függően eltérően reagál a nitrogén (N), foszfor (P) és kálium (K) kijuttatására (Bojtor et al. 2022). Katsvairo et al. (2003) kutatási eredményei azt mutatják, hogy a különböző kukoricafajták tápanyagreakciói eltérőek a nitrogén műtrágya kijuttatására.

A vizsgálat célkitűzése az eltérő éréscsoportba tartozó kukorica hibridek főbb termésalkotó elemeinek összehasonlító értékelése volt, intenzív agrotechnika megvalósítása mellett.

Anyag és módszer

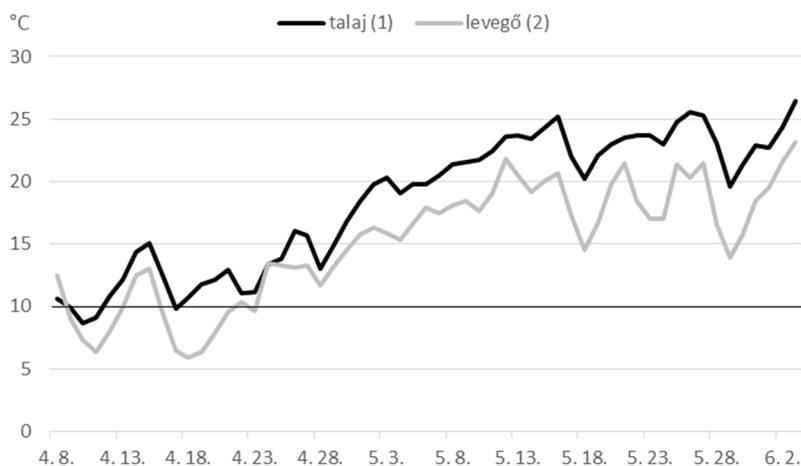
A kísérleti terület adatai

A kísérlet a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet (DE AKIT DTTI) Látókép Növénytermesztési Kísérleti Telepén került beállításra. A kísérleti terület a hajdúsági löszháton kialakult mészlepedékes csernozjom talajon helyezkedik el, amely kiváló lehetőséget teremt a kísérlet céljaul kitűzött maximális genetikai terméspotenciál eléréséhez. A terület talajviszonyai a magas technológiai minőségű kukoricatermesztés számára ideálisak, középkötött, jó vízellátottságú, nagy termőrétegű kísérleti területet eredményezve (Nagy 2019).

A kísérleti terület időjárási jellemzői

A kísérleti területet a 2022-es évjárat szélsőséges időjárási viszonyai jellemezték (1-2. ábra). Az igen száraz 2021-es tenyészidőszakot követő téli félévben is kevés csapadék hullott Debrecen térségében. A Látóképi Kísérleti Telepen hat hónap alatt lehullott 144 mm csapadék 70 mm-rel kevesebb a sokévi átlagnál. Az időszak kissé hidegebb, de napfényben lényegesen gazdagabb volt a szokásosnál (1. táblázat).

1. ábra. A talajhőmérséklet (5 cm, szántásos alapművelés) és a léghőmérséklet (2 m) alakulása (Debrecen-Látókép, 2022. április 8.–június 3.)



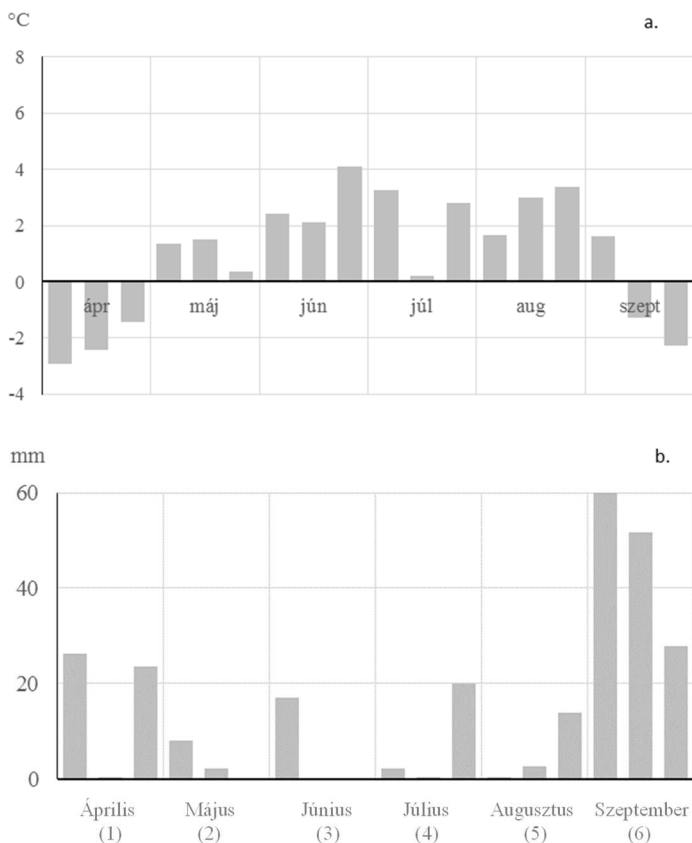
Forrás: Gombos és Nagy (2023)

Figure 1. Daily average of soil temperature (at 5 cm depth), air temperature (2 m) and the difference of them (Debrecen-Látókép, 8 April to 3 June, 2021). (1) Soil temperature, (2) Air temperature, Source: Gombos and Nagy (2023)

A talajok mélyebb rétegének feltöltődése nem volt kielégítő. A januártól márciusig összesen lehullott mindössze 32 mm csapadék mellett a napos, szeles időjárás határozottan elindította a talajok felső rétegének kiszáradását. Mindez már előre vetítette egy akár súlyosabb aszály kialakulásának lehetőségét.

A szárazság miatt a tavaszi talajmunkákat mindenütt el lehetett végezni már március folyamán. Az áprilist kissé hűvös, átlagosan csapadékos időjárás jellemezte. Az egész tenyészidőszakot tekintve csupán április mutatott jelentős negatív hőmérsékleti anomáliát, a 9,0 °C-os középhőmérséklete 2,2 °C-kal maradt el az átlagostól, de kevésbé volt hűvös, mint a 2021-es április. Májusban viszont már meleg, igen száraz időjárás uralkodott a hónap elejétől kezdődően. A vetés, a kelés és korai vetés esetén még a kezdeti fejlődés szempontjából is összességében kedvezőek voltak a meteorológiai feltételek 2022 tavaszán.

2. ábra. A dekád középhőmérsékletek eltérése a sokévi átlagtól (a) és a csapadékösszegek (b) 2022 tenyészidőszakában (Debrecen-Látókép, 2022)



Forrás: *Gombos és Nagy (2023)*

Figure 2. 10-day precipitation sums (b) and anomalies of the 10-day average air temperature values (a) in the growing season (Debrecen-Látókép, 2022). (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) September, Source: *Gombos and Nagy (2023)*

A napi talajhőmérsékleti középértékek április 12-től emelkedtek tartósan a növény bázishőmérséklete (10 °C) felé és a hónap végére érték el stabilan a 15 °C-ot (1. ábra). A talaj hőmérséklete néhány nap kivételével több fokkal meghaladta a léghőmérsékletet, az áprilisi időszakban átlagosan 2,1 °C,

májusban 4,1 °C volt a hőmérsékleti többlet. Ez kedvező, mert hatleveles állapotig a kukorica tenyészőcsúcsa a talajfelszín alatt található, tehát a fejlődési sebességet közvetlenül a talaj hőmérséklete határozza meg, a léghőmérséklet hatása közvetve érvényesül.

1. táblázat. *A hőmérséklet, a csapadék (Debrecen-Látókép) és a napfénytartam (Debrecen-Repülőtér, OMSZ) havi és féléves jellemzői 2022-ben*

Időszak (1)	Középhőmérséklet (°C) (2)	Csapadék (mm) (3)	Napfénytartam (óra) (4)
Téli félév (X-III.) (5)	3,4 (-0,8)	144 (-70)	891 (+217)
Nyári félév (IV-IX.) (6)	18,5 (+1,0)	268 (-78)	1566 (+50)
Április (7)	9,0 (-2,2)	53 (-3)	177 (-37)
Május (8)	17,6 (+1,0)	10 (-54)	275 (+25)
Június (9)	22,2 (+2,9)	17 (-49)	358 (+89)
Július (10)	23,4 (+2,1)	22 (-44)	312 (+26)
Augusztus (11)	23,5 (+2,7)	17 (-32)	303 (+14)
Szeptember (12)	15,3 (-0,7)	152 (+104)	141 (-67)

Forrás: *Gombos és Nagy (2023)*, Megjegyzés: zárójelben az 1981–2010-es időszak átlagértékeitől való eltérések.

Table 1. Monthly (and half year) characteristics of air temperature, precipitation at Debrecen-Látókép and sunshine duration (Debrecen-Airport, HMS) in 2022. (1) Period, (2) Mean temperature (°C), (3) Precipitation (mm), (4) Sunshine duration (hours), (5) Winter period, (6) Summer period, (7) April, (8) May, (9) June, (10) July, (11) August, (12) September, Note: in brackets the differences from the climatic normal values of 1981–2010, Source: *Gombos and Nagy (2023)*

A teljes nyári időszak igen meleg és rendkívül száraz volt. A dekádonkénti adatok (2. ábra) mutatják, hogy a száraz periódus már május elején elkezdődött és csak augusztus végén ért véget. Az átlagosnál lényegesen melegebb időszak június elejétől szeptember első dekádjáig tartott, csupán átmenetileg július közepén mérséklődött kissé a hőmérséklet, de ekkor is átlagosan meleg volt az időjárás. A havi középhőmérsékletek mindhárom nyári hónapban viszonylag egységesen 2–3 °C-kal haladták meg az átlagot. A napsütéses órák száma is magas volt, általában kevés felhő jellemezte az

időjárást. Nyári teljes csapadékösszeg mindössze 56 mm, ami még a 2021-es 72 mm-es igen alacsony értéktől is elmarad, és csupán egy alkalommal volt ennél kisebb nyári csapadékösszeg 1951 óta (1962-ben 55 mm). Mindössze két alkalommal hullott 10 mm feletti napi csapadék (június 4.: 11,5 mm, július 31.: 12 mm), de ezek a levegő igen nagy párologtató képessége miatt nem tudtak érdemben hozzájárulni a kukorica vízellátásához. A napsütéses órák száma mindhárom hónapban meghaladta a sokévi átlagot, a napfényben leggazdagabb hónap a június volt (368 óra). A jellemző anticiklonális helyzet, a kevés felhő és száraz levegő miatt nagy volt a napi hőingadozás. Az éjszakai órákban általában 20 °C alá hűlt a levegő, viszont igen magas (44) volt a hőség napok ($\max \geq 30$ °C) száma a nyári időszakban.

A kísérlet agrotechnikai jellemzői

Az egyes kukorica genotípusok maximális terméspotenciáljának elérése érdekében a kísérletben intenzív, forgatásos alpművelésre alapozott termesztéstechnológiát alkalmaztunk, csepegtető szalagos mikroöntözéssel és többszöri tápanyagutánpótlási rendszerrel együtt (2. táblázat).

A kísérletben értékelt hibridek főbb jellemzői

- H1 (FAO 380): Kompakt fenotípusos megjelenésű kukorica hibrid: átlagos növénymagassága 321,7 cm. A cső 136,9 cm-es magasságban ered a szárról. Kiváló gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 20,03 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága egyaránt jó. Biológiai érettségét korán, augusztus végén képes elérni. Levélfelület indexe (LAI) 4,6.
- H2 (FAO 380): Termetét tekintve magas hibrid, átlagos növénymagassága 322 cm. A cső 136,2 cm-es magasságban ered a szárról. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 19,89 mm. Agronómiai tulajdonságai optimálisan, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Levélfelület indexe (LAI) 4,3.
- H3 (FAO 400): Átlagos növénymagassága 331,5 cm. A cső 136,9 cm-es magasságban ered a szárról. Szép, telt csöveket fejleszt, ezermag tömege: 421 g. Szárátmérője átlagosan 20,46 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Biológiai érettségét 08. 31-én érte el. Levélfelület indexe (LAI) 4,1.

2. táblázat. *A kísérlet agrotechnikai adatai*
(Debrecen-Látókép, 2022)

Dátum (1)	Agrotechnikai műveletek (2)
2021. 10. 01.	Elővetemény szármaradványainak zúzása (3)
2021. 10. 08.	Őszi tápanyagutánpótlás (4) 24 kg/ha N, 72 kg/ha P ₂ O ₅ , 72 kg/ha K ₂ O
2021. 10. 11.	Forgatásos alapművelés (5)
2022. 03. 02.	Alapművelés lezárása (6)
2022. 03. 29.	Tavaszi tápanyagutánpótlás (7) 135 kg/ha N, 35 kg/ha CaO, 25 kg/ha MgO
2022. 04. 26.	Vetés (8)
2022. 05. 24.	Mechanikai sorközművelés (9)
2022. 06. 10.	Tápoldatos tápanyagutánpótlás (10) 3,5 kg/ha N, 5 kg/ha P ₂ O ₅ , 40 kg/ha K ₂ O
2022. 06. 29.	Növényvédelem (11) 0,3 kg/ha - acetamiprid (200 g/kg) 0,2 l/ha - lambda-cihalotrin (50 g/l)
2022. 05. 27.-08. 11.	Öntözés összes kijuttatott vízmennyiség 456,8 mm (12)
2022. 07. 12.	Tápoldatos tápanyagutánpótlás (13) 1,75 kg/ha N, 2,5 kg/ha P ₂ O ₅ , 20 kg/ha K ₂ O
2022. 10. 10.	Betakarítás (14)

Table 2. Agrotechnical data of the experiment (Debrecen-Látókép, 2022). (1) Date, (2) Agrotechnical operations, (3) Crushing plant residues of the previous crop, (4) Autumn nutrient replenishment, (5) Ploughing as primary tillage, (6) Finishing primary tillage, (7) Spring nutrient replenishment, (8) Sowing, (9) Interrow cultivation, (10) Nutrient replenishment with nutrient solution, (11) Crop protection, (12) Irrigation - total amount: 456.8 mm, (13) Nutrient replenishment with nutrient solution, (14) Harvesting

- H4 (FAO 410): Nagy növénymagasságú hibrid, átlagosan 326,4 cm mértékkel. A cső 115,5 cm-es magasságban ered a szárról. Ezermagtömege 465,71 g volt. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 18,57 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek,

- kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Biológiai érettségét korán, szeptember elején (09. 03.) elérte. Levélfelület indexe (LAI) 4,9.
- H5 (FAO 450): A FAO 400-as csoport közepén érik. Átlagos növénymagassága 321,2 cm. A cső 130,1 cm-es magasságban ered a szárról. Optimális gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 18,42 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Levélfelület indexe (LAI) 4,3. Ezermagtömege 388,01 g. Átlagos csőhossza: 20,4 cm; átlagos cső átmérő: 51 mm.
 - H6 (FAO 470): A FAO 400-as csoport végén érő genotípus, átlagosan 312,2 cm növénymagassággal. A cső 119,6 cm-es magasságban ered a szárról. Megfelelő gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 20,44 mm. Agronómiai jellemzői kedvezőek, egyaránt jó kelési erély, korai fejlődés és szárszilárdság jellemzi. Levélfelület indexe (LAI) 4,2, ezermagtömege 394,09 g volt. Átlagos csőhossza: 21,7 cm; átlagos cső átmérő: 51,2 mm.
 - H7 (FAO 490): A FAO 400-as csoport végi érésidejű genotípus, magas termetű, átlagos növénymagassága 301,5 cm. A cső 127,1 cm-es magasságban ered a szárról. Kiváló gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 19,65 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága egyaránt jó. Levélfelület indexe (LAI) 5,0. Ezermagtömege 399,91 g. Átlagos csőhossza: 20,1 cm; átlagos csőátmérő: 50,1 mm.
 - H8 (FAO 420): A FAO 400-as csoport eleji érésidejű genotípus, kompakt felépítésű: átlagos növénymagassága 293 cm. A cső átlagosan 123,9 cm-es magasságban ered a szárról. Szép, telt csöveket fejleszt, ezermag tömege: 395,7 gramm. Szárátmérője átlagosan 18,11 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Levélfelület indexe (LAI) 5,0. Átlagos csőhossza: 19,6 cm; átlagos csőátmérő: 47,3 mm.

Terméselem vizsgálatok

Az egyes genotípusok termésmennyiségét, valamint az azokat meghatározó terméselemeket a fiziológiai érettséget követő egyedi mintavétel alapján állapítottuk meg. A mintavételt követően egyedi mintafeldolgozás keretében határoztuk meg az egyes genotípusok átlagos egyedi szemtömegét, egyedi szemszámát, ezermagtömegét, valamint a termésmennyiséget.

Statisztikai értékelés

Az eredmények statisztikai elemzéséhez az adatok megfelelőségi értékelését Kolmogorov-Smirnov normalitásvizsgálattal végeztük el. Az egyes genotípusok közötti különbségek feltárásához egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk. A statisztikailag igazolt eltérések meghatározására pedig Fisher-féle legkisebb szignifikáns különbség (LSD) tesztet használtunk. A statisztikai értékeléshez, valamint az ábrák elkészítéséhez Minitab (Minitab LLC., Pennsylvania, USA) és MS Excel 365 (Microsoft Corporation, Redmond, USA).

Eredmények

A kísérletben vizsgált közép- és közép-korai érésű kukoricahibridek termésparamétereinek értékelése során megállapítottuk, hogy a termésmennyiséget tekintve a H4 hibrid volt kiemelkedő, 16 t/ha feletti értéket eredményezve. A kedvezőtlen agrometeorológiai tényezők ellenére az intenzív termesztéstechnológia eredményeképpen a H3, H5 és H6 genotípusok egyaránt 15 t/ha értéket meghaladó termésmennyiséggel rendelkeztek, amely mutatja a genotípusok jó termésstabilitását (3. *ábra*).

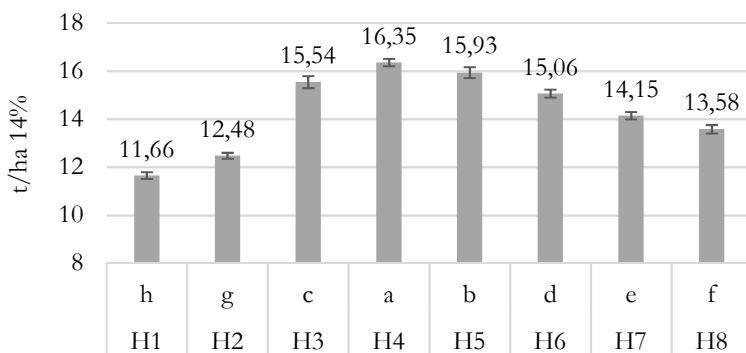
A termésmennyiség kialakulásában elsődleges jelentőséggel két tényező, az egyedi szemszám, valamint az egyedi szemtömeg jelenik meg. Ezen tényezők genotípus-specifikus értékelése során megállapítottuk, hogy az egyedi szemszám értékeiben kiemelkedő volt a H6 genotípus, mintegy 9–34%-kal meghaladva a többi vizsgált hibridet. Ezen felül a kísérletben a H5 hibrid szintén 600 db/cső értéket meghaladó egyedi szemszámmal rendelkezett, jelentősen meghaladva a többi vizsgált hibridet (4. *ábra*).

Az egyedi szemtömeg értékei az egyedi szemszámhoz hasonló tendenciát mutattak, amely szerint a H6 genotípusnak volt a legmagasabb az egy csővön lévő szemek tömege, átlagosan 268,33 g/cső értékkel. Ezzel 5–36%-kal meghaladta a többi vizsgált hibrid csővenkénti szemtömegét. Az évről-évre adottságokhoz viszonyítva magas, 250 g/cső értéket ezen felül kettő hibrid, a H3 és H4 ért el (5. *ábra*).

A kukorica hibridek termésmennyiségével összefüggésben az ezermagtömeg adatokban a H4 genotípus bizonyult legkiemelkedőbbnek, 465,71 g értékkel. Ezek alapján a hibrid 10–27%-kal nagyobb ezermagtömeggel rendelkezett a többi vizsgálatba vont genotípushoz képest. A hibridek közül a 400 g

ezermagtömeg értéket meghaladó H2 és H3 a rövid tenyészidejük ellenére kiemelkedő értékeket mutatott (6. ábra).

3. ábra. *Eltérő érésidejű kukorica genotípusok termésmennyisége (n=4±S.D.) (Debrecen-Látókép, 2022)*

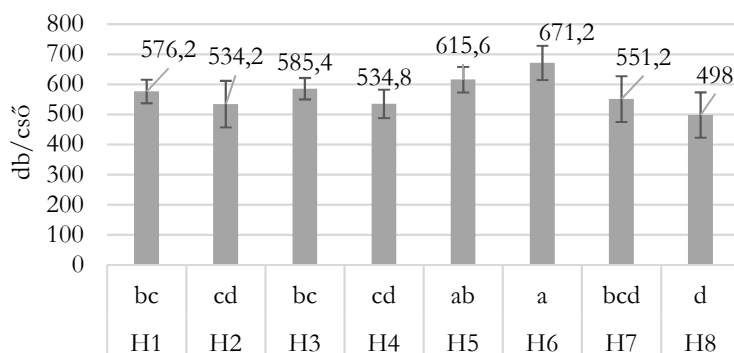


Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Figure 3. Yield of maize genotypes with different maturity (n=4±S.D.) (Debrecen-Látókép, 2022).

Note: values with different lettering are statistically different from each other.

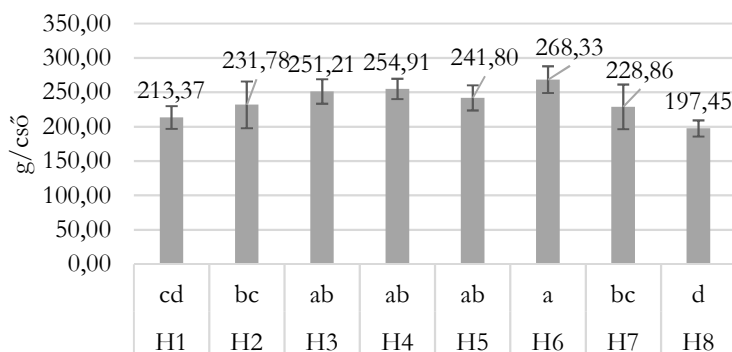
4. ábra. *Eltérő érésidejű kukorica genotípusok egy csövön lévő szemszáma (n=5±S.D.) (Debrecen-Látókép, 2022)*



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Figure 4. Number of grains per ear of maize genotypes with different maturity (n=5±S.D.) (Debrecen-Látókép, 2022). Values with different lettering are statistically different from each other.

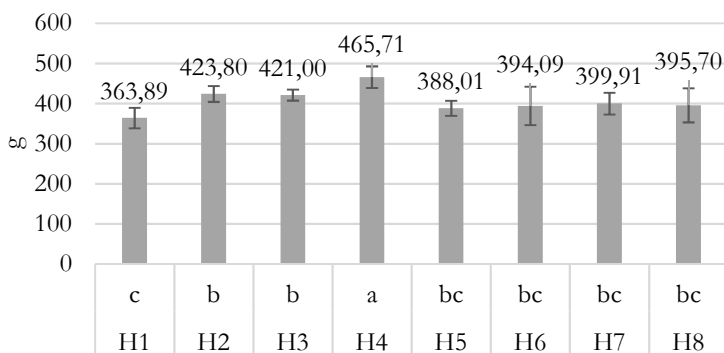
5. ábra. *Eltérő érésidejű kukorica genotípusok egy csövön lévő szemtömege (n=5±S.D.) (Debrecen-Látókép, 2022)*



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Figure 5. Weight of grains per ear of maize genotypes with different maturity (n=5±S.D.) (Debrecen-Látókép, 2022). Note: values with different lettering are statistically different from each other.

6. ábra. *Eltérő érésidejű kukorica genotípusok ezermagtömege (n=5±S.D.) (Debrecen-Látókép, 2022)*



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Figure 6. Thousand grain weight of maize genotypes with different maturity (n=5±S.D.) (Debrecen-Látókép, 2022). Note: values with different lettering are statistically different from each other.

Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- Abd El-Wahed, M. H.–Ali, E. A.*: 2013. Effect of irrigation systems, amounts of irrigation water and mulching on corn yield, water use efficiency and net profit. *Agricultural Water Management*. 120: 64–71.
- Adediran, J. A.–Banjoko, V. A.*: 1995. Response of maize to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers in the savanna zones of Nigeria. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 26. 3–4: 593–606.
- Baum, M. E.–Archontoulis, S. V.–Licht, M. A.*: 2019. Planting date, hybrid maturity, and weather effects on maize yield and crop stage. *Agronomy Journal*. 111. 1: 303–313.
- Bojtor, C.–Mousavi, S. M. N.–Illés, Á.–Golzardi, F.–Széles, A.–Szabó, A.–Nagy, J.–Marton, C. L.*: 2022. Nutrient composition analysis of maize hybrids affected by different nitrogen fertilisation systems. *Plants*. 11. 12: 1593.
- Gombos B.–Nagy J.*: 2023. A 2022-es rendkívüli aszály agrometeorológiai jellemzői Debrecen-Látóképen. *Növénytermelés*. 72. 1: 5–18.
- Hegyi, Z.–Pók, I.–Berzy, T.–Pintér, J.–Marton, L.*: 2008. Comparison of the grain yield and quality potential of maize hybrids in different FAO maturity groups. *Acta Agronomica Hungarica*. 56. 2: 161–167.
- Illés, Á.–Bojtor, C.–Mousavi, S. M. N.–Széles, A.–Tóth, B.–Szabó, A.–Nagy, J.*: 2021. Evaluation of Complete Fertilizer in the Aspect of the Antioxidant Enzyme System of Maize Hybrids. *Agronomy*. 11. 11: 2129.
- Katsvairo, T. W.–Cox, W. J.–Van Es, H. M.–Glos, M.*: 2003. Spatial yield response of two corn hybrids at two nitrogen levels. *Agronomy Journal*. 95. 4: 1012–1022.
- Lobell, D. B.–Field, C. B.*: 2007. Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental Research Letters*. 2. 1: 014002.
- Lobell, D. B.–Roberts, M. J.–Schlenker, W.–Braun, N.–Little, B. B.–Rejesus, R. M.–Hammer, G. L.*: 2014. Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the US Midwest. *Science*. 344. 6183: 516–519.
- Nagy J.*: 2019. Komplex talajhasználati, víz-és tápanyaggazdálkodási tartamkísérletek 1983-tól a Debreceni Egyetemen. *Növénytermelés*. 68. 3: 5–28
- Nagy J.–Zelenák A.–Illés Á.–Bojtor Cs.–Gombos B.–Szabó A.–Nyéki A.–Széles A.*: 2023. Eltérő FAO-számú kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésparamétereinek elemzése öntözött állományban. *Növénytermelés*. 72. 1: 69–84

- Nyéki, A.–Kerepesi, C.–Daróczy, B.–Benczúr, A.–Milics, G.–Nagy, J.–Harsányi, E.–Kovács, A. J.–Neményi, M.: 2021. Application of spatio-temporal data in site-specific maize yield prediction with machine learning methods. *Precision Agriculture*. 22: 1397–1415.
- Pachauri, R. K.–Allen, M. R.–Barros, V. R.–Broome, J.–Cramer, W.–Christ, R.–van Ypersele, J. P.: 2014. Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Ippc*. 151.
- Shojaei, S. H.–Mostafavi, K.–Omrani, A.–Illés, Á.–Bojtor, C.–Omrani, S.–Mousavi, S. M. N.–Nagy, J.: 2022. Comparison of maize genotypes using drought-tolerance indices and graphical analysis under normal and humidity stress conditions. *Plants*. 11. 7: 942.
- Signor, C. E. L.–Dousse, S.–Lorgeou, J.–Denis, J. B.–Bonhomme, R.–Carolo, P.–Charcosset, A.: 2001. Interpretation of genotype×environment interactions for early maize hybrids over 12 years. *Crop Science*. 41. 3: 663–669.
- Subedi, K. D.–Ma, B. L.: 2005. Ear position, leaf area, and contribution of individual leaves to grain yield in conventional and leafy maize hybrids. *Crop Science*. 45. 6: 2246–2257.
- Széles, A.–Nagy, J.–Rátonyi, T.–Harsányi, E.: 2019. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. *Maydica*. 64. 2: 14.
- Széles, A.–Ragán, P.–Nagy, J.: 2017. Abiotic stress impacts caused by weather and nutrient replenishment on the yield of maize (*Zea mays* L.). *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 4. 1: 39–44.
- Wan, S.–Kang, Y.: 2006. Effect of drip irrigation frequency on radish (*Raphanus sativus* L.) growth and water use. *Irrigation Science*. 24: 161–174.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Hadászi László – Sojnóczki István
KITE Zrt. Innovációs Főigazgatóság
Nádudvar
Bem József u. 1.
H-4181
*nov-hl@kite.hu

Illés Árpád – Bojtor Csaba – Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási-, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Különböző talajművelési rendszerek hatása eltérő genotípusú kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésparamétereire, fehérje-, szénhidrát- és olajtartalmára

¹KECSKÉS ISTVÁN - ²NAGY ANTAL - ¹SOJNÓCZKI ISTVÁN - ³NAGY JÁNOS

¹KITE Zrt., Nádudvar

Debreceni Egyetem MÉK

²Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

³Növényvédelmi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Kutatásunk célja a különböző talajművelési rendszerek kukorica (termésmennyiség, betakarításkori szemnedvesség-tartalom) paramétereire és a beltartalmi értékmérő tulajdonságaira (keményítő-, fehérje-, olajtartalom) gyakorolt hatásának vizsgálata. A kukorica szántásos alapművelését vetettük össze a talaj szerkezetének megóvása szempontjából előnyös művelési módokkal (tárcsás lazító, egyeneskéses lazító, sávművelő). A vizsgálatunkat két eltérő évjáratban, két különböző csapadékeloszlású évben - 2020-ban és 2021-ben - végeztük Nádudvar határában, középkötött réti csernozjom talajon, mezoparcellás kísérletben, három különböző érésidőjű hibrid (FAO 380, FAO 420, FAO 490) bevonásával.

2020-ban a vetést megelőzően márciusban, majd áprilisban is kevés csapadék hullott, a sokéves átlag mindössze 23%-a és 39%-a, ami nem kedvezett a tavaszi vetésű növényeknek, így a kukoricának sem. Ezzel szemben júniusban és júliusban 256%-a, illetve 217%-a hullott le a sokéves átlagnak. 2021-ben is rendkívüli volt a csapadék eloszlása. Áprilisban csupán a sokéves átlag 52%-a, ugyanakkor májusban a sokéves átlag 144%-a hullott le. Az év összességében - a sokéves átlaghoz képest - szélsőségesen száraz volt, különösen júniusban és júliusban, amikor a csapadék a sokéves átlag mindössze 14%-át, valamint 69%-át érte el.

A művelési mód hatása a terméseredményre mindkét vizsgált évben szignifikáns volt. 2020-ban a szántás (15,84 t/ha) terméseredménye egyaránt felülmúlta a sávos és

a talajvédő lazításos művelés eredményeit. 2021-ben is a szántás eredménye volt a legnagyobb (5,46 t/ha), felülmúlta az összes többi művelési mód eredményét, de 10,37 t/ha-ral maradt el a 2020-as terméseredménytől.

2020-ban és 2021-ben a hibridek terméseredmény alapján kialakított rangsora eltérően alakult. A legjobb terméseredményt 2020-ban a FAO 490-es hibrid érte el (16,18 t/ha), ez szignifikánsan magasabb a két másik hibridhez képest. 2021-ben a rangsor megváltozott. A száraz évjáratban A FAO 420-as hibrid volt képes a legmagasabb (4,33 t/ha) terméseredményt elérni. A kukoricaszemek beltartalmi vizsgálatánál eltérő eredményeket mértünk a két évjárat tekintetében. 2020-ban az olajtartalom a négy művelési mód közül a redukált művelésben szignifikánsan magasabb volt, a többi művelésnél nem alakult ki valós eltérés. A keményítőtartalom vizsgálata alapján a szántás, talajvédő és a sávos művelés között nem alakult ki szignifikáns különbség, valamint a redukált és a sávos művelés között sem volt mérhető eltérés. A fehérjetartalom 2021-ben különbséget mutatott, a szántás és a talajvédő művelési mód igazoltan alacsonyabb értéket ért el, mint a redukált művelés. 2020-hoz képes 6%-ról 8%-ra emelkedett a fehérjetartalom 2021-ben. A keményítőtartalomban is jelentős különbséget mértünk, 2020-ban 66%, 2021-ben 62% volt a keményítőtartalom.

Kulcsszavak: beltartalom, fehérje, termésátlag, olajtartalom, kukorica

Impact of different tillage systems on the yield parameters, protein, carbohydrate and oil content of different genotypes of maize (*Zea mays* L.) hybrids

¹I. KECSKÉS – ²A. NAGY – ¹I. SOJNÓCZKI – ³J. NAGY

¹KITE Zrt., Nádudvar

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

²Institute of Land Use, Engineering and Precision Farming Technology, Debrecen

³Institute of Crop Protection, Debrecen

Summary

The aim of our research is to investigate the effect of different tillage systems on maize parameters (yield, grain moisture content at harvest) and on the nutritional

value parameters (starch, protein, oil content). The ploughing primary tillage of maize was compared with the tillage practices (disc tillage, straight knife tillage, strip tillage) that are beneficial for soil structure conservation. The study was carried out in two different crop years with two different rainfall distributions, 2020 and 2021, on mid-heavy meadow chernozem soil in the outskirts of Nádudvar, in a mesoparcel experiment with three hybrids of different maturity (FAO 380, FAO 420, FAO 490).

In 2020, pre-sowing rainfall was low in March and April, only 23% and 39% of the multi-year average, which did not favour spring-sown crops, including maize. In June and July, on the other hand, rainfall was 256% and 217% of the multi-year average. In April, only 52% of the multi-year average fell, while in May it was 144% of the multi-year average. The year as a whole was extremely dry compared to the multi-year average, especially in June and July, when rainfall was only 14% and 69% of the multi-year average, respectively.

The impact of the tillage method on yields was significant in both examined years. In 2020, the yield of ploughing (15.84 t ha⁻¹) was higher than both strip and conservation tillage. In 2021, ploughing was also the highest (5.46 t ha⁻¹), higher than all other tillage methods, but 10.37 t ha⁻¹ lower than in 2020.

In 2020 and 2021, the ranking of hybrids by yield was different. The best yield in 2020 was achieved by the FAO 490 hybrid (16.18 t ha⁻¹), significantly higher than the other two hybrids. In the dry season, the FAO 420 hybrid was able to achieve the highest yield (4.33 t ha⁻¹). Content value analysis of maize grains showed different results in the two crop years. In 2020, the oil content was significantly higher in the reduced tillage of the four tillage methods, with no real difference in the other methods. The analysis of starch content showed no significant difference between ploughing, conservation tillage and strip tillage, and no measurable difference between reduced and strip tillage. The protein content in 2021 showed a difference, with ploughing and conservation tillage demonstrably lower than reduced tillage. Compared to 2020, protein content increased from 6% to 8% in 2021. There was also a significant difference in starch content, with 66% in 2020 and 62% in 2021.

Keywords: content values, protein, average yield, oil content, maize

Bevezetés

A kukorica napjainkban az állati takarmányozásban és a humán élelmiszer-előállításában is nagy jelentőséggel bír, továbbá az ipari felhasználása is – bioetanol, festékek, környezetbarát csomagolóanyagok – igen széles körű (Harsányi et al. 2008, Nagy 2008, Rátonyi et al. 2018). 2022-ben a világon 1201 millió tonnát termeltünk kukoricából, így ez volt a legnagyobb tömegben termesztett kultúrnövény. 372 millió tonnás terméssel a legnagyobb termelő az Egyesült Államok volt, amit Kína (273 millió tonna) és Brazília (103 millió tonna) követett (OECD FAO 2023). Európában Ukrajna volt a legnagyobb termelő 35 millió tonnás terméssel, amivel világviszonylatban az ötödik helyen szerepelt (OECD FAO 2023). Magyarországon 2019-ben 8,23 millió tonna kukoricát termesztettek (FAO 2019). Hazánkban a kukorica az egyik legjelentősebb termőterülettel rendelkező növény. A búza mellett ez a kultúra is évről évre mintegy egymillió hektár (ha) – vagy azt valamivel meghaladó – vetésterülettel rendelkezik, ami az elmúlt években enyhe csökkenő tendenciát mutatott (KSH 2021). Nagy (2007) 16 évvel ezelőtti hasonló adatai a jelenben is megállják a helyüket. Továbbra is a takarmányként történő felhasználása a legjelentősebb, és emellett az ipari alapanyag és élelmiszerként történő felhasználás is egyre jelentősebb, továbbá a kukorica azon kevés növények közé tartozik, mely a monokultúrát termesztést is elviseli.

A kukorica termésátlagok alakulása az egyik legjobb értékmérője a termesztéstechnológia fejlődésének. A korszerű hibridek, az intenzív műtrágyahasználat, a korszerű növényvédelem, valamint az innovatív műszaki megoldások, azaz a technológia fejlődése az 1960-as évektől folyamatos (Nagy és Megyes 2009). A KSH (2021) adatai alapján elmondható, hogy az elmúlt mintegy két évtizedben folyamatos növekvő tendencia volt jellemző az országos termésátlagokra, az évről-évre megfigyelhető jelentős, klimatikus okokkal magyarázható ingadozások ellenére. Harnos (1996) meghatározása alapján elmondható, hogy az időjárási szélsőségek ellenére hazánkban a kukoricatermesztés számára megfelelőek a feltételek mind a talaj, mind az éghajlat tekintetében. Hollinger és Changnon (1994) adatai szerint az időjárási tényezők azok, amik legnagyobb mértékben képesek befolyásolni a kukoricatermés mennyiségét, különös tekintettel a csapadék mennyiségére.

A megfelelő termőhely mellett a növénytermesztési technológia és a hibrid megválasztása az, mellyel a kukorica beltartalmi értékeit, azaz a minőséget meghatározó paramétereket javítani tudjuk (Marton et al. 2008). A kukorica beltartalmával foglalkozó tanulmányok megállapították, hogy a kukorica nem tartozik a nagy fehérjetartalmú növényeink közé, de a normál endospermiumú hibridek fehérjetartalma széles határok között változik (Sharobeem et al. 1986, Prokszáné és Harmati 1988). Marton (2009) vizsgálatai azt mutatták, hogy a kukorica szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalma 69-75% között alakul, és ezt növelni csak az egyéb beltartalmi mutatók rovására lehetséges. A fehérjetartalom megoszlása egyenetlen a kukoricaszemben, tehát a szemek tömegét megváltoztató tényezők hatással lesznek a szemek fehérjetartalmára is (Gundel et al. 1981, Izsáki 2006, Hegyi 2008, Hegyi et al. 2008), így a termésátlag és a fehérjetartalom között negatív összefüggés mutatható ki (Bálint 1977, Bhatia és Rabson 1987, Sander et al. 1987, Nagy 2009, 2021). A fehérje- és a keményítőtartalom alakulás egyaránt összefüggésbe hozható a növénytermesztési technológiával. Széles és Nagy (2013) szerint három év adatait tekintve mindig a korai vetések esetén volt magasabb a szemek szárazanyag-százalékában kifejezett keményítőtartalma.

Számos hazai és nemzetközi kutatási eredmény rávilágított arra, hogy a talajművelési rendszerek talajra – és azon keresztül a termésmennyiségre – gyakorolt hatása csak legalább középtávú vizsgálatokban mérhető megfelelő módon (Wildman és Gowans 1975, Neigi 1982, Birkás et al. 1989, Birkás és Szabó 1992, Nagy 1995, 1996; Pakurár 1999). Megyes et al. (2002) vizsgálatukban a hagyományos forgatásos (szántás) művelési módban a kukorica termésmennyisége 1,1 t/ha-ral múlta felül a forgatás nélküli (disk ripper) művelési rendszerben termelt kukorica termésmennyiségét. Drimba és Nagy (1998), Rátonyi et al. (2005) és Sulyok (2005) kutatásaikban a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén beállított szántóföldi tartamkísérletben igazolták, hogy mészlepedékes csernozjom talajon a kukorica számára leginkább kívánatos alpművelési módszer az őszi szántás, a tavaszi szántással és a tárcsás műveléssel való összevetésben.

A talajművelési módok hatásának részletesebb feltárása érdekében négy talajművelési mód: a szántás, a redukált-, a talajvédő lazításos- és a sávos művelés kukorica termésmennyiségére és beltartalmi paramétereire (fehérje-, szénhidrát- és olajtartalom) gyakorolt hatását vizsgáltuk három eltérő érési idejű hibrid bevonásával a 2020–2021-es időszakban a Hajdúságban, egy Nádudvar környéki kísérleti területen.

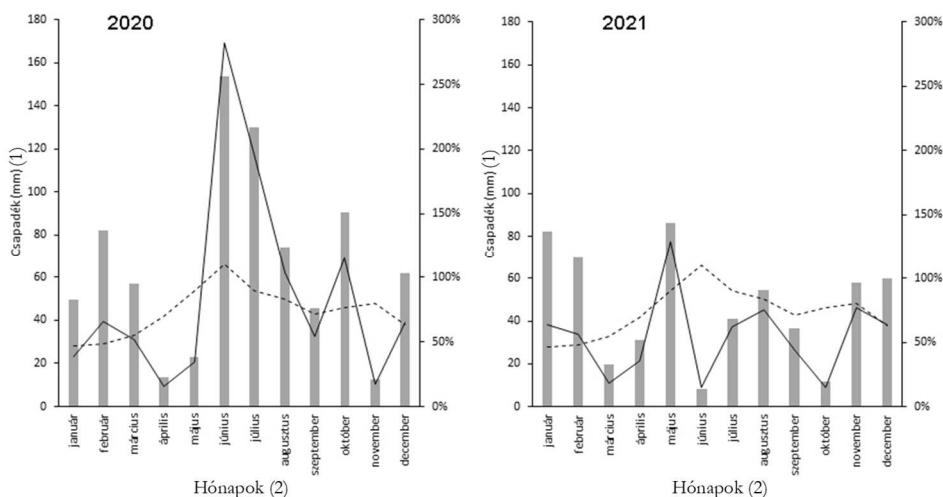
Anyag és módszer

Kísérleti terület

A vizsgálatokat 2020-ban és 2021-ben a KITE Zrt. kísérleti telephelyén folytattuk Nádudvar település határában (47°25'41 É 21°12'3 K 85 m) mérsékelt meleg és száraz termesztési körzetben. A kísérleti terület a hajdúságra általában jellemző intenzíven művelt agrárterületen zajlott. A terület egy jó kultúrállapotú, középkötött réti csernozjom talajú szántó volt. Aranyféle kötöttsége K_A 48 (agyagos vályog), átlagos pH_{KCl} 7,1 (semleges), humusztartalma: 3,8% (jó). A talaj eredeti AL-oldható P_2O_5 tartalma 286 mg/kg (igen jó) (légszáraz talajban), AL oldható K_2O tartalma 499 mg/kg (igen jó) (légszáraz talajban) volt.

Az időjárási tényezők mérését a kísérleti területen elhelyezett automata meteorológia állomás végezte. 2020-ban a vetés és kezdeti fejlődés szempontjából fontos március, április és május hónapban eltérő mennyiségű csapadék hullott. A vetést megelőzően márciusban, majd áprilisban is alul maradt ennek a mértéke, a sokéves átlag mindössze 23%-a, illetve 39%-a, ami nem kedvezett a tavaszi vetésű növényeknek, így a kukoricának sem. Ezzel szemben júniusban és júliusban 256%, illetve 217%-a hullott le a sokéves átlagnak (*1. ábra*). 2021-ben ismét rendkívüli volt a csapadék eloszlása. Áprilisban csupán a sokéves átlag 52%-a hullott le. A májusban érkezett csapadékos időszaknak köszönhetően már a sokéves átlag 144%-a hullott le. Az év összességében a sokéves átlaghoz képest szélsőségesen száraz körülményeket hozott, különösen júniusban és júliusban, amikor a sokéves átlag mindössze 14%-a, valamint 69%-a hullott le (*1. ábra*).

1. ábra. A mintaterület csapadékmennyiségének éves alakulása
2020-ban és 2021-ben



Megjegyzés: fekete vonal – havi csapadékmennyiség, szaggatott vonal – havi csapadék sokéves átlaga, oszlopok – havi csapadék a sokéves átlagos csapadék százalékában.

Figure 1. Yearly evolution of rainfall in the sample area in 2020 and 2021. (1) Rainfall (mm), (2) Months, Note: black line – monthly rainfall amount, dashed line - monthly precipitation as a multi-year average, columns - monthly precipitation as a percentage of the multi-year average.

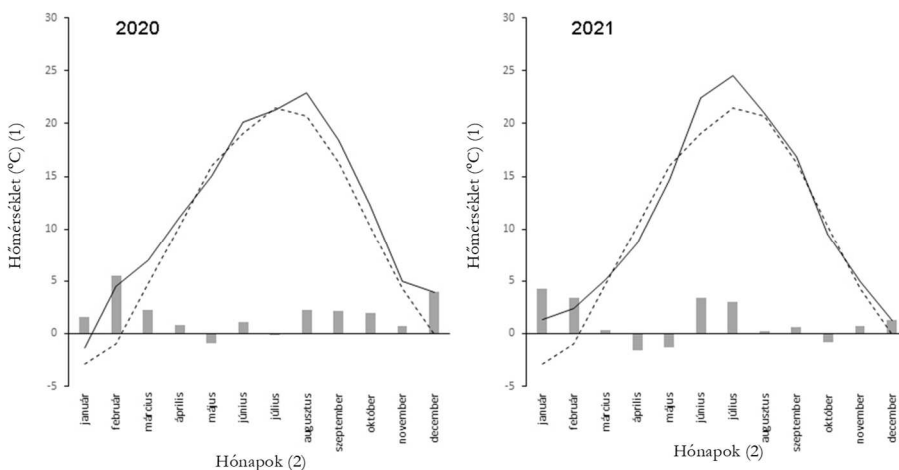
A 2020. január-április időszakában a havi középhőmérsékletek rendre több fokkal is magasabbak voltak a sokéves átlagnál, ahogy az júniusban, majd az augusztus-december közti időszakban is megfigyelhető volt. A márciusi $\pm 5,5$ °C kifejezetten magas értéknek számított, de a különbség rendre elérte a $\pm 2,0$ °C-ot (2. ábra). 2021-ben január, február, majd június és július mutatkozott az átlagosnál jóval melegebbnek, amikor a hőmérséklet átlaga 3–5 °C közötti értékekkel haladta meg a sokéves átlagot. A kukorica fiatalkori fejlődése szempontjából fontos időszakban (április-május) az átlagnál 1–2 °C-kal alacsonyabb hőmérsékleteket mértünk (2. ábra).

A kísérlet beállítása

A kísérleteket négy különböző művelési móddal végeztük: szántás, redukált lazítás, talajvédő lazítás, sávos művelés, három különböző érési idejű hibriddel: FAO 380, FAO 420, FAO 490. A kísérleti parcellákat a művelési

módoknak megfelelő négy blokkban rendeztük el, a hibrideket 4-4 ismétlésben random módon kiosztva a kialakított mezoparcellákon (3. ábra). A parcellák mérete: 4,572 m×120 m (~550 m²) volt.

2. ábra. A mintaterület hőmérsékletének éves alakulása
2020-ban és 2021-ben



Megjegyzés: fekete vonal - havi átlaghőmérséklet, szaggatott vonal - havi átlaghőmérséklet sokéves átlaga, oszlopok - havi átlaghőmérséklet eltérése a sokéves átlagostól.

Figure 2. Annual temperature trends for the sample area in 2020 and 2021. (1) Temperature (°C), (2) Months, Note: black line - monthly average temperature, dashed line - multi-year average of monthly average temperature, columns - deviation of monthly average temperature from multi-year average.

Az alkalmazott talajművelési módok az alábbiak szerint kerültek elvégzésre.

- Szántás: ősszel ekével szántottunk, majd ezt követően tavasszal, vetés előtt Rábe Stumfogl művelőeszközzel műveltük el a talaj felszínét (3 cm mélyen).
- Redukált lazítás: ősszel egy tárcsás lazító (Disk Ripper 2720), majd tavasszal egy Rábe Stumfogl-t használtunk.
- Talajvédő lazítás: ősszel egy Rábe Digger egyenes késes lazítót, majd tavasszal egy Rábe Stumfogl-t használtunk.
- Sávos művelés: ősszel sávművelőt, majd tavasszal egy Rábe Stumfogl-t használtunk (3. ábra).

3. ábra. A kísérleti parcellák elrendezése



Megjegyzés: sötétszürke – FAO 420, világosszürke – FAO 490, fehér – FAO 380.

Figure 3. Experimental plot design. (1) Track, (2) Ploughing, (3) Reduced, (4) Soil conservation, (5) Strip, (6) 8m margin, Note: dark grey – FAO 420, light grey – FAO 490, white – FAO 380.

Termesztéstechnológia

A terület előveteménye 2019-ben kukorica volt, az elővetemény betakarítását követően 32 kg N, 96 kg P₂O₅ és 96 kg K₂O műtrágya került kijuttatásra 2019 és 2020 őszen. Vetéssel egy menetben 20 l/ha 10:40 NP starter műtrágyát helyeztünk ki magnyomó pálca segítségével a magárokba. A kukoricabogár lárvakártétel ellen Force 1,5 G talajfertőtlenítő szert juttattunk ki szintén a magárokba 15 kg/ha-os dózisban mindkét évben. Gyomirtószer preemergensen került kipermetezésre, mind a két évben Adengo 0,44 l/ha-os dózisban. Fejtrágya kijuttatás kultivátorozással egy menetben (Orthman 1tRIPr szárnyas kapás 6 soros kultivátor) történt 117 kg fajlagos hatóanyagtartalmú folyékony UAN oldat formájában. A hibridek 75 000 tő/ha mennyiségben kerültek elvetésre a parcellákba 5 cm-es mélységben. A vetés időpontja 2020. április 20-a és 2021. április 12-e volt.

Adatgyűjtés

A betakarítás előtt minden hibrid minden ismétléséből kijelöltünk egy 3 fm-es mintaterületet. Ezekről a mintaterületekről gyűjtöttünk be a kukoricacsöveket. Az így begyűjtött mintákat lemorzsoltuk és a csövekről származó mintákat egyenként értékeltük a szemek tömege, nedvességtartalma, fehérje-, olaj- és szénhidráttartalma alapján. A kézi mintavételezés mellett a John Deere S670 kombájn által mért adatokat is elemeztük. A betakarító gép 3 másodpercenként GPS koordinátához rögzített adatot szolgáltat, így évente 2100 mért pont alapján tudtunk statisztikai elemzéseket végezni.

Statisztikai értékelés

A művelési módok hatásának összehasonlítása a termésátlagok és a beltartalmi paraméterek összevetésével történt. Mivel a két vizsgált év időjárása jelentősen eltért, azok adatait külön-külön vontuk be az elemzésbe, így lehetőség nyílt az évjárat hatásának a bemutatására is. A hibridek összehasonlítását szintén évenként külön-külön, a jelzett mért paraméterek átlagainak összevetésével végeztük el.

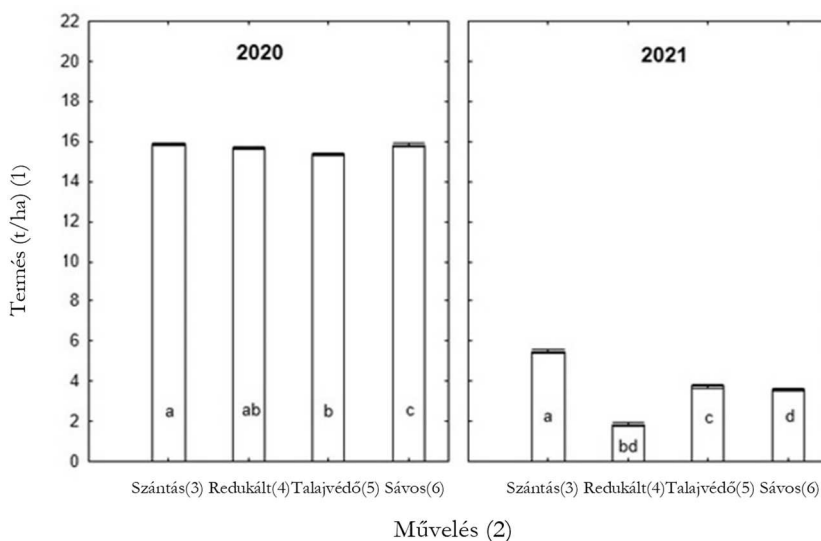
A parametrikus tesztek feltételeinek teljesülését Levene-teszttel (varianciák homogenitása) és Q-Q plot (normál eloszlás) vizsgáltuk. Mivel adataink a legtöbb esetben nem feleltek meg a vizsgált feltételeknek, így az összevetéseket Kruskal-Wallis és Mann-Whitney nemparametrikus tesztekkel végeztük. Ahol előbbi a csoportok szignifikáns eltérést mutatta, ott a páronkénti összevetéseket is Mann-Whitney U-teszttel végeztük el. A statisztikai értékelést IBM SPSS 28.0.1.0 statisztikai program segítségével végeztük.

Eredmények

A két vizsgált év terméseredményei jelentősen eltértek egymástól (Mann-Whitney U: $p < 0,001$) és a művelési mód hatása a terméseredményre mindkét vizsgált évben jelentős volt (4. ábra). 2020-ban a szántás (15,84 t/ha) terméseredménye egyaránt felülmúlta a sávos és a talajvédő lazításos művelés eredményeit, melyek között szintén jelentős eltérés volt a sávos művelés javára. A redukált lazításos művelés, a szántás és a talajvédő lazításos művelési módok egyiktől sem különbözött jelentősen, de a sávos művelés eredményét ez a művelési mód is meghaladta (4. ábra). 2021-ben ismét a szántás eredménye volt a legnagyobb (5,46 t/ha), ami jelentősen felülmúlta az összes többi művelési mód teljesítményét, de 10,37 t/ha-ral maradt el a 2020-as terméseredménytől. A leggyengébbnek a redukált lazítás és a sávos művelés mutatkoztak, amiket a talajvédő lazítás egyaránt megelőzött (4. ábra).

A 2021-ben a termesztett hibridtől függően 12–13 t/ha-ral alacsonyabb termésátlag volt mérhető, mint 2020-ban és a két vizsgált évben a hibridek terméseredmény szerinti rangsora is eltérően alakult. A legjobb terméseredmény 2020-ban a FAO 490-es hibridnél volt mérhető (16,18 t/ha), ami szignifikánsan nagyobb volt, mint a két másik vizsgált hibridé. Itt a FAO 380-as hibrid hozta a legkisebb terméseredményt, a terméskülönbség -1,3 t/ha volt a legjobb FAO 490-es hibridhez képest.

4. ábra. Az átlagos termésmennyiség értékei (t/ha; \pm SE) a különböző talajművelési rendszerekben a két vizsgált évben a kombájn által mért adatok alapján



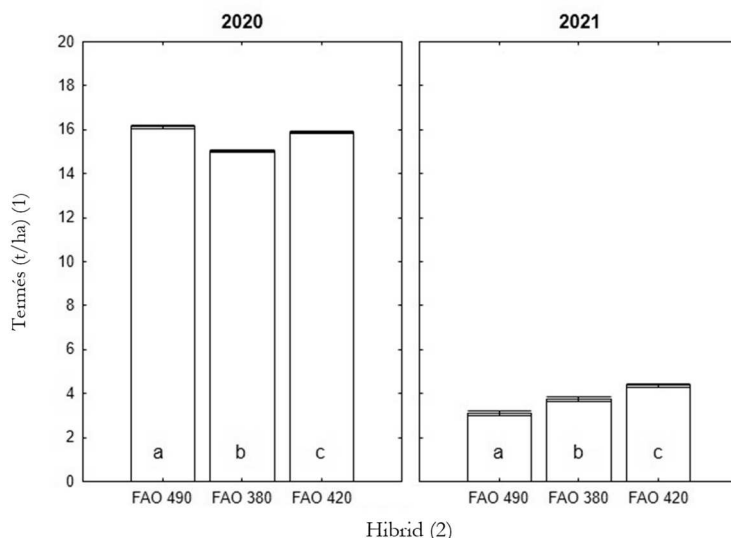
Megjegyzés: a kisbetűk a statisztikai különbségeket jelölik Mann-Whitney U-teszt alapján ($p < 0,05$).

Figure 4. Average yield values (t/ha; \pm SE) for the different tillage systems in the two examined years, based on harvester data. (1) Yield (t/ha), (2) Tillage, (3) Ploughing, (4) Reduced, (5) Soil conservation, (6) Strip, Note: small letters indicate statistical differences based on Mann-Whitney U-test ($p < 0.05$).

A 2021-es extrémén aszályos évben a FAO 420-as hibrid volt képes a legnagyobb (4,33 t/ha) terméseredményt elérni, ezt a FAO 380-as követte 0,6 t/ha-ral kisebb értékkel és végül ebben az évben a leghosszabb tenyészidejű hibrid mutatta a legkisebb terméseredményt (3,02 t/ha). A különbségek mindhárom esetben statisztikailag igazolhatók voltak (5. ábra).

A kukoricaszemek beltartalmi paramétereinek vizsgálatakor is sikerült a vizsgált tényezők hatását igazolni. A 2020-ban a szemek olaj- és a keményítőtartalma között volt megfigyelhető szignifikáns különbség a művelési módok között, míg 2021-ben a szemek fehérjetartalmánál volt, az olaj- és a keményítőtartalom esetén nem volt statisztikai értelemben is kimutatható különbség.

5. ábra. Az átlagos termésmennyiség alakulása (t/ha; \pm SE) hibridenként külön értékelve a két vizsgált évben a kombájn által mért adatok alapján

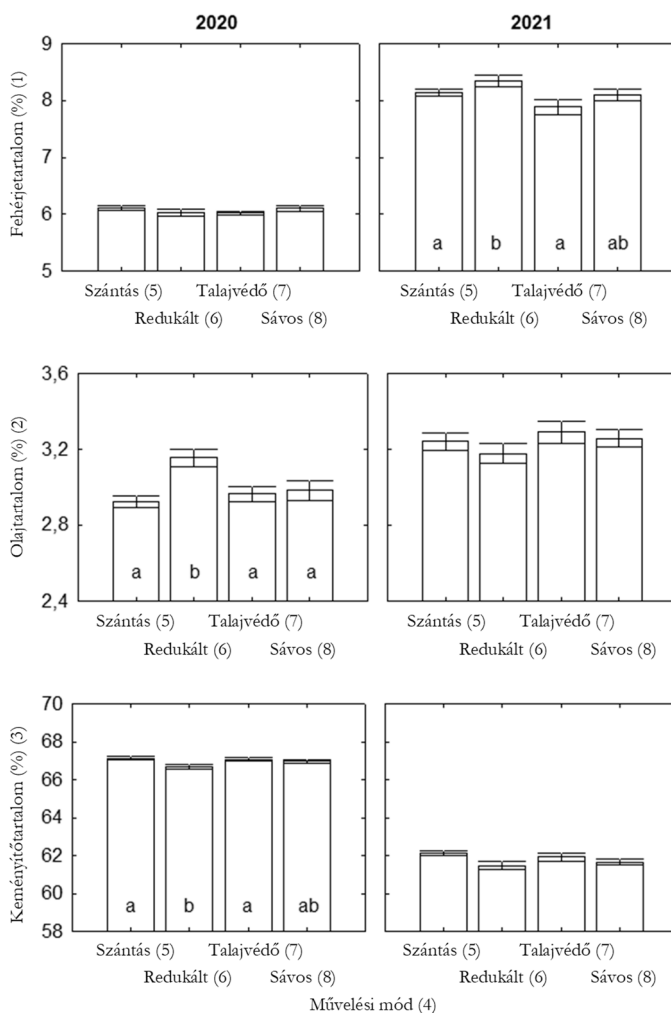


Megjegyzés: a kisbetűk a statisztikai különbségeket jelölik Mann-Whitney U-teszt alapján ($p < 0,05$).

Figure 5. Changes in the average yield (t/ha; \pm SE) per hybrid evaluated separately for the two examined years on the basis of the data measured by the harvester. (1) Yield (t/ha), (2) Hybrids, Note: small letters indicate statistical differences based on Mann-Whitney U-test ($p < 0.05$).

A kukoricaszemek beltartalmi paramétereinek vizsgálatok is sikerült a vizsgált tényezők hatását igazolni. A 2020-ban a szemek olaj- és a keményítőtartalma között volt megfigyelhető szignifikáns különbség a művelési módok között, míg 2021-ben a szemek fehérjetartalmánál volt, az olaj- és a keményítőtartalom esetén nem volt statisztikai értelemben is kimutatható különbség. 2020-ban a szemek olajtartalma a redukált művelés esetén szignifikánsan nagyobb volt, mint a többi művelésben. A keményítőtartalomban a szántás, a talajvédő és a sávos művelés között nem alakult ki szignifikáns különbség, míg a redukált művelésben a szántástól és a talajvédő műveléstől jelentősen kisebb keményítőtartalmat tapasztaltunk (6. ábra).

6. ábra. A kukoricatermés mért átlagos beltartalmi értékei a különböző talajművelési rendszerekben a két vizsgált évben



Megjegyzés: a kisbetűk a statisztikai különbségeket jelölik Mann-Whitney U-teszt alapján ($p < 0,05$).

Figure 6. Measured average yields of maize under different tillage systems in the two examined years. (1) Protein content (%), (2) Oil content (%), (3) Starch content (%), (4) Tillage methods, (5) Ploughing, (6) Reduced, (7) Soil conservation, (8) Strip, Note: small letters indicate statistical differences based on Mann-Whitney U-test ($p < 0.05$).

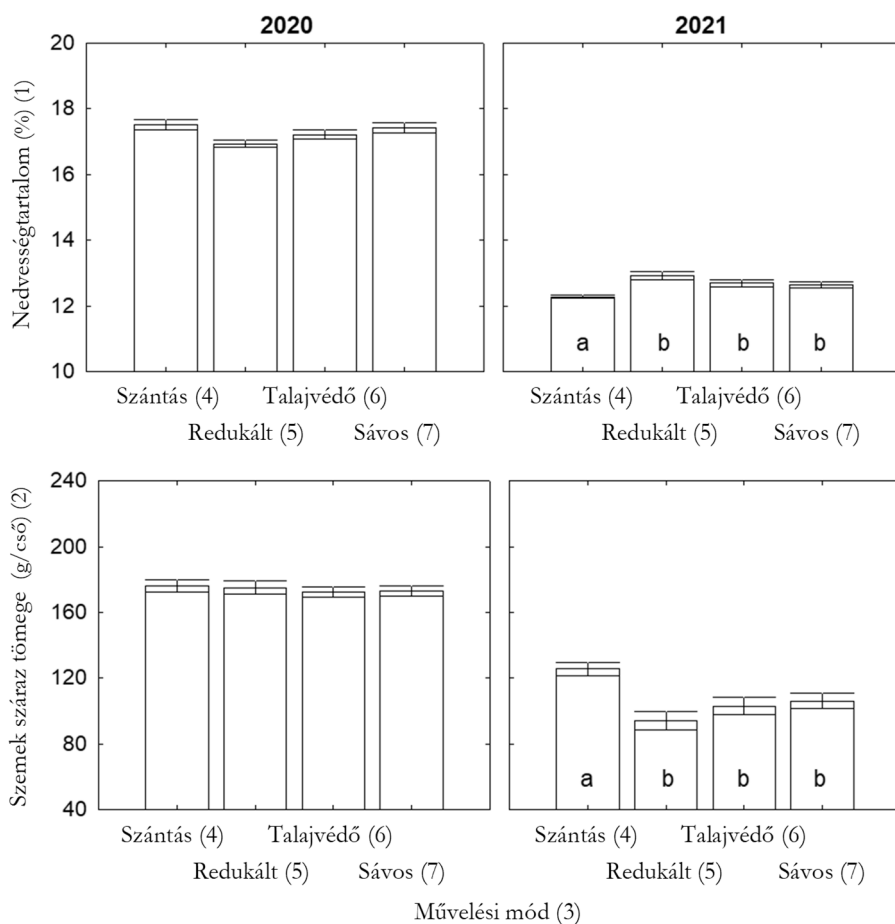
A 2021-ben a fehérjetartalom mutatott különbséget, ami 2020-as a 6% körüli értékről 8% körülire emelkedett, ami 30% feletti különbséget jelentett. A szántás és a talajvédő művelés jelentősen kisebb értéket ért el, mint a redukált művelés, míg a sávos művelésben közepes beltartalmi értéket tapasztaltunk, ami a többi kezeléstől jelentősen nem tért el. Az évjáratok között a keményítőtartalomban is komoly különbség volt mérhető (Mann-Whitney U: $p < 0,001$). 2020-ban mért 66% feletti keményítőtartalmakkal szemben 2021-ben 61–62% közti értékek voltak mérhetőek, ami 7–8%-os csökkenést jelentett 2020-hoz képest (6. ábra).

A szemek betakarításkor mért nedvességtartalma 2021-ben a szántás művelési módban jelentősen kisebb volt, mint a másik három művelési mód esetén. A gyakorlat szemszögéből a betakarításkori szemnedvesség mind a négy művelés esetén ideális volt ($< 14,5\%$). 2020-ban ebből a szempontból valós különbségek nem alakultak ki a művelésmódok között, 17% körüli értékekkel mind a négy művelési mód az ideálisnál nagyobb szemnedvesség volt mérhető a betakarításkor. A két évjárat között a különbség nagy volt, 2020-ban átlag 25%-kal kisebb szemnedvességgel lehetett betakarítani a kukoricát (7. ábra).

A csövekről lemorzsolts szemek száraz tömegénél 2021-ben szignifikáns különbségek alakultak ki a művelési módok között. A szántás esetén mért 120–130 g-os csövenkénti szemtöeggel szemben a többi művelésben 25–30%-kal alacsonyabb értékek voltak mérhetőek, ami így szignifikáns különbségnek bizonyult. A redukált, talajvédő és sávos művelés között nem volt jelentős különbség (7. ábra).

A talajművelési rendszerek termésmennyiségre és beltartalmi paraméterekre gyakorolt hatása mellett a különböző érési idejű hibridek közti különbségek is kimérhetőek voltak. A betakarításkor mért szemnedvességben 2021-ben jelentős különbségeket mértünk a hibridek között. A hosszabb tenyészidejű FAO 490-es hibrid jelentősen nagyobb nedvességtartalommal lett betakarítva, mint a másik két hibrid, melyek közt már nem volt mérhető szignifikáns eltérés. 2020-ban a termés nedvességtartalmára a hibridnek nem volt jelentős hatása (1. táblázat).

7. ábra. A kukoricatermés betakarításakor mért átlagos nedvességtartalma (%; $\pm SE$) és a szemek csövenként mért száraz tömegének átlaga (g/cső; $\pm SE$) művelés módoként a vizsgált években



Megjegyzés: a kisbetűk a statisztikai különbségeket jelölik Mann-Whitney U-teszt alapján ($p < 0,05$).

Figure 7. A kukoricatermés betakarításakor mért átlagos nedvességtartalma (%; $\pm SE$) és a szemek csövenként mért száraz tömegének átlaga (g/cső; $\pm SE$) művelés módoként a vizsgált években. (1) Moisture content (%), (2) Dry grain weight (g/ear), (3) Tillage methods, (4) Ploughing, (5) Reduced, (6) Soil conservation, (7) Strip, Note: small letters indicate statistical differences based on Mann-Whitney U-test ($p < 0.05$).

1. táblázat. A vizsgált hibridek esetén mért átlagos terméseredmények és beltartalmi értékek a vizsgált két évben külön-külön

	2020			2021		
	FAO 490	FAO 380	FAO 420	FAO 490	FAO 380	FAO 420
Nedvesség-tartalom (%) (1)	17,24 (±0,13)	17,27 (±0,13)	17,33 (±0,13)	13,32b (±0,10)	12,22a (±0,06)	12,30a (±0,05)
Szemek száraz tömege (g/cső) (2)	181,76b (±3,40)	168,98a (±2,69)	171,51a (±2,91)	112,61 (±4,75)	100,21 (±3,95)	109,41 (±4,24)
Fehérje-tartalom (%) (3)	6,04ab (±0,04)	6,12b (±0,04)	6,02a (±0,05)	8,09 (±0,09)	8,20 (±0,09)	8,08 (±0,09)
Olaj-tartalom (%) (4)	3,03 (±0,04)	2,98 (±0,03)	3,02 (±0,04)	3,04b (±0,05)	3,33a (±0,03)	3,37a (±0,04)
Keményítő-tartalom (%) (5)	67,01 (±0,09)	66,89 (±0,08)	66,99 (±0,08)	61,89 (±0,15)	61,72 (±0,16)	61,76 (±0,15)

Megjegyzés: a kisbetűk a statisztikai különbségeket jelölik Mann-Whitney U-teszt alapján ($p < 0,05$).

Table 1. Average yields and content values for the examined hybrids for each of the two studied years. (1) Moisture content (%), (2) Dry grain weight (g/ear), (3) Protein content (%), (4) Oil content (%) (5) Starch content (%), Note: small letters indicate statistical differences based on Mann-Whitney U-test ($p < 0,05$).

A szemek száraz tömegében 2020-ba alakult ki jelentős statisztikai különbség a hibridek között. A leghosszabb tenyészidejű hibrid esetén tapasztaltuk a legnagyobb csőenkénti szemtömeget, melynek értéke átlagosan 181,76 g/cső volt, ami jelentősen felülmúlta a másik két hibrid értékét. A FAO 380 és a FAO 420-as hibridek esetén mért értékek nem különböztek szignifikánsan (*1. táblázat*).

A kukoricaszemek beltartalmi mutatói közül a fehérje- és az olajtartalomnál voltak jelentős különbségek a hibridek között. 2020-ban a FAO 380-as hibridnél volt a legmagasabb az átlagos fehérjetartalom (6,12%), ami ugyan nem különbözött jelentősen a FAO 490-es hibridnél mért értéktől, de szignifikánsan nagyobb volt a FAO 420-as hibrid átlagos fehérjetartalmától (*1. táblázat*).

Az olajtartalom esetén 2021-ben volt mérhető jelentős különbség a vizsgált hibridek között. 3,37%-os olajtartalmával a FAO 420-as hibrid nem tért el jelentősen a FAO 380-tól, de a FAO 490-es hibrid olajtartalma mindkettőjükénél

statisztikailag is jelentősen, mintegy 10%-kal kisebbnek bizonyult (1. táblázat).

A keményítő tartalom esetén egyik évben sem tapasztaltunk jelentős eltéréseket a hibridek között (1. táblázat).

Következtetések

Vizsgálatunkban a tesztelt művelési módok és az eltérő évjáratok egyaránt jelentős mértékben hatottak a kukoricatermés mennyiségére és beltartalmi értékeire, csakúgy, ahogy a termesztett hibrid sajátosságai is jelentős hatást gyakoroltak az említett paraméterekre. Az időjárás hatását és a hibridek eltérő termőképességét természetesen már számos korábbi vizsgálat igazolta (*Hollinger és Changnon* 1994, *Széles és Nagy* 2013, *Nagy* 2021), azonban a különböző talajművelési rendszerek hatásáról mindeddig jóval kevesebb ismerettel rendelkezünk.

Eredményeink megerősítették *Dobos* (2009) megállapításait miszerint csapadékosabb évjáratban a hibridek vízleadó képessége is lassabb. A betakarításkor mért nedvességtartalom a csapadékosabb évjáratban a talajműveléstől és a termesztett hibridtől függetlenül nagyobb volt, a szemek lassabban adták le a nedvességüket. Száraz évjáratban a hibridek hatása jelentős, a rövidebb érési idejű hibridek gyorsabban voltak képesek leadni a nedvességet, mint a hosszabb érésidőbe tartozók. A talajművelési módok közül a szántás esetén tapasztaltuk a legkisebb szemnedvességet, de a különbség csak a száraz évjáratban jelentkezett.

A hibridek közt a csöveken mért szemek tömegében 2020-ban igazolható volt statisztikai különbség, azonban a talajművelési rendszerek hatása itt nem volt igazolható. Ezzel szemben 2021-ben a hibridek között nem volt igazolható különbség, míg a talajművelési rendszerek közül a szántás művelési módban a szemek tömege szignifikánsan meghaladta a másik három művelési módnál mért átlagokat. A 2021-ben mért adatok hasonlóak *Drimba és Nagy* (1998), *Rátonyi et al.* (2005) és *Sulyok* (2005) eredményeivel, azonban a 2020-ban mért eredményekkel ugyanezt nem sikerült alátámasztani. A vizsgálataink szerint a talajművelési rendszerek termésre gyakorolt hatását középtávú kísérletekkel lehet alátámasztani, ami számos hazai és külföldi kutató véleményével egybevág (*Wildman és Gowans* 1975, *Nyíri* 1981, *Neigi* 1982, *Birkás et al.* 1989, *Birkás és Szabó* 1992, *Nagy* 1995, 1996; *Pakurár* 1999).

A szemek beltartalmát tekintve magasabb fehérje- és olajtartalom volt mérhető a száraz évjáratban, míg ugyanekkor a szénhidrátartalom alacsonyabb értéket mutatott. A termésátlag és a fehérjetartalom közti negatív összefüggést már számos kutató igazolta (*Bálint* 1977, *Bhatia* és *Rabson* 1987, *Sander et al.* 1987, *Nagy* 2009, 2021). 2020-ban az olaj- és keményítőtartalom a redukált művelésben volt jelentősen magasabb. A fehérjetartalom szignifikánsan nagyobb volt a 2021-es szárazabb évjáratban a redukált művelésben. A beltartalmi mutatók és a növénytermesztési technológia összefüggései a *Széles* és *Nagy* (2013) által leírtakkal megegyező eredményt hozott.

A kombájnnál dokumentált termésadatok alapján mind a két évjáratban a szántás művelési módban volt legnagyobb a terméseredmény, ami alátámasztja számos kutató korábbi eredményeit (*Drimba* és *Nagy* 1998, *Rátonyi et al.* 2005, *Sulyok* 2005). Az évjárat hatásai közül a csapadék mennyisége és eloszlása befolyásolta a legnagyobb mértékben a kukorica termésmennyiségét. A két évjáratot összehasonlítva 10,37 t/ha-ral magasabb terméseredményt értünk el a csapadékosabb 2020-as évben. Ekkor a hibridek közül a leghosszabb tenyészidejű statisztikailag is kiemelkedő termésátlagú volt (16,18 t/ha). Az aszályos 2021-es évben a rövidebb tenyészidejű hibridek bizonyultak jobbnak, ekkor a FAO 420-as hibrid bizonyult jobbnak (4,33 t/ha), ami 1,31 t/ha-ral haladta meg a FAO 490-es hibrid eredményét.

Bár munkánk során több vizsgált tényező esetén is sikerült összefüggést kimutatnunk, azonban azok csak részben támogatták a korábbi vizsgálatok eredményeit. Mivel jelentős évjáratathatást tapasztaltunk, kijelenthető, hogy a vizsgált művelési rendszerek termésátlagokra gyakorolt hatása és az időjárás módosító hatásának vizsgálata további, legalább középtávú (4–6 éves), több ismétlést felvonultató adatsorok elemzésével vizsgálható. Eredményeink jó alapot szolgáltatnak az ilyen vizsgálatok tervezéséhez és kitekintést adnak azok várható eredményivel kapcsolatban is.

IRODALOM

Bálint A.: 1977. A kukorica jelene és jövője. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

Bhatia, C. R.–*Rabson*, R.: 1987. Relationship of Grain Yield and Nutritional Quality 11–44. [In: *Olson*, R. A.–*Frey*, K. J. (eds.) Nutritional Quality of Cereal Grains.] ASA. CSSA. Madison. Wisc. USA.

- Birkás, M.-Antal, J.-Dorogi, I.*: 1989. Conventional and reduced tillage in Hungary. A review. *Soil and Tillage Research*. 13. 3: 233–252.
- Birkás, M.-Szabó, L.*: 1992. Stubble cover-moisture conservation soil protecting tillage. *Interpraevent 1992. Protection of Habitat from Floods, Debris Flows and Avalanches*. Bern. Switzerland. Band. 4: 303–312.
- Dobos A.*: 2009. *Eltérő genotípusú kukoricahibridek szemtermésének szárazanyag beépülés és vízleadás dinamikája*. Doktori PhD értekezés. Debreceni Egyetem. Debrecen.
- Drimba P.-Nagy J.*: 1998. A talajművelés hatásának eredményei a kukoricatermesztésben a kockázat figyelembevételével. *Növénytermelés*. 47. 1: 59–70.
- FAO*: 2019. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Gundel J.-Babinszky L.-Kemenes M.*: 1981. A silózással tartósított szemes kukorica takarmányértéke hízó sertések részére. *Állattenyésztés és takarmányozás*. Budapest. 30: 107–115.
- Harnos, Zs.*: 1996. Modelling crop response in Hungary. [In: Harrison et al. (eds.) *Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe*. Annual Report. Environmental Change Unit.] University of Oxford. 179–189.
- Harsányi, E.-Rátonyi, T.-Kiss, Cs.-Juhász, Cs.*: 2008. How dose maize-based bioethanol production contribute to energy production and employment in Hungary. [In: Koutev, V. (ed.) *13th Ramiran International Conference Potential for simple technology solutions in organic manure management*.] 323–326.
- Hegyí Zs.*: 2008. Minőség, évjárat és hibridválasztás összefüggései. *Az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei*. 2: 16–18.
- Hegyí, Zs.-Pók, I.-Berzy, T.-Pintér, J.-Marton, L. Cs.*: 2008. Comparison of the grain yield and quality potential of maize hybrids in different FAO maturity groups. *Acta Agronomica Hungarica*. 56: 161–167.
- Hollinger, S. E.-Changnon, S. A.*: 1994. Response of Corn and Soybean Yields to Precipitation Augmentation and Implications for Weather Modification in Illinois. *Illinois State Water Survey*. Champaign. 4.
- Izsáki Z.*: 2006. A kukorica minőségorientált tápanyag-ellátása. *Szántó föld*. 10: 7–12.
- KSH*: 2021. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0012.html (Letöltve: 2021. 12. 17.)
- Marton L. Cs.-Hadi G.-Pintér J.-Hegyí Zs.-Nagy E.-Spitkó T.-Szőke Cs.*: 2008. *Kukorica: a jövő növénye. Sokhasznú kukoricahibridek, 2008*. *Az MTA Mezőgazdasági Kutató intézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei*. 1: 3–6.
- Megyes A.-Rátonyi T.-Nagy J.-Kovács M.*: 2002. A kukorica csökkentett menetszámú talajművelési technológiáinak értékelése talaj-és növényvizsgálatok alapján. *Acta Agraria Debreceniensis*. 2: 47–54.

- Nagy J.*: 1995. A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. Növénytermelés. 44. 3: 252–260.
- Nagy J.*: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Nagy J.*: 2009. A vetésidő hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek terméshozamára és minőségére. Növénytermelés. 58. 2: 85–106.
- Nagy J.*: 2021. Kukorica: a nemzet aranya – élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó. Budapest.
- Nagy J.–Megyes A.*: 2009. A kukoricatermesztés kritikus agrotechnikai elemei. Agrofórum Extra. 32: 36–40.
- Nagy, J.*: 2008. Maize production: Food, bioenergy, forage. Akadémiai Kiadó. Budapest. 391.
- Neigi, S C.*: 1982. Hydraulic characteristics of conventionally and zero-tilled field plots. Soil Tillage Res. Amsterdam. 2. 3: 281–292.
- OECD FAO*: 2023. Crop production. <https://data.oecd.org/agroutput/crop-production.htm>
- Pakurár M.*: 1999. A talajművelési változatok és a növényszám hatása a kukorica termésére. XLI. Georgikon Napok. Keszthely.
- Prokszáné Paplogó Zs.–Harmati I.*: 1988. Kukoricahibridek keményítő-, fehérje- és olajtartalma. Növénytermelés. 37. 1: 17–26.
- Rátonyi T.–Ragán P.–Nagy J.–Harsányi E.*: 2018. A kukorica alapú bioetanol előállítás eredményességének vizsgálata. [In: Nagy J. (szerk.) Hangsúlyok a térfejlesztésben.] Debrecen. 355–369.
- Rátonyi, T.–Huzsvai, L.–Nagy, J.–Megyes, A.*: 2005. Evaluation of soil tillage systems in maize production. Acta Agronomica Hungarica. 53: 53–57.
- Sander, D. H.–Allaway, W. H.–Olson, R. A.*: 1987. Modification of nutritional quality by environment and production practices. [In: Olson, R. A.–Frey, K. J. (eds.) Nutritional quality of cereal grains.] ASA. CSSA. Madison. Wisc. USA. 45–82.
- Sharobeem, S. F.–Hidvégi M.–Simonné Sarkadi L.–László R.–Salgó A.*: 1986. A kukorica mint fehérje- és aminosavforrás. Élelmezési Ipar. 40. 8: 287–292.
- Sulyok D.*: 2005. Az alternatív talajművelési rendszerek eredményességének vizsgálata. PhD értekezés. Debrecen
- Széles A.,–Nagy J.*: 2013. A hazai kukorica minősége. Debreceni Szemle Tudomány és Kultúra. Debrecen és a régió tudományos műhelyeinek folyóirata. 12. 4: 204–210.
- Wildman, W. E.–Gowans, K. D.*: 1975. Soil physical environment and how it effects plant growth. Division of Agric. Sci. Univ. of California. Leaflet. 2280.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

*Kecskés István - Sojnóczki István

KITE Zrt.

Nádudvar

Bem József u. 1.

H-4181

*kecskes.istvan88@gmail.com

Dr. Nagy Antal

Debreceni Egyetem MÉK

Növényvédelmi Intézet

Debrecen

Böszörményi út 138.

H-4032

Dr. Nagy János

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet

Debrecen

Böszörményi út 138.

H-4032

Sárvári burgonya-fajtajelöltek összehasonlító fehérjetartalom- és *Phytophthora infestans* rezisztencia-vizsgálata magas minőségű fehérje kinyerésére alkalmas fajta kiválasztása céljából

¹KOVÁCS ÁGNES - ¹SÁRVÁRI ISTVÁN - ²MIKÓ PÉTER PÁL - ²PERCZE ATTILA

¹Dr. Sárvári Agró Kft., Zirc

²MATE Növénytermesztési-tudományok Intézet, Gödöllő

Összefoglalás

A burgonyafehérje táplálkozásbiológiai szempontú előtérbe kerülése miatt összehasonlító kísérletünkben az elsődleges nemesítési célt teljesítő multirezisztens, fajtajelöltnek alkalmas Sárvári burgonyaklónok beltartalmi értékeit vizsgáltuk annak érdekében, hogy közülük fehérje kinyerésre alkalmas jelöltet válasszunk ki magas minőségű állati- és humán táplálékkiegészítés céljára történő fehérje kinyeréséhez. Kísérletünket megelőzően az évről évre nemesített multirezisztens klónok beltartalmi értékeinek vizsgálata során rendszeresen előfordultak az átlagnál magasabb fehérjetartalmúak (>3%), így került fókuszba a magas fehérjetartalom mint fajtajellemző vizsgálata.

A legígéretesebb jelöltek összehasonlító szárazanyag-, keményítő- és fehérjetartalom vizsgálatát azonos talajviszonyok, tápanyagellátottság, öntözés és időjárási tényezők között, valamint azonos növényvédelem mellett végeztük el, szem előtt tartva a potenciális ökotermesztési szempontokat.

A vizsgált értékek alapján fehérjetartalom szempontjából az S05 fajtajelölt kiugróan magas eredményt ért el (4,88%), azonban terméshozam tekintetében elmaradt a sorrendben másodikként teljesítő S10 fajtajelölttől (2,89%). A rövidebb tenészidejű S06 fajtajelölt fehérjetartalom tekintetében előbbiektől elmaradt (2,29%), viszont az összehasonlításban standardként szereplő, szintén közép korai Kondor fajtához képest jobban teljesített, emellett terméshozama a legjobb volt. A

hektárra vetített fehérjehozamot tekintve – habár alacsonyabb terméshozamot produkált – kiugróan magas fehérjetartalma miatt a kísérleti cél szempontjából összességében a legalkalmasabb fajtajelöltnek az S05 bizonyult. Fehérjehozam tekintetében az S10 fajtajelölt a Sárvári Borostyánnal (2,66%) hozott közel azonos eredményt.

Az összehasonlító kísérletben egyúttal vizsgáltuk a burgonyavésszel (*Phytophthora infestans*) szembeni rezisztenciát is, fogékony kontrollfajta bevonásával, amely a kórokozó helyi populációinak gazda- és terjesztő növényéül szolgált. A tenyészidőszakra vonatkozó fertőzöttségi skála értékei alapján a legkevésbé fogékonyak az S05 fajtajelölt bizonyult, a legalacsonyabb értékkel (1,23). A Sárvári Borostyán fajta, illetve az S06 és S10 fajta jelöltek szintén alacsony fertőzöttséget mutattak (1,43–1,67 skála érték). Összehasonlításként a fogékony Desiree fajta a skálán 9, a Kondor fajta 7,49 értéket ért el.

Következő lépésként az ígéretes jelöltek további szántóföldi kísérletbe vonásával az alkalmazott természetéstechnológia és tápanyagellátás optimalizálását tűztük ki célul, a fehérjehozam maximalizálása érdekében.

Kulcsszavak: burgonya fehérje, multirezisztens burgonya, *Phytophthora infestans* rezisztencia, Sárvári burgonya fajták

Comparative protein content and *Phytophthora infestans* resistance testing of Sárvári potato cultivar candidates to select a variety suitable for high quality protein production

¹Á. KOVÁCS – ¹I. SÁRVÁRI – ²P. P. MIKÓ – ²A. PERCZE

¹Dr. Sárvári Agró Kft., Zirc

²MATE Institute of Crop Sciences, Gödöllő

Summary

Due to the focus on potato protein from a nutritional biology point of view, in our comparative experiment we investigated the content values of multi-resistant Sárvári potato clones suitable as candidate varieties for primary breeding in order to select a

candidate for protein extraction for high quality animal- and human supplementation. Prior to our experiment, multi-resistant clones bred from year to year were regularly found to have higher than average protein content (>3%), therefore the focus was on high protein content as a breed trait.

Comparative dry matter, starch- and protein content tests of the most promising candidates were carried out under identical soil conditions, nutrient supply, irrigation and weather factors, and under identical plant protection, keeping in mind the potential for organic production.

In terms of protein content, the candidate variety S05 achieved an outstandingly high result (4.88%), but in terms of yield it was lower than the second best performing candidate variety S10 (2.89%). The shorter duration candidate variety S06 was lower in terms of protein content (2.29%), but better than the standard, also medium-early Kondor, which was also used as a standard for comparison, and had the best yield. In terms of protein yield per hectare, although lower, S05 was the most suitable candidate for the experimental objective, due to its high protein content. In terms of protein yield, the candidate variety S10 yielded almost the same as Sárvári Borostyán (2.66%).

In the comparative experiment, resistance to potato late blight (*Phytophthora infestans*) was also tested using a susceptible control variety as host and disseminator of local populations of the pathogen. Based on the infestation scale scores for the growing season, the candidate cultivar S05 was found to be the least susceptible, with the lowest score (1.23). The candidate cultivars Sárvári Borostyán and S06 and S10 also showed low infestation (scale scores 1.43–1.67). In comparison, the susceptible cultivar Desiree scored 9 on the scale and the cultivar Kondor scored 7.49.

The next step was to optimise the cultivation technology and nutrient supply to maximise protein yield by further field trials of promising candidates.

Keywords: potato protein, multiresistant potato, *Phytophthora infestans* resistance, Sárvári potato varieties

Bevezetés

A Sárvári burgonyanemesítés több évtizede foglalkozik olyan rezisztens burgonyafajták nemesítésével, amelyek a leromlást okozó vírusbetegségekkel (*PLRV*, *PVY*, *PVA*, *PVX*) és a fitoftóra (*Phytophthora infestans*) gombabetegséggel szemben egyaránt rezisztenciával bírnak - azaz többszörös ellenállóságot hordoznak (multirezisztensek).

A burgonyafehérje táplálkozásbiológiai szempontú előtérbe kerülése miatt összehasonlító kísérletünkben az elsődleges nemesítési célt teljesítő multirezisztens, fajtajelöltnek alkalmas burgonyaklónok beltartalmi értékeit vizsgáltuk.

Célunk az volt, hogy közülük olyan fajtajelöltet válasszunk ki további fajtakísérletekhez, amely alkalmas magas minőségű fehérje kinyerésre állati- és humán táplálékkiegészítés céljából.

A rendelkezésre álló genetikai bázisból kinemesített burgonyaklónok közül több éves vizsgálatot követően kiválasztásra kerültek a megfelelő fajtastabilitással és terméshozammal rendelkező jelöltek. Ezt követte a legígéretesebbek összehasonlító szárazanyag-, keményítő- és fehérjetartalom-vizsgálata azonos talajviszonyok, tápanyagellátottság, öntözés és időjárási tényezők mellett.

Kiértékelésünkben a hangsúly a fehérjetartalmon, valamint e paraméter szárazanyag- és keményítőértékekhez viszonyulásán volt. Mivel a fajtajelölt kiválasztásánál meghatározó szerepe volt a betegség-ellenállásnak (rezisztencia figyelembevételének), a kísérlet során e szempontot is vizsgáltuk. Az összehasonlítás eredményeként meghatározhatóak voltak a szignifikáns különbséget mutató fajtajelöltek.

Az összehasonlító kísérlet eredményének és az alkalmazott keresztezési szisztémának együttes kiértékelése lehetővé teszi további célzott keresztezési programok megtervezését, melyek fókuszában célzottan a fehérjetartalom növelése áll.

A burgonya az alapélelmiszerek közé sorolható világszerte, a kukorica, a búza, és a rizs mellett a jelenleg a legnagyobb mennyiségben termesztett alapvető élelmiszernövény (FAO 2021).

A világ burgonyatermelése 2020-ban 359,1 millió tonnát tett ki, 16,49 millió hektár termőterületen. Az utóbbi 10 év világszintű éves termelése nem

csökkent 353,99 millió tonna alá. Európában 2020-ban 107,67 millió tonna burgonya termett 4,57 millió hektáron, amely a világ termelésének 30%-a (FAOSTAT 2021).

Magyarországon 2020-ban 8500 ha-ról 227,8 ezer tonna burgonyát, 2021-ben az Agrárminisztérium által jelzett 7100 ha 98%-áról 176,5 ezer tonna burgonyát takarítottak be a termelők (Stummer 2020, 2021).

A burgonya élelmezési szerepe a fejlődő és a fejlett országokban egyaránt növekszik terméshozama és komplex beltartalmi tulajdonságai miatt. Nélkülözhetetlen növény az élelmiszer-ellátási biztonság szempontjából, amelynek definíciója szerint bárki számára bármikor hozzáférhető kell, hogy legyen az elegendő, biztonságos, tápláló élelmiszer az egészséges és aktív élet fenntartásához (Thomas 2009, DeFauw 2012, FAO 2021).

A fenntartható termesztést nagyban meghatározza a termesztéshez szükséges terület, illetve a víz- és energiaigény. Egy tonna burgonya előállításához 0,06 ha terület szükséges, míg a rizs és búza esetében ugyanez 0,24 illetve 0,35 ha. Emellett, habár a fentiek közül a burgonya rendelkezik a legmagasabb víztartalommal (80%), az 1 liter víz felhasználásával előállított energiatartalom a burgonya esetében a legnagyobb (Robertson 2018).

A burgonya azonos területegységen és időegység alatt a legtöbb „ehető” energiát termeli, többet, mint az egyéb alapvető élelmiszernövények. A megtermelt „ehető” energia a burgonya esetében 216 MJ/ha/nap, ugyanez a kukoricánál 159 MJ/ha/nap, a rizsnél 121 MJ/ha/nap (Anderson 2010).

A fenti szám adatok a fenntarthatóság szempontjából kiemelt jelentőségűek, mivel 2050-re az egy főre jutó termőterület jelentősen le fog csökkenni, a világ prognosztizált népessége 9,74 milliárd fő lesz (United Nations 2022).

A burgonya élelmezésben elfoglalt kiemelt szerepét jelzi, hogy a burgonya 85%-ban ehető, összehasonlítva a gabonafélékkel, ahol ez az érték mindössze 50% (Thomas 2009).

Az utóbbi években váltak elérhetővé az információk a burgonya tápanyagtartalmának biológiai hozzáférhetőségéről és hasznosíthatóságáról, amelyek a hüvelyesekhez és gabonákhoz képest magasabbak az ásványi anyagok hozzáférhetősége szempontjából. A burgonya ígéretes egészség-növelő tulajdonságokkal rendelkezik, állati és emberi klinikai kísérleti tanulmányok igazolják rákmegelőző, koleszterin- és gyulladáscsökkentő, elhízás-gátló és antidiabetikus hatásait, a benne lévő fenolok, antocián vegyületek, rostok, ún.

emésztésnek ellenálló keményítő, karotinoidok és glikoalkaloidok hatására (Burgos et al. 2020).

A burgonya fontos szénhidrát- (ún. emésztésnek ellenálló keményítő), minőségi fehérje-, C és B₆ vitamin-, valamint káliumforrás.

A burgonyafehérje nagyon magas minőségű, amely az emészthetőségére és esszenciális aminosav-tartalmára utal. A burgonyafehérje táplálkozásbiológiai értéke – az arány, amely növekedésre és a szervezet fenntartására fordítódik a megemésztett mennyiségből – igen magas, fajtától függően 90 és 100 között mozog, nagyon hasonló a teljes tojásfehérjéhez (100), és magasabb, mint a szójáé (84) és a hüvelyeseké (73) (Knorr 1980, Camire et al. 2009, Peksa et al. 2009).

A burgonyafehérje sok esszenciális aminosavat – lizin, leucin, izoleucin, fenilalanin, valin, metionin, triptofán, treonon – tartalmaz, és magas az emészthető fehérje minősítő értéke (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score – PDCAAS), amely azt jelenti, hogy legnagyobb részben felszívódó és hasznosítható az emberi szervezet számára. Minősége a magas minőségű állati fehérjével vetekszik, összetétele az Esszenciális Aminosav Index (Essential Amino Acid Index – EAA) alapján a referenciaként szolgáló tojásfehérjéhez hasonló. Emellett a burgonya okozta allergia igen ritka, a burgonyafehérje mutatja a legkevesebb allergiás reakció előfordulását mind az állati, mind a növényi fehérjék közül (Peksa et al. 2009, FAO 2013, Beals 2019, Anderson 2021).

A burgonya-nyersfehérje több frakciót foglal magába, amelyek közül a legfontosabbak a tiszta fehérje, illetve amid- és szabad aminosav csoportok. A tiszta fehérje N-tartalom a gumó N-tartalom több mint 50%-át lefedi (Eppendorfer et al. 1979, Koningsveld 2001, Sheury 2003).

A burgonya fehérjetartalma általánosan véve alacsonyabb a többi fő élelmisznőnövényhez – kukoricához, babfélékhez – képest, azonban a burgonya fehérjehozama egységnyi termőterületre nézve magasabb, mint a gabonaféléknek (Bamberg 2005).

A burgonya minőségi tulajdonságai – így fehérjetartalma is – genetikailag meghatározottak, de a fajták genetikailag kódolt minőségi jellemzőit az ökológiai tényezők, valamint a termesztéstechnikai lehetőségek módosítják. A fajta genetikai potenciáljának kifejeződése legalább 40%-ban az ökológiai és agrotechnikai feltételektől függ (Polgár 2002, Pocsai 2011)

A burgonyagumó tápanyag-összetételét emellett a különböző, betakarítást megelőző és betakarítás utáni tényezők befolyásolják, úgymint a környezet, a termesztési gyakorlat, a betakarításkori érettség, a biotikus és abiotikus stresszek, valamint a tárolás és feldolgozás (Zarzecka et al. 2009, Pocsai 2011, Manjunath et al. 2018, Trawczyński 2018, Burgos et al. 2020, Silveira et al. 2020).

Különböző kutatások vizsgálták a burgonya nyers- és tiszta fehérjetartalom, az esszenciális aminosav-tartalom és a biológiai érték alakulását, a genotípus és egyéb meghatározó tényezők befolyásának tekintetében.

Bártová et al. (2009) kísérletei során a nyersfehérje-tartalmat mindenek fölött a fajtaválasztás befolyásolta (34,3%). Ezt követően főként az évjáráthatás volt meghatározó (24,1%), valamint az adott termőhely és az évjárat kölcsönhatása (41,5%). A növekvő tengerszint feletti magasság átlagban a terméshozam növekedését, és így a fehérjehozam növekedését okozta, maga a fehérjetartalom azonban ellenkező trendet mutatott, a legmagasabb tengerszint feletti magasságnál volt a legalacsonyabb.

Pocsai (2011) szerint az elvégzett trágyázási kísérletekben általában erőteljes fajta- és évjárat-kölcsönhatás mutatkozik. A különböző tápanyagarány- és trágyaadagok az ökológiai körülményektől függő módon befolyásolják a burgonya minőségét, tárolhatóságát és biológiai értékét.

Ábrahám (2009) vizsgálataiban a burgonya fehérjetartalmát az évjáráthatás nagymértékben befolyásolta. A burgonya fehérjetartalma azokban az évjáratokban volt magasabb, amikor a gumóképzés és gumófejlődés időszaka csapadékos volt. A vizsgált fajták közül a magasabb keményítőtartalmúaknak általában a fehérjetartalma is magasabb volt, a két tényező közötti pozitív korrelációt tapasztalt.

Mystkowska (2018) vizsgálatai a fajták klimatikus viszonyokra adott változó reakcióit igazolták a fehérjetartalomra vonatkozóan. Az elvégzett kísérletek azt mutatták, hogy döntően a fajta genetikája határozza meg a nyers- és tiszta fehérjetartalmat a burgonyagumóban. Az időjárás tényezőket tekintve a júliustól szeptemberig terjedő száraz időszak kedvezett a fehérjefelhalmozódásnak. A nagy mennyiségű csapadék és az alacsony átlaghőmérséklet a fehérjetartalom csökkenését eredményezte.

Egyéb kutatások eredményei szerint a teljes fehérjemennyiséget a meleg és napos vegetációs periódus, és a gumóképzés időszakában a 20 °C körüli

átlaghőmérséklet növelte, mivel ekkor volt legélénkebb az asszimiláció (Mazurczyk és Lis 2001, Baranowska et al. 2018).

A túlzott csapadékmennyiség a talajból történő nitrogén-kimosódás következményeként a gumóba történő korlátozott nitrogén-beépüléshez vezet, így csökkentve a fehérjetartalmat (Lis et al. 2002).

A nitrogénellátottság növelése megnöveli a burgonyagumó fehérjetartalmát, azonban a keményítőtartalmat csökkenti. Emellett az optimálisnál több nitrogén rontja a burgonya ízét és főzési tulajdonságait, a betegségekre (pl. *Phytophthora infestans*, vírusok stb.) való fogékonyságot pedig növeli (Zsom 2006, Kollaricsné 2019).

Allaga et al. (2002) különböző nitrogénműtrágya-adagok hatását vizsgálták a burgonya beltartalmi mutatóira. Növekvő nitrogén hatására a nyersfehérje és a legtöbb aminosav mennyisége növekedett, az esszenciális aminosavindex azonban nem javult.

Mind a termés hozam, mind a gumó fehérjetartalmának növelése szempontjából jelentős befolyásoló tényező a nitrogéntrágya több dózisban történő kijuttatása, a burgonyanövény nitrogénigényével összhangban (Robinson és Millard 1990, Pocsai 2005).

Wichrowska és Szczepanek (2020) ásványi, szerves-, illetve biotrágyázás hatását vizsgálták a burgonyagumó fehérjetartalmára és aminosav-összetételére nézve. Az alkalmazott biotrágyák kísérletükben mikrobiológiai készítmények voltak, amelyek lehetőséget adnak a talaj ásványi- és szervesanyag-tartalmának jobb feltárásához és felhasználásához. Megállapításuk szerint a biotrágyázás alkalmazása megnövelte a burgonyagumó nyersfehérje- és aminosav-tartalmát a referenciaként szolgáló ásványi eredetű trágyázáshoz képest.

Mystkowska et al. (2023) biostimulátorok hatását vizsgálták a teljes- és tiszta fehérjenitrogén-tartalom alakulására nézve burgonya kultúrában. A kutatásban alkalmazott biostimulátorok szignifikánsan megnövelték a burgonyagumó fehérjenitrogén-tartalmát.

Öztürk et al. (2016) hosszú idejű tárolás során vizsgálta a burgonyagumó súlyának, sűrűségének, szárazanyag-tartalmának, valamint keményítő- és fehérjetartalmának változását. A légzésből, párologtatásból és a csíráképződés következtében bekövetkező fizikai-kémiai változásokat vizsgálataik alapján alapvetően a fajta határozta meg.

A burgonyafehérje táplálkozási értékét is főként fajta befolyásolja. A tárolási körülmények (idő, hőmérséklet) szintén okozhatnak különbséget, azonban elsősorban a különböző fajtákra gyakorolt változó hatásukon keresztül (Peksa et al. 2018, 2021).

A burgonyanemesítők figyelmét is felkeltette a burgonyafehérje magas biológiai értéke, egyes nemesítők céljaik közé tűzték ki a fehérjetartalom emelését. A szűk kultúrkörben végzett keresztezésekkel vagy alacsony hibridszámmal dolgozó nemesítők eredményei azonban ellentmondásosak. A rendkívül nagyszámú keresztezéssel dolgozó Sárvári-féle burgonyanemesítésben olyan klónok is kinemesítésre kerültek, amelyek fehérjetartalma az elsődleges vizsgálatok alapján a termesztett burgonyafajták fehérjetartalmát meghaladták (3,5–4%) (Sárvári 2005).

Kísérletünk során kiemelt szempont volt a jelöltek kiválasztásánál a legnagyobb termés kiesést okozó burgonyabetegségekkal szembeni ellenálló képesség (rezisztencia).

A Nemzetközi Burgonyakutató Központ (CIP, Lima) világviszonylatú potenciális termés kiesés-elemzése alapján a világátlagnak tekintett 15 t/ha termés és az elérendőnek tekintett 30 t/ha közötti 6 t/ha-nyi kiesés a fitoftóra (*Phytophthora infestans*) fertőzésnek, 2,8 t/ha a vírusfertőzéseknek, 0,6 t/ha pedig a baktériumos hervadásoknak tulajdonítható (Fugile 2007).

A burgonyát támadó gombabetegségek közül a legismertebb és legnagyobb kártételt okozó a burgonyavész (*Phytophthora infestans*), mivel a számára kedvező időjárási feltételek mellett, fogékony fajták állományában a termésveszteség elérheti a 80–100%-ot, egyes esetekben napokon belül akár a teljes növényállomány megsemmisülését okozva (Fry 2008).

Globálisan a közvetlenül a fitoftóra megfékezésére fordított költségek, illetve a termés kiesésből adódó anyagi veszteség éves szinten meghaladhatja 3–10 milliárd USD-t (Haverkort 2008, Fisher 2012, Kamoun 2015).

A fitoftóra hazai első megjelenése 1846-ra tehető, 5–8 évente lép fel járványszerűen, tünetei azonban éves szinten észlelhetőek (Horváth et al. 1995, Gergely 2004).

A kórokozó nagyfokú genetikai variabilitása, a rezisztenciát áttörő rasszok és a talajban is áttelelő gombaképletek (oospórák) megjelenése, a burgonya öntözéses termesztésének elterjedése és a fungicid-rezisztencia megjelenése

a burgonya nemesítését és a rezisztens fajták előállítását jelentősen megnehezíti (Érsek 2008, Fry 2008, Horváth 2009).

A fitoftórával szembeni rezisztenciára nemesítésben a *Phytophthora infestans* populációiban lezajlott, ma is tartó változások (virulencia-spektrum bővülése, A2 törzs elterjedése, agresszívebb izolátumok) hatására az utóbbi évtizedekben stratégiaváltás következett be a nem rassz-specifikus (horizontális) rezisztencia típusok előnyben részesítésével (Shaw 2002, 2005; Gergely 2004, 2019; Érsek 2008, Horváth 2009, White 2010).

A fitoftóra-rezisztens fajták használatával elkerülhető a termesztési év során szükséges 15 vagy annál többszöri permetezés, amely jelentősen csökkenti a karbonlábnyomot (Shaw 2005, White 2010, Gergely 2019).

A világban elterjedt vírusbetegségek közül a *PLRV*, *PVY*, *PVA*, *PVX* vírusfajok és fertőzési komplexeik felelősek az összes vírusbetegség által okozott termés kiesés 80%-áért. A vírusos megbetegedéseket terjesztő vektorok (levéltetvek, kabócák, nematódák) ellen a fogékony fajták esetében alkalmazott inszekticidek hatóanyag-maradványai bekerülhetnek az emberi táplálékláncba, valamint fokozzák a környezeti terhelést. A termesztett burgonyafajták termésstabilitásában döntő jelentőségű a vírusos leromlással szembeni rezisztencia (Horváth et al. 1995, Salazar 1996, Sárvári 2005, Gergely 2019).

A növény heterozigóta természete miatt (tetraploid, négy kromoszóma-szerelvénnyel bír, a testi sejtek kromoszómaszáma 48), és amiatt, hogy a fontosabb fajtabélyegek – termőképesség, étkezési minőség, fitoftóra elleni tartós rezisztencia, a *PLRV* vírussal szembeni ellenállóság stb. – sok gén által szabályozott, ún. mennyiségi tulajdonságok, kifejezetten nehéz és hosszantartó nemesítési munka olyan burgonyafajták előállítása, amelyek a termesztők, feldolgozók és a fogyasztók igényeinek egyaránt megfelelnek (Horváth et al. 1995, Horváth 2009; Sárvári 2005, Gergely 2019).

A magyar burgonyanemesítésen belül a keszthelyi Burgonyakutatási Központban végzett több mint fél évszázados kutatómunka eredményeként az előállított burgonyafajták magas fokú rezisztenciával rendelkeznek a *PVY*, *PVA*, *PVX*, *PLRV* vírusokkal és a fitoftórával szemben. Az EU fajtalistán szereplő 13 keszthelyi fajta közül kettő burgonyavész-rezisztens (Polgár et al. 2004, 2021; Polgár 2008ab).

A keszthelyi Burgonyakutatási Központ egyetemi átszervezést követően jelenleg a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) részévé vált.

A keszhelyi burgonyanemesítés megalapozásában a '60-as évektől jelentős szerepet vállaló Sárvári István (1923) a '90-es évektől családjával magánúton folytatta a rezisztencia-nemesítést, amelyet halála után fia, Sárvári István (1944) vitt tovább, jelenleg unokája és dédunokája folytatja a megkezdett egyedülálló nemesítői munkát.

Több évtized szisztematikus nemesítői munkával, vad burgonyafajok rezisztencia-génjeinek egyesítésével jött létre az a folyamatosan továbbfejlesztett rezisztenciagén-bázis, amely kilenc vad *Solanum* faj rezisztenciagénjein alapul, és amely a multirezisztens Sárvári fajták előállításának alapja (Sárvári 2005, 2021).

A nemzetközi együttműködés keretében 2002-ben megalakult Sárvári Research Trust (Henfaes Research Centre, Bangor, Wales, UK) David Shaw, elismert fitoftóra-szakértő vezetésével az előállított ígéretes klónokat szabadföldi kísérletekbe állította az Egyesült Királyságban, néhány európai országban és Mexikóban, ahol kitűnő lehetőség adódott a burgonyavész-ellenállóság vizsgálatára. Az első ún. Sárpo (Sárvári+potato) fajta, a Sárpo Mira 2002-ben került föl az Egyesült Királyság nemzeti fajtalistájára és számos vizsgálati eredmény alapján a világ egyik legellenállóbb fajtájaként tartják számon a burgonyavéssel szemben. A második bejegyzett fajta, a Sárpo Axona (2004) szintén nagyfokú szántóföldi fitoftóra-rezisztenciával és vírus-ellenállósággal jellemezhető. A 2005-ben David Shaw és munkatársai által azonosított, majd az azt követő években az Egyesült Királyságban dominánssá vált agresszív Blue 13 fitoftórarasszal szemben a Sárpo Mira a 9-es NIAB skálán a lomb-rezisztenciára 7-es, a gumó-rezisztenciára 9-es értékelést kapott az elvégzett szántóföldi kísérletek során, ugyanakkor az addig rezisztens standardként nyilvántartott fajták rezisztenciáját az agresszív törzsek letörték (pl. Lady Balfour, Sante). A 2009-ben elvégzett szántóföldi kísérletekben az igen agresszív Blue 13 és Pink 16 fitoftóra-törzsek fertőzési nyomásával szemben mind a Sárpo Mira, mind a Sárpo Axona nagyfokú rezisztenciát mutatott. A 2004–2009 között 18 európai tesztelési helyszínen elvégzett szántóföldi kísérletek eredményei alapján a Sárpo Mira megtartotta magas szintű rezisztenciáját az előfordult fitoftóra-populációkkal szemben (Sárvári 2005, Shaw 2005, Lees 2008, White, 2008, 2010; Gergely 2019).

A Sárvári burgonyanemesítés legutóbbi eredményei a Magyarországon nemesített és állami elismerésben részesült Sárvári Rózsa, Sárvári Piroska,

Sárvári Rubinka (2014), Sárvári Borostyán (2015) és Sárvári Fannika (2021) fajták (Csapó 2021).

Közös jellemzőjük a leromlásban vezető szerepet játszó vírusbetegségekkel szembeni komplex vírus-rezisztencia - *PLRV, PVY, PVX, PVA* - amely lehetővé teszi a vetőgumócsere nélküli többéves termesztésüket, valamint a horizontális fitoftóra rezisztencia. A fajtákat komplex rezisztenciájuk alkalmassá teszi ökológiai termesztésre is (Sárvári 2014, 2015; Gergely 2019).

Anyag és módszer

Előzetes kísérletek során a rendelkezésre álló Sárvári genetikai bázisból előállított burgonyaklónok több éves fajtaképesség-vizsgálatát követően kiválasztásra kerültek a megfelelő fajtastabilitással rendelkezők. Ezt követte a terméshozam (teljesítmény) kísérlet.

Jelen cikkben bemutatott kísérletünk célja a legígéretesebb jelöltek összehasonlító szárazanyag-, keményítő- és fehérjetartalom-vizsgálata volt, azonos talajviszonyok, tápanyagellátottság, öntözés és időjárási tényezők között, valamint azonos növényvédelem mellett. A hangsúlyt a fehérjetartalomra helyeztük, a szárazanyaghoz és a keményítőtartalomhoz való viszonyulását értékeltük.

Az összehasonlító értékelésben szintén jelentős szerepet kaptak a rezisztencia-tulajdonságok, amelyek a nemesítés alapját képezték.

A kapott kísérleti eredmények alapján kiválaszthatók voltak azok a fajtajelöltek, amelyek magas minőségű burgonyafehérje-kinyerés üzemi megvalósításában kaphatnak jelentős szerepet.

A kísérlet során tőzeg-perlit keveréket tartalmazó 60×30×30 cm tenyészládával dolgoztunk, amelyben 35 l tőzeget 10 l kertészeti perlittel elegyítettünk. A tenyészláda tápanyag-ellátásához az ültetést megelőzően 140 g 'Volldünger' (N-P-K 14-7-21, Mg 1%, kelatizált mikroelem - B, Cu, Fe, Mn, Zn - 1%) és 20 g 'Mikramid' (N 45%, kelatizált mikroelem - B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn - 0,3%) műtrágya került kijuttatásra. Az ültetést megelőzően három napig 20 mm/nap első beöntözést alkalmaztunk, majd a 4. napon történt az ültetés (2020. 05. 15.). Minden tenyészládába 10 db 28–35 mm keresztátmérőjű vetőgumó került elültetésre talajszint alatti 5 cm mélységben. Állományban 5–7 leveles állapotban, illetve közvetlenül virágzás előtti állapotban tenyészládánként 1 l

0,83 tf% 'Folisol W' lombtrágya (N-P-K 9-9-7, Mg 0,2% kelatizált mikroelem B, Cu, Fe, Mn, Mo, Co, Zn,) kijuttatásával tápanyagpótlás történt.

A természetes csapadékellátás figyelembevételével a 120 napos tenyészidőszak alatt átlagban heti 15 mm/m² vízpótlás történt felső permet öntözéssel. A tenyészládák a szabadban voltak elhelyezve, fátyolfóliával nem védetten. A vizsgált tenyészidőszakra vonatkozó hőmérséklet- és csapadék-adatokat az 1. ábra tartalmazza.

A kísérletben négy Sárvári fajta-, illetve fajtajelölt, illetve két összehasonlító standard fajta szerepelt négy ismétléssel. A tenyészládákat véletlen blokkelrendezés (RBD) szerint helyeztük el (2. ábra).

A kísérleti elrendezés szerint egy egységnek két tenyészláda együttesét tekintettük. A blokkok közti távolság 30 cm volt, annak érdekében, hogy gyom- és burgonyabogár-mentesítés céljából a blokkok minden oldalról megközelíthetőek legyenek.

Az összehasonlító kísérletben standard fajtaként a Kondor és a Desiree, a már bejegyzett Sárvári burgonyafajták közül a Sárvári Borostyán szerepelt.

A kísérletben részt vevő fajták, illetve fajtajelöltek: A. Sárvári Borostyán, B. 'S05' fajtajelölt, C. 'S06' fajtajelölt, D. 'S10' fajtajelölt, E. Kondor, F. Desiree.

A Sárvári Borostyán, S05, és S10 közép késői-, a Desiree közép-, míg az S06 és a Kondor középkorai érésű fajták.

A fajták-, illetve fajtajelöltek közül a Sárvári Borostyán, valamint az S05, S06, S10 fajtajelöltek multirezisztens tulajdonsággal bírnak (fitoftóra – *Phytophthora infestans*, PLRV, PVY, PVA, PVX). A Kondor a fitoftórára mérsékelten rezisztens, a Desiree általános standardként használt fogékony fajta.

1. ábra. A vizsgált tenyészidőszakra vonatkozó csapadék- és hőmérséklet adatok (Zirc, 2020)

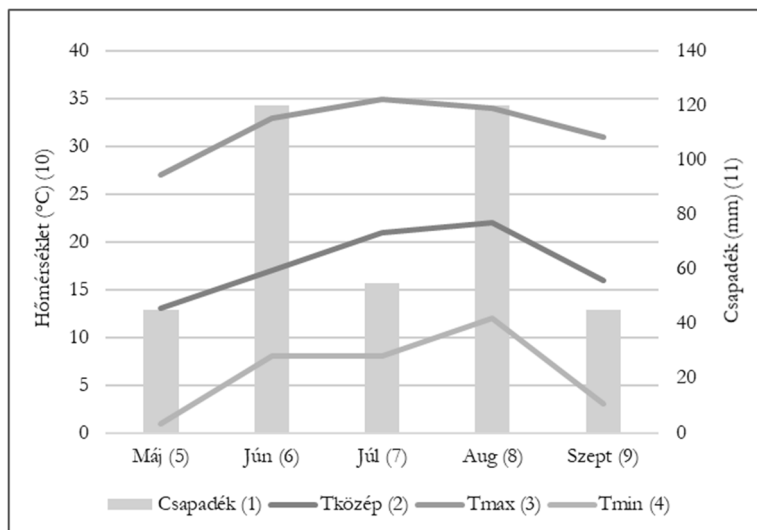


Figure 1. Precipitation and temperature data of the examined growing period (May – Sept 2020 Zirc) (1) Amount of precipitation, (2) Average temperature, (3) Maximum temperature, (4) Minimum temperature, (5) May, (6) June, (7) July, (8) August, (9) September, (10) Temperature (°C), (11) Precipitation (mm)

2. ábra. Tenyészládák elhelyezkedése az összehasonlító kísérlet során (Zirc, 2020)

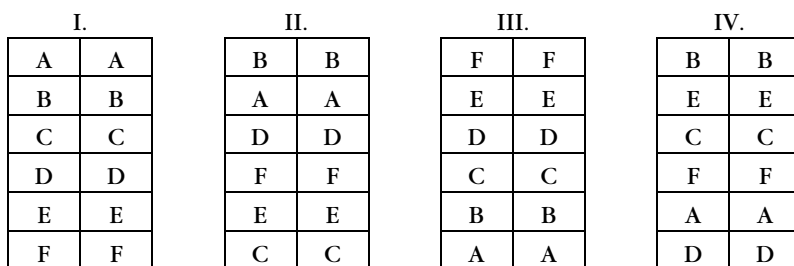


Figure 2. Positioning of growing containers during comparative experiment (Zirc, 2020)

A kísérlet paramétereinek meghatározásakor nem alkalmaztunk vegyszeres növényvédelmet (gyomirtószert, gombaölőszert), hogy egyúttal az esetleges betegségekből adódó hozamcsökkenés is vizsgálható legyen.

A betakarítás előtt 14 nappal a Sárvári burgonyáknál mechanikus lombmegsemmisítést alkalmaztunk (2020. 09. 08.). A Sárvári fajták jellegzetessége, hogy a lombtömeg a tenyészidőszak végére nem semmisül meg, amennyiben a mechanikai lombmegsemmisítést nem alkalmazzuk, az első fagyokig zöld marad. A betakarítást megelőző mechanikai lombmegsemmisítés elősegíti a gumók parásodását, illetve a sztólóról való leválását. A Kondor és Desiree fajtáknál nem volt szükség a mechanikai lombmegsemmisítésre.

A Kondor a rövidebb tenyészidő és a részleges fitoftóra rezisztencia miatt a 100–105. napra teljesen elvesztette a lombtömeget.

A Desiree esetében a 80. napon 70% fölötti volt a fitoftóra fertőzés, amely a 100–105. napra 98–100%-ban megsemmisítette a lombtömeget.

A betakarítást megelőző 14 napban öntözés nem volt, valamint ebben az időszakban csapadék sem esett.

A betakarítást 2020. szeptember 23–25. között végeztük, ezt követően a betakarított gumók betárolásra kerültek. 60 nap tárolási idő elteltével került sor a szárazanyag-, keményítő-, illetve fehérjetartalom meghatározására.

Minden tenyészláda terméséből 1–1 kg, ismétlésenként összesen 2 kg minta lett elkülönítve fajtánként, melyből véletlenszerű kiválasztással öt gumó esetében végeztük el a fenti beltartalom-méréseket.

A fitoftóra-fertőzés előrehaladásának vizsgálata és értékelése az International Potato Center (CIP) által összeállított metódus szerint történt (*Forbes et al.* 2014).

A szárazanyag-tartalom meghatározását a víz alatt mért tömegérték (VMT) alapján történő meghatározással, illetve szárítószekrényben 105 °C-on tömegállandóságig történt szárítással végeztük (*Arends et al.* 1999, 152/2009/EK rendelet III. melléklet A.).

A keményítőtartalom megállapítása fajsúly alapú meghatározással, valamint polarimetriás méréssel történt (2235/2003/EK rendelet, 152/2009/EK rendelet III. melléklet I.).

A nyersfehérje-tartalom meghatározása a Dumas módszer szerint, a tiszta fehérjetartalom meghatározása a TCA-kicsapásos módszerrel történt (*WBSE-131:2018; Sárvári* 2005).

A statisztikai kiértékelés során egytényezős varianciaanalízist, valamint korrelációs számítást Microsoft Office Excel 2010 programmal végeztük.

Eredmények

Terméshozam

A tenyészládákban kg-ban lemért termésmennyiségeket átszámítottuk t/ha értékre (az átszámításhoz azt használtuk fel, hogy a tenyészládákban elültetett 10 db vetőgumó szántóföldi ültetés esetén 1,11 m²-nek felel meg, ezzel arányosan vettük figyelembe a termésmennyiségeket) (3. ábra).

3. ábra. Terméshozamok burgonya genotípusok szerint (tenyészládás összehasonlító kísérlet, Zirc, 2020)

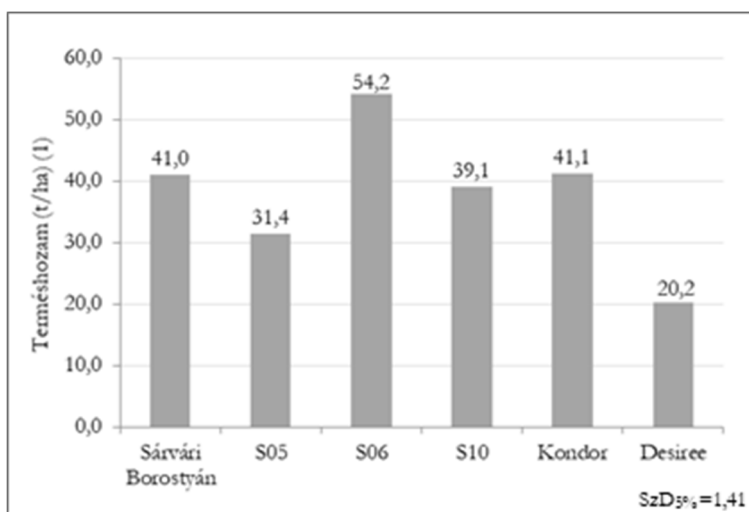


Figure 3. Evaluation of yield of different potato genotypes in growing containers (Zirc, 2020). (1) Evaluation of yield (t per ha)

A statisztikai kiértékelés alapján a terméshozamok között szignifikáns különbség ($SzD_{5\%}=1,41$) mutatkozik a következő sorrendnek megfelelően: 1. S06, 2. Sárvári Borostyán, Kondor, 3. S10, 4. S05, 5. Desiree.

A terméshozamok közötti különbségnél figyelembe kell venni, hogy a kísérlet során nem alkalmaztunk vegyszeres növényvédelmet, hogy az

esetleges betegségből adódó hozamcsökkenés vizsgálható legyen, amely a fenti sorrendben megmutatkozott.

A rövidebb tenyészidejű Kondor fajtánál a fitoftóra (*Phytophthora infestans*)-fertőzés által okozott termés kiesés kevésbé jelentkezett. A Desiree fajtánál már június, július hónapban megjelentek a fitoftóra-fertőzés jelei a lombozaton, amely a 100–105. npra 98–100%-ban megsemmisítette a lombtömeget (4. ábra).

4. ábra. Különböző burgonya genotípusok lombfitoftóra-fertőzöttségének alakulása (tenyészládás összehasonlító kísérlet, Zirc, 2020)

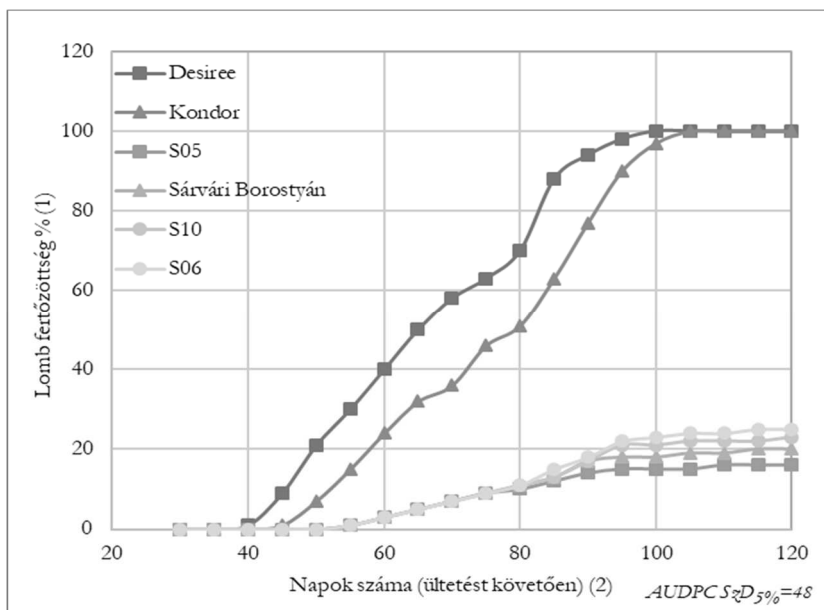


Figure 4. Evaluation of progression foliar blight of different potato genotypes in growing containers (Zirc, 2020). (1) Foliage infestation (%), (2) Number of days (after planting)

A lombfertőzöttségi görbe lehetőséget ad a fertőzés időbeli lefutását is figyelembe vevő AUDPC (fertőzöttségi görbe alatti terület) meghatározásához, amely alapján az összehasonlító kísérletben részt vevő fajtákra fogékonysági skála állapítható meg.

Ehhez szükséges a kísérletben legalább egy standardként használható fogékony fajta szerepeltetése, amely a legmagasabb értéket képviseli. Ez jelen

esetben az általánosan alkalmazott fogékony fajta standard Desiree volt. Emellett a mérsékelt rezisztenciával bíró Kondor fajta további összehasonlítási támpontul szolgál.

A megállapított fogékonysági skálán a Desiree fajta 9, a Kondor 7,46; a Sárvári Borostyán 1,43; az S05 fajtajelölt 1,23; az S06 1,67; az S10 pedig 1,56 pont értéket ért el, amely a jelentős rezisztenciabeli különbséget mutatja.

Látható emellett, hogy a burgonyanövény élettartamának előre haladásával a lomb-rezisztencia valamennyi fajtánál csökkenő tendenciát mutat.

Szárazanyag-tartalom

A mért eredmények statisztikai kiértékelése alapján a szárazanyag-tartalomban szignifikáns különbség ($SzD_{5\%}=0,10$) mutatkozott meg az alábbiak szerint: 1. S05, 2. S10, 3. Sárvári Borostyán, 4. S06, 5. Desiree, 6. Kondor (5. ábra).

5. ábra. Különböző burgonya genotípusok szárazanyag-tartalmának alakulása (tenyészládás összehasonlító kísérlet, Zirc, 2020)

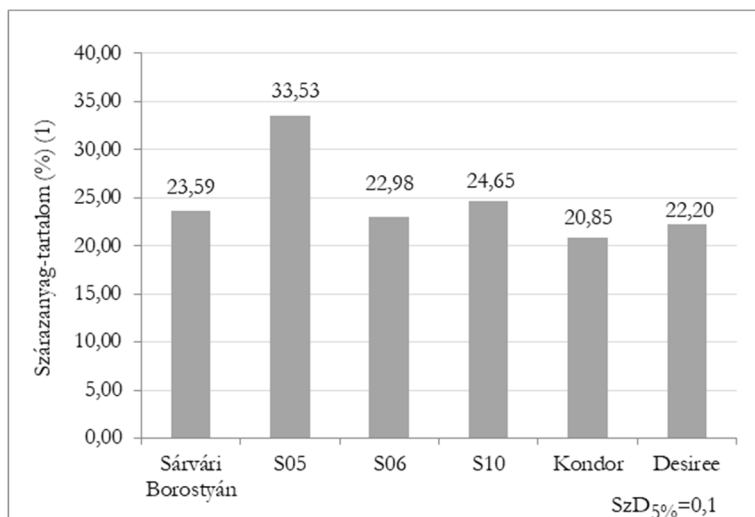


Figure 5. Evaluation of dry matter content of different potato genotypes in growing containers (Zirc, 2020). (1) Dry matter content (%)

A mért eredmények alapján az S05 fajtajelölt szárazanyag-tartalma kiugróan magas volt a kísérletben részt vevő többi fajtához képest. Az S10 fajtajelölt szintén magas szárazanyag-tartalom értéket mutatott.

Az egyaránt középkorai érésű S06 és a Kondor fajta között jelentős eltérés volt tapasztalható az előbbi javára.

Keményítőtartalom

A statisztikai kiértékelés alapján a keményítőtartalomban alábbi sorrendű szignifikáns különbséget ($SzD_{5\%}=0,09$) tapasztaltunk: 1. S05, 2. S10, 3. Sárvári Borostyán, 4.S06, 5. Desiree, 6. Kondor (6. ábra).

6. ábra. Keményítőtartalom burgonya genotípusok szerint (tenyészládás összehasonlító kísérlet, Zirc, 2020)

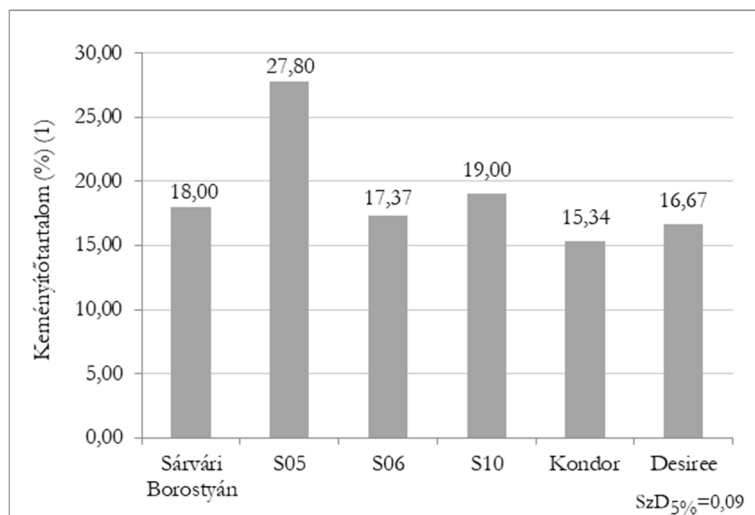


Figure 6. Evaluation of starch content of different potato genotypes in growing container comparative experiment (Zirc, 2020). (1) Starch content (%)

Ez a sorrend a szárazanyag-tartalom esetében kapott eredménnyel azonos. Ennek oka, hogy a szárazanyag-tartalom legnagyobb hányadát a keményítőtartalom adja, az értékek egymással szorosan összefüggenek. A szárazanyag- és keményítőértékek korrelációja a Sárvári Borostyán fajta esetében közepes, de jelentős (0,483), a többi fajta esetében markáns(szoros) kapcsolatot mutatott.

Az S05 fajtajelölt esetében a korreláció negatív volt (-0,799) az ismétlések esetében a szárazanyag-tartalom kis mértékű növekedése a keményítőtartalom kis mértékű csökkenését eredményezte. A többi fajtánál a szárazanyag-tartalom növekedésével a keményítőtartalom nőtt (0,730–0,951).

Fehérjetartalom

A mért eredmények statisztikai kiértékelése alapján a fehérjetartalomban szignifikáns különbség ($SzD_{5\%}=0,09$) mutatkozott meg a következő sorrendben: 1. S05, 2. S10, 3. Sárvári Borostyán, 4. S06, Desiree, 5. Kondor (7. ábra).

7. ábra. Fehérjetartalom burgonya genotípusok szerint (tenyészládás összehasonlító kísérlet, Zirc, 2020)

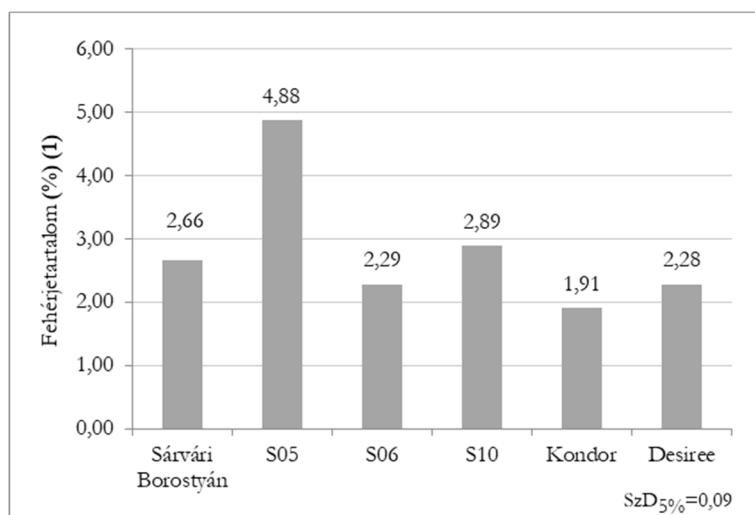


Figure 7. Evaluation of protein content of different potato genotypes in growing container comparative experiment (Zirc, 2020). (1) Protein content (%)

Az S05 fajtajelölt fehérjetartalma szintén kiugróan magasnak bizonyult, amelyet sorrendben az S10 fajtajelölt értékei követtek.

Látható, hogy a magas szárazanyag-tartalom általában magas keményítő- és fehérjetartalommal társul, azonban ezek az értékek nem arányosan követik egymást.

A szárazanyag- és fehérjetartalom-értékek korrelációja alapján a paraméterek közti kapcsolat erőssége fajtánként változó volt. Az S10 fajtajelölnél gyenge kapcsolat (-0,056), a Sárvári Borostyán fajtánál biztos, de gyenge (-0,365), a többi fajtajelölnél és fajtánál markáns(szoros) kapcsolat (0,813–0,922, illetve -0,798) volt megállapítható.

A Sárvári Borostyán fajtánál, illetve az S06 fajtajelölnél a szárazanyag-tartalom növekedése esetében a fehérjetartalom csökkenő értéket mutatott.

A keményítő- és fehérjeértékek korrelációja szintén fajtánként változott. A Sárvári Borostyán fajtánál biztos, de gyenge (0,355), az S10 fajta jelölnél közepes (-0,659), a többi fajtánál markáns(szoros) kapcsolat mutatkozott/igazolódott. Az S05, S06, S10 fajtajelölteknél a korreláció negatív volt tehát a magasabb fehérjetartalom alacsonyabb keményítőtartalommal társult.

A fentiek alapján elmondható, hogy a szárazanyag-, keményítő- és fehérjetartalom egymáshoz képesti aránya a fajta által meghatározott tulajdonságnak bizonyult.

Fehérjehozam

A hektárra meghatározott fehérjehozam (*1. táblázat*) szempontjából a legnagyobb értéket az S05 fajtajelölt teljesítette. Habár terméshozam szempontjából teljesítménye elmaradt a legtöbb fajtáétól, kiemelkedően magas fehérjetartalma miatt azonban a fehérjehozama magasabb lett.

A legmagasabb terméshozamot produkáló S06 fajtajelölt a fehérjetartalom tekintetében nem mutatott magas értéket, maga a fehérjehozam azonban a magas terméshozam miatt a második legnagyobb lett.

Az S10 fajtajelölt a Sárvári Borostyánnal hozott közel azonos eredményt mind terméshozam, mind fehérjetartalom, és így fehérjehozam tekintetében.

Az általános fajta-standard Desiree magas fokú fitoftóra fogékonysága miatt jelen kísérletben a terméshozam szempontjából alul teljesített, így a fehérjehozam összehasonlításban az általa mutatott érték nem reprezentálja a fajta teljes potenciálját, azonban a kísérletnek alapvető szempontja volt a vegyszeres növényvédelem mellőzése, a rezisztenciabeli különbségek szemléltetésére.

Ennek a fokozatosan teret nyerő ökotermesztés esetén van kiemelt jelentősége, amely a megtermelt fehérje minősége szempontjából is nagy fontossággal bír.

1. táblázat. *Különböző burgonya genotípusok termésének és főbb beltartalmi paramétereinek alakulása (tenyészládás összehasonlító kísérlet, Zirc, 2020)*

Fajta (1)	Termés- hozam (t/ha) (2)	Szárazanyag- tartalom (%) (3)	Keményítő- tartalom (%) (4)	Fehérje- tartalom (%) (5)	Fehérje- hozam (t/ha) (6)
Sárvári Borostyán	41,03±0,34 d	23,59±0,12 d	18,00±0,05 d	2,66±0,10 c	1,09±0,05 c
S05	31,38±1,52 b	33,53±0,05 f	27,80±0,07 f	4,88±0,06 e	1,53±0,070 e
S06	54,18±1,24 f	22,98±0,03 c	17,37±0,05 c	2,29±0,05 b	1,24±0,05 d
S10	39,08±0,83 c	24,65±0,07 e	19,00±0,07 e	2,89±0,04 d	1,130±0,04 cd
Kondor	41,13±0,70 d	20,85±0,07 a	15,34±0,09 a	1,91±0,05 a	0,79±0,03 b
Desiree	20,20±0,43 a	22,20±0,04 b	16,67±0,04 b	2,28±0,05 b	0,46±0,01 a
SzD _{5%} (7)	1,40	0,11	0,10	0,10	0,06

Megjegyzés: a különböző betűk az egyes statisztikai különbséget jelölik az értékek között.

Table 1. Comparison of results and protein yield in growing container comparative experiment (Zirc, 2020). (1) Variety, (2) Yield (t ha⁻¹), (3) Dry matter content (%), (4) Starch content (%), (5) Protein content (%), (6) Protein yield (t ha⁻¹), (7) LSD_{5%}, Note: the difference letters meaning the statistical difference between the parameters.

Következtetések

A kísérletben mért értékek alapján elmondható, hogy fehérjetartalom szempontjából az S05 fajtajelölt kiugróan magas eredményt mutatott (4,88%), amelyhez magas szárazanyag- és keményítőtartalom társult, azonban terméshozam tekintetében elmaradt a sorrendben másodikként teljesítő S10 fajtajelölttől (2,89%). Az S06 fajtajelölt fehérjetartalom tekintetében az előbbiektől elmaradt (2,29%), viszont az összehasonlításban standardként szereplő, szintén középkorai Kondor fajtához képest jobban teljesített, emellett terméshozama a legjobb volt.

A hektárra vetített fehérjehozamot tekintve – habár alacsonyabb terméshozamot produkált – kiugróan magas fehérjetartalma miatt a kísérleti cél szempontjából összességében a legalkalmasabb fajtajelöltnek az S05 bizonyult. Fehérjehozam tekintetében az S10 fajtajelölt a Sárvári

Borostyánnal (2,66%) hozott közel azonos eredményt. Az S06 fajtajelölt magas terméshozam-értéke miatt megelőzte a fehérjetartalomban többet mutató S10 jelöltet, valamint további előnye a rövidebb tenyészidő.

A különböző tenyészidejű fajták összehasonlíthatóságánál azt vettük figyelembe, hogy minden fajta esetében lezajlott a teljes tenyészidőszak és élekciklus. A rövidebb tenyészidejű fajtáknál és fajtajelölnél a gumóparásodás előrehaladottabb volt a betakarításkor, mint a hosszabb tenyészidő esetében.

A *Phytophthora infestans*-szal szembeni rezisztencia-különbség egyértelműen megmutatkozott a kontroll fajtákéhoz képest, amely kiemelt jelentőségű amennyiben bio-(öko)termesztést kívánunk megvalósítani. A tenyészidőszakra vonatkozó fertőzöttségi skála értékei alapján a legkevésbé fogékonyak az S05 fajtajelölt bizonyult, a legalacsonyabb értékkel (1,23). A Sárvári Borostyán fajta, illetve az S06 és S10 fajtajelöltek szintén alacsony fertőzöttséget mutattak (1,43–1,67 skálaérték). Összehasonlításként a fogékony Desiree fajta skálán a 9-es, a Kondor fajta 7,49-es értéket érte el.

A tervezett következő lépés az ígéretes jelöltek szántóföldi kísérletbe vonása legalább öt termőhely és klimatikus viszonyai közötti, mely reprezentatívan megmutatja a fajta potenciálját szántóföldi körülmények között. Emellett a több helyszín eredményeinek összehasonlításával az alkalmazott termesztéstechnológia optimalizálását tűzzük ki célul, a fehérjehozam maximalizálása érdekében.

IRODALOM

- 152/2009/EK rendelele: 2009. A takarmányok hatósági ellenőrzése során alkalmazott mintavételi és vizsgálati módszerek megállapításáról. III. Melléklet: Analitikai módszerek a takarmány-alapanyagok és összetett takarmányok összetételének ellenőrzésére. Az Európai Unió hivatalos lapja I. 54/12.
- Ábrahám É. B.: 2009. Fajta és öntözés hatása a burgonya termés mennyiségek és minőségének alakulására mezőszégi talajon. Doktori Értekezés. Debreceni Egyetem Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományi Doktori Iskola. Debrecen.
- Allaga J.-Horváth S.-Lukács P.: 2002. Beltartalmi változások burgonyánál NK műtrágyázás hatására. Georgikon tudományos napok. 301–305.

- Anderson, E.-Li, J.*: 2021. Trending – Potato Protein. Center for Research on Ingredient Safety. Michigan State University. May 10, 2021.
- Anderson, P. K.*: 2010. The contribution of potatoes to global food security. 7 September 2010. Potato Europe.
- Arends, P.-Kruppa J.-Horváth S.-Győri Z.-Adamovics P.-Tasnádi L.*: 1999. A burgonya és termesztése IV. rész. [In: Kruppa J. A burgonya és termesztése I–IV. rész.] Agroinform Kiadó. Budapest. 94–103.
- Bamberg, J. B.-del Rio, A.*: 2005. Conservation of potato genetic resources. [In: Razdan, M. K.–Mattoo, A. K. (eds.) Genetic improvement of solanaceous crops. Volume I: Potato.] Science Publishers Inc. Plymouth. 476.
- Baranowska, A.-Zarzecka, K.-Mystkowska, I.-Gugała, M.-Zarzecka, M.*: 2018. Crude and true protein content in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) depending on the ways of the microbiological preparation UGmax. *Fresenius Env. Bull.* 27: 7967–7972.
- Bártová, V.-Bárta, J.-Divis, J.-Svajner, J.-Peterka, J.*: 2009. Crude protein content in tubers of starch processing potato cultivars in dependence on different agro-ecological conditions. *Journal of Central European Agriculture.* 10. 1: 57–66.
- Beals, K.A.*: 2019. Potatoes, Nutrition and Health. *Am. J. Potato Res.* 96: 102–110.
- Burgos, G.-ZumFelde, T.-Andre, C.-Kubow, S.*: 2020. The Potato and Its Contribution to the Human Diet and Health. [In: Campos, H.–Ortiz, O. (eds.) *The Potato Crop.*] Springer. Cham.
- Camire, M. E.-Kubow, S.-Donnelly, D. J.*: 2009. Potatoes and human health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 49: 823–840.
- Csapó J.*: 2021. Nemzeti Fajtajegyzék 2021 Szántóföldi növények. Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal.
- De Fauw, S. L.-He, Z.-Larkin, R. P.-Mansour, S. A.*: 2012. Sustainable Potato Production and Global Food Security. [In: He, Z. et al. *Sustainable Potato Production: Global Case Studies 2012.*] Springer.
- Eppendorfer, W. H.-Eggum, B. O.-Bille, S. W.*: 1979. Nutritive value of potato crude protein as influenced by manuring and amino acid composition. *J. Sci. Food Agric.* 30: 361–368.
- Érsek T.*: 2008 Új kihívások a burgonya növényvédelmében. *Agronapló.* 2008/05. Szántóföld 34–36.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO*: 2021. The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome. FAO.
- FAO*: 2013. Dietary Protein Quality Evaluation in Human Nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. FAO Food and Nutrition. Paper 92. Rome. Italy.
- FAO*: 2021. World Food and Agriculture–Statistical Yearbook. 2021. Rome.
- FAOSTAT*: 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat>

- Fisher, M. C.–Henk, D. A.–Briggs, C. J.–Brownstein, J. S.–Madoff, L. C.–McCraw, S. L.–Gurr, S. J.: 2012. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature*. 484: 186–194.
- Forbes, G.–Pérez, W.–Andrade Piedra, J.: 2014. Field assessment of resistance in potato to *Phytophthora infestans*. Lima (Peru). International Potato Center (CIP). 35.
- Fry, W.: 2008. *Phytophthora infestans*: the plant (and *R* gene) destroyer. *Mol. Plant Pathol.* 2008 May. 9. 3: 385–402.
- Fuglie, K.: 2007. Research Priority Assessment for the CIP 2005–2015 Strategic Plan: Projecting Impacts on Poverty, Employment, Health and Environment.
- Gergely L.: 2004. Burgonyafajták rezisztenciavizsgálata fitoftóra [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] fertőzéssel szemben és egyes környezeti tényezők hatása a betegség-ellenállóságra. Doktori értekezés. Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Növényvédelmi Intézet.
- Gergely L.: 2019. A burgonyanemesítés és fajtahasználat rövid története 2019. 02. Tanulmány.
- Haverkort, A.–Boonekamp, P.–Hutten, R.–Jacobsen, E.–Lotz, L.–Kessel, G.–Visser, R.–van der Vossen, E.: 2008. Societal costs of late blight in potato and prospects of durable resistance through cisgenic modification. *Potato Res.* 51: 47–57.
- Horváth J.: 2009. Burgonyakutatás Magyarországon nemzetközi kitekintéssel: múlt, jelen, jövő. *Növénytermelés*. 58. 2: 135–183.
- Horváth J.–Fischl G.–Kadlicskó S.–Kiss E.–Pintér Cs.: 1995. A szántóföldi növények betegségei. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 327.
- Knorr, D.: 1980. Effect of recovery methods on yields, quality and functional properties of potato protein concentrates. *J. Food Sci.* 45: 1183–1186.
- Kollaricsné Horváth M.: 2019. Burgonya genotípusok nitrogén hasznosítása és a nitrogén asszimiláció genetikai vizsgálata. Doktori Értekezés. Pannon Egyetem Georgikon Kar Fesztetics Doktori Iskola.
- Koningsveld van, G.: 2001. Physico-chemical and functional properties of potato proteins. PhD thesis. Wageningen Agricultural University. Netherlands. 147.
- Lees, A. K.–Cooke, D. E. L.–Stewart, J. A.–Sullivan, L.–Williams, N. A.–Carnegie, S. F.: 2008. *Phytophthora infestans* population changes: implications PPO Special Report. No. 13. EuroBlight Workshop. Hamar. Norway. 28–31 October 2008.
- Lis, B.–Mazurczyk, W.–Trawczyński, C.–Wierzbicka, A.: 2002. Factors limiting nitrogen utilization by potato plants and the threat to the environment. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 165–174. (In Polish).
- Manjunath, R. P.–Vishnuwardhana, A. M.–Ramegowda, G. K.–Anilkumar, S.–Prasad, P. S.: 2018. Influence of Foliar Spray of Micronutrient Formulation on Quality and Shelf Life of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Int. J. Pure App. Biosci.* 6. 1: 660–665.
- Mazurczyk, W.–Lis, B.: 2001. Variation of chemical composition of tubers of potato table cultivars grown under deficit and excess of water. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 10. 51: 27–30.

- Mystkowska, I. T.*: 2018. Content of total and true protein in potato tubers in changing weather conditions under the influence of biostimulators. *Acta Agroph.* 25: 475–483.
- Nagy, Z. Á.–Bakonyi, J.–Érsek, T.*: 2003. Novel genotypes in *Phytophthora infestans* in Hungary. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica.* 38: 7–11.
- Öztürk, E.–Polat, T.*: 2016. The effect of long term storage on physical and chemical properties of potato. *Field Crops.* 21: 218–223.
- Peksa, A.–Miedzianka, J.–Nems, A.*: 2018. Amino acid composition of flesh-coloured potatoes as affected by storage conditions. *Food Chem.* 266: 335–342.
- Peksa, A.–Miedzianka, J.–Nems, A.–Rytel, E.*: 2021. The free-amino-acid content in six potatoes cultivars through storage. *Molecules.* 26: 1322.
- Peksa, A.–Rytel, E.–Kita, A.–Lisinska, G.–Tajner-Czopek, A.*: 2009. The Properties of Potato Protein. *Food.* 3: 79–87.
- Pocsai K.*: 2005. A burgonya tápanyag gazdálkodásának sajátosságai. *Gyakorlati Agrofórum.* 16. 2: 17–18.
- Pocsai K.*: 2011. A burgonyatermesztési technológia főbb elemei. *Országos Burgonya Szövetség és Terméktanács Hírlevél.* 12. évf. 1. szám. Budapest.
- Polgár Zs.*: 2002. A nemesítés lehetőségei a burgonya minőségének javítására. *Georgikon Tudományos Napok.* 311–315.
- Polgár Zs.*: 2008a *Ismertető a Burgonya Kutatási központ tevékenységéről.* Burgonya Ágazati Fórum. Keszthely.
- Polgár Zs.*: 2008b: A vetőgumó termesztés helyzete és problémái Magyarországon. Burgonya Ágazati Fórum. Keszthely.
- Polgár Zs.–Horváth S.–Wolf I.*: 2004. Irányzatok a keszthelyi burgonyanemesítésben. *Növényvédelmi Tanácsok.* 13: 18–20.
- Polgár, Zs.–Wolf, I.–Vaszily, Z.–Tömösközi-Farkas, R.–Gergely, L.*: 2010. The Newest Results of a Complex Resistance Breeding Programme to Biotic and Abiotic Stresses of Potato. *Potato Research.* 53. 4: 396–397.
- Robertson, T. M.–Alzaabi, A. Z.–Robertson, M. D.–Fielding, B. A.*: 2018. Starchy Carbohydrates in a Healthy Diet: The Role of the Humble Potato. *Nutrients.* 10: 1764.
- Robinson, D.–Millard, P.*: 1990. Effect of the timing and rate of nitrogen fertilization on the growth and recovery of fertilizer nitrogen within the potato (*Solanum tuberosum* L.) crop. *Fertilizer Research.* 21. 3: 132–140.
- Salazar, L. F.*: 1996 *Potato viruses and their control.* International Potato Center (CIP). Lima. Peru. 214.
- Sárvári I.*: 2005. A burgonya nemesítése. *Koncepció és technológia.* 2005. Tanulmány.
- Sárvári I.*: 2014. Sárvári Rózsa fajtaleírás. <https://sarvariburgonya.hu/>
- Sárvári I.*: 2015. Sárvári Borostyán fajtaleírás. <https://sarvariburgonya.hu/>
- Sárvári I.*: 2021 Szóbeli közlés. Zirc.

- Shaw, D.–Kiezebrink, D. T.*: 2005. Late-blight resistance in Sárpo clones – an update. [In: Haverkort, A. J.–Struik, P. C. (eds.) *Potato in Progress – science meets practice* Wageningen Academic Publishers.] An invited paper presented at the GILB symposium at POTATO 2005. Emmeloord. The Netherlands.
- Shaw, D.–Wattier, R.*: 2002. Evolution of *Phytophthora infestans*: a global view. [In: Lizárraga, C. (ed.) *Late Blight: managing the global threat.*] International Potato Centre. Invited paper at Second International Late-blight Conference. Hamburg. Germany. 14–19 July, 2002. 23–27.
- Sheury, P. R.*: 2003. Tuber storage proteins. *Annals of Botany*. 91: 755–769.
- Silveira, A. C.–Orena, S.–Medel-Maraboli, M.–Escalona, V. H.*: 2020. Determination of some functional and sensory attributes and suitability of colored- and noncolored-flesh potatoes for different cooking methods. *Food Sci. Technol. (Campinas)*. 40. 2: 395–404.
- Stummer I. (szerk.)*: 2020. Agrárpiaci jelentések – Zöldség, gyümölcs és bor. 2020 NAIK Agrárgazdasági Kutató Intézet. 24. 16: 6.
- Stummer I. (szerk.)*: 2021. Agrárpiaci jelentések – Zöldség, gyümölcs és bor. 2021 NAIK Agrárgazdasági Kutató Intézet. 25. 21: 6.
- Thomas, G.–Sansonetti, G.*: 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *New Light on a Hidden Treasure: International Year of the Potato 2008, an End-of-Year Review*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Italy.
- Trawczyński, C.*: 2018. The effect of foliar preparation with silicon 85 the yield and quality of potato tubers in compared to selected biostimulators. *Fragm. Agron*. 35. 4: 113–122.
- White, S.–Shaw, D.*: 2008. Resistance of Sárpo clones to the new strain of *Phytophthora infestans*, Blue-13. PPO Special Report. No. 13. Euro Blight Workshop Hamar (Norway). 28–31 October 2008.
- White, S.–Shaw, D.*: 2010. Breeding for host resistance: the key to sustainable potato production. PPO-Special Report. No. 14. Twelfth Euro Blight Workshop Arras (France). 3–6 May 2010.
- Wichrowska, D.–Szczepanek, M.*: 2020 Possibility of Limiting Mineral Fertilization in Potato Cultivation by Using Bio-fertilizer and Its Influence on Protein Content in Potato Tubers. *Agriculture*. 10. 10: 442.
- Zarzecka, K.–Gugała, M.–Mystkowska, I.*: 2009. Effect of agricultural treatments on the content of total and protein nitrogen in potato tubers. *Ecol. Chem. Eng. A*. 16: 1–6.
- Zsom E.*: 2006. Az öntözés hatása a burgonya (*Solanum tuberosum* L.) fajták termés mennyiségére és minőségére. Doktori értekezés. Debreceni Egyetem Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola. Debrecen.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Kovács Ágnes - Sárvári István
Dr. Sárvári Agró Kft.
Zirc
Borzavári utca 29.
H-8420

Dr. Mikó Péter - Dr. Percze Attila
MATE Növénytermesztési-tudományok Intézet
Agronómia Tanszék
Gödöllő
Páter K. u. 1.
H-2103

A napraforgó (*Helianthus annuus* L.) tőszámreakciójának vizsgálata heterogén termőképességű termőterületeken

MONOKI SZABOLCS
Debreceni Egyetem
Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Debrecen

Összefoglalás

A napraforgót mint a talaj nedvességét a végletekig kihasználó növényt tartjuk számon, mégis igaz, hogy limitáló tényezőként jelen van a rendelkezésre álló víz mennyisége. A hibridek eltérő hatékonysággal hasznosítják a talaj vízkészletét, amelyet a hektáronként kivetett növények száma is nagymértékben befolyásol. A műholdas távérzékelés és helymeghatározás, a szenzoros mérés, a térinformatikai adatelemző és feldolgozó szoftverek alkalmazhatósága, a differenciálható tőszámmal történő vetés műszaki megoldásainak megjelenése és a használatuk megteremtí a lehetőséget a termőhelyspecifikus tőszámszabályozás lehetőségének vizsgálatára a napraforgó termesztésében is. Tanulmányomban kísérletet tettem az adott termőterület heterogén termőképességi zónáihoz legjobban illeszkedő napraforgó vetési tőszám intervallum meghatározására. A termőképességi zónák kialakítása újszerű térinformatikai módszerekkel történt. A kiválasztott mintaterületeken három termőképességi szempontból jól elkülöníthető zóna került meghatározásra. Minden termőképességi zónában három tőszámlépcsőt használtam négy ismétlésben. A magas és átlagos termőképességű zónákban a tőszám növelése kissé magasabb termésmennyiséget eredményezett, míg az alacsony termőképességű zónákban a csökkentett tőszámú vetés nem okozott jelentős hozamkülönbséget a standard tőszámhoz képest. A nedvesség- és olajtartalom esetében gyakorlati különbséget nem lehetett kimutatni a tőszámok között.

Kulcsszavak: hozam, napraforgó, olajtartalom, termőképességi zóna, tőszám

Analysing the plant density response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on heterogeneous production sites

SZ. MONOKI

University of Debrecen

Kerpely Kálmán Doctoral School, Debrecen

Summary

Sunflower is considered a crop that uses soil moisture to the maximum, but it is true that the amount of available water is a limiting factor. Sunflower hybrids use soil water resources with varying efficiency, which is also greatly influenced by the number of plants sown per hectare. The use of satellite remote sensing and positioning, sensor-based measurement, GIS data analysis and processing software, and the emergence and use of technical solutions for differentiated sowing rates, open up the possibility of examining the possibility of site-specific plant density control in sunflower production. In this study, an attempt was made to determine the best sunflower plant density interval for the heterogeneous fertility zones of a given production area. The fertility zones were established using novel GIS methods. In the selected sample areas, three distinct fertility zones were defined. In each fertility zone, three plant density steps were used in four replicates. In the high and average fertility zones, increasing plant density resulted in slightly higher yields, while in the low fertility zones, sowing with reduced plant density did not cause a significant yield difference compared to the standard value. For moisture and oil content, no practical differences between plant density values could be detected.

Keywords: yield, sunflower, oil content, fertility zone, plant density

Bevezetés

Napjainkban a mezőgazdaság és az élelmiszerelőállítás fontos célkitűzése a fenntartható gazdálkodás feltételeinek megteremtése. A fenntartható fejlődés a szántóföldi növénytermesztésben is egyre nagyobb jelentőséggel

bír és megkívánja az ökológiai és ökonómiai feltételekhez való alkalmazkodást. Elengedhetetlenné vált a termőhely adottságainak, a növénytermelés igényének figyelembevétele, és az ahhoz kapcsolódó környezetvédelmi célok összehangolása. A fenntartható termelés célja a környezet még szükséges, lehető legkisebb terhelése, és ezzel együtt a gazdaságosság fenntartása (*Monoki 2011*).

Napjaink talajművelési kutatásainak fő iránya, olyan termesztéstechnológiai rendszerek és eljárások kidolgozása, melyek elősegítik a megváltozott környezeti feltételekhez történő adaptációt, és alkalmasak megakadályozni vagy mérsékelni a szélsőséges vízháztartási zavarok miatt bekövetkező terméseszköket (*Széles et al. 2019*). A víz- és energiamegtakarítást és az ezek gazdaságosabb felhasználását eredményező termesztéstechnológiai beavatkozásokkal a gazdálkodóknak lehetősége van a gazdálkodás eredményességének fenntartására még terméseszköket mellett is (*Nagy 2000*).

Nagyon fontos az elvégzett agrotechnikai műveletek minősége: a rendelkezésre álló vizet a napraforgó számára a legnagyobb mértékben elérhetővé kell tenni (*Antal 1992*).

Az egységnyi területen található több növény nagyobb vízigénnyel rendelkezik. A hibridek eltérő hatékonysággal hasznosítják a talaj vízkészletét, amelyet a kivetett növényszám is nagymértékben befolyásol (*Nagy 1996*). Az optimális tőszám egyben terület- és hibridspecifikus tulajdonság is, de módosító tényezőként hat a talaj termőképessége, a terület heterogenitása, az elvárt termésmennyiség, a vetőgép nyújtotta lehetőségek és az adott hibrid alkalmazkodóképessége is (*Szabó 2007*).

A műholdas távérzékelés és helymeghatározás, a szenzoros mérés, a térinformatikai adatelemző és feldolgozó szoftverek megjelenése – és a használatukhoz való hozzáférés lehetősége – megteremtette a precíziós növénytermesztés alapjait (*Moore et al. 1993*).

A helymeghatározáson alapuló precíziós növénytermelés technológiai fejlesztéseinek köszönhetően olyan térinformatikai alkalmazások és művelőeszközök váltak elérhetővé a termelők számára, melyek használatával jelentősen növelhető a gazdálkodás hatékonysága (*Milics 2008*). Miközben egyre nagyobb az érdeklődés a differenciált tápanyag-kijuttatás iránt, a helyspecifikus ellenőrzött vetés eredményei (*Tótin és Pepó 2016*) még mindig

újdomságnak számítanak, pedig használhatóságának és hatékonyságának alapja a költségsökkentés révén a nagyobb előnyök realizálása

Kutatásom célja a precíziós növénytermesztés számára rendelkezésre álló eszközökkel olyan, az adott termőterület heterogén termőképességi zónáihoz legjobban illeszkedő napraforgó vetési tőszám meghatározása, amely közvetlenül befolyásolja a napraforgó termesztésének sikerességét.

Anyag és módszer

Kutatásaim 2021-ben kezdődtek és jelenleg is folynak a saját gazdaságunkban. A most közölt vizsgálatok a 2022. év eredményeit mutatják be.

Vizsgálataimban két különböző talajadottságú termőterület (C10: réti csernozjom, B6: szolonyeces réti) termőhelyspecifikus tőszámszabályozott vetési kísérletét végeztem el, az adott zónákon belül lényegesen eltérő mennyiségű vetőmag vetésével. A vetési kísérletet a termőterületek három különböző termőképességű zónájában, zónánként három tőszámlépcsőt alkalmazva, tőszámonként négy ismétlésben állítottam be.

A kísérleti vetések termőképességi zónáinak kialakításakor a következő adatokat vettem figyelembe: a termőterületek talajtani jellemzői az ATK TAKI által rendelkezésemre bocsátott Kreybig-féle talajtérkép alapján, a Sentinel-2 műhold által készített űrfelvételek adatai a 2017–2021 közötti időszakban, kombájn magasság- és hozam adatok a kísérleti táblákon 2017–2021 között.

A termőképességi zónák kijelölését követően három termőhelyi kategóriát állítottam fel: alacsony, átlagos és magas termőképességű.

Az alkalmazott termesztéstechnológia a tábla egészen megegyezett, csak a tőszám változott. A kísérleti vetés tőszámváltásait automata módon, előre megírt vetési terv alapján a traktor fedélzeti számítógépe végezte, kiküszöbölve ezzel a tőszámváltások kézi végrehajtásából adódó esetleges hibalehetőséget, és ez egyben jelentősen felgyorsította a kísérleti vetés folyamatát is.

A kísérleti vetés tervezését és kivitelezését az alábbiak szerint végeztem: a vetőmag előállító ajánlásának megfelelően az adott hibrid, a mi termesztési környezetünkben bevált 55 000 tő/ha tőszámot tekintettük a kísérlet alapjának. A kísérlet megvalósíthatósági szempontjainak figyelembevételével minden termőképességi zónában három tőszámlépcsőt használtunk négy ismétlésben.

- Az alacsony minősítésű termőképességi zónában a bázis tőszámot (55 000 tő/ha), és az annál 20%-kal (44 000 tő/ha), illetve 40%-kal (33 000 tő/ha) csökkentett hektáronkénti tőszámot alkalmaztam.
- Az átlagos minősítésű termőképességi zónában a bázis tőszámot (55 000 tő/ha), és az attól 20%-kal növelt (66 000 tő/ha) és csökkentett (44 000 tő/ha) hektáronkénti tőszámot alkalmaztam.
- A magas minősítésű termőképességi zónában a bázis tőszámot (55 000 tő/ha), és az attól 20%-kal (66 000 tő/ha), illetve 40%-kal (77 000 tő/ha) növelt hektáronkénti tőszámot alkalmaztam.

A termőképességi zónák területén belül a kísérleti vetések területének körvonala mentén, az oldalakon a határos sorok és a kísérlet kezdetét megelőző és végét meghaladó három méter hosszúságú területen a napraforgó kivágásra került. Így a kísérleti terület fizikailag lehatárolásra került.

A kísérleti vetés 100 m hosszúságú vetett sorain belül az egyes tőszámokhoz tartozó 12 sorból tetszőlegesen kiválasztásra került hat sor, melyekben tetszőlegesen helyen kijelölésre került egy 10 m hosszúságú mintaterület. E területen rögzítésre került a kikelt növények száma, a sorokban megtalálható növények száma és a növények közötti tőtávolság.

A tőszám ellenőrzésére a sorköz kultivátorozását követően került sor.

A vetési kísérlet termőterületeinek a kísérleti parcellákon kívül eső területeit a kísérleti terület betakarítását megelőzően takarítottuk be, majd a kísérleti területen a betakarítást az egyes tőszámokhoz tartozó parcellánként külön vágva végeztük. A learatott napraforgómennyiséget a szállítójárműre ürítve mobil mérőtalpas mérőegységgel, parcellánként mértük meg. A leürített napraforgóból öt ponton mintát vettünk, melyből kb. 1 kg súlyú átlagmintát képeztünk a laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséhez.

Az átlagmintákból az ezermagtömeget, a nedvesség- és az olajtartalmat vizsgáltam. Az ezermagtömeget az átlagmintákból vett 2×200 szem tömegmérésével, 1000 szemre átszámítva mértük meg. A nedvesség- és olajtartalom mérése a Debreceni Egyetem Agrárműszerközpontjának Laboratóriumában történt.

Eredmények

A vetési kísérlet adatainak elemzése során megállapítottam, hogy valamennyi termőképességi zónán belül a névleges tőszám növekedésével nőtt a

névleges és a tényleges becsült tőszám közötti különbség is, valamint a tőtávolság egyenletessége nagyobb szórást mutatott és pontatlanabb volt.

A nedvesség- és olajtartalmat vizsgálva nem találtam egyértelmű összefüggést a tőszám és a termőképességi zónák minőségének összefüggését vizsgálva az adott évjáratban.

A C10 jelű tábla (1. táblázat) alacsony termőképességű zónában a napraforgó nedvességtartalma a 33 000 tő/ha tőszám esetében a legalacsonyabb, az olajtartalom esetében pedig a legmagasabb volt, de a termés nem tért el jelentősen az 55 000 tő/ha (<1%) és a 44 000 tő/ha (+2,1%) értéktől. Az átlagos termőképességű zónában a napraforgó nedvességtartalma 44 000 tő/ha esetében volt a legalacsonyabb az olajtartalom, és nem mutatott különbséget 44 000 tő/ha és 55 000 tő/ha tőszám között (46,9 m/m%).

1. táblázat. A kísérleti vetések területéről betakarított napraforgó hozam- és beltartalom adatai (2022)

Terület azono- sító (1)	Zóna azono- sító (2)	Névleges tőszám (tő/ha) (3)	Tényleges becsült tőszám (tő/ha) (4)	Bruttó hozam (t/ha) (5)	Nettó hozam (t/ha) (6)	Nedvesség- tartalom (m/m%) (7)	Olaj- tartalom (m/m%) (8)	Ezermag- tömeg (g) (9)
C10	alacsony (10)	33000	31888	2,71	2,36	5,64	47,3	50,5
C10		44000	42444	2,77	2,41	5,81	46,4	44,5
C10		55000	52333	2,69	2,34	6,02	46,6	38,7
C10	átlagos (11)	44000	43999	1,73	1,50	5,76	46,9	33,3
C10		55000	52888	1,66	1,44	5,88	46,9	28,1
C10		66000	62444	1,84	1,60	5,78	46,1	29,6
C10	magas (12)	55000	54222	3,05	2,65	5,94	46,6	48,6
C10		66000	63222	3,31	2,88	5,83	46,5	48,9
C10		77000	73555	3,41	2,97	5,73	43,8	43,5

Megjegyzés: C10 - réti csernozjom talaj.

Table 1. Yield and content data of sunflower harvested from the experimental area. (1) Field ID, (2) Zone ID, (3) Nominal number of seeds (seed per ha), (4) Estimated number of plants (plant per ha), (5) Gross yield (t per ha), (6) Net yield (t per ha), (7) Moisture (m/m%), (8) Oil content (m/m%), (9) Thousand grain weight (g), (10) Low productivity zone, (11) Average productivity zone, (12) High productivity zone, Note: C10 - meadow chernozem.

Az 55 000 tő/ha és a 44 000 tő/ha tőszámú vetés között mintegy 4% hozamkülönbség mutatkozott, azonban a 66 000 tő/ha tőszámú vetés mintegy 6,25%-kal haladta meg a 44 000 tő/ha, és 10%-kal az 55 000 tő/ha tőszámú vetés termés hozamát.

A magas termőképességű zónában a napraforgó nedvesség- és olajtartalma a tőszám növekedésével csökkent, az 55 000 tő/ha esetében volt a legmagasabb. Termés hozamát tekintve a 77 000 tő/ha tőszámú vetés eredményezte a legmagasabb termés hozamot (2970 kg/ha), míg ettől az eredménytől a 66 000 tő/ha 3%-kal, az 55 000 tő/ha tőszámú vetés pedig 10,77%-kal eredményezett kevesebb termést.

A B6 jelű tábla (2. táblázat) alacsony termőképességű zónában a napraforgó nedvességtartalma a 44 000 tő/ha tőszám esetében volt a legalacsonyabb, az olajtartalom pedig a legmagasabb, de a termés az 55 000 tő/ha tőszámú vetés esetében eredményezte a legmagasabb hozamot, és 33 000 tő/ha tőszám esetében a legalacsonyabbat.

Az átlagos termőképességű zónában a napraforgó nedvességtartalma csak rendkívül kismértékű (<1,25 m/m%) eltérést mutatott a különböző tőszámok között. Az olajtartalom a 44 000 tő/ha tőszámú vetés esetében volt a legmagasabb (44,3 m/m%).

Az 55 000 tő/ha és a 44 000 tő/ha tőszámú vetés között mintegy 1,4% hozamkülönbség mutatkozott, azonban a 66 000 tő/ha tőszámú vetés mintegy 3,7%-kal haladta meg a 44 000 tő/ha, és 2,4%-kal az 55 000 tő/ha tőszámú vetés termés hozamát.

Az átlagos termőképességű zónákban a tőszám változtatása sem pozitív, sem negatív irányba nem mutatott egyértelmű hozamreakciót. Hosszú idősoros műholdfelvételek elemzése alapján is megfigyelhető, hogy ezekben a zónákban érvényesül leginkább az évjáráthatás, amely vélhetően erőteljesebb hatást gyakorol a hozamra, mint a tőszám változása.

A magas termőképességű zónában a napraforgó nedvességtartalma a 66 000 tő/ha esetében volt a legalacsonyabb, az olajtartalma tekintetében pedig a legmagasabb (43,3 m/m%). Termés hozamát tekintve 77 000 tő/ha tőszámú vetés eredményezte a legmagasabb termés hozamot (3060 kg/ha), míg ettől az eredménytől a 66 000 tő/ha 5,5%-kal, az 55 000 tő/ha tőszámú vetés pedig csupán 1,3%-kal termett kevesebbet.

2. táblázat. A kísérleti vetések területéről betakarított napraforgó hozam- és beltartalom adatai (2022)

Terület azonosító (1)	Zóna azonosító (2)	Névleges tőszám (tő/ha) (3)	Tényleges becsült tőszám (tő/ha) (4)	Bruttó hozam (t/ha) (5)	Nettó hozam (t/ha) (6)	Nedvesség-tartalom (m/m%) (7)	Olaj-tartalom (m/m%) (8)	Ezermag-tömeg (g) (9)
B6	alacsony (10)	33000	31333	2,29	2,00	6,14	40,6	74,9
B6		44000	37111	2,51	2,18	5,69	43,9	68,5
B6		55000	45444	2,54	2,21	5,99	42,1	63,4
B6	átlagos (11)	44000	41222	3,28	2,85	5,75	44,3	74,4
B6		55000	51444	3,33	2,89	5,82	42,6	68,6
B6		66000	54999	3,40	2,96	5,79	43,5	70,1
B6	magas (12)	55000	52111	3,47	3,02	5,94	42,3	68,3
B6		66000	58888	3,33	2,90	5,71	43,3	62,0
B6		77000	66666	3,52	3,06	6,02	41,4	61,1

Megjegyzés: B6 – szolonyeces réti talaj.

Table 2. Yield and content data of sunflower harvested from the experimental area (B6). (1) Field ID, (2) Zone ID, (3) Nominal number of seeds (seed per ha), (4) Estimated number of plants (plant per ha), (5) Gross yield (t per ha), (6) Net yield (t per ha), (7) Moisture (m/m%), (8) Oil content (m/m%), (9) Thousand grain weight (g), (10) Low productivity zone, (11) Average productivity zone, (12) High productivity zone, Note: B6 – solonetz meadow soil

A kapott eredmények azt mutatják, hogy az adott év extrém aszályos évjárata nagy hatást gyakorolt a terméseredményekre, és nem mutatkozott sem jelentős pozitív, sem negatív tőszámreakció a vetett napraforgóállományok terméseredményeiben.

IRODALOM

- Antal J.*: 1992. Napraforgó éghajlatigénye. [In: Bocz E. (szerk.) Szántóföldi növénytermesztés.] Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Milics G.*: 2008. A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós (helyspecifikus) növénytermesztésben. Doktori PhD értekezés. Pécsi Egyetem.

- Monoki Sz.*: 2011. Integrált és konvencionális növényvédelmi programok fenntarthatósági vizsgálata DEXiPM modell alkalmazásával. Diplomadolgozat. Szent István Egyetem.
- Moore, I. D.–Gessler, E.–Nielsen, G. A.–Peterson, G. A.*: 1993. Terrain analysis for soil specific crop management. Second International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems. 27–51.
- Nagy J.*: 1996. A növényszám és a talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. Növénytermelés. 45. 5–6: 543–553.
- Nagy J.*: 2000. A talajművelés és műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére aszályos és kedvező évjáratokban. [In: Nagy J.–Pepó P. (szerk.) Talaj, növény és környezet kölcsönhatásai III.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 97–119.
- Szabó A.*: 2007. Az állománysűrűség hatása a napraforgó hibridek termésmennyiségére, termésbiztonságára és minőségére. Doktori PhD értekezés. Debreceni Egyetem. Debrecen.
- Széles, A.–Kovács, K.–Ferencsik, S.*: 2019. The effect of crop years and nitrogen basal and top dressing on the yield of different maize genotypes and marginal revenue. Időjárás. Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service. 123. 3: 265–278.
- Tótin A.–Pepó P.*: 2016. A vetésidő és tőszám hatása három kukorica hibrid kelés- és növekedés-dinamikájára. Agrártudományi Közlemények. 68: 105–110.

A szerző levelezési címe – Address of the authors:

Monoki Szabolcs
Debreceni Egyetem
Kerpely Kálmán Doktori Iskola
Böszörményi út 138.
Debrecen
H-4032
monoki.szabolcs@icloud.com

A csemegekukorica (*Zea mays conv. saccharata* Koern) terméselemeinek elemzése öntözéses termesztésben

^{1,2}NAGY JÁNOS - ²DEMETER CINTIA - ²BAKOS ZSUZSANNA -
²SZABÓ ATALA - ²SINKA LÚCIA - ²HAJER MOHAMED IBRAHIM SIDAHMED -
²SIMON KÁROLY - ¹ILLÉS ÁRPÁD

Debreceni Egyetem

¹MÉK Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

²Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Debrecen

Összefoglalás

A csemegekukorica termesztés sikerességét számos környezeti és termesztéstechnológiai tényező befolyásolja. A stresszhatások leküzdésére alkalmas genotípusok megválasztása mellett fontos a genotípushoz igazodó precíziós termesztéstechnológia, tápanyagellátás és öntözés. A szántóföldi növények közül a csemegekukorica az egyik legérzékenyebb növény a szárazságra, ezért a sikeres gazdálkodás elengedhetetlen feltétele az öntözéses precíziós termesztéstechnológia alkalmazása. Kísérleteinket három különböző évjárat (2020, 2021, 2022) kontrollált körülményei között végeztük. Június és július hónapokban az öntözést csepegtető berendezéssel végeztük. A GSS csemegekukorica hibrid hektáronkénti nyers szentömege évente szignifikánsan különbözött. A kedvezőtlen évjáratban, 2022-ben a nyers szemtermés 10,400 t/ha. Ezzel szemben 2021-ben és 2020-ban jelentősen, hektáronként 1,466 és 2,810 tonnával több volt a szemtermés. A csapadék és az öntözésmennyisége alapján az együttes vízhasznosulást elemezve szoros, megbízható összefüggéseket mértünk. 1 mm (csapadékból és öntözésből) származó vízmennyiségre vetítve 2020-ban 27,1; 2021-ben 25,6; és a kedvezőtlen 2022. tenyészévben 23,5 kg szentömeget mértünk.

Kulcsszavak: csemegekukorica, öntözéses termesztés

Analysing the yield elements of sweet maize (*Zea mays* conv. *saccharata* Koern) in irrigation production

^{1,2}J. NAGY – ²C. DEMETER – ²ZS. BAKOS – ²A. SZABÓ – ²L. SINKA –
²HAJER MOHAMED IBRAHIM SIDAHMED – ²K. SIMON – ¹Á. ILLÉS

University of Debrecen

¹Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,
Institute of Land Use, Engineering and Precision Farming Technology, Debrecen

²Kerpely Kálmán Doctoral School, Debrecen

Summary

The success of sweet maize cultivation is affected by a number of environmental and technological factors. In addition to choosing the appropriate genotypes to cope with stress effects, it is important to use precision farming techniques, nutrient supply and irrigation adapted to the genotype. Sweet maize is one of the most drought-sensitive crops in arable farming, therefore, the use of precision irrigation farming techniques is essential for successful management. Our experiments were carried out under controlled conditions in three different crop years (2020, 2021, 2022). In June and July, irrigation was carried out with drip irrigation. The raw grain weight per hectare of the GSS sweet maize hybrid differed significantly from year to year. In the unfavourable year 2022, the raw grain yield was 10.400 t/ha. In contrast, in 2021 and 2020, the grain yield was significantly higher, at 1.466 and 2.810 tonnes per hectare, respectively. We measured close, consistent relationships between rainfall and irrigation volume when analysing the combined water use. For 1 mm of water (from precipitation and irrigation), we measured 27.1 kg of grain weight in 2020; 25.6 kg in 2021; and 23.5 kg in the unfavourable growing year 2022.

Keywords: sweet maize, irrigation production

Bevezetés

Figyelembe véve a gyorsan növekvő globális népességet és a csökkenő víz- és földkészleteket, a mezőgazdasági termelésben az emberiség kihívásokkal néz

szembe, az élelmezésbiztonság és az ökológiai fenntarthatóság fenntartása terén. A népesség növekedésével, az egészségtudatos táplálkozás elterjedésével az emberek egyre magasabb követelményeket támasztanak az élelmiszerek minőségével, szemben is. A minőségi termelésnek sokszor gátat szabnak a fokozott stressznek kitett növények, valamint a csökkenő mezőgazdasági területek a mennyiségi korlátokat feszegetik. A csemegekukorica jelentősége a mezőgazdaságban közismert, élelmiszeriparban betöltött szerepe fokozódik, egészséges népszerű zöldségféle (Erdal et al. 2011, Santos et al. 2014). A csemegekukorica szemekben magas az endospermiumában a cukortartalom. A csemegekukorica minőségében a szemek cukrossága, édessége a mérvadó, ezt befolyásolja a szemekben lévő cukor és keményítő mennyisége (Okumura et al. 2014). A precíziós termesztéstechnológia használatával a csemegekukorica termesztés az elmúlt évek átlagában – a nagy környezeti anomáliák mellett is – stabil. A csemegekukorica termesztés sikerességét számos tényező befolyásolja, melyek közül az aszály okozta csapadék visszapótlása kulcsfontosságú. A precíziós öntözés alkalmazása fontos szerepet játszik a magasabb terméshozam elérésében (Barmeier et al. 2017). A csemegekukorica csövekben a morfológiai paraméterek, azaz a csőhosszúság, a friss tömeg és a csövenkénti szemek száma mintegy 40%-kal nőtt az öntözés hatására, 9, 35 t/ha termést eredményezett (Aydinsakir et al. 2013). Illés et al. (2022) a kísérletükben kapott eredmények azt mutatták, hogy az öntözéses kezelések fontos kísérleti tényezők, ami befolyásolja a csemegekukorica termésmutatóit. A vizsgálat kimutatta, hogy az öntözési körülmények között a hibridek fenológiai és termésindexei is változnak. Általánosságban elmondható, hogy az öntözővíz-kezelések jelentősen befolyásolták a kukorica termésterjedését és mennyiségi jellemzőit, beleértve a csőhosszt, a csőtömeget, a szemszámot és a cukortartalmat meghatározó paramétereket. Az egészséges élelmiszerek előállításához precíziós gazdálkodási technológiát igényel. Főbb precíziós műveletek közé tartozik a tápanyagellátás, az öntözés, a vetés és a betakarítás. Ezek a tényezők mind a hatékony termesztés és feldolgozás előfeltételei (Demeter et al. 2021). A környezeti stresszhatások leküzdésére alkalmas genotípusok helyes megválasztása és a genotípushoz igazodó tápanyagellátás alapvető fontosságú tényező a sikeres termesztés érdekében (Széles et al. 2019, Horváth et al. 2021, Illés et al. 2021). Az eltérő genotípusú csemegekukoricák produkciójával kapcsolatban korlátozott mennyiségű adat áll rendelkezés, különösen abiotikus stressz esetén. A

szárazanyag-képződés a növények stressztűrő képességével áll összefüggésben (Sulpice et al. 2009, Pilkington et al. 2015). A gabonanövények fő összetevőjeként a keményítőtartalom és minőség közvetlenül befolyásolja a növények gazdasági előnyeit, mely genotípusonként eltérő. A víz kétélű fegyver, ha nincs, amikor kell, az végzetes lehet, viszont, ha van, de nem megfelelő a minősége és nem jól van alkalmazva, visszafordíthatatlan károkat okozhat a növénytermesztésben. A precíziós öntözés egy olyan mezőgazdasági művelet, ahol az öntözők optimalizálják a víz térbeli és időbeli alkalmazását a hozam maximalizálása és a környezeti hatások minimalizálása érdekében, valamint a hagyományos öntözőrendszerekhez képest akár 50%-kal is csökkenthetik a vízfelhasználást (Delgado és Bausch 2005, Sadler et al. 2005). Szabó et al. (2023) csemegekukorica kísérletükben az öntözés kedvezően befolyásolta a szárazanyag-beépülését és a terméshozamot. A víz keménysége, az oldott kalcium és magnézium koncentrációja emelte a természetközeg pH értékét. A kedvező lágy víz, vagy savazó hatású termékkel kezelt víz ellenben csökkentette a pH értékeket a gyökérzónában. Az elmúlt évtizedekben a globális klímaváltozás hatásai hazánkban erőteljesen jelentkeztek. A jelenségek közül az éves csapadék mennyiségének csökkenését, időbeni ingadozását, az évi középhőmérséklet növekedését, valamint a szélsőséges időjárási folyamatok gyakoriságának és hatásuk erősségének mélyülését lehet kiemelni. Évente átlagosan mintegy két hónap csapadékmennyisége hiányzik, nem hullik le a korábbi időszakhoz képest, miközben a feladatunk az, hogy nagyobb mennyiségű és jobb minőségű termést állítsunk elő a szántóföldjeinken. A szántóföldi növények közül a kukorica az egyik legszélsőségesebben reagáló növény a csapadékhiányra. Dhaliwal és Williams (2022) kísérletükben bizonyították, hogy a csemegekukorica termesztése tartós 30 °C fölött termésvesztéshez vezetett, és minden további +1 °C-kal történő hőmérsékletnövekedés a virágzási fenológiai időszak alatt 0,5%-kal csökkentette a terméshozamot öntözött körülmények között, továbbá 2%-os termésvesztést számoltak a csak csapadékos körülmények között történő kísérletben. Ez a tanulmány olyan célkitűzéseket jelölt ki, ami hangsúlyozza annak fontosságát, hogy sürgőszerű fejleszteni a növények alkalmazkodási stratégiáját a jövőben történő növénytermesztésének fenntartása érdekében. A helyes hibrid megválasztása mellett legalább kiemelten fontos a termőhelyre és hibridre adaptált, optimális minőségű agrotechnika a szárazság kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. A kukorica relatíve nagy vízigényű növény (a vegetációs periódusában a felvett víz

menyisége 570–690 mm), valamint a vízellátás szempontjából kritikus időszakok (virágzás–termékenyülés–korai szemfejlődés) a gyakran aszályos nyári hónapokra esnek (Pepó 2023). A csemegekukorica termesztés fő kihívása a magas minőségű szemtermés elérése az erőforrás-felhasználás hatékonyságának javításával, megfelelő a fenntarthatósági követelményeknek. Az optimális betakarítás szempontjából a szemnedvesség alapvető paraméter a csemegekukorica technológiai érettségének meghatározásához (Rogers et al. 2000).

Anyag és módszer

A Debreceni Egyetem MÉK Campusán beállított kísérletben vizsgáltuk a köztermesztésben használt szuperédes csemegekukorica hibrideket (GSS, MESS). A kísérlet elrendezését tekintve kéttényezős, sávos, négy ismétlésben beállított kisparcellás, ahol a mintavételezés során ismétlésenként 10 növényt mértünk. A kísérletben alkalmazott növényvédőszer Laudis 2 l/ha, a kijuttatott öntözővíz mennyisége 2020-ban 104 mm, 2021-ben 283 mm, 2022-ben: 337 mm volt. A csepegtető öntözés távvezérelt megoldással került beállításra. A kijuttatott műtrágya mennyisége 2020-ban, 80 kg/ha N, 21 kg/ha CaO, 15 kg/ha Mg. 2021-ben a kijuttatott N mennyisége 90 kg/ha, 23 kg/ha CaO és 16 kg/ha Mg, 2022-ben a N kijuttatott mennyisége 101 kg/ha, 25 kg/ha, CaO 26,25 kg/ha és 18, 75 kg/ ha Mg. A vetés 60 200/ha tőszámmal történt 2020. 05. 08.-án, 2021. 04. 29-én és 2022. 05. 12-én. A Messenger F1 egy szuperédes csemegekukorica hibrid, amelyet szántóföldi termesztésre ajánlanak. Tenyészideje körülbelül 85–87 nap a keléstől számítva. Középkorai szuperédes hibrid. A növény 240 cm-t is elérheti. A 21 cm hosszú, közepes vastagságú csövek homogének, jól termékenyülő tulajdonságúak. A kiváló termőképesség mellett őrzi a fajta a GSS 1477 F1 és GSS 5649 F1 hibrideknél jól ismert minőségi tulajdonságokat is egyaránt.

Meteorológiai viszonyok

A kísérleti évek időjárását a Debreceni Egyetem Agrárkampuszán elhelyezett automata meteorológiai állomás mérési adatait felhasználva mutatjuk be. A tenyészidőszakra vonatkozóan (április-szeptember) havi bontásban értékeltük a hőmérsékleti- és csapadékviszonyokat. Referenciaként az 1981–2010 közötti 30 éves időszak klímaátlagait használtuk. Mivel a tenyészidőszakot megelőző periódus közvetett hatással van a kukorica termésére, vizsgáltuk a téli félévek időjárását is.

2020-ban 261 mm csapadék hullott a (megelőző) téli félév során. Mivel a 2019-es év megfelelő vízellátottságú volt, a lehullott csapadék a talajok mélyebb rétegeinek feltöltődését is biztosította. A tenyészidőszakban igen nagy mennyiségű csapadék hullott (1. táblázat).

1. táblázat. A 2020–2022 időszak csapadékának (mm) havi és féléves összegei és az 1981–2010-es időszak átlagértékeitől való eltérések alakulása

Időszak (1)	2020	2021	2022
Téli félév (2) (X-III.)	261 (+47)	246 (+32)	150 (-64)
Nyári félév (3) (IV-IX.)	447 (+101)	232 (-114)	320 (-26)
Április (4)	17 (-36)	33 (-20)	50 (-3)
Május (5)	45 (-19)	66 (+2)	39 (-25)
Június (6)	119 (+53)	6 (-60)	19 (-47)
Július (7)	149 (+83)	70 (+4)	38 (-28)
Augusztus (8)	70 (+21)	38 (-11)	9 (-40)
Szeptember (9)	47 (-1)	19 (-29)	165 (+116)

Table 1. Monthly and half-year sums of precipitation (mm) in the period of 2020–2022 in brackets the differences from the climatic normal values of 1981–2010. (1) Period, (2) Winter half-year, (3) Summer half-year, (4) April, (5) May, (6) June, (7) July, (8) August, (9) September

A 447 mm-es érték jelentősen meghaladja a sokévi átlagot. Az eloszlása is kifejezetten kedvező volt a kukorica számára, a csapadék zöme a három nyári hónapban esett, legtöbb júliusban (149 mm), optimális vízellátottságot biztosítva a termés szempontjából meghatározó fenológiai fázisokban (virágzás, terméskötés, szemtelítődés). Hőmérsékleti szempontból is kedvező volt a 2020-as évjárat (2. táblázat). Csupán a május volt az átlagosnál számottevően hűvösebb. A június és július a sokévi átlagnak megfelelően alakult, az augusztust és a szeptembert mérsékelt pozitív hőmérsékleti anomália jellemezte.

A 2021-es tenyészidőszak az előző évihez hasonlóan, kedvező talajnedvességi állapottal indult. Az átlagnál kissé csapadékosabb téli félévben a talajok a teljes szelvényükben telítődtek a szántóföldi vízkapacitásukig. Áprilisban és májusban végig az évszakhoz képest hűvös időjárás uralkodott (2. táblázat), áprilisban átlag alatti (33 mm), májusban átlagos csapadékkal (66 mm). Júniusban

határozott fordulat következett be az időjárás jellegében. A nyár első hónapját a szokásosnál lényegesen melegebb időjárás jellemezte és alig hullott csapadék (6 mm). A csapadékhiány csak átmenetileg mérséklődött a lokális záporok következtében. A térség nagy részétől eltérően a kísérleti területen a júliusi csapadék (70 mm) kissé meghaladta a sokévi átlagot. A tenyészidőszak hátralevő része is száraz volt. Súlyos aszály kialakulásában fontos szerepe volt a nyári magas hőmérsékletnek. A június után a július is 3,3 °C-kal volt melegebb a sokévi átlagnál és augusztus első felében is folytatódott a kánikula.

2. táblázat. A 2020–2022 időszak hőmérsékletének (°C) havi és féléves középértékei és az 1981–2010-es időszak átlagértékeitől való eltérések alakulása

Időszak (1)	2020	2021	2022
Téli félév (2) (X-III.)	5,4 (+1,2)	4,3 (+0,1)	4,2 (0,0)
Nyári félév (3) (IV-IX.)	17,7 (+0,2)	18,1 (+0,6)	18,9 (+1,4)
Április (4)	10,8 (-0,4)	9,1 (-2,1)	9,6 (-1,6)
Május (5)	14,0 (-2,6)	15,1 (-1,5)	17,7 (+1,1)
Június (6)	19,7 (+0,4)	22,6 (+3,3)	22,7 (+3,4)
Július (7)	21,0 (-0,3)	24,6 (+3,3)	23,7 (+2,4)
Augusztus (8)	22,6 (+1,8)	21,0 (+0,2)	23,7 (+2,9)
Szeptember (9)	18,2 (+2,0)	16,4 (+0,2)	15,8 (-0,4)

Table 2. Monthly and half-year means of air temperature (°C) in the period of 2020–2022 in brackets the differences from the climatic normal values of 1981–2010. (1) Period, (2) Winter half-year, (3) Summer half-year, (4) April, (5) May, (6) June, (7) July, (8) August, (9) September

2022-ben még az előző évinél is súlyosabb aszály alakult ki. Ebben fontos szerepe volt annak, hogy a téli időszakban a talajok mélyebb rétegei nem töltődtek fel vízkészlettel. A téli félévben mindössze 150 mm csapadék hullott, egy igen aszályos tenyészidőszakot követően. Az április átlagosan csapadékos, ezt követően azonban augusztusig minden hónap igen száraz volt. A három nyári hónapban összesen 66 mm csapadék esett, ami 115 mm-el elmarad az átlagostól. A vízhiányt és annak káros hatásait fokozta, hogy az időjárás a szokásosnál lényegesen melegebb volt. A nyári hónapok rendre 3,4; 2,4; 2,9 °C-os pozitív hőmérsékleti anomáliát mutattak. Szeptember folyamán igen sok eső esett, több

mint a megelőző öt hónapban, így a teljes tenyészidőszak csapadékösszege – megtévesztő módon – nem utal szélsőségesen száraz viszonyokra.

Eredmények

Kedvező évjáratban, 2020-ban a GSS szuperédes csemegekukorica hibrid betakarított termése 22,06 t/ha volt. A betakarított hozam főbb termés elemei a szem, csutka, csuhé. A termés arányait tekintve 60%-a szem, 34%-a csutka volt. A szem:csutka arány kedvező (1:0,57) volt. Kedvező környezeti körülményeknek köszönhetően a csuhé aránya – a betakarítási és a piaci költségek szempontjából – rendkívül alacsony (6,3%) volt (1. ábra).

1. ábra. GSS csemegekukorica hibrid szem, csutka és csuhé aránya (t/ha) (%) (Debrecen, 2020)

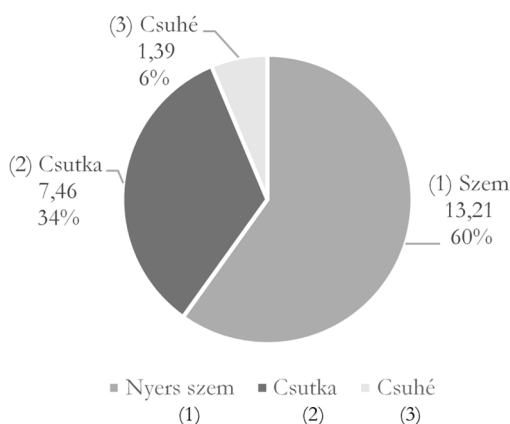


Figure 1. Grain, cob and husk ratio of the GSS sweet maize hybrid ($t\ ha^{-1}$) (%) (Debrecen, 2020). (1) Raw grain, (2) Cob, (3) Husk

2020-ban a kedvező évjárat hatás ellenére a MES szuperédes csemegekukorica betakarított termése lényegesen kisebb, 20,168 t/ha volt. A betakarított termés 53%-a szem és 41%-a csutka volt. A szem:csutka arány kedvezőtlen (1:0,78) volt. Ugyanakkor a vizsgált hibrid csuhé aránya a vizsgált évek közül ebben az évben volt a legkedvezőbb, 6,1% (2. ábra).

2. ábra. MES csemegekukorica hibrid szem, csutka és csuhé aránya (t/ha) (%) (Debrecen, 2020)

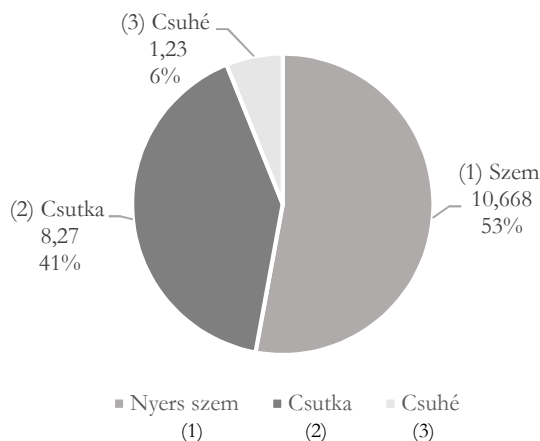


Figure 2. Grain, cob and husk ratio of the MES sweet maize hybrid ($t\ ha^{-1}$) (%) (Debrecen, 2020). (1) Raw grain, (2) Cob, (3) Husk

2021-ben a GSS csemegekukorica betakarított termése csak kismértékben volt alacsonyabb 2020-hoz képest, 21,276 t/ha. A betakarított termés 56%-a szem, 35%-a csutka. A szem:csutka arány megfelelő volt, de 2,8%-kal volt magasabb a 2020-as értékekhez képest (3. ábra).

2021-ben a MES csemegekukorica betakarított termés 19,335 t/ha volt. A betakarított termés 51%-a szem, 40%-a csutka. A vizsgált évben a nyers terméshozamok és a termés elemek paraméterei csak kisebb mértékben voltak alacsonyabbak (4. ábra). A csuhé aránya lényegesen nagyobb, 8,6%.

A vizsgált évek közül a legkedvezőtlenebb évjáratban, 2022-ben a GSS csemegekukorica betakarított termése lényegesen alacsonyabb, 17,366 t/ha-t eredményezett. A betakarított termés 60%-a nyers szem, 31%-a csutka. Az alacsonyabb termés ellenére – hektáronként 1,466 tonnával kevesebb – a szem:csutka arány kedvező (1:0,51), de a nyers csuhé aránya a legnagyobb volt a vizsgált években, 9,5% (5. ábra).

3. ábra. GSS csemegekukorica hibrid szem, csutka és csuhé aránya (t/ha) (%) (Debrecen, 2021)

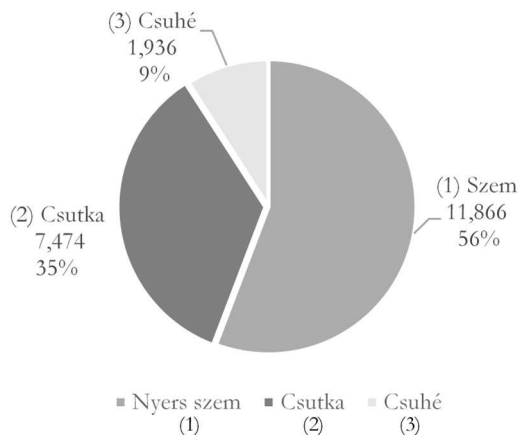


Figure 3. Grain, cob and husk ratio of the GSS sweet maize hybrid ($t\ ha^{-1}$) (%) (Debrecen, 2021). (1) Raw grain, (2) Cob, (3) Husk

4. ábra. MES csemegekukorica nyers szem, csutka és csuhé aránya (t/ha) (%) (Debrecen, 2021)

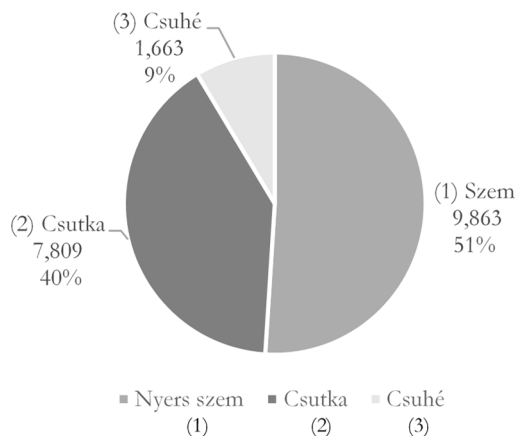


Figure 4. Grain, cob and husk ratio of the MES sweet maize hybrid ($t\ ha^{-1}$) (%) (Debrecen, 2021). (1) Raw grain, (2) Cob, (3) Husk

5. ábra. GSS csemegekukorica nyers szem, csutka és csuhé aránya (t/ha) (%) (Debrecen, 2022)

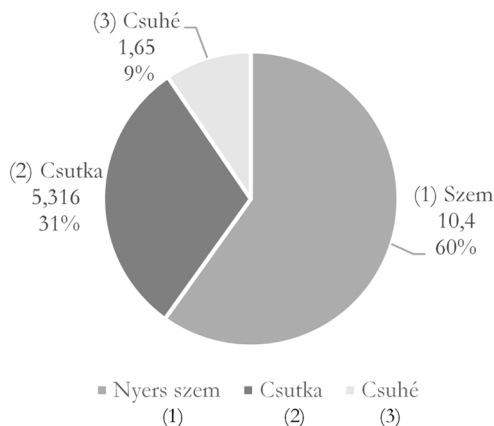


Figure 5. Grain, cob and husk ratio of the GSS sweet maize hybrid (t ha⁻¹) (%) (Debrecen, 2022). (1) Raw grain, (2) Cob, (3) Husk

2022-ben a MES szuperédes csemegekukorica betakarított termése 16,765 t/ha volt. A betakarított termés 59%-a szem, 32%-a csutka. Az alacsonyabb termés ellenére a szem:csutka arány kedvező, (1:0,53), de a csuhé aránya szignifikánsan magasabb volt, 9,2% (6. ábra).

Összességében megállapítottuk, hogy a három év közül mindkét hibrid esetében 2022-ben a kedvezőtlen évjáratban volt a legkevesebb a termés mennyisége, ugyanakkor 2020-ban szignifikánsan magasabb volt. A GSS csemegekukorica esetében 2020-hoz viszonyítva, 2021-ben mindössze 4%-kal, 2022-ben azonban 21%-kal szignifikánsan volt alacsonyabb a termés mennyisége. A MES csemegekukorica esetében 2020-hoz viszonyítva, 2021-ben 13%-kal, 2022-ben 17%-kal volt szintén kevesebb a termés mennyisége (3. táblázat).

6. ábra. MES csemegekukorica hibrid nyers szem, csutka és csuhé aránya (t/ha) (%) (Debrecen 2022)

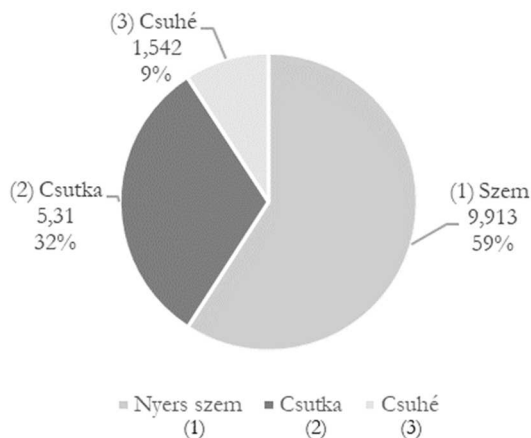


Figure 6. Grain, cob and husk ratio of the MES sweet maize hybrid ($t\ ha^{-1}$) (%) (Debrecen, 2022). (1) Raw grain, (2) Cob, (3) Husk

3. táblázat. A csapadék és az öntözővíz hasznosulása a csemegekukorica termésében eltérő évjáratban (kg/mm) (Debrecen, 2020, 2021, 2022)

Hibrid (1)	Évek (2)	Nyers szem (kg/mm) (3)
GSS	2020	27,1
	2021	25,6
	2022	23,5
MES	2020	22,2
	2021	21,5
	2022	22,5

Table 3. Rainfall and irrigation water utilisation efficiency in sweet maize yield in different crop years ($kg\ mm^{-1}$) (Debrecen, 2020, 2021, 2022). (1) Hybrids, (2) Years, (3) Raw grain ($kg\ mm^{-1}$)

Következtetések

Megállapítottuk, hogy a három év közül mindkét hibrid esetében 2022-ben a kedvezőtlen évjáratban volt a legkevesebb a termés mennyisége, ugyanakkor 2020-ban szignifikánsan magasabb volt. A GSS csemegekukorica esetében 2020-hoz viszonyítva, 2021-ben mindössze 4%-kal, 2022-ben azonban 21%-kal szignifikánsan volt kevesebb a termés mennyisége. A MES csemegekukorica esetében 2020-hoz viszonyítva, 2021-ben 13%-kal, 2022-ben 17%-kal volt szintén kevesebb a termés mennyisége.

Li et al. (2021) vizsgálati eredményeivel megegyezően bizonyítottuk az öntözővíz mennyiségének fontosságát a természetes csapadék kiegészítéseként, a tenyészidőszak során. Vizsgálatainkban a nagyobb mennyiségű öntözővíz késleltette fenológiai fejlődést és elhúzódó vegetatív növekedési szakaszt eredményezett, míg a kevesebb kijuttatott öntözővíz mennyiséggel a vegetatív fejlődési szakasz jelentősen lerövidült és korai érettséghez vezetett. Saját kutatási eredményeink alapján bizonyítottuk, hogy ezzel szemben az évjárathatás elsődleges és szignifikáns. A hatékony precíziós kukoricatermesztés alapja a tápanyag- és a vízgazdálkodás összehangolása és a szántóföldi tartamkísérletekben elért új tudományos eredmények gyakorlati alkalmazása (*Széles et al.* 2018, 2019; *Nyéki et al.* 2021).

IRODALOM

- Aydınsakır, K.–Erdal, S.–Buyuktas, D.–Bastug, R.–Toker, R.*: 2013. The influence of regular deficit irrigation applications on water use, yield, and quality components of two corn (*Zea mays* L.) genotypes. *Agric. Water Manag.* 128: 65–71.
- Barmeier, G.–Hofer, K.–Schmidhalter, U.*: 2017. Mid-season prediction of grain yield and protein content of spring barley cultivars using high-throughput spectral sensing. *Eur. J. Agron.* 90: 108–116.
- Delgado, J. A.–Bausch, W. C.*: 2005. Potential use of precision conservation techniques to reduce nitrate leaching in irrigated crops. *J. Soil Water Conserv.* 60: 379–387.
- Demeter, C.–Nagy, J.–Huzsvai, L.–Zelenák, A.–Szabó, A.–Széles, A.*: 2021. Analysis of the content values of sweet maize (*Zea mays* L. Convar Saccharata Koern) in precision farming. *Agronomy.* 11. 12: 2596.

- Dhaliwal, D. S.–Williams, M. M.*: 2022. Evidence of sweet corn yield losses from rising temperatures. *Scientific Reports*. 12. 1: 18218.
- Erdal, S.–Pamukcu, M.–Savur, O.–Tezel, M.*: 2011. Evaluation of developed standard sweet corn (*Zea mays sacharata* L.) hybrids for fresh yield, yield component and quality parameters. *Turkish Journal of Field Crops*. 16. 2: 153–156.
- Horváth, É.–Gombos, B.–Széles, A.*: 2021. Evaluation phenology, yield and quality of maize genotypes in drought stress and non-stress environments. *Agronomy Research*. 19. 2: 408–422.
- Illés, Á.–Bojtor, Cs.–Széles, A.–Mousavi, S. M. N.–Tóth, B.–Nagy, J.*: 2021. Analyzing the effect of intensive and low-input agrotechnical support for the physiological, phenometric, and yield parameters of different maize hybrids using multivariate statistical methods. *International Journal of Agronomy*. 1–11. Paper: ID 6682573.
- Illés, Á.–Szabó, A.–Mousavi, S. M. N.–Bojtor, C.–Vad, A.–Harsányi, E.–Sinka, L.*: 2022. The influence of precision dripping irrigation system on the phenology and yield indices of sweet maize hybrids. *Water*. 14. 16: 2480.
- Li, Y.–Cui, S.–Zhang, Z.–Zhuang, K.–Wang, Z.–Zhang, Q.*: 2020. Determining effect of water and nitrogen input on maize (*Zea mays* L.) yield, water- and nitrogen use efficiency: A global synthesis. *Scientific Reports*. 10: 9699.
- Net1.*: 2023. <https://agrarium7.hu/cikkek/14-a-kukorica-ontozeses-termesztese>
- Nyéki, A.–Kerepesi, C.–Daróczy, B.–Benczúr, A.–Milics, G.–Nagy, J.–Harsányi, E.–Kovács, A.–Neményi, M.*: 2021. Application of spatio-temporal data insite specific maize yield prediction with machine learning methods. *Precision Agriculture*. 22: 1397–1415.
- Okumura, R. S.–Vidigal Filho, P. S.–Scapim, C. A.–Marques, O. J.–Franco, A. A. N.–Souza, R. S.–Reche, D. L.*: 2014. Effects of nitrogen rates and timing of nitrogen topdressing applications on the nutritional and agronomic traits of sweet corn. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 12. 2: 391–398.
- Pilkington, S. M.–Enck, B.–Krohn, N.–Höhne, M.–Stitt, M.–Pyl, E. T.*: 2015. Relationship between starch degradation and carbon demand for maintenance and growth in *Arabidopsis thaliana* in different irradiance and temperature regimes. *Plant, Cell & Environment*. 38: 157–171.
- Rogers, B.–Stone, P.–Shaw, S.–Sorensen, I.*: 2000. Effect of sowing time on sweet corn yield and quality. *N. Z. J. Agric. Res.* 30: 55–61.
- Sadler, E. J.–Evans, R. G.–Stone, K. C.–Camp, C. R.*: 2005. Opportunities for conservation with precision irrigation. *J. Soil Water Conserv.* 60: 371–378.
- Santos, P. H. A. D.–Pereira, M. G.–Trindade, R. D. S.–Cunha, K. S. D.–Entringer, G. C.–Vetorazzi, J. C. F.*: 2014. Agronomic performance of super sweetcorn genotypes in the north of Rio de Janeiro. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 14. 1: 8–14.

- Sulpice, R.-Pyl, E. T.-Ishihara, Het.:* 2009. Starch as a major integrator in the regulation of plant growth. Proceedings of the National Academy of Sciences. USA. 106: 10348-10353.
- Szabó A.-Illés Á.-Bakos Zs.-Nagy J.:* 2023. A precíziós csepegtető öntözés hatása a csemegekukorica (*Zea mays* conv. *saccharata* Koern) normalizált differenciált vegetációs index, levélterületi index és SPAD értékeire szántóföldi kísérletben. Növénytermelés. 72. 1: 107-122.
- Széles, A.-Horváth, É.-Vad, A.-Harsányi E.:* 2018. The impact of environmental factors on protein content and yield of maize grain at different nutrient supply levels. Emirates Journal of Food Agriculture. 764-777.
- Széles, A.-Nagy, J.-Rátonyi, T.-Harsányi, E.:* 2019. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. Maydica. 64. 2: 14.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

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

Demeter Cintia - Bakos Zsuzsanna - Szabó Atala - Sinka Lúcia -
Hajer Mohamed Ibrahim Sidahmed - Simon Károly
Debreceni Egyetem
Kerpely Kálmán Doktori Iskola
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Portoktenyésztéssel előállított tetraploid genotípusok összehasonlító vizsgálata

¹SZÉKELY ÁRPÁD - ¹SZALÓKI TÍMEA - ²PAUK JÁNOS -

²LANTOS CSABA - ¹JANCSÓ MIHÁLY

¹MATE Környezettudományi Intézet

Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont, Szarvas

²Gabonakutató Non-profit Kft., Szeged

Összefoglalás

A növénynemesítés a gyorsabb fajtaelőkészítés érdekében androgenezissel előállított dihaploidokat használ fel. A rizs dihaploid növények előállítása során kis százalékban autotetraploidok is keletkeznek. A cikk ezen tetraploidok mikroparcellás szántóföldi vizsgálatát mutatja be. A kísérlet során 6–6 diploid-tetraploid párt használtunk fel, amelyek három különböző kombinációból származnak. A fenológiai adatokon kívül (kelés, magasság, fejlődési állapot BBCH skálán) a terméskomponensek (bugahossz, termes száma, üres szemek száma, fertilitás) és a termőképesség is meghatározásra kerültek. A tetraploidok egyenletes, vegetatív fejlődése nem különbözött a diploidoktól. A reprodukciós fázis elnyúlásával azonban hosszabb tenésztidővel rendelkeznek. A legkisebb időbeli késés a 1087/8/35T vonal esetében volt megfigyelhető, amivel az egyik legrövidebb tenésztidőjű tetraploid vonal lett. Ezen kívül a legtöbb ép szemet ez a genotípus tartalmazta, és alacsony steril szemmel a fertilitása a legmagasabb (~60%). Ez az érték igen előremutatónak mondható, hiszen a hagyományos tetraploid vonalak fertilitása az 50%-os, míg a legújabb neo-tetraploid és PMeS vonalak fertilitása a 68–80%-os sávban mozognak. A kísérletek bővítésével remélhetőleg ezekhez közelebbi vonalak azonosítására is sor kerül.

Kulcsszavak: androgenezis, autotetraploid, fertilitás, poliploidia, rizs

Comparative analyses of tetraploid genotypes produced by androgenesis

¹Á. SZÉKELY – ¹T. SZALÓKI – ²J. PAUK – ²CS. LANTOS – ¹M. JANCSÓ

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences

Institute of Environmental Sciences

Research Centre for Irrigation and Water Management, Szarvas

²Cereal Research Non-profit Company, Szeged

Summary

Plant breeding uses androgenesis-derived dihaploids for faster breeding. A small percentage of autotetraploids are also produced during the production of dihaploids. This paper presents a microplot field study of these tetraploids. The experiment used 6–6 diploid-tetraploid pairs, which are the results of three different combinations. In addition to phenological data (emergence, plant height, developmental stage on BBCH scale), yield and its components (panicle length, number of filled grains, number of unfilled grains, fertility) were also determined. The uniform vegetative development of tetraploids did not differ from that of diploids. However, they have a longer cropping period due to the prolongation of the reproductive phase. The least time delay was observed in line of 1087/8/35T, making it one of the shortest growing time tetraploid lines. In addition, this genotype has the highest number of filled grains and the second lowest unfilled grains, causing a very high fertility (~60%). This value is very encouraging, as conventional tetraploid lines have a fertility of 50%, while the new neo-tetraploid and PMeS lines have fertility in the range of 68–80%. With the expansion of experiments, hopefully, the genotypes with higher fertility will be identified.

Keywords: androgenesis, autotetraploid, fertility, polyploids, rice

Bevezetés

A rizs (*Oryza sativa* L.) a világ három legfontosabb élelmiszernövényének egyike. A növekvő világnépszerűség és a rendelkezésre álló termőföldek

csökkenése miatt a rizs hozamának növelése kiemelt fontosságú. Most ez a kihívás még nagyobbá válik a gyors éghajlati változások miatt, amelyek újabb hatalmas fenyegetést jelentenek a mezőgazdaságra és az élelmezésbiztonságra. Ezért sürgősen szükség van új, nagy hozamú rizsfajták nemesítésére, amelyek ellenállóbbak az éghajlati változékonysággal szemben (*Wheeler és von Braun* 2013). A poliploidizáció lehet az egyik megoldás, ami segíthet e problémakör megoldásában. A poliploidizáció a növényi evolúció egyik lehetséges útja. Minden virágos növény evolúciós története során legalább egy poliploidizációs eseményt átélt (*Jiao et al.* 2011). A poliploid növényeket nagy méret, magas tápanyag ellátottság és aktívabb másodlagos anyagcsere folyamatok jellemzik. Emellett erős vitalitással és alkalmazkodó képességgel, szárazság- és hidegtoleranciával és egyéb előnyökkel rendelkeznek (*Van de Peer et al.* 2017). A nagyobb stressztűrő képességet a lassabb fejlődés, a késleltetett szaporodás, a hosszabb élettartam, a nagyobb magvak és az erőteljesebb vegetatív szaporodás erély révén érik el (*Hilu* 1993). Ezért a poliploid technológia széles körben kutatott a növénynemesítésben, különösen a vegetatív szervek és a teljes biomassza növelésére fókuszálnak a kutatások. A poliploid növényekkel (például a búzával) összehasonlítva a rizs genomja kisebb és DNS-tartalma alacsonyabb. A termesztett diploid rizs genetikai erőforrásai korlátozottak (*Chen et al.* 2021), ezért a rizsnemesítés további fejlődése korlátokba ütközik (*Wang et al.* 2022). A diploid rizshez képest a poliploid rizs számos előnyös agronómiai tulajdonságokkal is rendelkezik (*Shahid et al.* 2011, 2012), mint például a nagy szemméret, a nagy ezerszemtömeg és az erős szár. Azonban a sok szempontból kiemelkedő tulajdonságai ellenére a felfedezését követően (*Nakamori* 1933) sokáig feledésbe merült. Ennek elsődleges oka az alacsony fertilitás. A tetraploidok általános morfológiáját 1955-ben *Oka* írta le (1. táblázat).

Részletes agronómiai jellemzőit 1992-ben *Song* és munkatársai publikálták (*Song et al.* 2007). A már jól ismert tulajdonságokon kívül megnövekedett fehérje- és aminosav-, valamint csökkent amilóztartalmat észleltek. Az igazi áttörést 2007-ben érték el, amikor poliploid meiózis stabil (PMeS) vonalakat azonosítottak *indica x japonica* alfajok keresztezésből (*Cai et al.* 2007). Más autotetraploid rizsvonalakkal ellentétben a PMeS vonalak nem mutattak rendellenes kromoszómális viselkedést a meiózis során. A hagyományos autotetraploidokkal ellentétben pollenfejlődési mintázata minden szakaszban

normálisnak tekinthető (He et al. 2010). A későbbiekben előállított, magas mag- és pollentermékenységű autotetraploid rizsfajtát Guo és munkatársai Neo-Tetraploid vonalaknak nevezték el (Guo et al. 2017). Ezek a vonalak szintén *indica x japonica* keresztezésből származnak. Az *indica* és *japonica* közötti heterózis kihasználása fontos új megközelítés a rizsnemesítésben. Vizsgálatok kimutatták, hogy az *indica* és *japonica* közötti heterózis sokkal nagyobb, mint az *indica*-n vagy *japonica*-n belüli heterózis. Hiszen a két alfaj között jelentős különbségek vannak a genom méretét, a génszámot és a génkategóriákat illetően (Liu et al. 2007). Diploid körülmények között ez nemcsak a meiózis során történő normális kromoszómapárosítást befolyásolja, hanem az egyes fejlődési szakaszokban történő génexpressziót is, ami megnehezíti az *indica-japonica* hibridek felhasználását. Tetraploid körülmények között azonban ez az egyensúlyhiány kiküszöbölhető, ami elősegíti a két csoport közötti heteróizhatás kihasználását (Song et al. 2007).

1. táblázat. A tetraploid rizsvonalak morfológiai jellemzői

Morfológiai karakter (1)	A tetraploidok jellemzői (2)
Bugahossz (3)	Megnövekedett (10) (0,95–1,30)
Szemhossz (4)	Megnövekedett (10) (0,95–1,30)
Szálka (5)	Fejlett (11)
Buga oldalágak (6)	Csökken (12) (0,50–0,90)
Növényenkénti bugaszám (7)	Csökken (12) (0,40–0,70)
Fertilitás (8)	0–55%
Pollen fertilitás (9)	55–95%

Megjegyzés: Oka (1955) nyomán. A zárójelben lévő számok a tetraploidok fenotípusértékének arányát jelzik a diploidokhoz képest.

Table 1. Morphological characteristics of tetraploid rice lines. (1) Morphological character, (2) Tetraploid characteristics, (3) Flower length, (4) Grain length, (5) Flower, (6) Flower branches, (7) Flowers per plant, (8) Fertility, (9) Pollen fertility, (10) Increased, (11) Developed, (12) Reduced, Note: Based on Oka (1955). Numbers in parentheses indicate the ratio of the phenotypic value of tetraploids to diploids.

A poliploidia mesterséges kiváltása fizikai, biológiai és kémiai indukcióval is lehetséges. A fizikai indukció során hőmérsékleti sokk vagy ionizáló sugárzás is poliploidok kialakulásához vezethet. A fizikai indukciós módszert

azonban alacsony hatékonysága miatt nem használják széles körben. Jelenleg a kémiai indukció a mesterséges poliploid előállítás legszélesebb körben alkalmazott módszere. Az általánosan alkalmazott kémiai mutagének a kolhicin, oryzalin, trifluralin, naftalin-pentán, valamint a naftalin-etán, amelyek közül a kolhicin a leggyakrabban használt. A poliploidia hagyományos kémiai indukciója a magoncok, rügyek vagy porzók kolhicinnel való áztatása (*Oka* 1955), hatékonysága azonban nagyon alacsony, és gyakran kimérák jönnek létre. A szövettenyésztési technológiák fejlődésével a kolhicint dihaploid növények előállítására is felhasználják. Szegeden a Gabonakutató Nonprofit Kft.-ben a dihaploidok előállítása portok kultúrából történik. Mivel az izolált porzók néha szennyeződnek a porzófali szövetektől, illetve nagyon gyakori a spontán kromoszóma duplikációs esemény a kifejlődött kalluszok vegyes ploidia fokúak lehetnek, például haploidok, diploidok mixoploidok és tetraploidok (*Dunwell* 2010). A tanulmány célja ezen tetraploid vonalak értékelése, összehasonlítása a nemzetközi irodalomban fellelhető genotípusokkal, különös tekintettel a fertilitásra.

Anyag és módszer

Ebben a tanulmányban a különböző keresztezési kombinációból származó hat tetraploid nemesítési vonal fejlődési és termés meghatározó paramétereit követtük nyomon a MATE ÖVKI Galambosi Rizskísérleti Telepén (Szarvas) 2022-ben, és hasonlítottuk össze az azonos eredetű diploidokkal. A kísérletben felhasznált vonalak kromoszómaszerelvény számát flow citometriás módszerrel határoztuk meg (*Lantos et al.* 2022). A felhasznált genotípusokat és a keresztezési kombinációkat a 2. táblázat tartalmazza. A vetés 2022. 05. 10-én történt háromsoros mikroparcellákban. Ezt követően a növények normál üzemi tápanyag- és vízellátást, valamint gyomirtást kaptak.

A tenyészidő során fenológiai paramétereket rögzítettünk a 3. táblázat szerinti ütemezésben. A megfigyeléseket a teljes tenyészidő alatt egy személy végezte el. A növények fejlettségét BBCH-skála szerint értékeltük (*Lancashire et al.* 1991), a parcella átlagára vonatkoztatva.

2. táblázat. A felhasznált genotípusok kódjai és keresztezési kombinációjuk

Kombináció (1)	Tetraploid (2)	Diploid (3)
Marilla × IRAT 109	1080/10/26T	1080/10/26D
Dáma × Nembo	1083/22/26T	1083/22/26D
	1083/21/29T	1083/21/29D
Dáma × IRAT 109	1087/8/35T	1087/8/35D
	1087/1/8T	1087/1/8D
	1087/2/53T	1087/2/53D

Megjegyzés: a kódban a T és a D a ploidfokot jelenti. Minden egyes diploid vonal a már előzetesen tetraploidnak azonosított genotípusokból származik.

Table 2. Codes of the genotypes used and their cross combination. (1) Combination, (2) Tetraploid, (3) Diploid, Note: in the code, T and D stand for ploidy level. Each diploid line is derived from genotypes previously identified as tetraploid.

3. táblázat. A tenyésztő alatt elvégzett növekedési/fejlődési paraméterek rögzítési ideje

	Dátum (hónap, nap) (1)					
Kelés sikeressége (2)	05. 25.					
Keléskori tőszám (3)	06. 02.					
Magasság (4)	06. 02.	06. 24.	09. 14.			
BBCH	06. 02.	06. 24.	07. 25.	08. 01.	08. 08.	08. 24.

Table 3. Recording time of the growth/development parameters carried out during the growing season. (1) Date (month, day), (2) Success of emergence, (3) Plant density at the time of emergence, (4) Height

A teljes tenyésztő alatt a növényeket egyéb stressz nem érte (1. ábra). A statisztikai elemzésekhez 10 ismétlésszámot használtunk, a kromoszómaszerelvény kettőződés és a genotípus hatását kéttényezős varianciaanalízissel állapítottuk meg.

1. ábra. Tetraploid (bal oldal) és diploid (jobb oldal) nemesítési vonal a szarvasi rizskalitkában 2022-ben



Forrás: saját fotó

Figure 1. Tetraploid (left) and diploid (right) breeding lines in the Szarvas rice field in 2022.
Source: own image

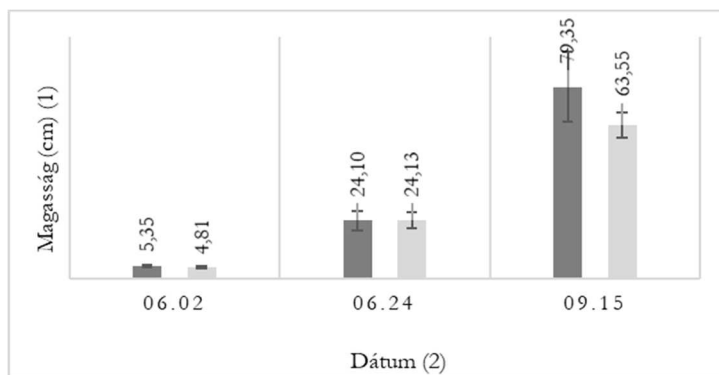
Eredmények

A tenyésztés első felvételezésekor (05. 25.) sikeres kelést tapasztaltunk minden genotípus esetében. A tőszám a diploidok esetében $67,5\% \pm 7,8$ volt, míg a tetraploidok esetében ennek mindösszesen a fele $34,3\% \pm 6,0$ ($F(1,13) = 25,163$; $p < 0,001$). A korai fejlődés mindkét ploidia fokon egyforma, azonban a tenyésztés végére a tetraploidok magassága szignifikánsan elmarad a diploidoktól; $F(1,38) = 21,416$; $p < 0,001$) (2. ábra).

A korai fejlődés után a $2n$ és $4n$ -es vonalak szétválása a reprodukciós fázis elején kezdődik el. Méréseink szerint a 40-es BBCH értékig a tetraploid és diploid vonalak hasonló mértékben fejlődnek, utána viszont a tetraploidok elnyújtott reprodukciós fázissal lemaradnak a diploidokhoz képest (3. ábra).

Ami a termésösszetevőket illeti, a tetraploidokra kevesebb telt szem, viszont több steril, üres szem jellemző, emiatt alacsonyabb fertilitást tapasztalunk, és alacsonyabb termés is várható (4. ábra).

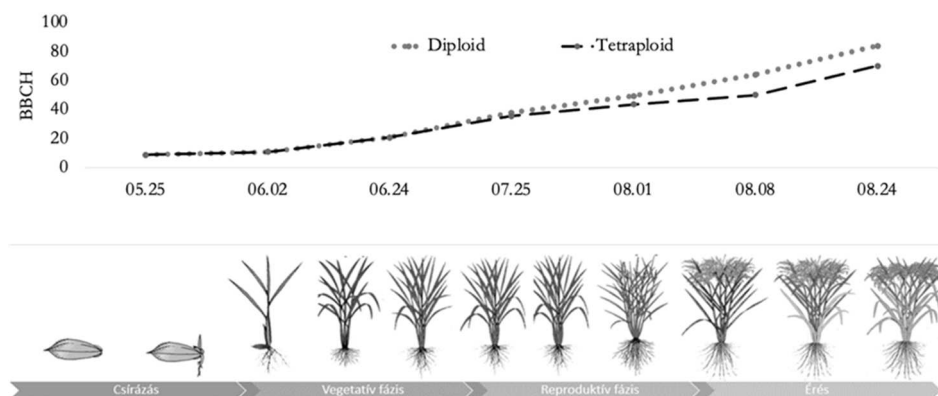
2. ábra. A különböző ploiditású vonalak magassága három különböző időpontban



Megjegyzés: a *-gal jelölt érték szignifikáns különbséget jelent a 2n és 4n kromoszómaszerelvénű vonalak között.

Figure 2. Heights of lines with different ploidy at three different times (1) Height (cm), (2) Date, Note: the value marked with * indicates a significant difference between lines with chromosome mass fractions 2n and 4n.

3. ábra. A diploid és tetraploid vonalak BBCH skálán mért fejlődési üteme hét különböző időpontban



Forrás: *Net1*

Figure 3. Developmental rates of diploid and tetraploid lines measured on the BBCH scale at seven different time points. Source: *Net1*

4. ábra. A termésmennyiséget meghatározó paraméterek
(üres szem, teltszem, fertilitás, termés)
különbsége diploid és tetraploid vonalakon

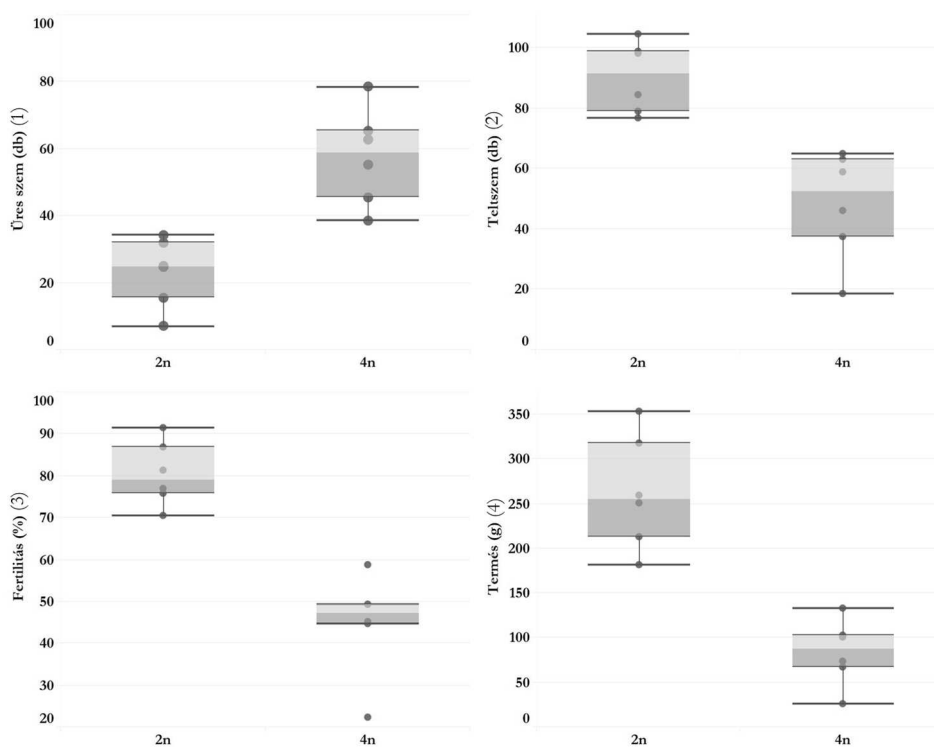


Figure 4. Differences in parameters determining yield (filled grain, empty grain, fertility, yield) in diploid and tetraploid lines. (1) Number of empty grains, (2) Number of filled grains, (3) Fertility (%), (4) Yield (g)

Az egyes paramétereknél a genotípus és a ploidfok hatásának kimutatására kéttényezős varianciaanalízist használtunk. Minden paraméter esetében a genotípus hatás nem, viszont a ploidfok, valamint a kettő közötti interakció szignifikáns. Ezt támasztja alá a főkomponens analízis is (5. ábra), ahol a 3. komponens mentén szétválnak a diploid és tetraploid vonalak, de nem figyelhető meg a keresztezési kombinációk szétválása.

5. ábra. A különböző ploidfokú ($2n=D$, $4n=T$) genotípusok főkomponens analízise az összes meghatározott terméskomponensek alapján

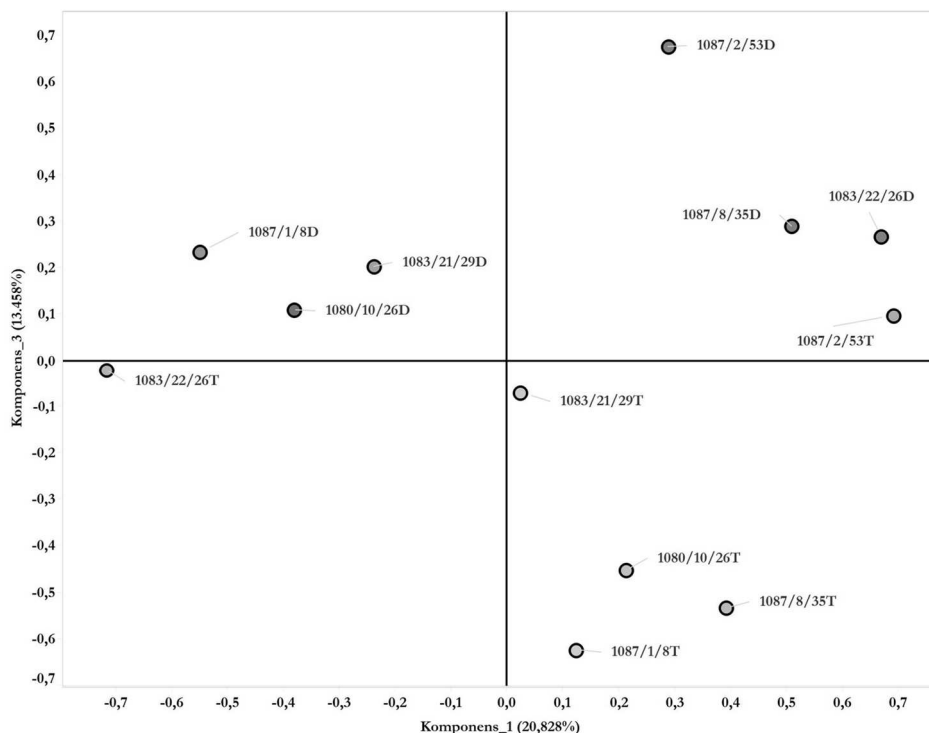


Figure 5. Principal component analysis of different ploidy levels ($2n=D$, $4n=T$) genotypes based on all defined yield components.

A vonalak között azonban jelentős különbségeket figyelhetünk meg (4. táblázat). A tetraploidok között a legrövidebb bugával, a legkisebb szemszámmal és legtöbb steril szemmel (23,3 cm) a 1080/10/26T vonal rendelkezik. Így a fertilitása és a termése is a legalacsonyabb a vizsgált genotípusok között. A következő kisbugájú vonal a 1087/8/35T. A rövid buga ellenére a legtöbb ép szemet tartalmazza, és 2. legalacsonyabb steril szemmel szempontból közepes értékű vonal az 1087/1/8T. A buga hossza jelentősen befolyásolja a fertilitása a legmagasabb (~60%). Minden a rizs terméshozamát (Ghaleb et al. 2020), ezért a hosszabb bugájú vonalak ígérnek a legnagyobb termést. Ide három vonal is tartozik: 1083/22/26T, 1083/21/29T és az 1087/2/53T. Az első kettő a nagyobb buga ellenére alacsony szemszámú, közepes

fertilitású és közepes termőképességű, viszont a harmadik magas szemszámú, a steril szemek száma is magas, így a fertilitása kicsi, de még így is a legnagyobb termőképességet ennél a vonalnál regisztráltuk (4. táblázat). A tenyészidejük időbeli sorrendje a következő: 1087/8/35T = 1083/22/26T < 1083/21/29T < 1080/10/26T < 1087/2/53T < 1087/1/8T.

4. táblázat. A különböző genotípusok termést meghatározó paramétereit

Genotípus (1)	Bugahossz (cm) (2)	Telt szemek (db) (3)	Üres szemek (db) (4)	Fertilitás (%) (5)	Termés (g) (6)
Átlag ± Szórás (7)					
1080/10/26D	24,0±1,1	99,0±18,2	15,5±6,5	86,8±4,2	259,7±43,5
1080/10/26T	23,3±1,1	18,6±4,2	65,3±8,9	22,3±5,4	25,4±5,7
1083/22/26D	19,4±1,3	76,7±10,5	7,0±2,6	91,6±3,3	251,2±26,1
1083/22/26T	24,0±1,8	37,4±8,5	38,5±9,1	49,4±7,7	67,1±5,6
1083/21/29D	21,0±2,0	104,6±18,3	24,6±8,6	81,2±4,2	318,2±95,8
1083/21/29T	24,5±1,3	46,0±14,0	55,2±11,1	45,1±11,6	73,8±10,8
1087/8/35D	18,5±2,0	98,3±17,8	31,9±13,0	75,9±8,0	353,3±49,5
1087/8/35T	23,5±1,7	64,8±11,4	45,4±7,6	58,7±5,5	100,2±15,0
1087/1/8D	17,1±1,0	84,6±20,0	25,0±11,3	77,0±9,6	213,3±30,6
1087/1/8T	23,9±1,9	59,0±14,6	62,6±19,9	49,2±12,1	102,3±9,5
1087/2/53D	18,4±1,2	78,9±13,5	34,2±13,6	70,4±6,8	181,7±20,2
1087/2/53T	24,9±2,5	62,9±16,4	78,4±19,9	44,7±9,9	133,2±28,9

Table 4. Yield parameters of different genotypes. (1) Genotype, (2) Flower length (cm), (3) Number of filled grains, (4) Number of empty grains, (5) Fertility (%), (6) Yield (g), (7) Mean ± standard deviation

Következtetések

Kísérletünkben két magyar (Dáma és Marilla), egy olasz (Nembo) és egy afrikai (IRAT 109) fajtát használtunk fel a keresztezéshez, melyekből előállított tetraploid és diploid DH vonalakat vizsgáltuk szántóföldi körülmények között. *Wenhang* és *Yuhua* (1992) szerint a növénymagasság átlagosan 7,3–9,1% csökken a tetraploidok esetében. Az általunk vizsgált vonaloknál azonban 9–35%-kal csökkent a magasság, kivétel a 1083/22/26T, amely nem különbözött jelentősen diploid párjától (0,93%). A vegetatív fázis alatti növekedés nem különbözött jelentősen a két

csoport között (3. ábra) annak ellenére, hogy *Koide et al.* (2020) a tetraploidok lassabb fejlődéséről számoltak be. A tényleges lassulást a reprodukciós fázisban tapasztaltuk, ami viszont megerősíti a korábbi eredményeket, hiszen az autotetraploidok meiózisa során számos abnormális kromoszómaviselkedést, aszinkron sejtosztódást, mikrospórák degenerációját figyelték meg (*Wu et al.* 2014). Ezzel a lassulással együtt is a 1087/8/35T vonal a szeptemberi felmérés alkalmával a BBCH 77 (késői tejes fázis), míg a diploid a BBCH 83 (korai viaszérés) állapotában volt. Ennél a párnál volt a legkisebb mértékű a fejlődésbeli különbség.

A tetraploid vonalak értékelésében egyik legfontosabb paraméter a fertilitási és termőképességi adatok. A bugánkénti szemszám három vonal esetében 56–76%-os csökkenést mutatott a diploidokhoz képest (1083/21/29T 56%, 1083/22/26T 62% és 1080/10/26T 76%). További két vonal értékei megegyeznek az irodalmi adatokkal (1087/1/8T 30%, 1087/8/35T 34%), míg a 1087/2/53T vonal szemszáma mindösszesen csak 20%-ot csökkent, ami jelentősen kisebb, mint 35,2–38,4%-os referencia adat (*Wenchang és Yuhua* 1992). A *japonica*-k esetében 20%-os, míg az *indica* esetében 50%-os fertilitást jelentettek, mint átlagos érték (*Yü-rui* 1956). A PMeS vonalak megjelenésével ez felugrott 80%-ra (*Cai et al.* 2007), ami már versenyképes a diploidok értékeivel. Az ez utáni fejlesztések eredményezték az úgynevezett Neo-Tetraploid rizseket (*Guo et al.* 2017), amelyek szintén magas 68%-os fertilitási értéket mutatnak. Kísérletünkben a fertilitás 22,3% és 58,7% között mozgott. Az 58%-os értéket a 1087/8/35T vonalnál tapasztaltuk. Ez magasabb, mint hagyományos autotetraploidok maximális 50%-os értéke, ami biztató eredménynek számít.

Köszönetnyilvánítás

A kutatások az OTKA (FK_21-FK138042) projekt, valamint az Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott ÚNKP-22-4-I-MATE/5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a szakmai támogatásával készültek.

IRODALOM

Cai, D.-Chen, J.-Chen, D.-Dai, B.-Zhang, W.-Song, Z.-Yang, Z.-Du, C.-Tang, Z.-He, Y.-Zhang, D.-He, G.-Zhu, Y.: 2007. The breeding of two polyploid rice lines with the characteristic of polyploid meiosis stability. *Science in China Series C: Life Sciences*. 50: 356–366.

- Chen, R.-Feng, Z.-Zhang, X.-Song, Z.-Cai, D.: 2021. A New Way of Rice Breeding: Polyploid Rice Breeding. *Plants*. 10: 422.
- Dunwell, J. M.: 2010. Haploids in flowering plants: origins and exploitation. *Plant Biotechnology Journal*. 8: 377-424.
- Ghaleb, M. A. A.-Li, C.-Shahid, M. Q.-Yu, H.-Liang, J.-Chen, R.-Wu, J.-Liu, X.: 2020. Heterosis analysis and underlying molecular regulatory mechanism in a wide-compatible neo-tetraploid rice line with long panicles. *BMC Plant Biology*. 20: 1-83.
- Guo, H.-Mendrikahy, J. N.-Xie, L.-Deng, J.-Lu, Z.-Wu, J.-Li, X.-Shahid, M. Q.-Liu, X.: 2017. Transcriptome analysis of neo-tetraploid rice reveals specific differential gene expressions associated with fertility and heterosis. *Scientific Reports*. 7: 40139.
- He, Y.-Wei, Q.-Ge, J.-Jiang, A.-Gan, L.-Song, Z.-Cai, D.: 2010. Genome duplication effects on pollen development and the interrelated physiological substances in tetraploid rice with polyploid meiosis stability. *Planta*. 232: 1219-1228.
- Hilu, K. W.: 1993. Polyploidy and the Evolution of Domesticated Plants. *American Journal of Botany*. 80: 1494-1499.
- Jiao, Y.-Wickett, N. J.-Ayyampalayam, S.-Chanderbali, A. S.-Landherr, L.-Ralph, P. E.-Tomsho, L. P.-Hu, Y.-Liang, H.-Soltis, P. S.-Soltis, D. E.-Clifton, S. W.-Schlarbaum, S. E.-Schuster, S. C.-Ma, H.-Leebens-Mack, J.-dePamphilis, C. W.: 2011. Ancestral polyploidy in seed plants and angiosperms. *Nature*. 473: 97-100.
- Koide, Y.-Kuniyoshi, D.-Kishima, Y.: 2020. Fertile Tetraploids: New Resources for Future Rice Breeding? *Frontiers in Plant Science*. 11: 1231.
- Lancashire, P. D.-Bleiholder, H.-Boom, T. V. D.-Langelüddeke, P.-Stauss, R.-Weber, E.-Witzenberger, A.: 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*. 119: 561-601.
- Lantos, Cs.-Jancsó, M.-Székely, Á.-Nagy, É.-Szalóki, T.-Pauk, J.: 2022. Improvement of anther culture to integrate doubled haploid technology in temperate rice (*Oryza sativa* L.) breeding. *Plants*. 11: 3446.
- Liu, X.-Lu, T.-Yu, S.-Li, Y.-Huang, Y.-Huang, T.-Zhang, L.-Zhu, J.-Zhao, Q.-Fan, D.-Mu, J.-Shangguan, Y.-Feng, Q.-Guan, J.-Ying, K.-Zhang, Y.-Lin, Z.-Sun, Z.-Qian, Q.-Lu, Y.-Han, B.: 2007. A collection of 10,096 indica rice full-length cDNAs reveals highly expressed sequence divergence between *Oryza sativa* indica and japonica subspecies. *Plant Molecular Biology*. 65: 403-415.
- Nakamori, E.: 1933. On the Occurrence of the Tetraploid Plant of Rice, *Oryza sativa* L. *Proceedings of the Imperial Academy*. 9: 340-341.
- Net1: <http://www.knowledgebank.irri.org/decision-tools/growth-stages-and-important-management-factors> (letöltve 2023. 01. 13.).
- Oka, H. I.: 1955. Studies on Tetraploid Rice. *Cytologia*. 20: 258-266.

- Shahid, M. Q.-Hai-Ming, X.-Shun-Quan, L.-Zhi-Xiong, C.-Naeem, M.-Li, Y. J.-Liu, A.:* 2012. Genetic analysis and hybrid vigor study of grain yield and other quantitative traits in autotetraploid rice. *Pakistan Journal of Botany.* 44: 237-246.
- Shahid, M. Q.-Liu, G.-Li, J.-Naeem, M.-Liu, X. D.:* 2011. Heterosis and gene action study of agronomic traits in diploid and autotetraploid rice. *Acta Agriculturae Scandinavica.* 61: 23-32.
- Song, Z.-Du, C.-Dai, B.-Chen, D.-Chen, J.-Cai, D.:* 2007. Studies on the Growth Habits and Characteristics of Two Polyploid Indica-Japonica Hybrid Rice with Powerful Heterosis. *Agricultural Sciences in China.* 6: 265-274.
- Van de Peer, Y.-Mizrachi, E.-Marchal, K.:* 2017. The evolutionary significance of polyploidy. *Nature Reviews Genetics.* 18: 411-424.
- Wang, W.-Tu, Q.-Chen, R.-Lv, P.-Xu, Y.-Xie, Q.-Song, Z.-He, Y.-Cai, D.-Zhang, X.:* 2022. Polyploidization Increases the Lipid Content and Improves the Nutritional Quality of Rice. *Plants.* 11: 132.
- Wen-kwei, P.-Yü-rui, Y.:* 1956. A Preliminary Report on Investigations of Autopolyploids and Amphidiploids in Some Cereal Crops. *Journal of Integrative Plant Biology.* 5. 3: 297-321.
- Wenchang, S.-Yuhua, Z.:* 1992. Rice Tetraploidy and Its Effect on Agronomic Traits and Nutritional Constituents. *Acta Agronomica Sinica.* 18: 137-144.
- Wheeler, T.-von Braun, J.:* 2013. Climate change impacts on global food security. *Science.* 341: 508-513.
- Wu, J.-Shahid, M. Q.-Guo, H.-Yin, W.-Chen, Z.-Wang, L.-Liu, X.-Lu, Y.:* 2014. Comparative cytological and transcriptomic analysis of pollen development in autotetraploid and diploid rice. *Plant Reproduction.* 27: 181-196.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

*Dr. Székely Árpád - Dr. Szalóki Tímea - Dr. Jancsó Mihály
MATE Környezettudományi Intézet
Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont
Szarvas
Anna liget u. 35.
H-5540
*szekely.arpad@uni-mate.hu

Dr. Pauk János - Dr. Lantos Csaba
Gabonakutató Non-profit Kft.
Szeged
Alsó Kikötő sor 9.
H-6726

A hasznosítási módok hatása az extenzív gyepp növényállományának ökológiai szempontú nitrogénigény mutatóira

VARGA KRISZTINA – CSÍZI ISTVÁN

MATE Karcagi Kutatóintézet,
Juhászati és Gyepgazdálkodási Osztály, Karcag

Összefoglalás

Különböző gyephasznosítási módok növényállomány szerkezetre gyakorolt hatását vizsgáltuk a Karcagi Kutatóintézetben 2017–2020 között, egy olyan kísérlet során, amelyet 2009-ben állítottunk be. A kísérletnek helyt adó gyepterületnek a Natura 2000, az ökögyep minősítés előírásrendszerének, valamint a horizontális Agrárkörnyezetvédelmi Programban vállalt előírásoknak is meg kell felelnie. Az ökológiai szempontokat előtérbe helyező támogatási rendszerek különböző gyephasznosítási módokat predesztinálnak egy adott gyepes termőhelyen, ez a tény indokolja kutatómunkánk aktualitását. Konkrét kutatási célkitűzésünk a Közép-Tiszai tájegységben legelterjedtebb gyephasznosítási módok során végbemenő növényállomány-szerkezeti változások pontosítása volt, ökológiai szempontú mutató, a Borhidi-féle N-igény alapján, a tájegységre jellemző réti szolonyec talajtípuson. A közepes réti szolonyec talajadottságú kísérleti helyszínen három ismétlésben a következő gyephasznosítási módokat vizsgáltuk: zéró hasznosítás, vagyis parlagon hagyott gyepp, mulcsozott gyepp, ahol szárzúzás után szintén nem került eltávolításra a fitomassza, kaszálóhasználat, ami a főnövedék évi egyszeri eltávolítását jelentett, valamint réthasználat, ahol a főnövedék kaszálása után a sarjút juhokkal legeltettük le. Minden év májusában a domináns pázsitfűvek virágzásakor cönológiai felvételezést végeztünk és Borhidi-féle ökológiai nitrogénigény szerinti mutatókba soroltuk a növényfajokat. A legnagyobb fajdiverzitást a réthasználatnál találtuk (21 növényfaj), míg a legkevesebbet a parlagon hagyott gyepnél (hat faj). Eredményünk a hasznosítatlanul hagyott fitomassza okozta avarréteg növényfaj szelekciót generáló

hatására utalhat a gyeptársulás alkotó növények esetén. Megállapítottuk, hogy a kísérlet tizedik évére vezérnövényváltás történt a mulcsozott és a rét hasznosítást reprezentáló hasznosításoknál. A *Festuca pseudovina* domináns gyeptársulásalkotóvá válása a réthasználat esetén, a sarjúnövedék alacsony tarlómagasságra történő legeltetésére utal. A felhalmozódott avaros fitomassza ellenére nem a hasznosítatlan hagyott zéró és mulcsozott hasznosításoknál volt a legnagyobb a nitrogénkedvelő gypalkotók borítása, hanem a kaszálóhasználatnál. Eredményünk arra utalhat, hogy az *Alopecurus pratensis*, megőrizve vezérnövény pozícióját a kaszálóhasználat esetén, s mivel a Borhidi-féle besorolásban tápanyaggazdag termőhelyek jelzőnövényei közé van sorolva, meghatározta az eredményt. A kísérleti eredményeink reprodukálhatóságának pontosítása érdekében, az eltérő talajadottságok miatt, indokolt lehet más termőhelyeken és gypasszociációknál hasonló irányultságú vizsgálatok végzése.

Kulcsszavak: gyephasznosítási mód, kaszáló, mulcs, parlaggyep, rét

Impact of land use practices on the ecological nitrogen balance indicators of extensive grassland vegetation

K. VARGA - I. CSÍZI

Hungarian University of Agricultural and Life Sciences, Research Institute Karcag,
Department of Sheep and Grassland Management, Karcag

Summary

The effects of different grassland management practices on plant stand structure were investigated in an experiment at the Karcag Research Institute in 2017–2020, which was set up in 2009. The experimental grassland must comply with Natura 2000, the standards for organic grassland certification and the requirements of the horizontal agri-environmental programme. Support schemes that prioritise ecological considerations predispose to different grassland use patterns in a given grassland production area, a fact that justifies the relevance of this research. The specific objective of this research is to clarify the changes in vegetation structure under the most common grassland management practices in the Central Tisza

landscape, based on Borhidi's N balance, an ecological indicator for the meadow Solonetzic soil type typical of the region. In the experimental site with the medium meadow solonetzic soil type, the following grassland utilisation types were investigated in three replications: zero utilisation, i.e. fallow grassland, mulched grassland, where the phytomass was also not removed after stubble mowing, mowing, which meant removing the main crop once a year, and meadow utilisation, where the grass was grazed by sheep after mowing the main crop. In May of each year, a cenological survey was carried out at the time of flowering of the dominant grassland species and the plant species were classified according to Borhidi's ecological nitrogen balance. The highest grouse diversity was found in meadow grassland, 21 plant species, and the lowest in fallow grassland, 6 species. The obtained result may indicate the effect of the open layer of the unutilised phytomass in generating plant species selection in the plants forming the grassland association. It was found that, by the tenth year of the experiment, a change of control plants occurred in treatments representing mulched and meadow utilisation. The change of *Festuca pseudovina* to a dominant grassland component in the meadow use suggests grazing of the swards at low stubble height. Despite the accumulation of leafy phytomass, the highest coverage of nitrogen-preferring grassland constituents was not in the zero and mulched treatments left unused, but in the mowing treatments. The obtained result may suggest that *Alopecurus pratensis*, maintaining its position as a leader plant under mowing and being classified as a Borhidi indicator plant for nutrient-rich sites, determined the outcome. In order to clarify the reproducibility of the experimental results, due to the different soil conditions, it may be justified to carry out studies with a similar orientation in other sites and grassland associations.

Keywords: grassland use, mowing, mulch, fallow grassland, meadow

Bevezetés

Nemzetközi tendencia az extenzív ráfordításszintű, így természetközelinek tekinthető biotópok jelentőségének növekedése, amilyenek például a helyi flóra és fauna menedékhelyei (Baldock *et al.* 1994). Ángyán (2003) kifejti, hogy a magas természeti értékű fajok harmada kifejezetten a gyepekhez tartozik.

Hazánkban a gyepterületek biodiverzitásának védelmét a legkritikusabb helyeken a Natura 2000 program révén biztosítják. A magyarországi Natura 2000-es gyepterületek kiterjedése 143 173 hektárral indult (*Kárpáti* 2006), de *Reznek* (2019) kimutatása szerint 483 300 hektárra nőtt, ami meghatározó arány a hazai gyepek területéből, mely jelenleg a *KSH* (2022) szerint 771 300 hektár. A Natura 2000-es gyepterületek használata esetén szigorú és speciális szabályokat hoztak kaszálás- és legeltetés-hasznosítás szempontjából. Kaszálás esetén a gyepterület 5–15%-át kaszátlanul kell hagyni, mivel a gépi kaszálás által megriasztott állatok itt tudnak elbújni, menedéket találni. Előírás a parlagoltatás. A kaszálás során kötelező a vadriasztó lánc használata, valamint tilos az éjjeli kaszálás. Legeltetés esetén csak meghatározott fajú állatokkal lehet legeltetni (pl. juh), a területeket túllegeltetni tilos. Ezekben a területeken a tápanyag-utánpótlás tilos, kizárólag az állatok által elhullajtott ürülékéből áll a gyepterület tápanyag-utánpótlása (*Béri et al.* 2004).

A 2021-ben újra induló Agrárkörnyezetvédelmi Programba bevont gyepek, valamint a Biokontroll Hungária Nonprofit Kft. égisze által felügyelt ökogyepek hasonló keretek közé szorítják a gyepgazdálkodást. Mindezek a no-input, ökológiai szemszögű, a gazdálkodóknak többletbevételt jelentő, de extenzifikációt előíró támogatások, valamint a minőségi, a legeltetési állattartáshoz értő munkaerő eltűnése a hazai gyepgazdálkodásban szakszerűtlennek tekinthető hasznosítási módok terjedését idézte elő. Parlaggyepek, csak szárazúzással kultúrállapotban tartott gyepek, degradációs, szukcessziós folyamatok jelentek meg. A gyepterületek szakszerűtlen hasznosítása általában az adott gyeptársulás növényállomány-degradációjához vezet (*Wang et al.* 2006, *Xie és Sha* 2012). *Gang et al.* (2014) szerint a gyepek leromlásáért a klímaváltozás mellett az emberi tevékenységek, köztük az alul-legeltetés a felelős. A hazai helyzetképet jól jellemzi *Tasi et al.* (2014) felmérése, miszerint a magyar gyepek 20%-a parlag. Figyelembe kell venni, hogy ez már kilencéves adat, de a 2022-ben végzett országos gyepfelmérés adatai jelenleg még nem idézhetők. A helyzet prognosztizálhatólag nem javult.

A fentiek tükrében érthető a hazai gyepeink kritikusan alacsony termésátlaga, amely sokéves átlagban a szikes, extenzív gyepeken 1,5–2 t/ha körül stagnál (*KSH* 2022). A gyepek fitomassza-hozamát alapvetően meghatározó tápelemszint helyzete és pótlása alapvetően más megközelítést igényel a környezetvédelmi keretek miatt, mint ahogy a termésmenővelést előtérbe helyező gazdálkodói szemlélet. Hazánkban szinte az összes ősgyep vegetációs területet lefednek

az ökológiai státuszt óvó rendelkezések, melyeknél tilos a tápanyag-visszapótlás.

A növényi tápanyagok felvétele tekintetében az egyik legfontosabb makroelem a nitrogén. A nitrogén a legnagyobb százalékban felvett tápelem nitrát- és ammóniumion formájában, amely a füves területeken igen jól akkumulálódik (Láng 2008). A pázsitfűfélék nitrogénigényes növények, ezért érzékenyen reagálnak a nitrogénre (Barcsák *et al.* 1978), továbbá hatékonyabban hasznosítják más makroelemekhez képest (Kovács és Csízi 2004). A nitrogén elősegíti a növények (elősorban a gyomok) csírázását (Török és Tóthmérész 2010), továbbá meghatározza a növények fejlődését (Barcsák *et al.* 1978). A földfelszíni vegetáció eltűnésével a talaj felvehető nitrogénkoncentrációja megemelkedik (Török és Tóthmérész 2010). A növények nitrogénigénye növekszik intenzív gyephasználatkor, különösen kaszálás után (Barcsák *et al.* 1978). Nitrogénhiány következtében az elsőrendű pázsitfűfélék kipusztulnak vagy visszaszorulhatnak (Kovács és Csízi 2004).

A gyepek trágyázásának is szerepe lehet a gyeptársulások növény szerkezetének javításában - a gyeptalajok túlnyomó többségére jellemző tápanyagszegénység miatt (Vinczeffy 1993). Vinczeffy (1974) egy tonna széna előállításához száraz gyepen 45 kg nitrogént, 9 kg foszfort, valamint 18 kg káliumot javasol. Barcsák és Kertész (1986) 100 kg zöldfű terméstartalomhoz 1 kg nitrogént, 0,38 kg foszfort, 0,45 kg káliumot tanácsol hektáronként. Az ökoterületeken, ha engedélyezik, a helyben keletkezett szerves trágya alkalmazása lehet a lehetőség. Mennyiség tekintetében 20 t/ha szilárd szerves trágya-adag kijuttatását javasolják a magyar gyepekre (Csízi és Monori 2008), mellyel hatékonyan növelhető a szikes gyepek feltalajának növények részére átadható tápanyagtartalma. Kovács *et al.* (2013) túlérett juhtrágyával végzett tápanyag-visszapótlási vizsgálataikban a pillangós növények felszaporodását tapasztalták.

Kutatási célkitűzésünk különböző gyephasznosítási módok hatásának pontosítása volt egy szolonyec talajadottságú, ecsetpázsitos szikes rét asszociáció növényállomány-szerkezet változásában, a gyeptársulást alkotó fajok ökológiai nitrogénigényére fókuszálva.

Anyag és módszer

2009-ben a Karcagi Kutatóintézet 01712 helyrajzi számú gyepterületén kísérletet állítottunk be az extenzív hasznosítási módok váltása nyomán keletkezett változások pontosítása céljából. A cikkben szereplő négyéves kísérleti időszakban az évi átlaghőmérséklet- és éves csapadékösszeg- adatokat, valamint a Vinczeffy (1993) módszere szerint számított évjárat klímaindexét és jellegét az 1. táblázatban közöljük, melyből látható, hogy minden kísérleti évjárat a tájegységre jellemzően száraznak tekinthető.

1. táblázat. A vizsgálati időszak klimatikus adatai
(Karcag, 2017–2020)

	2017	2018	2019	2020
Éves átlaghőmérséklet (°C) (1)	11,20	12,50	13,30	11,70
Éves csapadékösszeg (mm) (2)	527,50	557,80	505,10	648,50
Klímaindex (mm/°C) (3)	0,129	0,122	0,104	0,152
Az év jellege (4)	Száraz (5)	Száraz (5)	Aszályos (6)	Kissé száraz (7)

Table 1. Climatic data of the study period (Karcag, 2017–2020). (1) Average annual temperature (°C), (2) Annual precipitation amount (mm), (3) Climate index (mm/°C), (4) The nature of the year, (5) Dry, (6) Drought, (7) Slightly dry

A kísérleti helyszín egységes talajadottsági feltételekkel (közepes réti szolonyec) és mikrodomborzati viszonyok mellett lett kitűzve, ahol a kísérlet elején a terület azonos növényállomány-szerkezettel (*Alopecuretum pratensis*) rendelkezett. A kísérletet nem érintő terület fennmaradó részén évi egyszeri kaszálás, majd sarjülegeltetés zajlik 500 egyedet számláló juhnyájjal ún. láb alóli pásztoroló legeltetési móddal, amit 2009 óta folytatnak (réthasználat-hasznosítás). Az Intézet gyepeiből 124 hektáron folyik réthasználat, az állatsűrűség 4 juh/hektár. Természetesen a pásztoroló legeltetési módból adódóan, ahol a nyáj elterülve legel, a sarjü gyepnövedék borotválva van. A réthasználatú hasznosítás parcelláit csak egy kerítés választja el a többi hasznosítástól. 1987–2009 között, a kísérlet beállítását megelőzően kaszálónak (évi egyszeri kaszálás) használta az Intézet a területet. 1993 óta tápanyag-visszapótlás, öntözés és gyeppótlás nem történt a területen. Az 1987 előtti

hasznosításról nincs adat, egy helyi termelőszövetkezeté volt a terület. Ezen kéziratban közölt eredmények csak a 2017–2020 közötti időszakot ölelik fel.

A 2009-ben indított kísérletben három ismétlésben négy hasznosítást állítottunk be, ahol a parcellaméret nettó 20,8 m² (10,4 m×2 m) volt:

- Zéró hasznosítás: a terület nincs hasznosítva (jelölése: A/Z).
- Mulcsozás hasznosítás: szárazzás minden május 3. dekádjában. A lezúzott növényi maradvány a területen marad (jelölése: A/M).
- Kaszáló hasznosítás: május 3. dekádjában a fitomassza eltávolítása kaszálással (jelölése: A/K).
- Rét hasznosítás: május 3. dekádjában fitomassza eltávolítása kaszálással, majd juhlegeltetés (4 juh/hektár) augusztusban (jelölése: A/R).

A Karcagi Kutatóintézet akkreditált laboratóriumában végezték el az általános talajvizsgálatot az általunk vizsgált kísérleti időszak előtt, 2017-ben, amelynek eredménye a következő: humusztartalom 5,74%; pH érték 4,61; Arany-féle kötöttség 56,08; nitrogéntartalom 2,9 mg/kg; foszfor-pentoxid tartalom 202,17 mg/kg; kálium-oxid tartalom 577 mg/kg.

A növények felvételezésére a Balázs-féle kvadrát módszert alkalmaztunk (Balázs 1949). A felvételezett növényeket a Borhidi-féle NB 1-9 (nitrogénigény) ökológiai mutató szerint (Borhidi 1993) csoportosítottuk.

Nitrogénigény szerinti csoportosítás (NB): 1. Steril szélsőségesen tápanyagszegény helyek növényei. 2. Erősen tápanyagszegény termőhelyek növényei. 3. Mérsékelt oligotróf termőhelyek növényei. 4. Szubmezotróf termőhelyek növényei. 5. Mezotróf termőhelyek növényei. 6. Mérsékelt tápanyaggazdag termőhelyek növényei. 7. Tápanyagban gazdag termőhelyek növényei. 8. Trágyázott talajok nitrogénjelző növényei. 9. Túltrágyázott hipertróf termőhelyek, romtalajok növényei.

Az ökológiai mutató elemzésére a következő képletet használtuk:

$$\text{NB}\% = \frac{\text{összborítás (\%)}}{\text{parcellák borítása (\%)}} \times 100\%$$

Vizsgálati módszernek azért választottuk a nitrogénigény szerinti növényállomány-szerkezeti változások nyomonkövetését, mert az alulhasznosítás következtében felhalmozódó avaros fitomassza fajdiverzitásra kifejtett hatását szándékoztunk pontosítani. Az eredményeinket Microsoft Excel

táblázatban összesítettük. Az adatok statisztikai elemzését varianciaanalízis segítségével végeztük el 95%-os szignifikancia szint mellett.

Eredmények és értékelés

A botanikai felvételezések összegzéseként megállapítottuk, hogy a mulcsozott hasznosítású területen (A/M) vezérnövény-váltás történt 2019-ben. A réti ecsetpázsit (*Alopecurus pratensis*) helyett a keskenylevelű réti perje (*Poa pratensis* subsp. *angustifolia*) lett a domináns pázsitfű. A zéró használatú területen (A/Z) a vadrózsa (*Rosa canina*) felszaporodása volt mérhető, de ennek a szaporítóképletek közeli megléte a feltétele. A réthasznosítású területen (A/R) szintén vezérnövény váltás történt 2018-ban. A réti ecsetpázsit (*Alopecurus pratensis*) helyett a sovány csenkesz (*Festuca pseudovina*) borításának térnyerése volt megfigyelhető. Az *Alopecurus pratensis* a domináns társuláskötő szerepét fenn tudta tartani alulhasznosítás hatására is, így például a tarackos szálfű, a kaszált, mulcsozott és a hasznosítatlanul hagyott kísérleti parcellákban. Előbbi hasznosítási módú területeken csak a főnövedék van hasznosítva. A réthasznosítási hasznosításnak helyt adó, a többi hasznosítást védő kerítésen kívüli gyeppel viszont kétszer van hasznosítva egy évben, a főnövedék májusi kaszálása után, augusztusban, sarjülegeltetés folyik a területen. Valószínűsíthetőleg az alacsony tarlómagasságra történő legeltetés, valamint taposási és az ürülékhatás miatt az aljfüvek borítási részaránya növekszik, elsősorban a sovány csenkeszé (*Festuca pseudovina*). Megállapítottuk továbbá, hogy a réthasználatú terület a legfajgazdagabb, itt átlagosan 21 faj volt található a területen, amíg a zéró hasznosítású területen találtuk a legkevesebb növényfajt (6 db).

A növényeket nitrogénigényük szerint a Borhidi-féle NB ökológiai mutatók szerint csoportosítottuk (2. táblázat).

Kiszámoltuk a felvételezett növények nitrogénigény ökológiai mutatóit a borítás súlyozottságára, amelynek eredményei a 3–4. táblázatban találhatók.

Az eredmények értékelésénél figyelembe kell venni, hogy a zéró és a mulcsozott hasznosításoknál jelentékeny avartömeg halmozódott fel, amely korlátozhatta egyes gyeppalkotók borítási értékének alakulását. Az 5. táblázatban mutatjuk a varianciaanalízis p-értékeit.

2. táblázat. A felvételezett növényfajok Borhidi-féle
nitrogénigény szerinti csoportosítása
(Karcag, 2017–2020)

Borhidi-féle nitrogénigény kategória (1)	Fajok (2)
Steril szélsőségesen tápanyagszegény helyek növényei (NB 1) (3)	<i>Achillea setacea</i> , <i>Potentilla argentea</i> , <i>Trifolium resutum</i>
Erősen tápanyagszegény termőhelyek növényei (NB 2) (4)	<i>Eryngium campestre</i> , <i>Gypsophyla muralis</i> , <i>Festuca rupicola</i> , <i>Lotus corniculatus</i> , <i>Podospermum canum</i> , <i>Plantago schwarzenbergiana</i> , <i>Rosa canina</i> , <i>Trifolium striatum</i>
Mérsékelt oligotróf termőhelyek növényei (NB 3) (5)	<i>Bromus pannonicus</i> , <i>Crepis setosa</i> , <i>Euphorbia cypriassis</i> , <i>Festuca pseudovina</i> , <i>Lepidium perfoliatum</i> , <i>Ranunculus acris</i>
Szubmezotróf termőhelyek növényei (NB 4) (6)	<i>Cardaria draba</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Lathyrus tuberosus</i> <i>Vicia tetrasperma</i>
Mezotróf termőhelyek növényei (NB 5) (7)	<i>Bromus hordeaceus</i> , <i>Cerastium vulgare</i> , <i>Inula britannica</i> , <i>Poa pratensis</i> subsp. <i>angustifolia</i> , <i>Polygonum aviculare</i> , <i>Plantago lanceolata</i>
Tápanyagban gazdag termőhelyek növényei (NB 7) (8)	<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Cirsium arvense</i> , <i>Elymus repens</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Silene alba</i> , <i>Sonchus asper</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Veronica persica</i>
Túltrágyázott hipertróf termőhelyek, romtalajok növényei (NB 9) (9)	<i>Galium aparine</i> , <i>Rumex obtusifolius</i>

Table 2. Borhidi's nitrogen balance of the recorded plant species (Karcag, 2017–2020). (1) Borhidi's nitrogen balance category, (2) Species, (3) NB 1 Plants of sterile extremely nutrient-poor sites, (4) NB 2 Plants of highly nutrient-poor sites, (5) NB 3 Plants of moderately oligotrophic sites, (6) NB 4 Plants of submesotrophic sites, (7) NB 5 Plants of mesotrophic sites, (8) NB 7 Plants of nutrient-rich sites, (9) NB 9 Plants of overfertilized hypertrophic soils, decayed soils,

3. táblázat. A növények borítása a Borhidi-féle
nitrogénigény ökológiai mutatók szerint
(Karcag, 2017–2020)

Mulcsozott hasznosítású (A/M) területek borítása (%)				
	(10)			
	2017	2018	2019	2020
NB 1 (1)	1,06	0,52	1,70	1,12
NB 2 (2)	2,13	2,09	2,27	2,25
NB 3 (3)	1,06	1,05	2,27	1,12
NB 4 (4)	0,00	1,57	3,98	2,25
NB 5 (5)	31,38	34,55	46,02	46,63
NB 6 (6)	0,00	0,00	0,00	0,00
NB 7 (7)	62,77	59,16	43,18	46,07
NB 8 (8)	0,00	0,00	0,00	0,00
NB 9 (9)	1,60	1,05	0,57	0,56
Kaszálás hasznosítású (A/K) területek borítása (%)				
	(11)			
	2017	2018	2019	2020
NB 1 (1)	1,05	2,08	3,28	1,09
NB 2 (2)	0,00	2,08	0,00	0,00
NB 3 (3)	0,00	0,52	1,64	1,64
NB 4 (4)	1,05	1,04	3,28	1,64
NB 5 (5)	37,89	18,75	36,07	34,97
NB 6 (6)	0,00	0,00	0,00	0,00
NB 7 (7)	60,00	75,52	55,74	60,66
NB 8 (8)	0,00	0,00	0,00	0,00
NB 9 (9)	0,00	0,00	0,00	0,00

Table 3. Vegetation cover according to Borhidi nitrogen demand ecological indicators (Karcag, 2017–2020). (1) NB 1 Plants of sterile extremely nutrient-poor sites, (2) NB 2 Plants of highly nutrient-poor sites, (3) NB 3 Plants of moderately oligotrophic sites, (4) NB 4 Plants of submesotrophic sites, (5) NB 5 Plants of mesotrophic sites, (6) NB 6 Plants of moderately nutrient-rich sites, (7) NB 7 Plants of nutrient-rich sites, (8) NB 8 Nitrogen indicator plants of fertilized soils, (9) NB 9 Plants of overfertilized hypertrophic soils, decayed soils, (10) Coverage of mulched area (%), (11) Coverage of mowing area (%)

4. táblázat. A növények borítása a Borhidi-féle
nitrogénigény ökológiai mutatók szerint
(Karcag, 2017–2020)

Zéró hasznosítású (A/Z) területek borítása (%)				
	(10)			
	2017	2018	2019	2020
NB 1 (1)	0,00	0,00	0,00	0,00
NB 2 (2)	18,09	16,09	21,62	27,50
NB 3 (3)	0,00	0,00	0,00	0,00
NB 4 (4)	0,00	1,15	0,54	0,00
NB 5 (5)	14,89	29,89	20,54	18,93
NB 6 (6)	0,00	0,00	0,00	0,00
NB 7 (7)	65,96	52,30	56,76	53,21
NB 8 (8)	0,00	0,00	0,00	0,00
NB 9 (9)	1,06	0,57	0,54	0,36
Rét hasznosítású (A/R) területek borítása (%)				
	(11)			
	2017	2018	2019	2020
NB 1 (1)	5,21	3,76	5,49	7,30
NB 2 (2)	7,29	9,14	8,24	8,11
NB 3 (3)	22,91	40,32	47,25	47,86
NB 4 (4)	2,60	3,76	2,75	2,43
NB 5 (5)	11,46	12,90	15,93	13,79
NB 6 (6)	0,00	0,00	0,00	0,00
NB 7 (7)	50,01	29,57	19,78	19,70
NB 8 (8)	0,00	0,00	0,00	0,00
NB 9 (9)	0,52	0,54	0,55	0,81

Table 4. Vegetation cover according to Borhidi nitrogen demand ecological indicators (Karcag, 2017–2020). (1) NB 1 Plants of sterile extremely nutrient-poor sites, (2) NB 2 Plants of highly nutrient-poor sites, (3) NB 3 Plants of moderately oligotrophic sites, (4) NB 4 Plants of submesotrophic sites, (5) NB 5 Plants of mesotrophic sites, (6) NB 6 Plants of moderately nutrient-rich sites, (7) NB 7 Plants of nutrient-rich sites, (8) NB 8 Nitrogen indicator plants of fertilized soils, (9) NB 9 Plants of overfertilized hypertrophic soils, decayed soils, (10) Coverage of zero tillage area (%), (11) Coverage of residue area (%)

5. táblázat. *A hasznosítások összehasonlításának p-értékei*
(Karcag, 2017–2020)

		A/M (8)- A/K (9)	A/M (8)- A/Z (10)	A/M (8)- A/R (11)	A/K (9)- A/Z (10)	A/K (9)- A/R (11)	A/Z (10)- A/R (11)
2017		-	0,12	0,005*	0,12	0,005*	0,0006*
2018	NB 1	0,25	0,38	0,06*	0,12	0,35	0,02*
2019	(1)	0,16	0,16	0,02*	-	0,16	0,0006*
2020		1	0,12	0,03*	0,12	0,03*	0,02*
2017		0,12	0,19	0,11	0,15	0,03*	0,36
2018	NB 2	1	0,24	0,09	0,25	0,13	0,58
2019	(2)	0,12	0,17	0,12	0,13	0,04*	0,32
2020		0,12	0,17	0,09	0,13	0,04*	0,35
2017		0,37	0,37	$4,7 \times 10^{-5*}$	-	$1,5 \times 10^{-6*}$	$1,5 \times 10^{-6*}$
2018	NB 3	0,68	0,38	0,0001*	0,38	$9,4 \times 10^{-5*}$	$8,2 \times 10^{-5*}$
2019	(3)	0,83	0,38	0,0001*	0,16	$3,2 \times 10^{-5*}$	$1,8 \times 10^{-5*}$
2020		0,72	0,38	$1,9 \times 10^{-5*}$	0,16	$1,7 \times 10^{-5*}$	$8,4 \times 10^{-6*}$
2017		0,12	-	0,13	0,12	0,35	0,13
2018	NB 4	0,64	0,64	0,33	1	0,29	0,29
2019	(4)	0,72	0,1	0,62	0,007*	0,72	0,23
2020		0,38	0,01	0,74	0,12	0,49	0,23
2017		0,19	0,003*	0,002*	0,004*	0,002*	0,1
2018	NB 5	0,05	0,21	0,003*	0,24	0,28	0,002*
2019	(5)	0,15	0,13	0,003*	0,23	0,001*	0,69
2020		0,05	0,02	0,002*	0,06	0,001*	0,98
2017		0,77	0,69	0,06	0,57	0,19	0,1
2018	NB 7	0,1	0,17	0,01*	0,04*	0,007*	0,08
2019	(6)	0,007	0,53	0,001*	0,95	0,0005*	0,18
2020		0,006*	0,36	0,0003*	0,87	0,0002*	0,07

Az 5. táblázat folytatása a következő oldalon...

...az 5. táblázat folytatása.

		A/M (8)- A/K (9)	A/M (8)- A/Z (10)	A/M (8)- A/R (11)	A/K (9)- A/Z (10)	A/K (9)- A/R (11)	A/Z (10)- A/R (11)
2017		0,16	0,72	0,38	0,38	0,38	0,68
2018	NB 9	0,12	0,52	0,52	0,38	0,38	1
2019	(7)	0,38	1	0,38	1	0,38	1
2020		0,38	1	1	0,38	0,38	1

Megjegyzés: *a p-érték 5% alatti értékét jelzi.

Table 5. P-values for comparison of utilizations (Karcag, 2017–2020). (1) NB 1 Plants of sterile extremely nutrient-poor sites, (2) NB 2 Plants of highly nutrient-poor sites, (3) NB 3 Plants of moderately oligotrophic sites, (4) NB 4 Plants of submesotrophic sites, (5) NB 5 Plants of mesotrophic sites, (6) NB 7 Plants of nutrient-rich sites, (7) NB 9 Plants of overfertilized hypertrophic soils, decayed soils, (8) Coverage of mulched area (A/M), (9) Coverage of mowing area (A/K), (10) Coverage of zero tillage area (A/Z), (11) Coverage of residue area (A/R), Note: *indicates a p-value of less than 5%.

A steril szélsőségesen tápanyagszegény helyek növényeinek (NB 1) elemzésekor azt tapasztaltuk, hogy a felvételezett növények borítása 66,67%-kal csökkent a 2019-2020 közötti időszakban a kaszált területen. Az A/M és az A/R hasznosítások összehasonlításakor megállapítottuk, hogy a réthasználatú hasznosítás felvételezett növényei borítása magasabb. Az A/K és az A/R hasznosítások összehasonlításakor megállapítottuk, hogy a réthasználatú hasznosítás felvételezett növényei borítása magasabb. Az A/Z és az A/R hasznosítások összehasonlításakor megállapítottuk, hogy a réthasználatú hasznosítás felvételezett növényei borítása magasabb.

Az erősen tápanyagszegény termőhelyek növényei (NB 2) elemzésekor az A/K és az A/R hasznosítások összehasonlításakor megállapítottuk, hogy a réthasználatú hasznosításokban 2018 kivételével nagyobb volt a felvételezett növények borítása.

A mérsékelten oligotróf termőhelyek növényeinek (NB 3) elemzésekor azt tapasztaltuk, hogy 2017-2018 között 70,53%-kal nőtt a felvételezett növények borítása a réthasználatú területen. Az A/M és az A/R hasznosítások összehasonlításakor megállapítottuk, hogy a réthasználatú hasznosítás felvételezett növényei borítása magasabb. Az A/K és az A/R hasznosítások összehasonlításakor megállapítottuk, hogy a réthasználatú hasznosítás

felvételezett növényei borítása magasabb. Az A/Z és az A/R hasznosítások összehasonlításakor megállapítottuk, hogy a réthasználatú hasznosítás felvételezett növényei borítása magasabb.

A szubmezotróf termőhelyek növényeinek (NB 4) elemzésekor azt tapasztaltuk, hogy 2019-ben a zéró hasznosítású területekhez képest a kaszált területen nagyobb volt a felvételezett növények borítása.

A mezotróf termőhelyek növényeinek (NB 5) elemzésekor azt tapasztaltuk, hogy 2017–2018 között a kaszált területen a felére csökkent, míg a zéró hasznosítású területen 85,71%-kal nőtt ezeknek a felvételezett növényeknek a borítása. A kaszálónak hasznosított területen 2018–2019 között 83,33%-kal nőtt a felvételezett növényeknek a borítása. Az A/M és az A/K hasznosítások összehasonlításában a mulcsozott területek felvételezett növényeinek borítása magasabb volt 2017-ben. A mulcsozott és a nem hasznosított terület összehasonlítása alapján a mulcsozott területen felvételezett növények borítása magasabb volt 2020-ban. Az A/K és az A/Z területek összehasonlításakor megállapítottuk, hogy 2017-ben a felvételezett növények borítása magasabb volt a kaszált parcellákban. Az A/M és az A/R hasznosítások összehasonlításakor a mulcsozott hasznosítás felvételezett növényeinek borítása magasabb volt, a statisztikai elemzés pozitív összefüggést mutatott. Az A/K és az A/R hasznosítás során megállapítottuk, hogy a kaszálónak hasznosított területeken magasabb volt a felvételezett növények borítása a 2018-as év kivételével. Az A/Z és az A/R hasznosítások statisztikai elemzése azt mutatta, hogy 2018-ban magasabb volt a zéró használatú hasznosítás felvételezett növényeinek a borítása.

A tápanyagban gazdag termőhelyek növényeinek (NB 7) elemzésekor azt tapasztaltuk, hogy 2018–2019 között a mulcs hasznosítású területen 22,73%-kal nőtt, a kaszálás hasznosítású területen 29,66%-kal csökkent a felvételezett növények borítása. 2017–2018 között 42,71%-kal csökkent ezeknek a növényeknek a borítása a réthasználatú területeken. Az A/M és az A/K hasznosítások összehasonlításában a kaszált területek felvételezett növényeinek borítása magasabb volt 2019-ben és 2020-ban. Az A/K és az A/Z területek összehasonlításakor megállapítottuk, hogy 2018-ban a felvételezett növények borítása magasabb volt a kaszált parcellákban. Az A/M és az A/R hasznosítások összehasonlításakor a mulcsozott hasznosítás felvételezett növényeinek borítása magasabb volt, a statisztikai elemzés pozitív összefüggést mutatott. Az A/K és az A/R hasznosítások

összehasonlításakor a kaszált hasznosítású hasznosítás felvételezett növényeinek borítása magasabb volt, a statisztikai elemzés pozitív összefüggést mutatott. A kaszálóként szereplő hasznosításnál tapasztalt magasabb NB 7 mutatójú növényborítottság feltételezheti, hogy hiába maradt avaros fitomasszatömeg a többi hasznosítás esetén, annak a nitrogéntartalma még nem volt felvehető formában a növények számára.

A hasznosítások összehasonlításakor a varianciaanalízis nem mutatott statisztikailag igazolható eredményt a túltrágyázott hipertróf termőhelyek, romtalajok növényei (NB 9) tekintetében. Ezeket a növényeket csak a réthasználatú területen jegyeztünk fel. A sarjúnövedék juhokkal történő legeltetése során keletkező, mozaikos ürülékhatással magyarázható ez az eredmény.

Következtetések

Hazánkban előreláthatólag növekszik a nem megfelelő állatterheléssel hasznosított gyepek aránya. A csökkenő legeltetett állatlétszám miatt a parlaggyepek jelenségével egyre gyakrabban szembesülünk, melyek egyik következménye lehet a gyeptársulások növényállomány szerkezetének átalakulása.

Mivel a hazai természetközeli gyepek előreláthatólag hosszabb távon is a környezetvédelmi előírások keretei között lesznek művelve, fontos pontosítani a flóra változásdinamikáját, melyre az ökológiai mutatószámok szolgálhatnak segítségül a gazdálkodóknak.

A kéziratunk eredményei alapján a szolonyec talajadottságú, tiszántúli ecsetpázsitos szikes réteket parlagon hagyva jelentős gyepalkotó fajszám csökkenéssel számolhatunk, a keletkező avarréteg miatt.

A kísérlet során végzett növényállomány vizsgálatok során pontosítottuk, hogy a föld feletti biomassza folyamatos elvonása (a gyep teljes vegetációs időszakban történő hasznosítása) évről évre folyamatosan csökkenti a talaj tápanyag-szolgáltató képességét. Mindezt abból a szempontból kell tekinteni, hogy a természetvédelem előírja a védett gyepek hasznosítását, ugyanakkor ezzel párhuzamosan tiltja az elvitt tápanyag visszapótlását.

A termőhelyi viszonyok és a gyeptársulások különbözősége miatt indokoltnak tartjuk az ökológiai állapotszintet tükröző további vizsgálatok folytatását.

IRODALOM

- Ángyán J.*: 2003. Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Balázs F.*: 1949. A gyepek termésbecslése növénycönológia alapján. Agrártudományok. 1: 25-35.
- Baldock, D.-Beaufoy, G.-Dark, J.*: 1994. The Nature of Farming. Low Intensity Farming Systems in Nine European Countries. IEEP London.
- Barcsák Z.-Baskay-Tóth B.-Prieger K.*: 1978. Gyeptermesztés és hasznosítás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Barcsák Z.-Kertész I.*: 1986. Gazdaságos gyeptermesztés és hasznosítás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Béri B.-Vajna T.-né-Czeglédi L.*: 2004. A védett természeti területek legeltetése. [In: Nagy G.-Lazányi J. (szerk.) Gyepgazdálkodás. Gyepek az agrár-és vidékfejlesztési politikában.] DE ATC. Debrecen. 50-59.
- Borhidi A.*: 1993. A magyar flóra szociális magatartástípusa, természetességi és relatív ökológiai értékszámai. KTM-OTVH-JPTE kiadványa. Pécs.
- Csízi I.-Monori I.*: 2008. Komposztálódott juhtrágya hozamnövelő hatásának vizsgálata szikes réten. VI. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok. Mezőtúr. 71-74.
- Gang, C. C.-Zhou, W.-Chen, Y. Z.-Wang, Z. Q.-Sun, Z. G.-Li, J. L.-Odeh, I.*: 2014. Quantitative assessment of the contributions of climate change and human activities on global grassland degradation. Environmental Earth Science. 72. 11: 4273-4282.
- Kárpáti L.*: 2006. Egyes állattenyésztési ágazatok versenyképességének fejlesztése. FVM 13223. 2006. 05. 16. Kutatási zárójelentés. [In: Dér F. (szerk.) A gyepgazdálkodás elmúlt 50 évének tapasztalatai, jelenlegi és jövőbeni lehetőségei. A magyar gyepgazdálkodás 50 éve - tanulságai a mai gyakorlat számára.] Gyepgazdálkodási anket. Gödöllő. 11-16.
- Kovács A.-Csízi I.*: 2004. Pratólógia. A rétek ökológiai és cönológiai típusai. Rinoceros Grafikai Stúdió. Karcag.
- Kovács Gy.-Tuba G.-Czibalmos R.-Csízi I.*: 2013. Különböző komposztadagok hatása az extenzív gyep talajának néhány tulajdonságára. Gyepgazdálkodási Közlemények. 2010/2011. 2: 9-14.
- KSH*: 2022. Központi Statisztikai Hivatal. Művelési ágak területe. www.ksh.hu

- Láng F.*: 2008. Növényélettan. A növényi anyagcsere I. Eötvös Kiadó. Budapest.
- Reznek R.*: 2019. Természetközeli gazdálkodási gyakorlatok útmutatója. Gazdálkodás Natura 2000 gyepterületeken. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület. Budapest. 1-88.
- Tasi J.-Bajnok M.-Halász A.-Szabó F.-Harkányiné Székely Zs.-Láng V.*: 2014. Magyarországi komplex gyepgazdálkodási adatbázis létrehozásának első lépései és eredményei. Gyepgazdálkodási Közlemények. 1-2: 57-58.
- Török P.-Tóthmérész B.*: 2010. Növényökológiai alapismeretek. Debreceni Egyetemi Kiadó. Debrecen.
- Vinczeffy I.*: 1974. Gyepgazdálkodási ismeretek. Egyetemi jegyzet. DATE. Debrecen.
- Vinczeffy I.*: 1993. Legelő- és gyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Wang, W.-Wang, Q.-Wang, H.*: 2006. The effect of land management on plant community composition, species diversity, and productivity of alpine Kobersia steppe meadow. Ecological Research. 21: 181-187.
- Xie, Y.-Sha, Z.*: 2012. Quantitative Analysis of Driving Factors of Grassland Degradation: A Case Study in Xilin River Basin, InnerMongolia. The Scientific World Journal. 1-14.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Varga Krisztina – Dr. Csízi István
MATE Karcagi Kutatóintézet
Juhászati és Gyepgazdálkodási Osztály
Karcag
Kisújszállási út 166.
H-5300
*var8139@uni-mate.hu

NEKROLÓG

Obituary

**Németh Tamás
(1952–2023)**



Gyászol a magyar agrárium, a tudományos közösség. Németh Tamás akadémikus, egyetemi tanár, agrokémikus eltávozott közülünk.

Németh Tamás 1952. március 7-én született Szombathelyen. Gyermekkorát Vasváron, illetve Keszthelyen töltötte. A Vajda János Gimnáziumban érettségizett, majd – a kor szokásának megfelelően – egyéves katonai szolgálatot követően tanulmányait a Keszthelyi Agrártudományi Egyetemen folytatta. 1976-ban kitüntetéses agrárkémikus agrármérnöki, valamint növényvédelmi szakképesítésű diplomát kapott.

Az egyetem elvégzése után első munkahelye a NEVIKI Mezőgazdaság Kemizálási Szolgálatánál volt. 1977-ben a MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ Tápanyaggazdálkodási Osztályán folytatta munkáját, majd 1979-ben a Zala megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomáson volt csoportvezető.

1981–82-ben az Amerikai Egyesült Államokban, Oregon államban egyéves farmgyakorlaton vett részt. Egy nagygazdaság termelési, gazdálkodási, növényvédelmi és agrokémiai feladatainak ellátásában szerzett tapasztalatokat, egyszersmind megalapozta angol nyelvtudását is.

1983-ben kezdte meg kutatómunkáját az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében. Végigjárta a kutatói pálya összes állomását, osztályvezetőként, igazgatóhelyettesként, majd 1997 és 2008 között az intézet igazgatójaként. 2008 és 2014 között két ciklusban a Magyar Tudományos Akadémia főtitkára volt.

Tudományos tevékenységét az agrokémia és a környezettudományok területén fejtette ki. Egyetemi doktori értekezését „*Az agrokemikáliák hatása néhány gyomnövény és kultúrnövény N-, P-, K-, Ca-, Mg- és Na-tartalmára tenyészedényes és kispárcellás kísérletekben*” címmel készítette el, és 1982-ben védte meg summa cum laude minősítéssel alma materében, a Keszthelyi Agrártudományi Egyetemen. Kandidátusi értekezését „*A nitrogénellátottság szerepe az őszi káposztarepce termesztésében*” tárgykörében 1989-ben sikeresen megvédte, és elnyerte a mezőgazdasági tudomány kandidátusa címet. Az MTA doktora tudományos címet 1997-ben nyerte el „*Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma*” c. dolgozatával. Az MTA levelező tagjává 2001-ben, rendes tagjává 2007-ben választották.

Tudományos pályáját a kutatás és oktatás mellett a tudományos közéleti részvétel is végig kísérte. MTA közgyűlési doktor képviselő volt 1995–2001 között. 2001-től egy cikluson át az MTA Élettudományi Kuratórium elnökhelyettese volt. 2002-től két cikluson át ellátta az MTA Agrártudományok Osztálya elnökhelyettesi feladatkörét, majd 2014-től az osztályelnöki pozíciót. 1990-től tagja volt az MTA Talajtani és Agrokémiai Bizottságának, illetve a bizottság jogutódának az MTA Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Bizottságának. 2008-tól tagja és elnöke volt az MTA Környezettudományi Elnöki Bizottságnak, illetve annak utódában az MTA Fenntartható Fejlődés Elnöki Bizottságban az agrártudományi terület vezetője volt.

Számos hazai tudományos szervezet és testületben végzett aktív tevékenységet. A teljesség igénye nélkül: tagja a Magyar Agrártudományi Egyesületnek, az Agrárkémikus Társaságnak, a Talajtani Társaságnak. Tagja, illetve tisztségviselője volt az elmúlt évtizedekben az agrár-, a környezetügyi, valamint az oktatási kormányzat szakmai és tudományos bizottságainak, testületeinek. A nemzetközi tudományos szervezetekben végzett tevékenységei közül kiemelendő az 1992–1997 közötti a CIEC ügyvezető főtitkári, majd 1997-től megválasztott főtitkári megbízatása. Az Agricultural Water Management Board tagja volt, az OECD nemzeti képviselője, a Nemzetközi Talajtani Társaság (ISSS, majd 1998-tól IUSS) tagja, valamint a társaság Magyar Nemzeti Bizottságának, valamint számos más testületnek volt tagja. Alapító tagja volt az Alpok-Adria Tudományos Együttműködésnek.

A hazai agrár-felsőoktatásnak, a szaktanácsadásnak, a tudományos továbbképzésnek és a doktori képzésnek egyaránt tevékeny résztvevője volt. 1992-től címzetes egyetemi tanár, a Növénytaplálási Kihelyezett Tanszék vezetője volt, illetve 1998-tól habilitált doktora a keszthelyi Pannon Agrártudományi Egyetemnek. Csaknem mindegyik hazai agráregyetemi képzésben vállalt oktatási munkát, így Gödöllőn, Gyöngyösön, Debrecenben és Kaposváron is, valamint a Nemzeti Közszolgálati Egyetem környezettudományi képzéseiben. Közreműködött számos külföldi egyetem (Riverside, USA; Gent, Belgium; Pretoria, Dél-Afrika és Palermo, Olaszország) nappali és doktori képzéseiben, illetve vállalt témavezetést.

Aktív szerepet vállalt a hazai és a nemzetközi tudományos folyóiratok szerkesztésében. Szerkesztőbizottsági tagja volt az Agrokémia és Talajtan folyóiratnak, a European Journal of Soil Science-nek, az Agricultural Water Management-nek. Főszerkesztője volt a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Országos Környezetvédelmi Program Kiadványoknak és a Scientia et Securitas tudományos folyóiratnak.

Számos tudományos és közéleti elismerésben részesült. 1998-ban Westsik Vilmos díjat kapott. 1998-ban megválasztották a Svéd Királyi Mezőgazdasági és Erdészeti Akadémia külső tagjának. 2002-ben a Debreceni Egyetem, 2003-ban a Veszprémi Egyetem, majd 2009-ben a Corvinus Egyetem adományozott számára díszdoktori címet. 2008-ban FAO emlékéremmel, 2010-ben Széchenyi díjjal ismerték el munkásságát. 2022-ben a megkapta a Magyar Érdemrend Középkereszt (polgári tagozat) kitüntetését.

Publikációs teljesítménye kiemelkedő, egyszersmind a szakmában meghatározó. Az MTMT adatbázisa halála napján 866 közleményét jegyezte, melyek közül 42 könyv szerzője, illetve szerkesztője volt. Közleményeinek független nemzetközi hivatkozásai meghaladják a kétezret.

A szakmai közösség, a barátok, a tisztelők, a tanítványok nevében kívánjuk, hogy nyugodjon békében.

Jolánkai Márton



NAGY JÁNOS főszerkesztő

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