

Crop
Production

HERMAN OTTÓ INTÉZET
KÖZMŰKÖDŐK

NÖVÉNYTERMELÉS

71. kötet | 2. szám | 2022. június

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János

NÖVÉNYTERMELÉS 71. kötet | 2. szám | 2022. június



Különböző csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. Saccharata Koern) genotípusok molekuláris biológiai markereinek értékelése

A Messenger csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern) hibrid termésminőség elemzése 2020–2021-ben

Kukoricahibridek szárazságstresszre és talajtípusra adott reakciói

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

71. kötet, 2. szám, 2022. 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: Incze József

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Bakos Zsuzsanna – Micsinai Adrienn – Parádi István – Nagy János:</i> Különböző csemegekukorica (<i>Zea mays</i> L. convar <i>Saccharata</i> Koern) genotípusok molekuláris biológiai markereinek értékelése	5
<i>Demeter Cintia:</i> A Messenger csemegekukorica (<i>Zea mays</i> L. convar. saccharata Koern) hibrid termésminőség elemzése 2020–2021-ben	21
<i>Kálmán Csaba Dániel – Kálmán László – Lantos Csaba – Pauk János – Bóna Lajos – Nagy Zoltán:</i> Kukoricahibridek szárazságstresszre és talajtípusra adott reakciói	39
<i>Kovács Györgyi – Tuba Géza – Sinka Lúcia – Rivera Garcia Arzu – Zsembeli József:</i> Jász-Nagykun-Szolnok megye főbb növényeinek termésátlagai az aszály mértékének függvényében	63
<i>Kremper Rita – Szarvas Szabolcs – Bákonyi Nóra – Tállai Magdolna – Béni Áron – Balláné Kovács Andrea:</i> A relatív klorofilltartalom és a szövetnedv- nitrátértékek közötti összefüggés tavaszi zab (<i>Avena sativa</i> L.) példáján	79
<i>Szabó Atala – Ibtissem Balaout – Zelenák Annabella:</i> Eltérő genotípusú kukorica hibridek szárazanyag-beépülési és vízleadási dinamikájának vizsgálata	93
<i>Zagyi Péter – Rácz Dalma – Tamás András – Vad Attila – Horváth Éva – Széles Adrienn:</i> A relatív klorofilltartalom és a termésmennyiség kapcsolatának vizsgálata eltérő genotípusú kukorica hibridekben	101
<i>Zelenák Annabella – Kíth Károly – Balaout Ibtissem – Nyéki Anikó:</i> Lombrágya- kezelés hatása Ivola (FAO 350) és Mv Marfi (FAO 480) kukorica (<i>Zea mays</i> L.) hibrid termesztési eredményeire	121
<i>IN MEMORIAM</i>	
Száz éve született Sváb János (1922–1986), a biometria országosan és nemzetközileg elismert tudósa	141

CONTENTS

<i>Zs. Bakos – A. Micsinai – I. Parádi – J. Nagy</i> : Evaluation of molecular biological markers of different sweet maize (<i>Zea mays</i> L. convar Saccharata Koern) genotypes	5
<i>C. Demeter</i> : Analysis of the yield quality of the sweet maize (<i>Zea mays</i> L. convar. saccharata Koern) hybrid Messenger in 2020–2021	21
<i>Cs. D. Kálmán – L. Kálmán - Cs. Lantos – J. Pauk – L. Bóna – Z. Nagy</i> : Reactions of maize hybrids to drought stress and soil type	39
<i>Gy. Kovács – G. Tuba – L. Sinka – A. R. García – J. Zsembeli</i> : Average yields of the main crops grown in Jász-Nagykun-Szolnok county in terms of the degree of drought	63
<i>R. Krempner – Sz. Szarvas – N. Bákonyi – M. Tállai – Á. Béni – A. Balláné Kovács</i> : Correlation between relative chlorophyll content and SAP nitrate values in the case of spring oat (<i>Avena sativa</i> L.)	79
<i>A. Szabó – I. Balaout – A. Zelenák</i> : Examination of dry matter incorporation and water release dynamics of maize hybrids with different genotypes	93
<i>P. Zagyi – D. Rácz – A. Tamás – A. Vad – É. Horváth– A. Széles</i> : Examination of the relationship between relative chlorophyll content and yield in maize hybrids of different genotypes	101
<i>A. Zelenák – K. Kith – I. Balaout – A. Nyéki</i> : Effects of foliar fertiliser treatment on the performance of Ivola (FAO 350) and Mv Marfi (FAO 480) maize (<i>Zea mays</i> L.) hybrids	121
<i>IN MEMORIAM</i>	
János Sváb (1922–1986), the internationally recognised biometric scientist was born 100 years ago	141

Különböző csemegekukorica (*Zea mays* L. convar *Saccharata* Koern) genotípusok molekuláris biológiai markereinek értékelése

¹BAKOS ZSUZSANNA - ²MICSINAI ADRIENN - ³PARÁDI ISTVÁN - ¹NAGY JÁNOS

¹Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

²Wessling Hungary Kft., Budapest

³Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK

Biológiai Intézet, Budapest

Összefoglalás

Vizsgálataink során célunk a lutein bioszintézis molekuláris biológiai markereinek nyomon követése célzott génexpressziós vizsgálatokkal három csemegekukorica hibriden: Dessert R78, Messenger és Honey a növények generatív fázisában. Megállapítottuk, hogy a kvantitatív valós idejű PCR (qPCR) hatékony eszköz a génexpressziós szintek mérésére és a pontos, reprodukálható eredmények az adatok normalizálásához használt referenciagének helyes megválasztásától függenek.

A vizsgálatainkhoz szükséges levél- és termésminták begyűjtése a Debreceni Egyetem Böszörmény úti Campusának a Bemutató kertjéből történt 2021 július elejétől július végéig, öt időpontban. A mintavétel során a replikátumokat összegyűjtöttük és az RNS megőrzése érdekében helyszíni fagyasztást végeztünk folyékony nitrogénben, majd az elemzésig -80 °C-on voltak tárolva. A minták homogenizálása és az RNS izolálás folyékony nitrogén alatt történt, ezt követően az RNS minőségét elektroforézis után 1%-os agaróz gélen történő megjelenítéssel majd spektrofotometriával az A260/A280 és A260/A230 arányokat használva értékeltük. Előzetes tanulmányok alapján négy referenciagént választottunk ki vizsgálatainkhoz, amelyek tubulint (TUB), ubiquitint (UBI), aktint (ACT) és egy tioredoxin-szerű gént

(TLG) kódolnak. Ebből a négy jelölt referenciagénből három (TUB, UBI és ACT) kielégítő eredményt adott, és kiválasztottuk további, downstream vizsgálatokhoz. A PCR-termékeket szekvenálás és a megfelelő génekhez történő szekvencia-illesztés is megerősítette. Második lépésben ellenőriztük és validáltuk az ismert molekuláris biológiai lutein bioszintézis markereket. A lutein bioszintézis génexpressziójához hét célgén és nyolc pár primert választottunk ki az vizsgálatokhoz (PSY, HYD, CYP97C, PDS, ZDS, LCYB, LCYE). Ezek az eredmények azt mutatták, hogy a csemegekukorica hibridek kiválasztásában a valós idejű PCR reakciók hatékonyak és alkalmasak a minták tömeges vizsgálatára.

Kulcsszavak: csemegekukorica, karotinoidok, lutein, génexpresszió, háztartási gén

Evaluation of molecular biological markers of different sweet maize (*Zea mays* L. convar *Saccharata* Koern) genotypes

¹ZS. BAKOS - ²A. MICSINAI - ³I. PARÁDI - ¹J. NAGY

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

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

²Wessling Hungary Kft., Budapest

³Eötvös Loránd University, Faculty of Natural Sciences

Institute of Biology, Budapest

Summary

Our studies aim to monitor molecular biological markers of lutein biosynthesis by targeted gene expression tests in three sweet maize hybrids, Dessert R78, Messenger and Honey, during the generative phase of the plants. We found that quantitative real-time PCR (qPCR) is an effective tool for measuring gene expression levels and that accurate, reproducible results depend on the correct choice of reference genes used to normalize the data.

The leaf and fruit samples for our studies were collected from the Demonstration Garden of the Böszörményi Road Campus of the University of Debrecen from the

beginning of July to the end of July 2021, at five different time points. During sampling, replicates were collected and field frozen in liquid nitrogen to preserve RNA and stored at -80 °C until analysis. Samples were homogenized and RNA isolated under liquid nitrogen, after which RNA quality was assessed by electrophoresis on 1% agarose gel followed by spectrophotometry using A260/A280 and A260/A230 ratios. Based on preliminary studies, we selected four reference genes for our studies, encoding tubulin (TUB), ubiquitin (UBI), actin (ACT) and a thioredoxin-like gene (TLG). Of these four candidate reference genes, three (TUB, UBI and ACT) gave satisfactory results and were selected for further downstream testing. PCR products were confirmed by sequencing and sequence alignment to the corresponding genes. In a second step, known molecular biological lutein biosynthesis markers were verified and validated. Seven target genes and eight pairs of primers (PSY, HYD, CYP97C, PDS, ZDS, LCYB, LCYE) were selected for lutein biosynthesis gene expression tests. These results showed that real-time PCR reactions are efficient in the selection of sweet maize hybrids and are suitable for mass screening of samples.

Keywords: sweet maize, carotenoids, lutein, gene expression, housekeeping gene

Bevezetés

A kukorica a világ lakosságának étkezésében betöltött alapvető szerepe és a termelésének gyors ütemű növekedése miatt a világ egyik legfontosabb kultúrnövénye lett (Nagy 2021). A csemegekukorica az egész világon széles körben fogyasztott gabonaféle, termése bőségesen tartalmaz tápanyagokat, például ételmi rostot, fehérjét, szénhidrátokat, vitaminokat, ásványi anyagok és fitokemikáliákat, beleértve a karotinoidokat (Parra et al. 2007).

A karotinoidok hidrofób tetraterpenoidok (C₄₀ izoprenoidok), amelyek többnyire fotoszintetikus szervezetek plastidjaiban szintetizálódnak, mint például növények, algák, baktériumokban és gombákban, valamint a kromoplasztokban is. Ezzel szemben az állatok nem képesek a karotinoidok előállítására, így azt táplálkozás során a táplálékkal kell bevinniük a szervezetükbe (Alós et al. 2016).

A karotinoidok nélkülözhetetlenek a különböző növényi folyamatokban, és potenciális antioxidánsokként működnek a növényi stressz során. A

növényi stressz bármilyen olyan külső tényezőként definiálható, ami negatívan befolyásolja a növények növekedését, produktivitását, szaporodási képességét vagy túlélését. A növényekre folyamatos hatással van a környezetük változásai, és a karotinoidok jelentik az egyik kémiai határfelületet a növények és a környezet között. A növények képesek védekező reakciókat indukálni az oxidatív stressz ellen, aktiválva a nem enzimatis antioxiidánsokat, többek között a karotinoidok szintézisét a levelekben (Uarotta et al. 2018), amelyek a második védelmi vonalat képviselik a ROS (reaktív oxigén intermedierek) ellen.

A növényi karotinoidok fontos szerepet töltenek be táplálkozásunkban, számos korrall összefüggő betegség megelőzésében segíthetnek (Mares 2016). A karotinoidok közül a xantofilok (lutein és zeaxantin) felhalmozódhat a szem retina makulájában, és csökkentheti a szürkehályog és időskori makuladegeneráció előfordulását (Snodderly 1995). A csemegekukorica karotinoidok gazdag forrása (Kuhnen et al. 2011).

Ezek a bioaktív vegyületek az izoprenoid pigmentek összetett osztályába tartoznak (Fiedor et al. 2014). Segítik a növényeket fotoszintézis során a fényenergia elnyelésében és antioxiidánsként fontos szerepet töltenek be a szabad gyökök deaktiválása által (Stahl és Sies 2003). Az emberi szervezetben biztosítják az A-vitamin prekursorait, (Gurmu et al. 2014), rákellenes tulajdonságukat (Fraser et al. 2004) gyulladáscsökkentő és immunrendszeri előnyüket (Bendich 1989) számos tanulmány bizonyítja. A lutein és zeaxantin részt vesz számos életkorral összefüggő betegség megelőzésében, mint például a szív- és érrendszeri betegségek és az időskori makuladegeneráció (AMD).

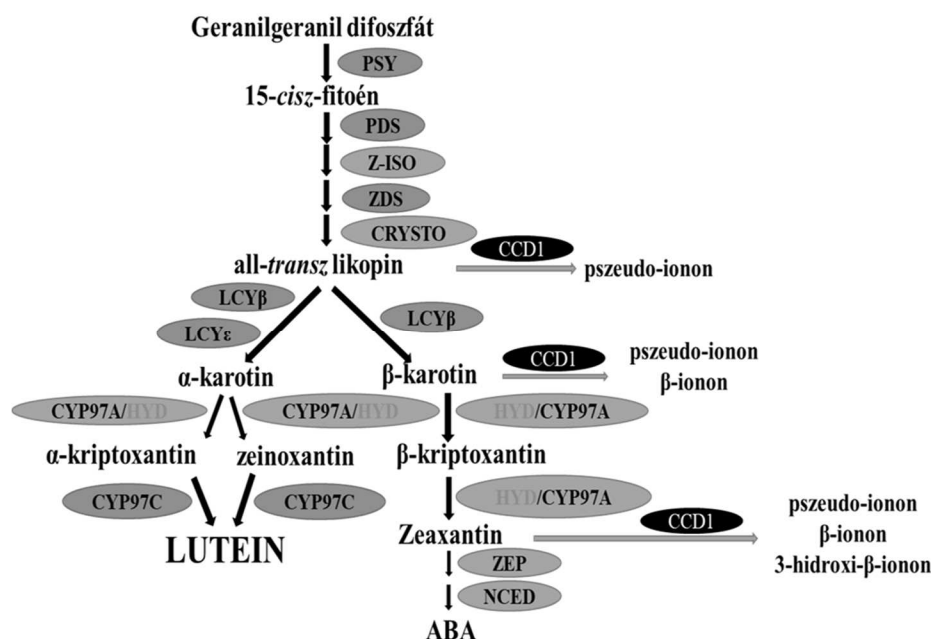
Klinikai vizsgálatok szerint a karotinoidok fogyasztása csökkenti a szív- és érrendszeri betegségek, valamint különféle rákbetegségek kockázatát is (Langi et al. 2018). Számos tanulmány azonosította a luteint és a zeaxantint a szem egészségének alapvető tényezőjeként (Buscemi et al. 2018), a lutein tartós fogyasztása hozzájárul számos krónikus betegség kialakulásának csökkentéséhez, gyulladáscsökkentő hatással bír (Buscemi et al. 2018, Kim et al. 2019). Továbbá szóba került a lutein szerepe az időskori kognitív képességek fenntartásában valamint vizsgálatok alapján a lutein emlőráksejtekre gyakorolt kemoprevenációs hatásait igazolták, így a kemoterápia kiegészítéseként való alkalmazásuk jelenleg is vita tárgyát képezi (Groth et al. 2020). Eme bioaktív vegyületeket az időskori makuladegeneráció (AMD) és a szürkehályog

kockázatának csökkentésével is összefüggésbe hozzák (*El-Sayed et al. 2013*), így nagy érdeklődésre tart számot a kukoricaszemek karotinoid-tartalmának növelése (*Becerra et al. 2020*).

Világszerte keresett a magyar csemegekukorica, mint értékes élelmiszer. Magyarország kiemelkedő szerepet tölt be a csemegekukorica termesztésében, Európa legnagyobb termelője és a világ második legnagyobb exportőre. Több mint 30 ezer hektáron termesztjük, éves termelése meghaladja az 500 ezer tonnát melynek közel 95%-ka exportálásra kerül (*KSH 2020*). A termés hozama átlag feletti a precíziós gazdálkodásban. Emellett az egészséges táplálkozásban betöltött szerepe egyre fontosabbá válik az új, magas karotinoid tartalmú hibridek miatt (*Demeter et al. 2021*). Az egészséges táplálkozás szempontjából a csemegekukorica szemek beltartalmi értékeiből a legértékesebb a lutein és a zeaxantin tartalom. Ezek együttes értéke nagyon hasonló a szuperédes szemekben 9,93; a normálédes szemekben 9,08 mg/kg. A szuperédes kukoricában magasabb a lutein aránya, 66%. A normálédes kukoricában a zeaxantin aránya nagyobb, 58% (*Demeter et al. 2021*).

A karotinoidok bioszintézise egy bonyolult, sok lépcsős és szabályozását tekintve még nem teljesen feltárt folyamat (*Messias et al. 2014*) (1. ábra). A karotenogenezis első fontos eseménye a fitoén-szintáz (PSY) enzim által katalizált reakció, ami során két geranilgeranil-pirofoszfát (GGPP) molekula kondenzációjából fitoénk keletkezik (*Uarotta et al. 2018*), ezért nevezik a növényi anyagcserében a fitoén-szintáz aktivitását az első determinált lépésnek a karotinoidok szintézise irányába. Ezt követően egy sor reakció követi egymást, amely magában foglalja fitoén-deszaturáz (PDS), ζ -karotin-deszaturáz (ZDS), ζ -karotin izomeráz és a karotinoid izomeráz katalizálta reakciókat, mely során a fitoén all-transz likopinná alakul. A likopin ciklizálása ennek az útnak a döntő lépése, itt kettéválik az útvonal, β - vagy α -karotin előállítását a likopin β - és ϵ -ciklázokkal (LCYB és LCYE) enzimek katalizálják. Végül a zeaxantint a β karotin-hidroxilázok (BCH1) míg a luteint a BCH1, az ϵ -karotin-hidroxilázok és a CYP97C egyaránt katalizálják (*He et al. 2019*).

1. ábra. Karotinoid bioszintetikus útvonal



Forrás: *Messias et al. (2014)*

Figure 1. Carotenoid biosynthetic pathway. Source: Messias et al. (2014)

A speciális kukorica alapú funkcionális élelmiszerek diverzifikációja még mindig korlátozott. A jövőben azonban ez lesz várhatóan a funkcionális élelmiszerek fontos alkotóeleme, hogy javítsa a különleges imázsát mint kiváló élelmiszer-anyag (*Aqil és Aqil 2020*). Éppen ezért sok kutatás folyik ezen anyagok étrend-kiegészítőként történő felhasználásával kapcsolatban, funkcionális élelmiszereknek is tekinthetők.

A génexpressziós mintázat meghatározása nagyon fontos a célgén funkcionális feltárásához (*Derveaux et al. 2010*). A reverz transzkripció kvantitatív polimeráz láncreakció (RTqPCR) a génexpresszió kimutatásának és mennyiségi meghatározására előnyben részesített technika érzékenysége, specificitása és dinamikussága miatt (*Lin et al. 2014*). A vizsgálatunk során a lutein bioszintézis molekuláris biológiai markereit kívánjuk nyomon követni célzott génexpressziós vizsgálatokkal három csemegekukorica hibridben:

Dessert R78, Messenger és Honey a növények generatív fázisában ehhez először megbízható referenciagének azonosítása szükséges az adatok normalizálása érdekében (*Perkins et al. 2012*).

Referencia gének értékelése valós idejű PCR-rel és megerősítése szekvenálással

Először megbízható referencia géneket kellett azonosítanunk ahhoz, hogy pontos és reprodukálható eredményeket tudjanak nyújtani a génexpresszió-szint vizsgálata során, amelyek az adatok normalizálásához szükséges referenciagének helyes megválasztásától függenek (*Manoli et al. 2012*). Mivel azonban a kukorica genetikailag nagyon változatos eredetű, ezért ezeket előzetesen teszteltük. Szakirodalmi adatok alapján a referencia gének, amelyekkel az expressziós változásokat össze kívántuk hasonlítani a vizsgálataink során a tubulint (TUB), ubiquitint (UBI), aktint (ACT) és egy tioredoxin-szerű gént (TLG) kódolnak (*2. táblázat*). Ezek a háztartási gének elengedhetetlenek az alapvető sejtfunkciók fenntartásához, és egy szervezet minden sejtjében expresszálódnak függetlenül a szövet típusától, fejlődési szakaszától, sejtciklus állapotától vagy külső jeltől (*Kozera és Rapacz 2013*).

Az enzimikus reakciókat a nyílak reprezentlják. A szaggatott vonalak azt jelzik, hogy vannak nem látható lépések. PSY, fitoén-szintáz; PDS, fitoén-deszaturáz; ZDS, ζ-karotin-deszaturáz; CRTISO, karotin-izomeráz; Z-ISO, 15-cisz-ζ-karotin-izomeráz; LCYβ, likopin béta-cikláz; LCYε, likopin epsilon cikláz; CYP97A, citokróm P450 típusú β-hidroxiláz; HYD, ferredoxin-függő di-vas monooxygenáz; CYP97C, citokróm P450 típusú monooxygenáz; ZEP, zeaxantin-epoxidáz; NCED, 9-cisz-epoxi-karotinoid-dioxigenáz; ABA, abszcizinsav; CCD1, karotinoid-dioxigenáz.

Anyag és módszer

Mintavétel, mintaelőkészítés

A minták begyűjtése a Debreceni Egyetem Böszörmény úti Campusának Bemutató kertjéből történt. A mintavétel július elejétől július végéig öt időpontban történt. A heti mintavételek a csemegekukorica generatív szakaszának kezdetétől a betakarításig zajlottak. Egy hibridből összesen 300 levélmintát és 288 termésmintát gyűjtöttünk, attól függően, hogy az adott hibriden mikor jelentek meg a kukoricacsövek (*1. táblázat*). A minták a

legfelső, de már teljesen kifejlődött levelekből és a megjelenő termésekből levágott kukoricaszemekből lettek begyűjtve. Egy növényről öt levél- és öt termésminta lett begyűjtve a biológiai megismételhetőség kedvéért. Mintavételi pontjaink a sorok mentén egymástól 15 méter távolságra kerültek kijelölésre. A mintavétel során a replikátumokat összegyűjtöttük és az RNS megőrzése érdekében helyszíni fagyasztást végeztünk folyékony nitrogénben, majd az elemzésig $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on lettek tárolva laboratóriumban.

1. táblázat. *Dessert R78, Messenger és Honey csemegekukorica hibridek levél- és termésminta adatai*

Mintavétel dátuma (1)	Dessert R78		Messenger		Honey	
	Levél minta- szám	Termés minta- szám	Levél minta- szám	Termés minta- szám	Levél minta- szám	Termés minta- szám
	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)
2021. 07. 02.	60	-	60	-	60	36
2021. 07. 08.	60	36	60	-	60	36
2021. 07. 16.	60	36	60	36	60	36
2021. 07. 23.	60	36	60	36	60	36
2021. 07. 30.	60	36	60	36	60	36
Összes mintaszám (4)	300	144	300	108	300	180
Összesen (5)	1332					

Table 1. Leaf and yield data for sweet maize hybrids Dessert R78, Messenger and Honey. (1) Date of sampling, (2) Number of leaf samples, (3) Number of yield samples, (4) Total number of samples, (5) Total

RNS izolálás és cDNS szintézis

A totál RNS-t az MN - NucleoSpin RNA Plant, Mini Kit for RNA segítségével izoláltuk a gyártó utasítása szerint, végig ügyelve a hűtött mintavégzésre. Az RNS izoláláshoz mintánként 100 μg levél- és szemszövetet használtunk fel, majd az RNS-t 60 μl RNáz-mentes vízben eluáltuk.

Az RNS izolálását követően az RNS minőségét elektroforézis után 1%-os agaróz gélen történő elválasztással, majd spektrofotometriával az A260/A280 és A260/A230 arányokat használva értékeltük. Ezt követően az RNS-

templátból Thermo Scientific RevertAid First Strand cDNS szintézis kit és random hexamer primerek segítségével 20 µl komplementer DNS-t (cDNS) állítottunk elő.

Kvantitatív PCR

A cDNS kvantifikációjához a Thermo QuantStudio5 készüléken végeztük Applied Biosystems™ SYBR™ Select Master Mix festékkészletek felhasználásával a gyártó utasítása szerint a következő feltételekkel: 50 °C-on 20 másodpercig, 95 °C-on 10 percig, majd ezt követően 45 ciklus 95 °C-on 15 másodpercig és 60 °C-on 60 másodpercig. Az egyes primerkészletek PCR-termékeit olvadási görbe analízisnek vetettük alá a primer dimerek vagy nem specifikus amplikonok jelenlétének igazolására.

Referencia gének értékelése valós idejű PCR-rel és megerősítése szekvenálással

A tubulint (TUB), ubiquitint (UBI), aktint (ACT) és egy tioredoxin-szerű gént (TLG) kódolnak (2. táblázat). Ezek a háztartási gének elengedhetetlenek az alapvető sejtfunkciók fenntartásához, és egy szervezet minden sejtjében expresszálódnak függetlenül a szövet típusától, fejlődési szakaszától, sejtciklus állapotától vagy külső jeltől (Kozera et al. 2013).

2. táblázat. A vizsgálatokba bevont referenciagének

Gén (1)	Forward primer szekvencia (2)	Reverz primer szekvencia (3)
TUB	AGAACTGCGACTGCCTCCAAAGG	AGATGAGCAGGGTGCCCATTC
ACT	CATGGAGAAGCTGGCATCACACCTT	CTCTCTGTTGGCGACACGACTCA
UBI	GTTTAAGCTGCCGATGTGCCTG	GACACGACTCATGACACGAACA
TLG	GGACCAGAAGATTGCAGAAG	CAGCATAGACAGGAGCAATG

Forrás: *Messias et al.* (2014)

Table 2. Reference genes included in the tests. (1) Genes (2) Forward primer sequence, (3) Reverse primer sequence, Source: *Messias et al.* (2014)

A karotinoid útvonal gének értékelése valós idejű PCR-rel

Második lépésben ellenőriztük és validáltuk az ismert molekuláris biológiai lutein bioszintézis markereket. A lutein bioszintézis génexpressziójához hét célgén és nyolc pár primert választottunk ki az előzetes vizsgálatokhoz (PSY, HYD, CYP97C, PDS, ZDS, LCYB, LCYE). A specifikus primerek a karotinoidhoz kapcsolódó kukorica gének amplifikálásához (Sigma-Aldrich) a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat. *Karotinoid útvonal génexpressziójához vizsgálatba vont primer szettek*

Gén (1)	Forward primer szekvencia (5'-3') (2)	Reverz primer szekvencia (5'-3') (3)
PSY	CATCTTCAAAGGGGTCGTCA	CAGGATCTGCCTGTACAACA
PDS	GAAATCATCGATGCAACTATGGAA	CTTCGATAGGTGACCTTTGGA
ZDS	GTGTGGTAAAGATCGGACAA	AGAGAGTTGCTCCTTCCAT
LCYB	CATCGTAAGGTTCCCTCGACA	ATGCCGAAGCAGAAGAAGCTC
LCYE	TTTACGTGCAAATGCAGTCAA	TGACTCTGAAGCTAGAGAAAAG
CYP97C	GTTGACATTGGATGTGATTGG	AACCAACCTTCCAGTATGGC

Forrás: *He et al.* (2019)

Table 3. Primer sets tested for gene expression of the carotenoid pathway. (1) Genes (2) Forward primer sequence (5'-3'), (3) Reverse primer sequence (5'-3'), Source: *He et al.* (2019)

Eredmények

Spektrofotometriai vizsgálatok eredményei

Az RNS izolálását követően az RNS minőségét spektrofotometriásan értékeltük (4. táblázat). Az RNS mintáink mennyiségi meghatározásához a 260 nm-en mérhető elnyelést vettük alapul, mivel a nukleinsavaknak ezen a hullámhosszon van abszorbancia maximumuk. A koncentráció meghatározásához 1 µl mennyiséget használtunk az izolált mintáinkból. A cDNS-szintézist közvetlenül az RNS izolálása után végeztük, és amikor az első DNS-szál elkészült, ezt későbbi célokra tárolni lehetett. A kapott értékek azt mutatták, hogy az RNS minősége jó, az alkalmazott mintatárolási, homogenizálási és RNS izolálási módszer megfelelő, a kritikus pont maga a cDNS szintézis.

4. táblázat. *Spektrofotometriai ellenőrzés nukleinsav szennyeződések kimutatására*

Minták (1)	Növények (2)	Összes RNS			
		(mg) (3)	µg/ml	260/230	260/280
1	levél-1	83	163,05	2,774	2,218
2	levél-2	89	202,72	2,506	2,152

Table 4. Spectrophotometric monitoring for the detection of nucleic acid impurities. (1) Samples, (2) Plants, (3) Total RNS (mg)

Referencia gének értékelése valós idejű PCR-rel és megerősítése szekvenálással

A háztartási géneket, melyek kódolhatják pl. az alapvető anyagcsere-folyamatok enzimjeit, a membrán-, illetve a vázfehérjéket, a sejtek konstitutívan fejezik ki. Egy ilyen génről átíródó mRNS mennyiségének meghatározása alapján detektálni és korrigálni lehet az egyes minták között előforduló mintavételi eltéréseket. A kiválasztásra került négy referencia gén vizsgálata során három adott kielégítő eredményt, különálló olvadáspont-tartományokkal. Minden DNS fragmentumra jellemző az olvadáspontja (T_m), amely az a hőmérséklet, melyen az adott DNS fragmentum 50%-a egyszálú. Ezt a három gén - Tubulin, Aktin és Ubiquitin - PCR terméket megtisztítottuk, szekvenáltuk és releváns találatokat adtak az NCBI adatbázisban végzett BLAST keresés során. Így a további downstream vizsgálatainkhoz ezek kerültek kiválasztásra (5. táblázat).

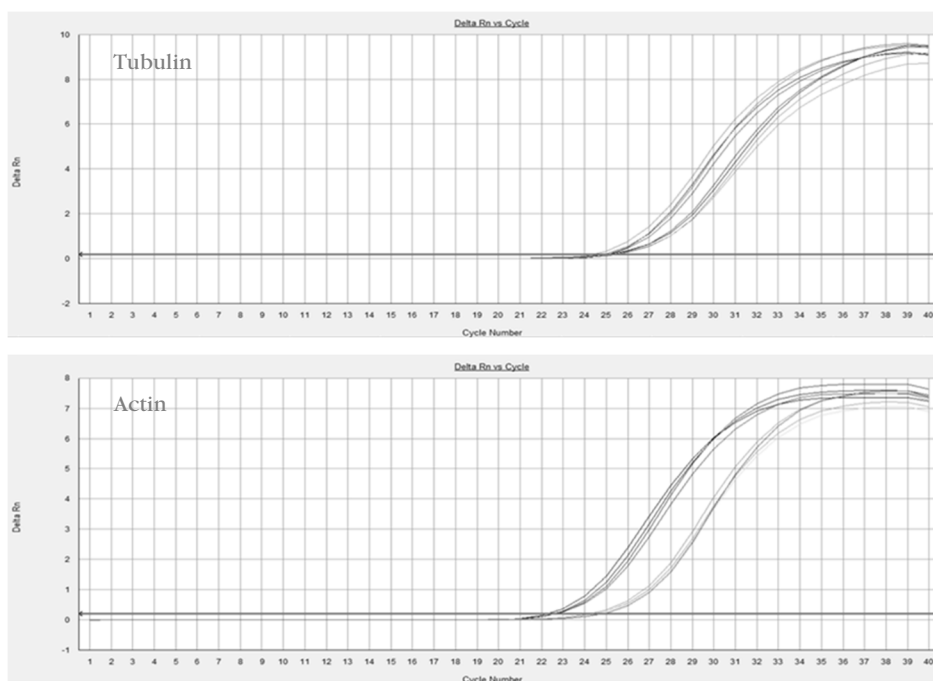
5. táblázat. *Referencia gének értékelése valós idejű PCR-rel és megerősítése Sanger-szekvenálással*

	Dessert R78	Messenger	Honey	T_m range
TUB	+ /SEQ	+ /SEQ	+ /SEQ	78,9-79,1
ACT	+ /SEQ	+ /SEQ	+ /SEQ	83,9-84,4
UBI	+ /SEQ	+ /SEQ	+ /SEQ	77,5-77,9
TLG	-	-	-	-

Table 5. Evaluation of reference genes by real-time PCR and confirmation by Sanger sequencing.

A PCR-kinetikai görbék – vagy más néven amplifikációs görbék – elemzése révén nemcsak kvalitatív, hanem kvantitatív információhoz is kapunk a vizsgált nukleinsavról. Az adott mérési rendszeren belül ezt az információt az úgynevezett áttörési pont, vagy más néven áttörési ciklusszám (threshold cycle: Ct) adja meg. A Ct abban a tartományban határozható meg, ahol a minden egyes PCR ciklusban detektált fluoreszcens jel exponenciálisan növekedni kezd. A PCR-reakció exponenciális fázisában a különböző minták fluoreszcenciája összehasonlítható, belőlük az eredeti DNS-mennyiségek aránya mérhető (2. ábra).

2. ábra. Referencia gének real-time PCR vizsgálata –
amplifikáció valós idejű detektálása



A 2. ábra folytatása a következő oldalon...

...a 2. ábra folytatása

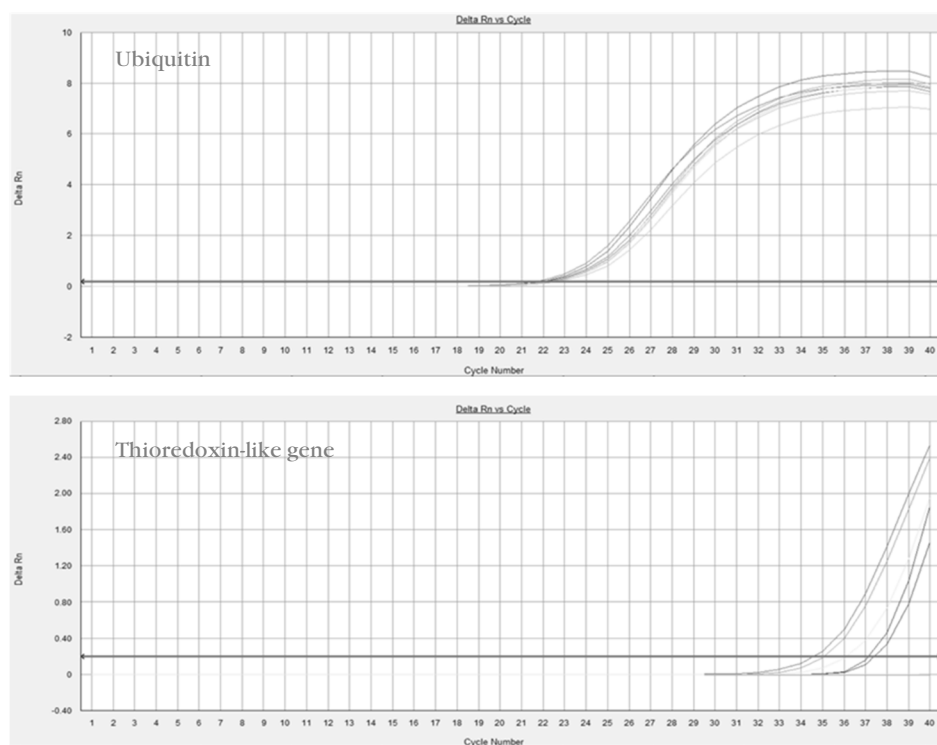


Figure 2. Real-time PCR analysis of reference genes - real-time detection of amplification

A karotinoid útvonal gének értékelése valós idejű PCR-rel

A karotinoid útvonal gének valós idejű PCR-rel történő értékelése során kapott eredmények szerint a reakciók hatékonyak, az általunk vizsgált három csemegekukorica hibridek kiválasztásában minden kvantitatív PCR reakció alkalmas a további vizsgálatokra (6. táblázat).

Következtetések

A mintagyűjtésre, RNS izolálásra és a mennyiségi meghatározásra kialakított munkafolyamat a projekt hatókörének megfelelő. A három referenciagén: TUB (tubulin), ACT (aktin) és UBI (ubiquitin) specifikus PCR reakciók a céljainknak megfelelő eredményeket hoztak. A karotinoid/lutein bioszintézis

útvonal génjeit értékeltük. Az eredményeink lehetőséget adnak a tömeges minta feldolgozására és értékelésére.

6. táblázat. *A karotinoid útvonal gének értékelése valós idejű PCR-rel*

	Dessert R78	Messenger	Honey	Tm range
PSY	+	+	+	82,5-82,8
PDS	+	+	+	79,4-79,8
ZDS	+	+	+	80,8-81,3
LCYB	+	+	+	87,3-87,5
LCYE	+	+	+	80,5-84,2
CYP97C	+	+	+	77,9-78,1

Table 6. Evaluation of carotenoid pathway genes by real-time PCR

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány „A TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program, valamint az EFOP 3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- Alós, E.-Rodrigo, M. J.-Zacarias, L.*: 2016. Manipulation of Carotenoid Content in Plants to Improve Human Health. *Carotenoids in Nature*. 311-343.
- Aqil, S.-Aqil, M.*: 2020. Prospect of specialty maize as functional food to support food diversification in Indonesia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 484 012118.
- Becerra, M. O.-Contreras, L. M.-Lo, M. H.-Díaz, J. M.-Herrera, G. C.*: 2020. Lutein as a functional food ingredient: Stability and bioavailability. *Journal of Functional Foods*. 66: 103771.
- Bendich, A.*: 1989. Carotenoids and the Immune Response. *The Journal of Nutrition*. 119: 112-115.
- Buscemi, S.-Corleo, D.-Di Pace, F.-Petroni, M. L.-Satriano, A.-Marchesini G.*: 2018. The Effect of Lutein on Eye and Extra-Eye Health. *Nutrients*. 10. 9: 13-21.
- Demeter, C.-Nagy, J.-Huzsvai, L.-Zelenák, A.-Szabó, A.-Széles, A.*: 2021. Analysis of the content values of sweet mays (*Zea mays* L. convar *saccharata* Koern.) in precision farming. *Agronomy*. 11. 2596: 1-12.

- Derveaux, S.-Vandesompele, J.-Hellemans, J.:* 2010. How to do successful gene expression analysis using real-time PCR. *Methods*. 50: 227–230.
- El-Sayed M. Abdel-Aal- Akhtar, H.-Zaheer, K.-Ali, R.:* 2013. Dietary Sources of Lutein and Zeaxanthin Carotenoids and Their Role in Eye Health. *Nutrients*. 5. 4: 1169–1185.
- Fiedor, J.-Burda, K.:* 2014. Potential Role of Carotenoids as Antioxidants in Human Health and Disease. *Nutrients*. 6. 2: 466–488.
- Fraser, P. D.-Bramley, P. M.:* 2004. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Prog. Lipid Res.* 43: 228–265.
- Groth, S.-Wittmann, R.-Longin, C. H. F.-Böhm, V.:* 2020. Influence of variety and growing location on carotenoid and vitamin E contents of 184 different durum wheat varieties (*Triticum turgidum* ssp. durum) in Germany. *European Food Research and Technology*. 246: 2079–2092.
- Gurmu, F.-Hussein, S.-Laing, M.:* 2014. The Potential of Orange-Fleshed Sweet Potato to Prevent Vitamin A Deficiency in Africa. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*. 84: 1–2.
- He, W.-Wang, Y.-Dai, Z.-Liu, C.-Xiao, Y.-Wei, O.-Song, J.-Li, D.:* 2019. Effect of UV-B radiation and a supplement of CaCl₂ on carotenoid biosynthesis in germinated corn kernels. *Food Chemistry*. 278: 509–514.
- Kim, J.-Lee, J.-Hwan, O. J.-Jin Chang, H.-Kyung Sohn, D.-Kwon, O.-Shin, A.-Kim, J.:* 2019. Dietary Lutein Plus Zeaxanthin Intake and DICER1 rs3742330 A > G Polymorphism Relative to Colorectal Cancer Risk. *Scientific Reports*. 9: 3406.
- Kozera, B.-Rapacz, M.:* 2013. Reference genes in real-time PCR. *Journal of Applied Genetics*. 54: 391–406.
- Kuhnen, S.-Lemos, P. M.-Campestrini, L. H.-Ogliari, J. B.-Dias, P. F.-Maraschin, M.:* 2011. Carotenoid and anthocyanin contents of grains of Brazilian maize landraces. *J. Sci. Food Agric.* 91: 1548–1553.
- KSH:* 2020. Statisztikai tükör. Főbb növénykultúrák terméseredményei 2020.
- Langi, P.-Kiokias, S.-Varzakas, T.-Proestos, C.:* 2018. Carotenoids: From Plants to Food and Feed Industries. *Microbial Carotenoids*. 3: 57–71.
- Lin, Y.-Zhang, C.-Lan, H.-Gao, S.-Liu, H.-Liu, J.-Cao, M.-Pan, G.-Rong, T.-Zhang, S.:* 2014. Validation of Potential Reference Genes for qPCR in Maize across Abiotic Stresses, Hormone Treatments, and Tissue Types. *PLoS ONE*. 9: 5e95445.
- Manoli, A.-Sturaro, A.-Trevisan, S.-Quaggiotti, S.-Nonis, A.:* 2012. Evaluation of candidate reference genes for qPCR in maize. *Journal of Plant Physiology*. 807–815.
- Mares, J.:* 2016. Lutein and Zeaxanthin Isomers in Eye Health and Disease. *Annual Review of Nutrition*. 36: 571–602.
- Messias, R. S.-Galli, V.-Delmar dos Anjos e Silva, S.-Rombaldi, C. V.:* 2014. Carotenoid Biosynthetic and Catabolic Pathways: Expression and Carotenoid Content in Grains of Maize Landraces. *Nutrients*. 6: 546–563.
- Nagy J.:* 2021. Kukorica. A nemzet aranya – Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 516.

- Parra, D. L. C.-Saldivar, S. O.-Liu, R. H.:* 2007. Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55. 10: 4177–4183.
- Perkins, J. R.-Daves, M. J.-McMahon, B. S.-Bennett, D. L. H.-Orengo, C.-Kohl, M.:* 2012. ReadqPCR and NormqPCR: R packages for the reading, quality checking and normalisation of RT-qPCR quantification cycle (Cq) data. *BMC Genomics*. 13: 296.
- Snodderly, D. M.:* 1995. Evidence for protection against age-related macular degeneration by carotenoids and antioxidant vitamins. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 62. 6: 1448S–1461S.
- Stahl, W.-Sies, H.:* 2003. Antioxidant activity of carotenoids. *Molecular Aspects of Medicine*. 24: 345–351.
- Uarrota, V. G.-Stefen, D. L. V.-Leolato, L. S.-Gindri, D. M.-Nerling, D.:* 2018. Revisiting Carotenoids and Their Role in Plant Stress Responses: From Biosynthesis to Plant Signaling Mechanisms During Stress. *Antioxidants and Antioxidant Enzymes in Higher Plants*. 207–232.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Bakos Zsuzsanna – Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*bakos.zsuzsi82@gmail.com

Dr. Micsinai Adrienn
Wessling Hungary Kft.
Budapest
Anonymus u. 6.
H-1045

Dr. Parádi István
Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar
Biológiai Intézet
Budapest
Pázmány Péter sétány 1/c.
H-1117

**A Messenger csemegekukorica
(*Zea mays* L. convar. saccharata Koern) hibrid
termésminőség elemzése 2020–2021-ben**

DEMETER CINTIA

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A csemegekukorica mint egészséges élelmiszer Európában is kiemelt jelentőségű. A sárgaszemű csemegekukorica jelentős mennyiségű β -karotint tartalmaz. A Debreceni Egyetem Mezőgazdasági, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar campusán beállított kísérletben vizsgáltuk a szuperédes, középérésű Messenger csemegekukorica hibrid termésminőségét az évjáráthatás függvényében. Csemegekukorica termesztés során az évjárat jelentősen befolyásolja a növény magasságát, a cső hosszát, a szemek számát/sorait, az 1000 szem tömegét, a biológiai hozamokat. 2020-ban a termés (cső+ csuhé) 15,159 t/ha, 2021-ben a kedvezőbb hőösszegnek köszönhetően hektáronként, 4,703 tonnával (19, 863 t/ha) volt magasabb a termés. A hasznos hőösszeg többlet 2020-ban 185 °C nap volt. 2021-ben az energia hatékonyság is kedvezőbb volt, 1 °C napra 20 kg, míg 2020-ban kevesebb, mint 18 kg termés esett. Laborvizsgálataink során a csemegekukorica elemtartalmát, összes karotinoid tartalmát, valamint cukortartalmát vizsgáltuk. Kutatási eredményeink alapján megállapítottuk, hogy 2021-ben a terméseredmény növekedés jelentős elemhígulással járt. Kilogrammonként a K 2470 mg, a P 750 mg, a Mg 326 mg csökkenést mutatott. Ugyanakkor a terméstöbbletnek köszönhetően a hektáronkénti elemhozamok nem csökkentek. A csemegekukorica tenyészidőszakának hosszát befolyásolja az időjárási tényezők változása, a hőmérséklet, a napsütéses órák száma, a csapadék mennyisége.

Kulcsszavak: csemegekukorica, minőség, cukor, lutein

**Analysis of the yield quality of the sweet maize
(*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern) hybrid Messenger
in 2020–2021**

C. DEMETER

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

Summary

Sweet maize is also a priority as a healthy food in Europe. Yellow-grain sweet corn contains significant amounts of β -carotene. In an experiment at the Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management of the University of Debrecen, the yield quality of a super sweet, medium grain Messenger sweet maize hybrid was investigated as a function of the effect of the crop year. In sweet maize production, the crop year significantly influences plant height, ear length, number of kernels/row, thousand grain weight and biological yields. In 2020, the yield (ear + husk) was 15.159 t/ha, in 2021, the yield was higher by 4.703 t/ha (19.863 t/ha) due to the more favourable temperature. The useful heat surplus in 2020 was 185 °C days. In 2021, energy efficiency was also more favourable, with a yield of 20 kg per 1 °C day, compared to less than 18 kg in 2020. In our laboratory tests, the element content, total carotenoids content and sugar content of sweet maize were analysed. Based on our research results, we found that in 2021, the yield increase was associated with a significant elemental depletion. Per kilogram, K decreased by 2470 mg, P by 750 mg and Mg by 326 mg. At the same time, element yields per hectare did not decrease due to the yield surplus. The length of the growing season of sweet maize is influenced by variations in weather factors, temperature, number of hours of sunshine and rainfall.

Keywords: sweet maize, quality, sugar, lutein

Bevezetés

A csemegekukorica mint egészséges élelmiszer Európában is kiemelt jelentőségű, élelmiszeriparban betöltött szerepe folyamatosan növekszik, elsősorban beltartalmi értéke miatt (*Swapna et al.* 2020). Magyarországon az évente megtermelt 500 000 tonna csemegekukorica 95%-a exportra kerül, ezzel Európa legnagyobb exportőre vagyunk. A csemegekukorica betakarított területe az előző években (2019–2021) 34–36 ezer ha között, termése 483–511 ezer tonna között változott (*KSH* 2021). A csemegekukorica egészséges összetevői, magas tápértéke és egyedülálló ízvilága miatt népszerű zöldségféle (*Erdal et al.* 2011, *Santos et al.* 2014, *Huzsvai et al.* 2021). Bizonyított tény, hogy a karotinoidban gazdag élelmiszerek fogyasztása pozitív hatással van az egészségre (*Dias et al.* 2021). A karotinoidok értékesek az emberi táplálkozásban, elsősorban antioxidáns hatásuk miatt (*Alos et al.* 2016, *Illés et al.* 2021a). Több elemző szerint, az olyan alapvető élelmiszerek, mint a kukorica jobban hozzáférhetőek a fogyasztók számára (*Nuss et al.* 2010). Kedvező, hogy a sárgaszemű csemegekukorica jelentős mennyiségű β -karotint tartalmaz (*Haskel* 2012). A talaj szerves és szervesetlen anyagának növelésével a talajban növekszik a felvehető ásványi anyag tartalom (*Nyéki et al.* 2017, *Nagy* 2021). *Mänd et al.* (2010) szerint a csemegekukorica terméseredménye nagymértékben függ a genetikai adottságoktól, amit környezeti, valamint a technológiai feltételek módosíthatnak. Több kutató bizonyította, hogy a környezeti stresszhatások leküzdésére alkalmas genotípusok helyes megválasztása és a genotípushoz igazodó tápanyag-ellátás nagyon fontos lehetőség (*Széles et al.* 2019, *Illés et al.* 2021b, *Horváth et al.* 2021). A változó klimatikus feltételekhez történő alkalmazkodás egyik – egyben legfontosabb – lehetősége a klimatikus adottságokhoz jól illeszkedő tulajdonságokkal rendelkező fajták, genotípusok termőképességének elemzése (*Széles és Huzsvai* 2020, *Rácz et al.* 2021). A növénytermesztésben legkorszerűbb precíziós módszerekkel termesztett növények mennyiségi és minőségi paramétereinek mérése lehetővé teszi a környezetterhelés minimálisra csökkentését, és garantálja annak fenntarthatóságát, valamint az ökológiai potenciál kihasználhatóságát (*Nagy és Nagy* 2018, *Balogh et al.* 2020, *Nyéki et al.* 2021). A csemegekukorica minőségét a cukortartalma is meghatározza (*Abadi és Suharto* 2019). *Prasanthi et al.* (2017) szerint a genotípusok ásványianyag-összetételében

mérhető különbségek környezeti hatásokból erednek. A klímaváltozás hatásai komoly kihívást jelentenek a globális mezőgazdasági termelés számára (Liu *et al.* 2017). Kandil *et al.* (2020) szerint a csemegekukorica termesztés során a makroelemek alkalmazása jelentősen befolyásolja a növény magasságát, a cső hosszát, a szemek számát/sorait, az 1000 szem tömegét, a biológiai hozamokat. Moongngarm *et al.* (2020) szerint a csemegekukorica nagy mennyiségben tartalmaz luteint. Scrob *et al.* (2014) valamint Song *et al.* (2016) szintén igazolták, hogy a karotinoid tartalom függ a környezeti hatásoktól is. Xie *et al.* (2016) szerint, a csemegekukorica minősége gyorsan változik, főképp magasabb hőmérsékleten tárolva. Magasabb hőmérsékleten az oldható cukrok, C-vitamin tartalom, a fehérjetartalom károsodik. A csemegekukorica tárolására optimális hőmérséklet a 4 °C. Ezt támasztották alá Calvo-Brenes és O'Hare (2019), akik vizsgálataikban azt találták, hogy a csemegekukorica karotinoid tartalma gyorsan változik, a tárolási hőmérséklet függvényében.

Anyag és módszer

Kísérletünket a Debreceni Egyetem MÉK Bemutatókertjében mészlepedékes csernozjom talajon végeztük. Kutatásainkban a Messenger (Seminis VA) szuperédes, 84–85 napos tenyészidejű csemegekukorica hibridet vizsgáltuk a két évjárat során. A kísérlet kéttényezős, sávos, négy ismétlésben beállított kisparcellás szántóföldi kísérlet. A felvételezéseket 2020–2021-es tenyészidőszakban végeztük. Mindkét évben az elővetemény csemegekukorica, a növényszám 64 ezer/ha és a növényvédelmi kezelőszer Laudis 5 l/ha volt. 2020-ban a kijuttatott tápanyag mennyiség: 80 kg N/ha, 21 kg CaO/ha 15 kg Mg/ha. A vetés ideje 05. 22. Kelés: 06. 05., hímvirágzás 07. 19., nővirágzás 07. 21., a betakarítás 08. 17-én történt. 2021-ben a kijuttatott tápanyag mennyiség: 90 kg N/ha, 23 kg CaO/ha, 16 kg Mg/ha. A vetés 04. 29, kelés 05. 14., hímvirágzás 07. 14, nővirágzás 07. 17., betakarítás 08. 20-án volt. Az öntözővíz mennyisége csepegtető öntözőrendszerrel 2020-ban 104,4 mm, 2021-ben 214,2 mm volt. A Debreceni Egyetem agrárkampuszán telepített agrometeorológiai mérőállomás mérési programja 10 perces időbeli felbontásban méri a paramétereket: léghőmérséklet, légnedvesség, szélesebesség, napsugárzás, csapadék, talajfelszíni hőmérséklet, (+10 cm) talajhőmérséklet (6 és 20 cm mélységben). A csemegekukorica számára kritikus időszakban július 15-től a

mérési program kibővült: állományfelszín hőmérséklet infrahőmérővel, PAR globál és reflex, leghőmérséklet és legnedvesség gradiens (állomány felett 0,5 és 3 méterrel), 3D szónikus anemométer, légnedvesség és szén-dioxid koncentráció mérése LI 850 mérőműszerrel. Az agrometeorológiai mérések adatait elemezve megállapítottuk, hogy a tenyészidőszakot megelőző a 2019-es 2020-as őszi-téli (októbertől márciusig) a klímaátlaghoz (1991–2020) viszonyítva a csapadék pozitív anomáliát (+51 mm) mutatott, hónapról hónapra nagyfokú változékonysággal. A 2020–2021 őszi-téli időszak némileg kiegyensúlyozottabb volt, 35 mm-rel meghaladva a sokéves átlagot. Összefoglalva elmondható, hogy a tenyészidőszakot megelőző őszi-téli hónapokat mindkét évben összességében az átlagosnál melegebb hőmérsékleti viszonyok és a 30 éves átlagot meghaladó csapadékmennyiség jellemezte. Ugyancsak hasonlóság, hogy a téli időszakban egyik esetben sem alakult ki számottevő, tartós hótakaró. A csemegekukorica tenyészidőszakának kezdeti hónapjait tekintve, mindkét év tavaszi hónapjaira (április, május) jellemzőek voltak az átlagosnál hűvösebb hőmérsékleti viszonyok, amelyek főleg a 2020-as évben az átlagosnál kevesebb csapadék mennyiséggel párosultak. Az éjszakai minimum hőmérsékletek szinte kivétel nélkül 10 °C alatt, sokszor 5 °C, vagy még az alatt alakultak. Ezen kedvezőtlen hőmérsékleti viszonyok az átlagosnál kevesebb csapadékkal párosulva kedvezőtlenül befolyásolták a csírázást, illetve a korai fejlődés időszakát. A besugárzás havi összegeit tekintve mindkét május esetében átlagos, míg áprilisban egymással ellentétes előjellel, de jelentősebb eltérések jelentkeztek a sokéves átlaghoz képest (2020: 16,5%, 2021: -9,4%).

Összességében a két tenyészidőszak alapvető agrometeorológiai viszonyai lényegesen nem tértek el egymástól, így nemcsak az őszi-téli körülmények, hanem az azt követő tavaszi időszakot is többé-kevésbé azonos feltételek jellemezték a csemegekukorica fejlődésének szempontjából. A tenyészidőszakok korai időszakára jellemző hasonlóság a vegetatív időszak első két nyári hónapjára (június-július), az intenzív növekedés és a virágzás időszakára, gyökeresen megváltozott és két egymással teljesen ellenkező körülményrendszert eredményezett. A 2020-as tenyészidőszak átlagosnál egyértelműen hűvösebb hőmérsékleti viszonyai hatására elmaradtak a korábbi években gyakran jelentkező tartós és erős hóhullámok. Ugyanakkor a 2021-es év ezen két hónapjában június utolsó dekájától két alkalommal is kialakult egy kb. 10–10 napos (06. 21.–06. 30. és 07. 07.–07. 18.), erős hóhullám, amely során a

napi átlaghőmérsékletek jellemzően 25 °C, míg a maximum hőmérsékletek 35 °C fölé emelkedtek. Ugyanakkor ezen felül, augusztust is beleértve, többször előfordult néhány rövidebb, pár napos időszak, amikor a hőmérsékleti maximumok 35 °C körül alakultak (1–3. táblázat).

1. táblázat. A tenyészidőszak havi átlaghőmérsékletei
(Debrecen, 2020–2021)

Tenyészidőszak (1)	2020			2021		
	Átlag (°C) (2)	Klímaátlag (1991– 2020) (3)	Eltérés (4)	Átlag (°C) (2)	Klímaátlag (1991– 2020) (3)	Eltérés (4)
Április (5)	10,8	11,8	-1,0	9,1	11,8	-2,7
Május (6)	14,0	16,7	-2,7	15,1	16,7	-1,6
Június (7)	19,7	20,2	-0,5	22,6	20,2	2,4
Július (8)	21,0	21,8	-0,8	24,6	21,8	2,8
Augusztus (9)	22,6	21,7	0,9	21,0	21,7	-0,7
Szeptember (10)	18,2	16,5	1,7	16,4	16,5	-0,1

Table 1. Monthly average temperatures during the growing season (Debrecen 2020–2021). (1) Growing season, (2) Mean (°C), (3) Average weather (1991–2020), (4) Difference, (5) April, (6) May, (7) June, (8) July, (9) August, (10) September

Laborvizsgálatok

Ásványi elem meghatározás céljából a Messenger csemegekukorica szemtermésének szárítása kéméletes, alacsony hőmérsékleten, a szárítás 50 °C-on, a tárolás feldolgozásig 24 °C-on történt. A begyűjtött minták, ismétlésenként 10 db, begyűjtést követően azonnal szárítószekrénybe kerültek. A csemegekukorica minták elemtartalmának meghatározása során előkészített átlagmintából 0,5 g-ot mértem be majd 5 ml desztillált cc. HNO₃ és 3 ml 30%-os H₂O₂-t adagoltam. Ethos Plus Milestone mikrohullámú roncsolóval és Application Note 076-os módszerrel négy lépésben roncsoltam a mintákat.

2. táblázat. *A tenyésztidőszak havi csapadékösszegei*
(Debrecen 2020–2021)

Tenyésztidőszak (1)	2020			2021		
	Havi összeg	Klímaátlag (1991– 2020)	Eltérés (4)	Havi összeg	Klímaátlag (1991– 2020)	Eltérés (4)
	(mm) (2)	(3)		(mm) (2)	(3)	
Április (5)	16,5	45,5	-29,0	33,3	45,5	-12,2
Május (6)	45,0	59,3	-14,3	66,1	59,3	6,8
Június (7)	118,5	66,8	51,7	6,4	66,8	-60,4
Július (8)	148,5	67,7	80,8	70,2	67,7	2,5
Augusztus (9)	70,0	46,4	23,6	38,2	46,4	-8,2
Szeptember (10)	47,0	47,3	-0,3	18,6	47,3	-28,7

Table 2. Monthly precipitation sums during the growing season (Debrecen 2020–2021). (1) Growing season, (2) Monthly sum (mm), (3) Average weather (1991–2020), (4) Difference, (5) April, (6) May, (7) June, (8) July, (9) August, (10) September

3. táblázat. *A tenyésztidőszak havi globálsugárzás összegei*
(Debrecen, 2020–2021)

Tenyésztidőszak (1)	2020			2021		
	Havi összeg	Klímaátlag (1991– 2020)	Eltérés (4)	Havi összeg	Klímaátlag (1991– 2020)	Eltérés (4)
	(kJ/cm ²) (2)	(3)		(kJ/cm ²) (2)	(3)	
Április (5)	57,2	49,1	16,5	44,5	49,1	-9,4
Május (6)	61,9	62,5	-1,0	61,7	62,5	-1,3
Június (7)	61,4	66,6	-7,8	80,0	66,6	20,1
Július (8)	68,7	67,4	1,9	70,7	67,4	4,9
Augusztus (9)	63,1	59,4	6,2	58,1	59,4	-2,2
Szeptember (10)	44,7	39,3	13,7	44,1	39,3	12,2

Table 3. Monthly global radiation sums during the growing season (Debrecen 2020–2021). (1) Growing season, (2) Monthly sum (kJ per cm²), (3) Average weather (1991–2020), (4) Difference, (5) April, (6) May, (7) June, (8) July, (9) August, (10) September

A roncsolást követően a minták lehűtöttem majd 50 ml-es mérőlombikba öntöttem. A méréseket ICAM 7000 spektrofotométerrel folytatva, a plazma fényemissziója által az egyes elemekre jellemző hullámhosszú spektrumvonalát mértem.

A karotinoid mennyiségi meghatározásához *Moros et al.* (2002) módszerét használtuk. A csemegekukorica mintákat szárazjéggel megdaráltuk majd a szárazjég szublimálásáig fagyasztóban $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tartottuk. A vizsgálat elvégzéséhez a 0,6 g darált mintát egy 50 ml-es centrifuga csőbe helyeztünk és 6 ml 100%-os etanollal vortexeltük 30 másodpercig. Ez követően hűtött ultrahangkádiban 5 percig ultrahangoztuk a mintát. 3 mg NaCl és 10 ml hexánt adtam az oldathoz, majd újra vortexeltük 30 másodpercig. Centrifugálással a fázisokat szétválasztottuk, 5000 rpm-en. A hexános fázissal dolgozva, nitrogénáram alatt szárazra pároltuk a mintát, szobahőmérsékleten, sötétben. Az így maradt mintához, 2 ml 0,1% Butil Hidroxil Toluolt tartalmazó Messengert adtunk majd vortexeltünk. Ultrahang által feloldottuk és fecskendőszűrő segítségével HPLC fiolába szűrtük. A mintát a HPLC szűrésig ismét fagyasztóban tároltuk $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on.

A cukortartalmat HPLC mérőműszerrel mértük. A mérés elve alapján először a minták oldása, derítetése, hígítása, szűrése után folyadék kromatográfiásan mértük majd törésmutató indexet alkalmaztunk. A mérés menete: 3–5 g-ot csemegekukorica minta centrifugacsőbe, a mintához adunk 10 ml acetonitril-víz elegyet vortexeljük, 0,5–0,5 ml Carrez I és II oldatot adunk hozzá, összerázzuk, végtérfogat 20–25 ml. Ezt követően 10 percig centrifugálás 4500 ford/min sebességgel, HPLC fiolába szűrés. A mintához 100–100 mg szilárd fruktózt, glükózt és szacharózt adalékoltunk. A folyadék kromatográf Agilent 1200 RI detektorral. Mennyiségi meghatározás kalibrációs görbe segítségével történt. Az eredmények statisztikai értékelése R.3.2.4. statisztikai környezetben készült, egy tényezős varianciaanalízis és Fischer féle, LSD teszt segítségével (*Team* 2016). A grafikonokat MS Excel 2019-es programmal készítettük.

Eredmények és értékelés

A csemegekukorica tenyészidőszakának hosszát befolyásolják az időjárási tényezők. Kutatásainkban kiemelten vizsgáltuk 2020-ban és 2021-ben a csemegekukorica fenológiai fázisaiban a hasznos hőösszegeket ($^{\circ}\text{C nap}$) (4–5. táblázat).

4. táblázat. *Csemegekukorica hibrid fenofázisai (2020)*

	Kelés		Fejlettségi állapot (fenofázis) (2)				
	(1)	2	6	8	12	Hímvirágzás (3)	Nővirágzás (4)
Hasznos hőösszeg (°C nap) (5)	-	52	182	295	440	465	485
	Fejlettségi állapot (fenofázis) (2)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	Összesen (6)		
Hasznos hőösszeg (°C nap) (5)	593	680	776	825	825		

Table 4. Sweet maize hybrid phenophases (2020). (1) Emergence, (2) Development status (phenophase), (3) Male flowering, (4) Silking, (5) Useful heat sum (°C days), (6) Total

5. táblázat. *Csemegekukorica hibrid fenofázisai (2021)*

	Kelés		Fejlettségi állapot (fenofázis) (2)				
	(1)	2	6	8	12	Hímvirágzás (3)	Nővirágzás (4)
Hasznos hőösszeg (°C nap) (5)	-	37	134	168	435	593	637
	Fejlettségi állapot (fenofázis) (2)						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	Összesen (6)		
Hasznos hőösszeg (°C nap) (5)	709	775	910	1010	1010		

Table 5. Sweet maize hybrid phenophases (2021). (1) Emergence, (2) Development status (phenophase), (3) Male flowering, (4) Silking, (5) Useful heat sum (°C days), (6) Total

Elemzéseink szerint Messenger csemegekukorica hibrid az általánostól nagyobb magasságot, csőmagasságot produkált a 2021-es tenyészidőszakban. Az időjárási tényezők hatáselemzése alapján hasonló következtetésre jutott *Ma et al.* (2013). Méréseink szerint átlagos növénymagassága 2020-ban 130 cm 2021-ben 255 cm, csőmagassága 2020-ban 99 cm, 2021-ben 108 cm. Szárátmérője 2020-ban 18 mm 2021-ben 21 mm. *Subadeah et al.* (2021) vizsgálataival megegyezően megállapítottuk, hogy a csemegekukorica hibridek magassága összefüggésben van a csövek eredési magasságával (1. ábra).

1. ábra. Messenger csemegekukorica hibrid fenometriai adatai
(Debrecen, 2020–2021)

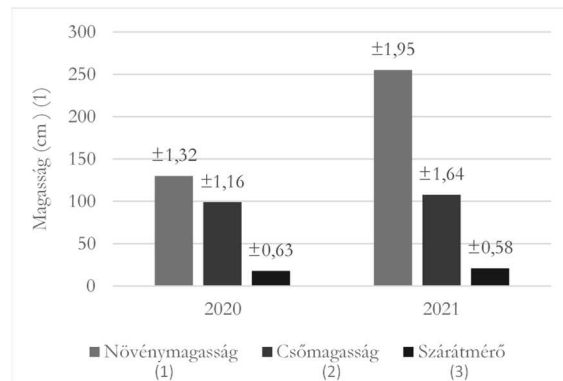


Figure 1. Phenometric data of the sweet maize hybrid Messenger (Debrecen, 2020–2021). (1) Height (cm), (2) Plant height, (3) Ear length, (4) Stem diameter

Kísérletünkben a betakarításkor mért termés elemek arányai évjáratonként kis mértékben különböztek, hasonló következtetésre jutottak *Xiong et al.* (2017) a csemegekukorica termésmennyiség eredményeket elemezve. A kedvező évjárat hatására 2021-ben a betakarított nedves termés többlet hektáronként 4,703 tonna volt. A csemegekukorica feldolgozók számára átvételkor a jó minőségű cső+csuhéj termés a legfontosabb. *Demeter et al.* (2020) kutatásaikban a szárazanyagtömege nem tért el szignifikánsan három eltérő genotípusú csemegekukorica esetében. Kutatásainkat bővítettük a csemegekukorica növényi részek szárazanyag (281 g/növény) tartalmának arányvizsgálataival. A betakarításkor a szár 44, a levél 16, a szem és a csutka szárazanyaga 15–15% volt (2–3. ábra).

2021-ben a közel 30%-os terméstopplett jelentős makroelem kieséssel járt, ez kilogrammonként 2470 mg/kg K, 750 mg/kg P. Jelentős volt a Mg csökkenés (326 mg/kg). A vas és a cink hígulás lényegesen kisebb mértékű volt (6 és 2 mg/kg). A nitrogénkoncentráció csökkenése is jelentős volt (249 mg/m%).

Hasonlóan *Ray et al.* (2019), megállapításaihoz, kísérletünkben az évjárat jelentősen befolyásolta a csemegekukorica fajlagos elemtartalmát. *Nagy et al.* (2021) vizsgálataiban ugyancsak igazolta az évjárat hatás jelentőségét csemegekukorica termesztésben. A koncentráció csökkenések ellenére a hektáronkénti elemhozam növekedett (4–6. ábra).

2. ábra. Messenger csemegekukorica hibrid betakarított termése (cső+csuhéj), nedves csőtömege, nedves szemtömege, nedves csutkatömege (Debrecen, 2020–2021)

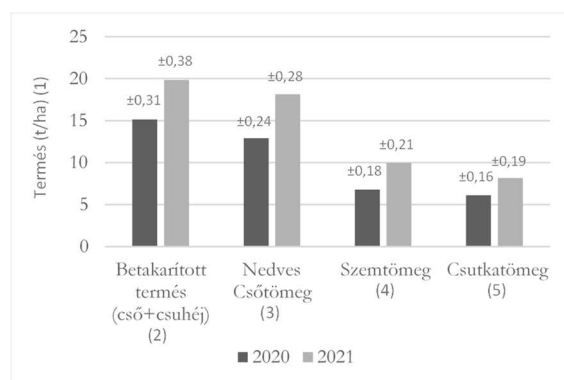


Figure 2. Harvested yield (ear+husk), wet ear weight, wet kernel weight, wet ear weight, wet ear weight of Messenger sweet maize hybrid (Debrecen, 2020–2021). (1) Yield (t ha⁻¹), (2) Harvested yield (ear+husk), (3) Wet ear mass, (4) Grain mass, (5) Cob mass

3. ábra. Messenger csemegekukorica növényi részek aránya (%) (Debrecen, 2021)

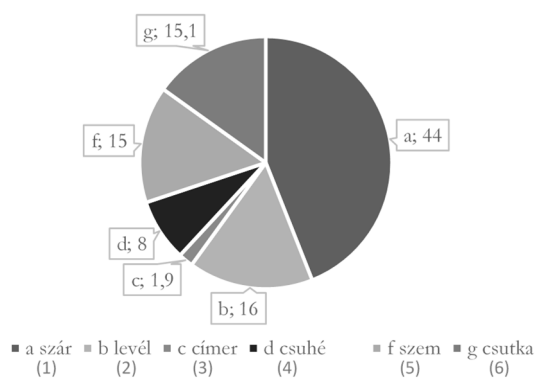


Figure 3. Proportion of vegetable parts of the sweet maize hybrid Messenger (%) (Debrecen, 2021). (1) Stem, (2) Leaf, (3) Tassel, (4) Husk, (5) Grain, (6) Cob

4. ábra. Messenger csemegekukorica hibrid makroelem tartalma
(Debrecen, 2020–2021)

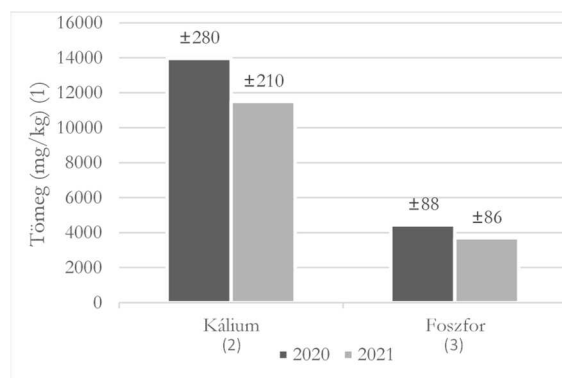


Figure 4. Messenger sweet maize hybrid macroelement content (Debrecen, 2020–2021). (1) Weight (mg kg⁻¹), (2) Potassium, (3) Phosphorus

5. ábra. Messenger csemegekukorica hibrid mezoelem tartalma
(Debrecen, 2020–2021)

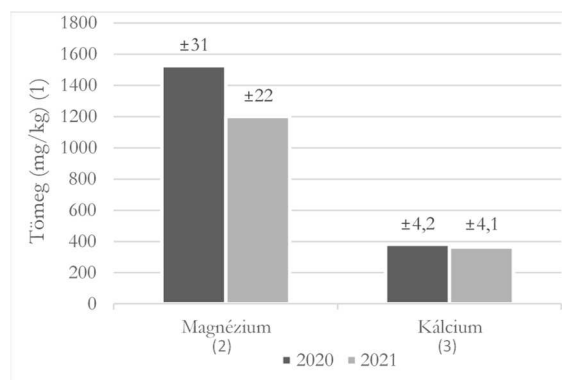


Figure 5. Mesoelement content of the sweet maize hybrid Messenger (Debrecen, 2020–2021). (1) Weight (mg kg⁻¹), (2) Magnesium, (3) Calcium

2021-ben a közel 30%-os terméstöbblet jelentős makroelem kieséssel járt, ez kilogrammonként 2470 mg/kg K, 750 mg/kg P. Jelenetős volt a Mg csökkenés (326 mg/kg). A vas és a cink hígulás lényegesen kisebb mértékű volt (6 mg/kg és

2 mg/kg). A nitrogénkoncentráció csökkenése is jelentős volt (249 m/m%). Hasonlóan *Ray et al.* (2019), megállapításaihoz, kísérletünkben az évjárat jelentősen befolyásolta a csemegekukorica fajlagos elemtartalmát. *Nagy et al.* (2021) vizsgálataiban ugyancsak igazolta az évjáráthatás jelentőségét csemegekukorica termesztésben. A koncentráció csökkenések ellenére a hektáronkénti elemhozam növekedett (4–6. ábra).

6. ábra. *Messenger* csemegekukorica hibrid mikroelem tartalma (Debrecen, 2020–2021)

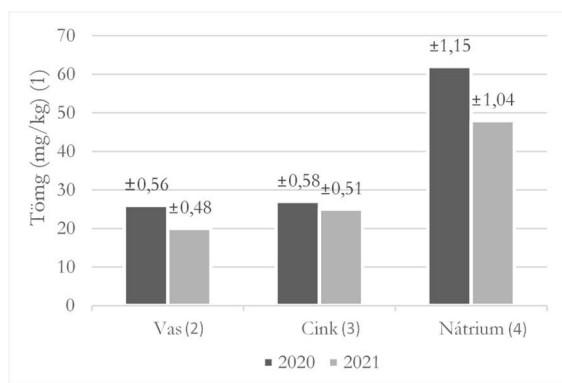


Figure 6. Microelement content of the sweet maize hybrid Messenger (Debrecen, 2020–2021). (1) Weight (mg kg⁻¹), (2) Iron, (3) Zinc, (4) Sodium

Hasonlóan *Scrob et al.* (2014) eredményeihez megállapítottuk, hogy a karotinoid tartalmat a hőmérséklet és a csapadékmennyisége pozitívan befolyásolja. *Prashanti et al.* (2017) kísérleteiben a zeaxantin xantofilek kisebb mennyiségben fordultak elő a csemegekukoricában. *Demeter et al.* (2021) vizsgálataikban igazolták a csemegekukorica kiemelkedően magas luteintartalmát. Kutatásaink alapján új eredmény, hogy ellentétben az ásványi anyagok koncentrációjával terméseredmények növelésével, a csemegekukorica luteintartalma nem csökkent. *Xie et al.* (2016) szerint a csemegekukorica minősége gyorsan változik, főképp magasabb hőmérsékleten. Magasabb hőmérsékleten az oldható cukrok, C-vitamin tartalom, fehérjetartalom károsodik. A csemegekukorica tárolására optimális hőmérséklet a 4 °C. Ezt támasztották alá *Calvo-Brenes* és *O'Hare* (2019), akik vizsgálataikban azt találták, hogy a csemegekukorica karotinoidtartalma gyorsan

változik a tárolási hőmérséklet függvényében. Jelentős gyakorlatban felhasználható eredmény a feldolgozóipar számára, hogy a hozamok növekedése nem csökkenti a lutein felhasználás lehetőségét (7–8. ábra).

7. ábra. *Messenger csemegekukorica hibrid lutein- és zeaxantin-tartalma (Debrecen, 2020–2021)*

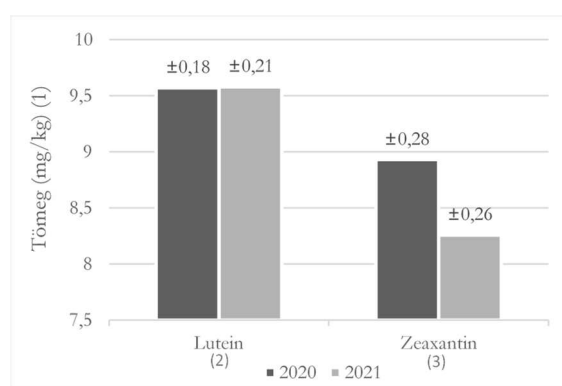


Figure 7. Lutein and zeaxanthin content of the sweet maize hybrid Messenger (Debrecen, 2020–2021). (1) Weight (mg kg⁻¹), (2) Lutein, (3) Zeaxanthin

8. ábra. *Messenger csemegekukorica hibrid B-cryptoxanthin és B-karotin tartalma (Debrecen, 2020–2021)*

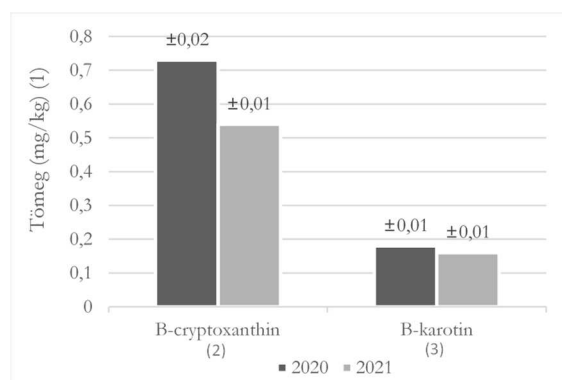


Figure 8. Messenger sweet maize hybrid B-cryptoxanthin and B-carotene content (Debrecen, 2020–2021). (1) Weight (mg kg⁻¹), (2) B-cryptoxanthin, (3) B-carotene

Feng et al. (2020) kutatásaikban igazolták, hogy a csemegekukorica jelentős cukortartalommal bír. *Demeter et al.* (2021) vizsgálataikban megállapították, hogy ME csemegekukorica cukortartalma kiváló (9. ábra).

A fogyasztók számára fontos a csemegekukorica ízletessége, mind a friss fogyasztásban mind az ipari feldolgozott termékekben. Vizsgálataink bizonyítják, hogy a termesztett csemegekukorica hibrid koncentrációját, a betakarítási cukor koncentrációt kis mértékben befolyásolja az évszám. A hektáronkénti cukorhozam elsősorban a termés mennyiségétől függ.

9. ábra. *Messenger* csemegekukorica hibrid cukortartalma (Debrecen, 2020–2021)

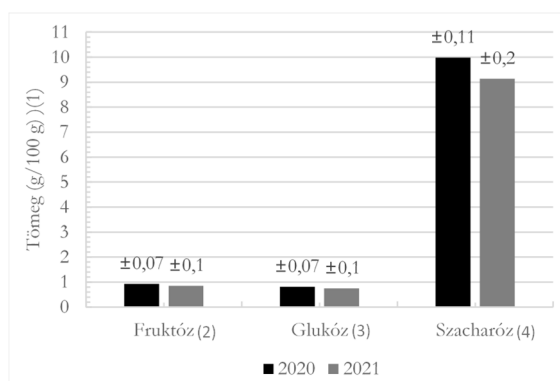


Figure 9. Sugar content of the sweet maize hybrid Messenger (Debrecen, 2020–2021). (1) Weight (mg kg⁻¹), (2) Fructose, (3) Glucose, (4) Sucrose

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program, valamint az EFOP 3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

Abadi, W.–Suharto, A. N.: 2019. Uji keunggulan beberapa calon varietas hibrida jagung manis (*Zea mays* L. var. *Saccharata*). Jurnal Produksi. 7. 5: 939–948.

- Ainerua, M. O.–Erhunmwunse, N.–Tongo, I.–Ezemonye, L.*: 2020. Food toxicity assessment of selected canned foods in Nigeria. *Toxicol. Res.* 36: 45–58.
- Alos, E.–Rodrigo, M. J.–Zacarias, L.*: 2016. Manipulation of Carotenoid Content in Plants to Improve Human Health. *Carotenoids in Nature.* 311–343.
- Balogh, P.–Bujdos, Á.–Czibere, I.–Fodor, L.–Gabnai, Z.–Kovách, I.–Nagy, J.–Bai, A.*: 2020. Main Motivational Factors of Farmers Adopting Precision Farming in Hungary. *Agronomy.* 10: 4. 610. 19.
- Calvo-Brenes, P.–Fanning, K.–O'Hare, T.*: 2019. Does kernel position on the cob affect zeaxanthin, lutein and total carotenoid contents or quality parameters, in zeaxanthin-biofortified sweet-corn? *Food Chem.* 277: 490–495.
- Demeter C.–Széles A.–Bojtor Cs.–Szabó A.–Bakos Zs.–Zelenák A.–Nagy J.*: 2021. Normálédes és szuperédes csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern) hibridek beltartalmi értékeinek összehasonlító elemzése. *Növénytermelés.* 70: 5–21.
- Demeter C.–Széles A.–Illés Á.–Bojtor Cs.–Nagy J.*: 2020. Eltérő genotípusú csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern) hibridek fenometriai és terméslelemvizsgálatainak eredményei. *Növénytermelés.* 69: 5–23.
- Demeter, C.–Nagy, J.–Huzsvai, L.–Zelenák, A.–Szabó, A.–Széles, A.*: 2021. Analysis of the content values of sweet mays (*Zea mays* L. convar saccharata Koern.) in precision farming. 11. 2596: 1–12.
- Dias, M. G.–Borge, G. I. A.–Kljak, K.–Mandić, A. I.–Mapelli-Brahm, P.–Olmedilla-Alonso, B.–Pintea, A. M.–Ravasco, F.–Tumbas Šaponjac, V.–Sereikaite, J.*: 2021. European Database of Carotenoid Levels in Foods. Factors Affecting Carotenoid Content. *Foods.* 10: 912.
- Erdal, S.–Pamukcu, M. Savur, O.–Tezel, M.*: 2011. Evaluation of developed standard sweet corn (*Zea mays* saccharata L.) hybrids for fresh yield, yield component and quality parameters. *Turkish Journal of Field Crops.* 16. 2: 153–156.
- Feng, X.–Pan, L.–Wang, Q.–Liao, Z.–Wang, X.–Zhang, X.–Guo, W.–Hu, E.–Li, J.–Xu, J.–Wu, F.–Lu, Y.*: 2020. Nutritional and phytochemical characteristics of purple sweet corn juice before and after boiling. *Plos One.* 15. 5: 1–18.
- Haskel, M. J.*: 2012. The challenge to reach nutritional adequacy for vitamin A-B carotene bioavailability and conversion evidence-in humans 1–4.
- 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.
- Huzsvai, L.–Fejér, P.–Illés, Á.–Bojtor, Cs.–Bojté, Cs.–Horváth, É.–Demeter, C.*: 2021. Analysis of sweet corn nutritional values using multivariate statistical methods. *Acta Agraria Debreceniensis.* 103–108.
- Illés, Á.–Bojtor, Cs.–Mousavi, S.–Mohammad, 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: 21–29.
- Illes, A.–Bojtor, Cs.–Szeles, A.–Mousavi, S. M. N.–Toth, 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.

- Kandil, E. E.-Abdelsalam, N. R.-Mansour, M. A.-Ali, H. M.-Siddiqui, H. M.*: 2020. Potentials of organic manure and potassium forms on maize (*Zea mays* L.) growth and production. *Scientific reports*. 10. 8752: 1–11.
- KSH*: 2021. Központi Statisztikai Hivatal (2019–2021). Fontosabb növények zöldségfélék termesztése és felhasználása. Budapest.
- Liu, H.-Mao, J.-Yan, S.-Yu, Y.-Xie, L.-Hu, J. G.-Li, T.-Abbassi, A. M.-Gou, X.-Liu, R. H.*: 2017. Evaluation of carotenoid biosynthesis, accumulation and antioxidant activities in sweetcorn (*Zea mays* L.) during kernel development. *International Journal of Food Science and Technology*. doi:10.1111/ijfs.13595.1-9.
- Ma, G. N.-Huang, J. X.-Wu, S. J.-Wu, W. B.-Fan, J. L.-Zou, J. Q.*: 2013. Assimilation of MODIS-LAI into the WOFOST model for forecasting regional winter wheat yield. *Math. Comput. Model.* 58. 3–4: 634–643.
- Mänd, P.-Hallik, L.-Peñuelas, J.-Nilson, T.-Duce, P.-Emmett, B. A.-Beier, C.-Estiarte, M.-Garandnai, J.-Kalapos, T.-Schmidt, I. K.-Kovács, S.-Lang, E.-Prieto, P.-Tietema, A.-Westerveld, J. W.-Kull, O.*: 2010. Responses of the reflectance indices PRI and NDVI to experimental warming and drought in European shrublands along a north-south climatic gradient. *Remote Sensing of Environment*. 114. 3: 626–636.
- Moongngarm, A.-Homduang, A.-Hochin, W.*: 2020. Changes of Phytochemical Contents in Sweet and Waxy Corn (*Zea mays* L.) as Affected by Cultivars and Growth Stages. *Curr. Nutr. Food Sci.* 16: 162–169.
- Moros, E. E.-Darnoko, D. M.-Cheryan Perkins, E. G.-Jerrell, J.*: 2002. Analysis of Xanthophylls in Corn by HPLC. *J. Agric. Food Chem.* 50: 5787–5790.
- Nagy, J.*: 2021. Kukorica. A nemzet aranya – Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó Ház Zrt. Budapest.
- Nagy, J.-Nagy, O.*: 2018. Fenntartható agrárgazdálkodás a klímaváltozás tükrében. *Magyar Tudomány*. 179. 9: 1327–1335.
- Nagy, Z.-Széles, A.-Demeter, C.-Illés, Á.-Bojtor, Cs.-Zelenák, A.-Nagy, J.*: 2021. Az agrometeorológiai hatások elemzése a csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern.) üzemi termesztési kísérletekben. *Növénytermelés*. 70: 7–23.
- Nuss, E. T.-Sherry, A. T.*: 2010. Maize. A paramount Staple Crop in the Context of Global Nutrition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 9. 4: 329–436.
- Nyéki, A.-Kerepesti, 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. 5: 1397–1415.
- Nyéki, A.-Milics, G.-Kovács, A. J.-Neményi, M.*: 2017. Effects of Soil Compaction on Cereal Yield: A Review. *Cereal Res. Commun.* 45. 1: 1–22.
- Prasanthi, P. S.-Naveena, N.-Rao, M. V.-Bhaskarachary, K.*: 2017. Compositional variability of nutrients and phytochemicals in corn after processing. *J. Food Sci. Technol.* 54. 5: 1080–1090.
- Rácz, D.-Szóke, L.-Tóth, B.-Kovács, B.-Horváth, É.-Zagyi, P.-Duzs, L.-Széles, A.*: 2021. Examination of the Productivity and Physiological Responses of Maize (*Zea mays* L.) to Nitrapyrin and Foliar Fertilizer Treatments. *Plants-Basel*. 10. 11: 1–19.
- Ray, K.-Banerjee, H.-Dutta, S.-Hazra, A. K.-Majumdar, K.*: 2019. Macronutrients influence yield and oil quality of hybrid maize (*Zea mays* L.). *PLoS One*. 14. 5: 1–23.

- 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.
- Scrob, S.–Muste, S.–Muresan, C.–Farcas, A.–Socaci, S.–Vlaic, R.*: 2014. Evaluation of extraction Methods for the analysis of Carotenoids for different vegetable matrix. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*. 70. 2: 145–146.
- Subaedah, St.–Edy, E.–Kiky M.*: 2021. Growth, Yield, and Sugar Content of Different Varieties of Sweet Corn and Harvest Time. *International Journal of Agronomy*. ID 8882140. 1–7.
- Swapna, G.–Jadesha, G.–Mahadevu, P.*: 2020. Sweet Corn – A future healthy human nutrition food. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 1–7.
- Széles, A.–Huzsvai, L.*: 2020. Modelling the effect of sowing date on the emergence, silking and yield of maize (*Zea mays* L.) in a moderately warm and dry production area. *Agronomy Research*. 18. 2: 579–594.
- Széles, A.–Nagy, J.–Rátónyi, T.–Harsányi, E.*: 2019. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. *Maydica*. 64. 2: 1–14.
- Team, R.*: 2016. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Xie, Y.–Song, H.–Liu, S.–Jia, L.*: 2016. Effect of different retailing conditions on quality of sweet corn after forced-air cooling and low temperature transportation XXIX. *International horticultural congress on horticulture: Sustaining lives, livelihoods and landscapes (IHC2014): International symposia on postharvest knowledge for the future and consumer and sensory driven improvements to fruits and nuts*. *Acta Hortic.* 1120: 293–298.
- Xiong, H. F.–Xiong, Y. S.–Zhang, G. B.–Peng, Z. D.–He, S. H.–Xu, D. B.–Liu, W.*: 2017. Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Yield of Sweet Corn. *Proceedings of the International Conference on Material Science. Energy and Environmental Engineering (MSEEE 2017)*. 125.

A szerző levelezési címe – Address of the autor:

Demeter Cintia
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
szintia.demeter@gmail.com

Kukoricahibridek szárazságstresszre és talajtípusra adott reakciói

KÁLMÁN CSABA DÁNIEL - KÁLMÁN LÁSZLÓ - LANTOS CSABA -
PAUK JÁNOS - BÓNA LAJOS - NAGY ZOLTÁN
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

Összefoglalás

Egybehangzó irodalmi adatok szerint a kukorica (*Zea mays* L.) igen érzékeny faj a légköri és talaj eredetű szárazság és egyéb stressz faktorokkal szemben. A dolgozatban vizsgált kísérletek egyik fő célja, hogy olyan kukoricahibrideket nemesítsünk, melyek jó stressztűrő és alkalmazkodóképességükkel a jövő meghatározó szántóföldi fajtái legyenek. Ennek elérése érdekében a hibrideket különböző stresszhatásoknak kitéve kell tesztelni. Az üvegházi kísérletekben a kukoricahibridek fiatalkori szárazságstresszre és különböző talajtípusokra adott reakcióit vizsgáltuk. Az eredmények alapján tartott előszelekciós folyamat során kiválasztottuk azokat a genotípusokat, melyek a legjobb teljesítményre képesek. A hibrideket szántóföldi teljesítménykísérletekben is teszteltük. A vizsgált paraméterekre kapott adatok kiértékelése után arra a következtetésre jutottunk, hogy a tíz tesztelt hibridből három szemes takarmány- és egy siló takarmányhibrid fiatal korban átlag feletti szárazságtűréssel és a szélsőséges talajokhoz történő alkalmazkodóképességgel rendelkezik. A szántóföldi kísérletek eredményei alapján a tesztelt szemes takarmány hibridek 13 t/ha körüli termésátlagra képesek, míg a siló takarmányhibrid 20 t/ha feletti száraztömeg előállítására képes. A hibridek eredményei alapján következtetni tudunk arra, hogy melyik szülői partnerek azok, amelyek a szárazsághoz és a változó talajviszonyokhoz történő alkalmazkodó képesség gazdaságilag fontos tulajdonságát hordozzák, így azokkal új kombinációkat tudunk beállítani, melynek célja olyan hibridek előállítása, amelyek gyengébb

talajviszonyok és öntözetlen körülmények között is elfogadható termésszint elérésére képesek.

Kulcsszavak: *Zea mays* L., nemesítés, szárazságstressz, alkalmazkodóképesség

Reactions of maize hybrids to drought stress and soil type

CS. D. KÁLMÁN - L. KÁLMÁN - CS. LANTOS - J. PAUK - L. BÓNA - Z. NAGY
Cereal Research Non-profit Ltd., Szeged

Summary

Earlier studies proved that maize (*Zea mays* L.) is susceptible to various air- and soil born drought stresses. The main goal of this study was to contribute to develop maize hybrids tolerant to drought and heavy soils. In a short-term greenhouse and successive field tests, we identified 4 tolerant hybrids – three of them for grain – and one additional for silage utilisation. The examined hybrids reached very high grain yield (13 t ha⁻¹) and more than 20 t ha⁻¹ dry weight above-ground yield. Based on the parameters of the selected hybrids, and the conclusions of these experiments, we may select valuable parental lines with elevated tolerance to drought stresses and to marginal, alkaline soils. Our further goal is to involve selected parental lines into our breeding program to develop new hybrids with elevated tolerance to poor soils and dry conditions.

Keywords: *Zea mays* L., breeding, drought stress, adaptability

Bevezetés

A szikes, erősen kötött, gyors felszíni kiszáradásra hajlamos talajok hasznosítása világszerte problémát jelent mezőgazdasággal foglalkozó szakembereknek. Művelésük mindenütt nehézségekbe ütközik, mivel ezek kedvezőtlen sajátossága megnehezíti, vagy teljesen lehetetlenné teszi ezeken

a területeken a jövedelmező mezőgazdasági gazdálkodást. A különböző sók felhalmozódása az ökoszisztémára nézve az egyik legnagyobb fiziológiai veszélyt jelentik. A talaj szikesedésének alapvető oka a Na⁺ ionok megjelenése a talaj szilárd és/vagy folyadékfázisában (Várallyay 1999). A Na⁺ felhalmozódása lehet természetes folyamat eredménye (pl. tengermelléki területeken), vagy eredményezheti emberi tevékenység közvetve (pl. vízrendezések által megváltozott hidrológiai viszonyok következtében), vagy közvetlenül (pl. nem megfelelő minőségű – azaz magas sótartalmú – öntözővíz használatával (Várallyay 1999)). Globális becslések szerint a megművelt földterületek 20%-a és az öntözött területek 50%-a sóterhelés alatt áll (Chen et al. 2000). A talajban lévő sók nagy koncentrációja ozmotikus, ionos és oxidatív stresszt idézhet elő, amelyek negatív befolyással vannak a növény növekedésére és termőképességére. Az ozmotikus stressz a megváltozott vízpotenciál miatt csökkenti a növény vízfelvételi hatékonyságát és ez által szárazság stresszt indukál. Az ionos stressz sejt és növényi szinten egyaránt zavart okoz a növények homeosztázisában, ebből adódóan az oxidatív stressz a reaktív oxigénformák felszabadulását idézi elő, amelyek gátolják a sejtnövekedést és a növényi anyagcserét (Munns és Mark 2008). A fotoszintetikus képesség korlátozásán kívül a só stressz a klorofill lebomlását okozza a fotoszintetikus rendszerben (Chaves et al. 2009).

A növények különböző mechanizmusokkal és a vízfelvétel maximalizálásával az ozmotikus stressz csökkentésére törekednek. A só stressz során a membrán sérül, csökken a növekedés és ez abnormális fejlődést idézhet elő, valamint az anyagcsere-folyamatokban zavar lép fel és oxidatív stresszt okozó reaktív oxigénformák (ROS) képződnek (Munns és Mark 2008). Az ozmotikus stressz hatására a fiatal kukoricánövények frisstömegének jelentős csökkenéséről számoltak be, a relatív nedvességtartalom csökkenésével együtt (Moharramnejad et al. 2015). A kukorica morfológiájára gyakorolt negatív hatások közvetlenül vagy közvetve a termés hozam csökkenéséhez vezetnek. A szárazság stressz olyan bonyolult és pusztító hatású a növénybiológiában, akár a rák az emlős biológiában (Pennisi 2008). Az aszály hatása a stressz időpontjától és intenzitásától függően befolyásolja a növények növekedését és fejlődését (Nakashima et al. 2012). A stressz a különböző fiziológiai és biokémiai folyamatokat, például a fotoszintézist, a légzést, a transzlokációt és az ionfelvételt is negatívan befolyásolja (Aslam et al. 2015). A szárazság

stressz a nedvességtartalom és a vízpotenciál csökkenését, a turgor nyomás változását, illetve a sztómák záródását és a növény növekedésének csökkenését is okozza. A növények só- és szárazságstresszhez való alkalmazkodó képességének javítása régóta a nemesítés fontos törekvése, melyet nehéz kivitelezni részben azért, mert ezek kvantitatív tulajdonságok, melyeket sok különböző gén irányít (*Lopes et al.* 2011). A kukorica a búzával és a rizszel együtt biztosítja az élelmiszerből származó kalóriák legalább 30%-át, több mint 4,5 milliárd embernek 94 fejlődő országban, ahol a gyermekpopuláció egyharmada alultápláltságtól szenved (*Hoisington et al.* 1996). Az előrejelzések szerint 2050-re a fejlődő országokban a kukorica iránti kereslet majdnem a duplája lesz a jelenleginek (*Chaudhary et al.* 2014). A termésbecslések szerint a kukorica szemtermése akár 15–20%-kal csökkenhet az aszálykár miatt. Ezen veszteségek tovább növekedhetnek, mivel az éghajlatváltozás miatt az aszályok is gyakoribbá és súlyosabbá válhatnak (FAOSTAT). Az öntözés lehetősége sok gazdálkodó számára nem biztosított, és korlátozott annak bővítési lehetősége a fejlődő országokban (*World Bank* 2005). A genetika és a jó biológiai alapok alkalmazása a só- és szárazságtűrés, valamint a termésbiztonság javítására, a globális termelés stabilizálásának fontos része. Éppen ezért az vízstresszel szembeni fokozott tűrőképességű és nagyobb vízhasznosítási hatékonyságú (WUE) kukoricahibridek nemesítése kiemelt célkitűzéssé vált a nemesítési programok számára, mind a magán-, mind az állami szektorban (*Bruce et al.* 2002). A nemesítési programok különféle stratégiákkal javítják az aszálytűrést, mint például az ismétlődő szelekció, az elkülönülő populációk értékelése, a több helyszínen történő teljesítménykísérletek, a genom szintű szelekciós megközelítés és a transzgenikus technológia (*Mickelbart et al.* 2015). A kukorica növények 2–4 leveles korban a szárazságra, a fejletlen gyökérrendszerük miatt, igen érzékenyen reagálnak. A stressz a növényállományt megritkíthatja, fejlődésben visszatarthatja (*Net1*). A kukorica szárazságstresszének tipikus vizuális tünetei a színváltozás zöldről zöldesszürkére, valamint az alsó majd a felső levelek pöndörödése „furulyázása”. A sztómák bezárulnak, a fotoszintézis élesen lecsökken, és a növekedés lelassul (*Edmeades* 2013). 6–14 leveles korban a szárazság miatt a növények általános fizikai leromlása és fejlődésbeli lemaradása a jellemző. A kukorica a virágzás idején a legérzékenyebb a szárazságra. Aszály stressz esetében a virágzatok kialakulása késik, virágzási aszinkron lép fel, a pollen

termékenyítő képessége és életképessége csökken, esetleg teljes sterilitás lép fel, a bibeszálak receptivitása csökken, némely esetben teljes meddőség lép fel. Száraz évjáratban a termés kiesés fő oka a virágzás után bekövetkező embrió abortálás. Az aszály jelentősen csökkenti a csövenkénti szemszámot (*Edmeades et al.* 2000). Több termesztési környezetben a szárazságstressz súlyossága növekszik a tenyészidőszak végén. Ebben a helyzetben a kukorica szárában felhalmozódott asszimilátum újra mobilizálódik (*Jurgens et al.* 1978). A gyökértől felfelé indulva az abszcizinsav kölcsönhatásba lép más növekedést szabályozó anyagokkal, különösen az etilénnel és a reaktív oxigénformákkal (*Ribaut et al.* 2009). Egyébiránt az olyan gyökérzet fejlesztése, amely képes elérni a vizet a talaj mélyebb rétegeiben, egy nagyon értékes tulajdonság az aszály által sújtott környezetben (*Robertson et al.* 1993). Sok növényfaj, köztük a kukorica is, a vízhiányra úgy reagál, hogy a növekedést és a szárazanyag felhalmozódást a hajtástól a gyökér felé irányítja át (*Hsiao és Xu* 2000). Egy másik potenciálisan értékes stressztűrő mechanizmus az ozmotikus kiigazítás (OA), ami magában foglalja az oldott anyagok aktív felhalmozódását a sejtben. Ez a felhalmozódás lehetővé teszi a nedvesség visszatartását az alacsony külső vízpotenciál esetén, így korlátozva a turgor veszteséget és a sejtsugorodás okozta károsodást. Tartós vagy súlyos nedvességhiány esetén ezek az oldott anyagok a különböző makromolekuláris szerkezetek stabilizálásában is szerepet játszanak (*Tardieu és Simonneau* 1998). A sztómák dinamikusan reagálnak a környezet változásaira, és létfontosságú szerepet játszanak a szárazság alatti nedvességvesztés korlátozásában. A kukorica jelző- és válaszrendszere érzékeny a vízpotenciál csökkenésére, korlátozza a vízvesztéget a vízhiány korai szakaszában, így a levélnedvesség fenntartható a jó vízellátottságú szinten az aszály előrehaladottabb szakaszáig (*Cochard* 2002). A kukorica termésmennyiségére legnagyobb hatással az évjárat, a genotípus és a tápanyagellátás van. A vízellátottság alapvetően képes megváltoztatni a kukoricatermesztés eredményességét (*Széll* 2007). Kedvező években a műtrágyázás 40-50%-kal is növelte a termést, azonban szélsőségesen száraz, aszályos években a műtrágyázásnak nem volt termésnövelő hatása (*Sárvári és Boros* 2009). A címerhányás időszaka alatti aszály akár 40-50%-kal is csökkentheti a termésmennyiséget (*Claassen és Shaw* 1970). A helyes biológiai alapok megválasztására nagy figyelmet kell fordítani (*Pepó és Pepó* 1993). Az aszályos évjáratok miatt felértékelődött a biológiai alapok jelentősége (*Sárvári* 1999).

Munkánk során ezért célul tűztük ki olyan kukoricahibridek felkutatását, melyek az erős szárazságban a nehezen művelhető, szikesedésre hajlamos talajokban is helyt állnak. Távlabbi célunk, hogy az itt vázolt módszerek és kísérleti tapasztalatok segítségével találjunk olyan szülővonalakat, melyekre a jövőbeni hibrid-előállító munkánkban támaszkodva újabb stressz-toleráns hibrideket állíthatunk elő.

Anyag és módszer

Az üvegházi tenyészedényes kísérletek során 10 kukoricahibrid fiatalkori szárazságtűrő képességét, illetve alkalmazkodóképességét vizsgáltuk eltérő talajviszonyok között (szuboptimális talajon, illetve jó minőségű talajon). A talajminták vizsgálatát a Debreceni Egyetem MÉK Agrárműszerközpontja végezte. A talajok tulajdonságait az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat. A kísérlethez felhasznált talajok fizikai és kémiai tulajdonságai 2018-ban

Talaj (1)	pH _{KCl}	K _A (2)	Össz. só (%) (3)	Na (mg/kg)	CaCO ₃ (%)	NO ₃ -N (mg/kg)	Humusz (%) (4)
S1	6,86	44	0,16	88	<0,100	47,5	3,30
S2	6,42	44	0,08	56	<0,100	12,3	2,03
Talaj (1)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K ₂ O	Mg (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	
S1	445	1810	231	11,3	5,3	209	
S2	195	727	610	22,8	16,5	431	

Megjegyzés: S1 - jó minőségű talaj, S2 - szuboptimális talaj.

Table 1. Physical and chemical properties of the soils used for the experiment in 2018. (1) Soil, (2) Texture, (3) Water-soluble all salts (%), (4) Organic coal (%), Note: S1 - good quality soil, S2 - suboptimal soil.

Tíz hibridet állítottunk be négy ismétléssel, kétféle talajtípuson, optimális vízellátottságú és vízmegvonásos körülmények között. A kísérletek fűthető kabinban zajlottak 22-24 °C hőmérsékleten és reggel 5:00 órától 7:00 óráig

tartó pótmegvilágítással. A Törökszentmiklós, Szenttamás területről hozott jó minőségű (S1) és szuboptimális (S2) talajmintákat feldolgoztuk, majd cserepekbe töltöttük (900 g/cserép). A kukorica vetőmagokat két nappal a vetés előtt előcsíráztattunk.

Vetéskor a cserepekben lévő talaj nedvességtartalmát a talaj vízkapacitásának 70%-ára állítottuk be az összes talajtípusnál. A vízmegvonásos kezeléshez a nedvességtartalmat a talaj vízkapacitásának 30%-ára szárítottuk. Az öntözéseket hetente három alkalommal végeztük, melyekről öntözési naplót vezettünk.

A kísérlet során több élettani és fenológiai paramétert is mértünk. Betakarításkor a friss tömeg (FW) értéket mértük le. A növényeket szárítószekrényben súlyállandóságig szárítottuk, ezután száraztömeget (DW) rögzítettük, majd meghatároztuk a növények vízhasznosítási együtthatóját ($WUE = DW / \text{növény által felvett vízmennyiség}$) és a friss tömeg/száraztömeg arányát (FW/DW ratio). Végül meghatároztuk a növények szárazanyag tartalmát (DMC). A növényekről a legfontosabb információt a FW/DW ratio (friss tömeg/száraztömeg aránya) és a WUE (vízhasznosítási együttható) érték adja hiszen, ha a növények képesek a rendelkezésre álló vizet megfelelően hasznosítani, akkor képesek túlélni a kedvezőtlen körülmények között is. A növényeket 6–7 leveles fenofázisig vizsgáltuk. Az egyes kezelések eredményei alapján előszelekciót tartottunk és a négy legjobban teljesítő hibridet jelöltük meg. Az összegyűjtött adatok elemzése Microsoft Excel 2019 XLSTAT szoftverrel történt. Egytényezős varianciaanalízist (Analysis of Variance, ANOVA) használtunk a hibridek közötti különbségek vizsgálatára. A legkisebb szignifikáns különbséget Fisher's Least Significant Difference (LSD) test módszerével számoltuk ki. A szántóföldi kísérletben az eltérő területi adottságok miatt a kísérletek felépítése és méretei nem voltak mindegyik területen azonosak, de voltak alapvető megfontolások a kísérlet kivitelezéssel kapcsolatban. A kísérletben szereplő hibridek részkísérletekbe lettek beosztva, egy részkísérletben 12 hibridet vizsgáltuk véletlen blokk elrendezésben, 4 soros parcellákon (a parcella mérete: 3×6 m, 75 000 növény/ha-os tőszámmal). Ebben a kísérleti elrendezésben a középső két sor kerül betakarításra. A négy soros kísérlet előnye, hogy a szélső 1-1 sort pufferként tudjuk használni és sokkal megbízhatóbb eredményt kapunk. A 12 hibridet tartalmazó részkísérletben két hibrid standard (a NÉBIH által kijelölt állami elismerési kísérletekben alkalmazott hibrideket használunk) a

maradék 10 hibrid a már elismert, forgalomban lévő hibrid és kísérleti próbahibrid. A kísérletek célja, hogy olyan hibrideket találjunk melyek gyengébb talajokon is kiváló termőképességgel rendelkeznek. Ennek gyorsítására használtuk az üvegházi tenyészedényes kísérleteket előszelekció céljából. A kísérletekben az összes helyen 40-40 hibridet teszteltünk és vizsgáltuk a talajreakciójukat. A kísérletekben elsősorban FAO 300 (korai) és FAO 400-as (középérésű) kukorica hibrideket tesztelünk, mivel Magyarországon, Európában és a mérsékeltövi éghajlaton ez a két éréscsoport a legmeghatározóbb a mezőgazdasági termelésben.

Eredmények és értékelés

A 2. táblázat alapján elmondható, hogy a tesztelt genotípusok esetében GT 4-es, a GT 6-os, a GT 8-as a GT 10-es és GT 7-es hibrid szignifikánsan nagyobb mennyiségű vizet vett fel a kísérleti átlaghoz képest. A GT 1-es, GT 5-ös, GT 2-es, GT 3-as és GT 9-es hibrid az átlagnál szignifikánsan kevesebb vizet fogyasztott. A GT 1-es hibrid esetében szignifikánsan magasabb frisstömeget rögzítettünk az átlaghoz képest. A GT 4-es és GT 8-as hibridnél a kísérleti átlaghoz képest szignifikánsan magasabb száraztömeget mértünk. Ebben a fokozottan stresszelt környezetben a GT 9-es hibrid az átlaghoz képest szignifikánsan jobb vízhasznosítási együtthatóval rendelkezett, a friss tömeg/száraztömeg arányára pedig egyik hibridnél sem kaptunk szignifikáns különbséget. Szárazanyag-tartalom tekintetében a GT 7-es és GT 10-es hibrideknél az átlaghoz képest szignifikánsan magasabb értékeket rögzítettünk.

A 3. táblázatban megfigyelhetjük, hogy a tesztelt hibridek esetében a GT 4-es, a GT 6-os, a GT 8-as, a GT 10-es és GT 7-es kukorica genotípus szignifikánsan több vizet, amíg a GT 9-es, a GT 1-es, a GT 3-as, a GT 5-ös és a GT 2-es kukorica genotípus szignifikánsan kevesebb vizet fogyasztott a kísérleti átlagnál. A GT 4-es, a GT 10-es, a GT 8-as, a GT 7-es és a GT 6-os hibridnél szignifikánsan jobb a frisstömeg/száraztömeg aránya a kísérleti átlaghoz képest. Szárazanyag-tartalom esetében a GT 4-es, a GT 10-es, a GT 8-as és a GT 7-es hibrideknél tapasztaltunk az átlaghoz képest szignifikánsan magasabb értéket. Ebben a szárazságstresszelt környezetben a hibridek friss tömege, száraz tömege és vízhasznosítási együtthatója szignifikánsan nem tért el az átlagtól.

2. táblázat. A hibridek mért (W, FW, DW) és számított (WUE, FW/DW, DMC) tulajdonságai közötti legkisebb szignifikáns különbség (LSD) 95%-os konfidencia intervallum adatai a genotípus tényezőt figyelembe véve, szuboptimális talajon szárazságstressz alatt (Szeged, 2018)

Hibrid (H) (1)	Felvett vízmennyiség (W) (2)	Hibrid (H) (1)	Friss tömeg (FW) (3)	Hibrid (H) (1)	Száraz tömeg (DW) (4)
GT 4	386,250 a	GT 1	4,545 a	GT 4	1,440 a
GT 6	379,500 a	GT 8	3,798 ab	GT 8	1,350 ab
GT 8	370,500 a	GT 4	3,665 abc	GT 6	1,318 ab
GT 10	366,750 a	GT 6	3,628 abc	GT 7	1,285 abc
GT 7	362,750 a	GT 5	3,498 abc	GT 10	1,020 bcd
<i>Átlag (10)</i>	<i>241,675 b</i>	<i>Átlag (10)</i>	<i>2,945 bcd</i>	<i>Átlag (10)</i>	<i>0,913 cd</i>
GT 1	147,250 c	GT 7	2,590 cd	GT 1	0,858 d
GT 5	138,250 c	GT 9	2,545 cd	GT 9	0,628 de
GT 2	118,250 c	GT 10	1,990 de	GT 3	0,458 e
GT 3	85,500 d	GT 2	1,893 de	GT 2	0,450 e
GT 9	61,750 d	GT 3	1,300 e	GT 5	0,320 e
p (8)	<0,0001	p (8)	<0,0001	p (8)	<0,0001
SzD (9)	29,776	SzD (9)	1,023	SzD (9)	0,352

A 2. táblázat folytatása a következő oldalon...

... a 2. táblázat folytatása

Hibrid (H) (1)	Vízhasznó- sítási együttható (WUE) (5)	Hibrid (H) (1)	Friss tömeg/ száraz tömeg aránya (FW/DW) (6)	Hibrid (H) (1)	Szárazanyag- tartalom (DMC) (7)
GT 9	0,011 a	GT 5	10,983 a	GT 10	52,071 a
GT 1	0,006 b	GT 1	5,554 b	GT 7	51,004 ab
GT 3	0,005 b	GT 9	4,983 b	GT 4	39,219 abc
Átlag (10)	0,005 bc	GT 2	4,619 bc	GT 3	38,886 abc
GT 2	0,004 bc	Átlag (10)	4,117 bcd	GT 6	35,938 bcd
GT 4	0,004 bc	GT 8	2,886 cd	GT 8	35,584 bcd
GT 8	0,004 bc	GT 3	2,846 cd	Átlag (10)	33,389 cde
GT 7	0,004 bc	GT 6	2,812 d	GT 9	30,721 cde
GT 6	0,003 bc	GT 4	2,551 d	GT 2	22,692 def
GT 10	0,003 c	GT 7	1,997 d	GT 1	18,660 ef
GT 5	0,002 c	GT 10	1,938 d	GT 5	9,115 f
p (8)	<0,0001	p (8)	<0,0001	p (8)	<0,0001
SzD (9)	0,002	SzD (9)	1,807	SzD (9)	14,064

Megjegyzés: a kis betűk a kapott értékek közötti szignifikancia viszonyokat szemléltetik.

Table 2. The LSD (Least Significant Difference) between the measured (W, FW, DW) and calculated (WUE, FW/DW, DMC) properties of hybrids 95% confidence interval data taking into account the factor genotype on suboptimal soil under drought stress conditions (Szeged, 2018). (1) Hybrid, (2) Water, (3) Fresh weight, (4) Dry weight, (5) Water use efficiency, (6) Fresh weight/dry weight ratio, (7) Dry matter content, (8) *p* value, (9) Least significant difference (LSD), (10) Mean, Note: lowercase letters illustrate the significance of the resulting values.

A 4. táblázatban látható, hogy tesztelt hibridek esetében a GT 4-es, a GT 6-os, a GT 8-as és a GT 10-es kukorica genotípus szignifikánsan több vizet vett fel az átlaghoz képest. A GT 5-ös, a GT 1-es, a GT 3-as, a GT 9-es és a GT 2-es hibrid pedig szignifikánsan kevesebb vizet használt a kísérleti átlaghoz mérve. A GT 4-es genotípus szignifikánsan magasabb száraz tömeggel rendelkezett az átlaghoz képest. A GT 4-es, a GT 6-os, a GT 7-es és a GT 10-es hibrid esetében szignifikánsan több szárazanyagtartalmat rögzítettünk az átlaggal szemben. Szuboptimális talajon optimális vízellátottság mellett a friss

tömeg/száraztömeg arányát tekintve a GT 10-es, a GT 7-es, a GT 4-es, a GT 6-os és a GT 8-as kukorica hibrid esetében tapasztaltunk szignifikánsan jobb eredményeket a kísérleti átlaghoz képest. A vízhasznosítási együttható esetében a GT 4-es hibrid esetében mértünk szignifikánsan jobb értéket az átlaghoz képest.

3. táblázat. A hibridek mért (W, FW, DW) és számított (WUE, FW/DW, DMC) tulajdonságai közötti legkisebb szignifikáns különbség (SzD) 95%-os konfidencia intervallum adatai a genotípus tényezőt figyelembe véve, jó minőségű talajon szárazságstressz alatt (Szeged, 2018)

Hibrid (H) (1)	Felvett vízmennyiség (W) (2)	Hibrid (H) (1)	Friss tömeg (FW) (3)	Hibrid (H) (1)	Száraz tömeg (DW) (4)
GT 4	406,000 a	GT 5	5,598 a	GT 4	2,315 a
GT 6	395,000 a	GT 3	5,483 ab	GT 8	2,265 ab
GT 8	381,000 a	GT 6	5,400 abc	GT 6	2,213 ab
GT 10	374,500 a	GT 9	5,248 abc	GT 7	2,165 abc
GT 7	330,250 b	GT 8	5,065 abc	GT 10	1,868 bcd
<i>Átlag (10)</i>	<i>268,425 c</i>	<i>Átlag (10)</i>	<i>4,856 bcd</i>	<i>Átlag (10)</i>	<i>1,490 cd</i>
GT 9	175,250 d	GT 7	4,803 cd	GT 3	1,020 d
GT 1	162,000 d	GT 1	4,763 cd	GT 9	0,868 de
GT 3	156,250 d	GT 4	4,703 de	GT 1	0,803 e
GT 5	154,000 d	GT 10	3,908 de	GT 2	0,773 e
GT 2	150,000 d	GT 2	3,588 e	GT 5	0,615 e
p (8)	<0,0001	p (8)	0,112	p (8)	<0,0001
SzD (9)	38,426	SzD (9)	1,373	SzD (9)	0,604

A 3. táblázat folytatása a következő oldalon...

... a 3. táblázat folytatása

Hibrid (H) (1)	Vízhaszno- sítási együttható (WUE) (5)	Hibrid (H) (1)	Friss tömeg/ száraz tömeg aránya (FW/DW) (6)	Hibrid (H) (1)	Szárazanyag- tartalom (DMC) (7)
GT 7	0,007 a	GT 5	8,972 a	GT 4	49,230 a
GT 3	0,007 b	GT 9	6,190 b	GT 10	48,187 ab
GT 8	0,006 b	GT 1	6,029 b	GT 8	44,318 abc
GT 4	0,006 bc	GT 3	5,331 bc	GT 7	44,223 abc
GT 6	0,006 bc	GT 2	4,680 bcd	GT 6	41,308 bcd
<i>Átlag (10)</i>	<i>0,006 bc</i>	<i>Átlag (10)</i>	<i>4,246 cd</i>	<i>Átlag (10)</i>	<i>31,274 bcd</i>
GT 2	0,005 bc	GT 6	2,454 cd	GT 2	21,677 cde
GT 10	0,005 bc	GT 7	2,388 d	GT 3	19,009 cde
GT 1	0,005 bc	GT 8	2,289 d	GT 1	17,030 def
GT 9	0,005 c	GT 10	2,090 d	GT 9	16,548 ef
GT 5	0,004 c	GT 4	2,035 d	GT 5	11,206 f
p (8)	0,483	p (8)	<0,0001	p (8)	<0,0001
SzD (9)	0,002	SzD (9)	1,010	SzD (9)	7,895

Megjegyzés: a kis betűk a kapott értékek közötti szignifikancia viszonyokat szemléltetik.

Table 3. The LSD (Least Significant Difference) between the measured (W, FW, DW) and calculated (WUE, FW/DW, DMC) properties of hybrids 95% confidence interval data taking into account the factor genotype on good quality soil under drought stress conditions (Szeged, 2018). (1) Hybrid, (2) Water, (3) Fresh weight, (4) Dry weight, (5) Water use efficiency, (6) Fresh weight/dry weight ratio, (7) Dry matter content, (8) *p* value, (9) Least significant difference (LSD), (10) Mean, Note: lowercase letters illustrate the significance of the resulting values.

4. táblázat. A hibridek mért (W, FW, DW) és számított (WUE, FW/DW, DMC) tulajdonságai közötti legkisebb szignifikáns különbség (SzD) 95%-os konfidencia intervallum adatai a genotípus tényezőt figyelembe véve, szuboptimális talajon optimális vízellátottság alatt (Szeged, 2018)

Hibrid (H) (1)	Felvett vízmennyiség (W) (2)	Hibrid (H) (1)	Friss tömeg (FW) (3)	Hibrid (H) (1)	Száraz tömeg (DW) (4)
GT 4	814,500 a	GT 5	20,583 a	GT 4	6,880 a
GT 6	808,000 a	GT 4	19,735 ab	GT 6	5,798 ab
GT 8	766,750 a	GT 9	19,045 abc	GT 7	5,123 ab
GT 10	718,500 a	GT 8	17,460 abc	GT 10	4,780 abc
GT 7	718,250 b	GT 3	16,840 abc	GT 8	4,420 bcd
<i>Átlag (10)</i>	<i>619,625 c</i>	<i>Átlag (10)</i>	<i>16,302 bcd</i>	<i>Átlag (10)</i>	<i>3,433 cd</i>
GT 5	553,750 d	GT 6	15,935 cd	GT 5	1,913 d
GT 1	480,750 d	GT 1	15,855 cd	GT 9	1,478 de
GT 3	467,750 d	GT 7	13,630 de	GT 3	1,470 e
GT 9	456,750 d	GT 2	12,815 de	GT 1	1,450 e
GT 2	411,250 d	GT 10	11,125 e	GT 2	1,020 e
p (8)	<0,0001	p (8)	0,020	p (8)	<0,0001
SzD (9)	70,027	SzD (9)	5,229	SzD (9)	2,006

A 4. táblázat folytatása a következő oldalon...

... a 4. táblázat folytatása

Hibrid (H) (1)	Vízhasznosítási együttható (WUE) (5)	Hibrid (H) (1)	Friss tömeg/ száraz tömeg aránya (FW/DW) (6)	Hibrid (H) (1)	Szárazanyag- tartalom (DMC) (7)
GT 4	0,008 a	GT 9	12,877 a	GT 10	42,012 a
GT 7	0,007 b	GT 2	12,702 ab	GT 7	37,412 ab
GT 6	0,007 b	GT 3	11,521 abc	GT 6	34,951 ab
GT 10	0,006 bc	GT 1	11,046 bc	GT 4	34,667 b
GT 8	0,006 bc	GT 5	10,868 c	GT 8	25,141 c
<i>Átlag (10)</i>	<i>0,005 bc</i>	<i>Átlag (10)</i>	<i>7,442 d</i>	<i>Átlag (10)</i>	<i>21,719 c</i>
GT 5	0,003 bc	GT 8	4,316 e	GT 5	9,230 d
GT 9	0,003 bc	GT 6	3,029 ef	GT 1	9,094 d
GT 3	0,003 bc	GT 4	2,916 ef	GT 3	8,829 d
GT 1	0,003 c	GT 7	2,740 ef	GT 2	7,985 d
GT 2	0,002 c	GT 10	2,409 f	GT 9	7,869 d
p (8)	<0,0001	p (8)	<0,0001	p (8)	<0,0001
SzD (9)	0,002	SzD (9)	1,675	SzD (9)	7,225

Megjegyzés: a kis betűk a kapott értékek közötti szignifikancia viszonyokat szemléltetik.

Table 4. The LSD (Least Significant Difference) between the measured (W, FW, DW) and calculated (WUE, FW/DW, DMC) properties of hybrids 95% confidence interval data taking into account the factor genotype on suboptimal soil under irrigated conditions (Szeged, 2018). (1) Hybrid, (2) Water, (3) Fresh weight, (4) Dry weight, (5) Water use efficiency, (6) Fresh weight/dry weight ratio, (7) Dry matter content, (8) *p* value, (9) Least significant difference (LSD), (10) Mean, Note: lowercase letters illustrate the significance of the resulting values.

Az 5. táblázat alapján megállapíthatjuk, hogy a tesztelt hibridek esetében a GT 4-es és a GT 6-os szignifikánsan több, a GT 2-es és a GT 1-es pedig kevesebb vizet vett fel az átlaghoz képest. A GT 5-ös és GT 9-es hibridnél az átlagnál szignifikánsan több friss tömeget mértünk. A GT 6-os genotípus esetében szignifikánsan magasabb száraztömeget rögzítettünk a kísérleti átlaghoz viszonyítva. Ebben az optimális környezetben mind a hibrideknél a vízhasznosítási együttható tekintetében nem mértünk szignifikáns különbséget. A GT 4-es, a GT 8-as, a GT 7-es a GT 6-os és a GT 10-es genotípus az átlaghoz

képezt szignifikánsan jobb friss tömeg/száraztömeg aránnyal rendelkezett. Száranyagtartalom esetében a GT 10-es, a GT 6-os, a GT 7-es, a GT 4-es és a GT 8-as hibridnél tapasztaltunk a kísérleti átlaghoz képest magasabb értéket.

5. táblázat. A hibridek mért (W, FW, DW) és számított (WUE, FW/DW, DMC) tulajdonságai közötti legkisebb szignifikáns különbség (SzD) 95%-os konfidencia intervallum adatai a genotípus tényezőt figyelembe véve, jó minőségű talajon optimális vízellátottság alatt (Szeged, 2018)

Hibrid (H) (1)	Felvett vízmennyiség (W) (2)	Hibrid (H) (1)	Friss tömeg (FW) (3)	Hibrid (H) (1)	Száraz tömeg (DW) (4)
GT 6	770,250 a	GT 5	28,183 a	GT 6	7,840 a
GT 4	752,250 a	GT 9	25,978 ab	GT 4	7,383 ab
GT 7	736,000 ab	GT 3	24,958 abc	GT 7	7,360 ab
GT 10	732,500 ab	GT 1	22,595 bcd	GT 8	6,263 ab
GT 8	722,500 ab	Átlag (10)	20,311 cde	GT 10	5,810 ab
Átlag (10)	658,358 bc	GT 4	19,820 de	Átlag (10)	4,387 bc
GT 5	656,750 bc	GT 6	19,125 def	GT 5	2,283 c
GT 3	651,000 bc	GT 7	17,833 ef	GT 3	2,183 c
GT 9	585,250 cd	GT 8	17,008 efg	GT 9	1,898 c
GT 1	558,750 d	GT 2	14,738 fg	GT 1	1,675 c
GT 2	418,333 e	GT 10	12,870 g	GT 2	1,178 c
p (8)	<0,0001	p (8)	<0,0001	p (8)	<0,0001
SzD (9)	81,481	SzD (9)	4,133	SzD (9)	2,083

Az 5. táblázat folytatása a következő oldalon...

... az 5. táblázat folytatása

Hibrid (H) (1)	Vízhaszno- sítási együttható (WUE) (5)	Hibrid (H) (1)	Friss tömeg/ száraz tömeg aránya (FW/DW) (6)	Hibrid (H) (1)	Szárazanyag- tartalom (DMC) (7)
GT 6	0,010 a	GT 9	13,722 a	GT 10	44,398 a
GT 7	0,010 a	GT 1	13,599 a	GT 6	41,525 ab
GT 4	0,010 a	GT 2	12,619 ab	GT 7	40,626 ab
GT 8	0,009 a	GT 5	12,401 b	GT 4	36,786 ab
GT 10	0,008 a	GT 3	11,447 b	GT 8	36,655 b
<i>Átlag (10)</i>	<i>0,006 ab</i>	<i>Átlag (10)</i>	<i>7,682 c</i>	<i>Átlag (10)</i>	<i>23,951 c</i>
GT 5	0,003 b	GT 4	2,917 d	GT 3	8,763 d
GT 3	0,003 b	GT 8	2,756 d	GT 5	8,089 d
GT 9	0,003 b	GT 7	2,613 d	GT 2	7,962 d
GT 1	0,003 b	GT 6	2,482 d	GT 1	7,401 d
GT 2	0,003 b	GT 10	2,261 d	GT 9	7,310 d
p (8)	<0,0001	p (8)	<0,0001	p (8)	<0,0001
SzD (9)	0,003	SzD (9)	1,189	SzD (9)	7,742

Megjegyzés: a kis betűk a kapott értékek közötti szignifikancia viszonyokat szemléltetik.

Table 5. The LSD (Least Significant Difference) between the measured (W, FW, DW) and calculated (WUE, FW/DW, DMC) properties of hybrids 95% confidence interval data taking into account the factor genotype on good quality soil under irrigated conditions (Szeged, 2018). (1) Hybrid, (2) Water, (3) Fresh weight, (4) Dry weight, (5) Water use efficiency, (6) Fresh weight/dry weight ratio, (7) Dry matter content, (8) *p* value, (9) Least significant difference (LSD), (10) Mean, Note: lowercase letters illustrate the significance of the resulting values.

Az üvegházi kísérletekben előszelektált hibridek közül a GT 4-es, a GT 6-os, a GT 7-es szemes kukoricának és a GT 8-as siló kukoricának voltak a legjobb eredményei a vízmegvonáshoz és a gyengébb minőségű talajviszonyhoz való alkalmazkodóképességre. Az 1. ábra alapján elmondható, hogy a GT 4-es hibrid a szántóföldön a 2019-es évben, a makói kísérletben 13,98 t/ha, a törökszentmiklósi kísérletben 13,25 t/ha, a táplánszentkereszti kísérletben 14,12 t/ha termésszintet ért el. A 2020-as évben Makón 14 t/ha, Törökszentmiklóson 12,93 t/ha és Táplánszentkereszten 12,99 t/ha termésszintet produkált. A három

termőhelyen beállított teljesítménykísérletek kétéves adatai alapján, a GT 4-es hibrid átlagosan 13,50 t/ha termés elérésére képes.

1. ábra. A GT 4-es hibrid 2 éves szemtermés és szemnedvesség eredményei a NÉBIH standardok átlagához képest három termőhelyen (2019–2020, Makó, Törökszentmiklós, Táplánszentkereszt)

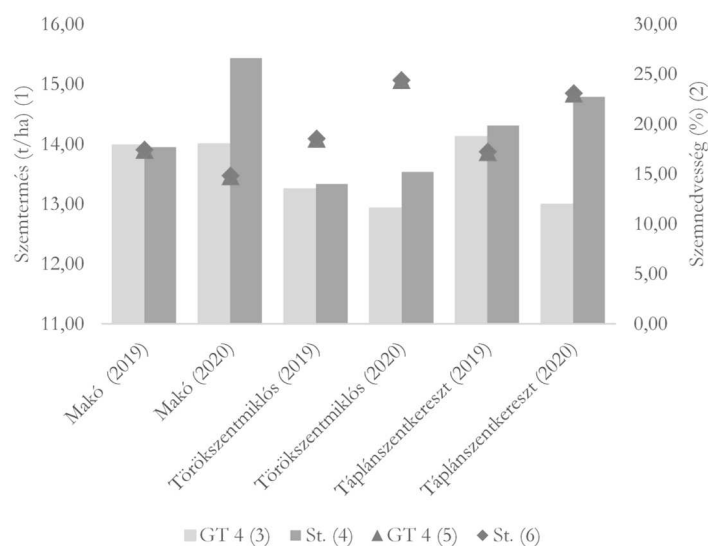


Figure 1. The GT 4 hybrid is a 2-year-old yield and moisture results compared to the average of the standards in three production sites (Makó, Törökszentmiklós, Táplánszentkereszt) in 2019–2020. (1) Yield ($t\ ha^{-1}$), (2) Moisture (%), (3) Yield of genotype 4, (4) Yield of standard varieties, (5) Moisture of genotype 4, (6) Moisture of standard varieties

A 2. ábra bemutatja, hogy a GT 6-os hibrid a szántóföldön a 2019-es évben a makói kísérletben 13,34 t/ha, a törökszentmiklósi kísérletben 13,12 t/ha, a táplánszentkeresztli kísérletben 12,98 t/ha termésszintet ért el. A 2020-as évben Makón 12,99 t/ha, Törökszentmiklóson 12,58 t/ha és Táplánszentkeresztben 12,47 t/ha termésszintet produkált. A három termőhelyen beállított teljesítménykísérletek kétéves adatai alapján, a GT 6-os hibrid átlagosan 12,91 t/ha termés elérésére képes.

2. ábra. A GT 6-os hibrid 2 éves termés és szemedvesség eredményei a NÉBIH standardok átlagához képest három termőhelyen (2019–2020, Makó, Törökszentmiklós, Táplánszentkereszt)

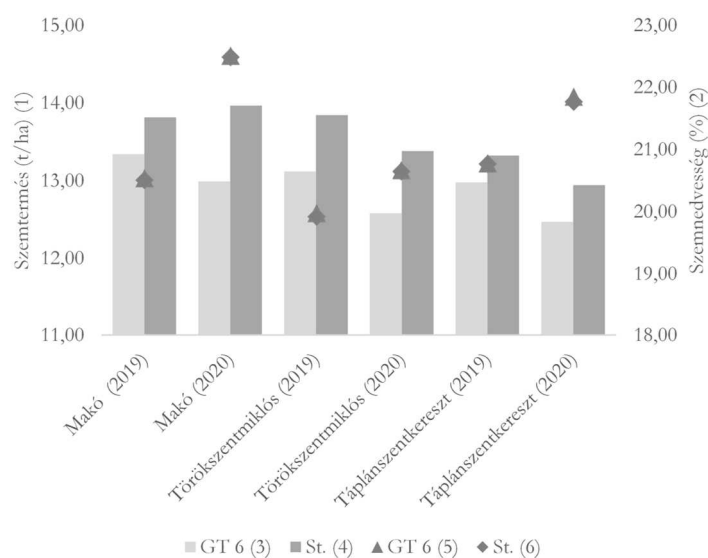


Figure 2. The GT 6 hybrid is a 2-year-old yield and moisture results compared to the average of the standards in three production sites (Makó, Törökszentmiklós, Táplánszentkereszt) in 2019–2020. (1) Yield ($t\ ha^{-1}$), (2) Moisture (%), (3) Yield of genotype 6, (4) Yield of standard varieties, (5) Moisture of genotype 6, (6) Moisture of standard varieties

A 3. ábra szerint a GT 7-es hibrid a szántóföldön a 2019-es évben a makói kísérletben 13,65 t/ha, a törökszentmiklósi kísérletben 13,21 t/ha, a táplánszentkeresztzi kísérletben 14,01 t/ha termésszintet ért el. A 2020-as évben Makón 12,86 t/ha, Törökszentmiklóson 13,01 t/ha és Táplánszentkeresztben 12,77 t/ha termésszintet produkált. A három termőhelyen beállított teljesítménykísérletek kétéves adatai alapján, a GT 7-es hibrid átlagosan 13,25 t/ha termés elérésére képes.

3. ábra. A GT 7-es hibrid 2 éves termés és szemnedvesség eredményei a NÉBIH standardok átlagához képest három termőhelyen (2019–2020, Makó, Törökszentmiklós, Táplánszentkereszt)

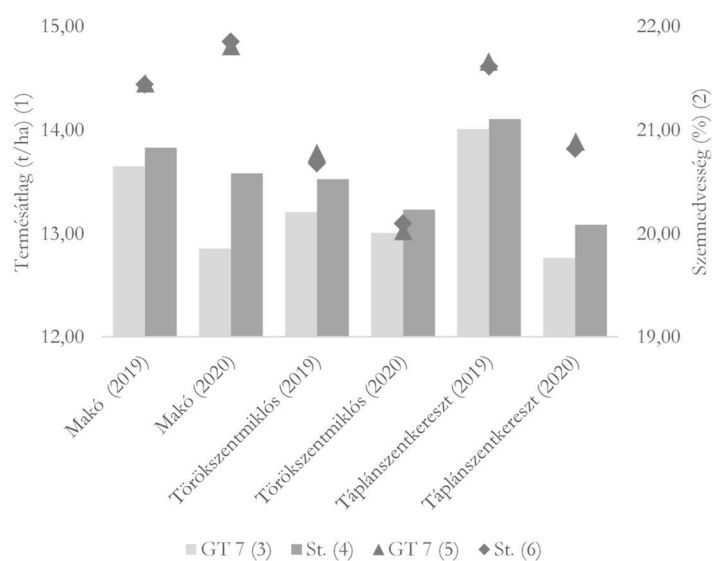


Figure 3. The GT 7 hybrid is a 2-year-old yield and moisture results compared to the average of the standards in three production sites (Makó, Törökszentmiklós, Táplánszentkereszt) in 2019–2020. (1) Yield ($t\ ha^{-1}$), (2) Moisture (%), (3) Yield of genotype 7, (4) Yield of standard varieties, (5) Moisture of genotype 7, (6) Moisture of standard varieties

A 4. ábra alapján elmondható, hogy a GT 8-as hibrid a kiszombori szántóföldi kísérletben a 2018-as évben 18,27 t/ha, a 2019-es évben 20,93 t/ha, a 2020-as évben 22,58 t/ha száraztömeget produkált. A hároméves silókísérletek adatai alapján, a GT 8-as hibrid átlagosan 20,59 t/ha száraztömeg elérésére képes.

4. ábra. A GT 8-as hibrid 3 éves száraztömeg eredményei a NÉBIH standardok átlagához képest egy termőhelyen (2018–2020, Kiszombor)



Figure 4. The GT 8 hybrid 3-year dry weight results compared to the average of the standards in one production sites (Kiszombor) in 2018–2020. (1) Dry weight, (2) Genotype 8, (3) Average of standard varieties

Következtetések

Az üvegházi kísérletek eredményei alapján, azt tapasztaltuk, hogy fiatal korban a GT 4-es szemes takarmány hibridet, öntözetlen körülmények között szuboptimális talajon, átlag feletti száraztömeg jellemzi, jobb minőségű talajon pedig, mindemellett, átlag feletti szárazanyagtartalommal és friss tömeg/száraztömeg aránnyal rendelkezik. Optimális vízellátás mellett, kedvezőtlen adottságú talajon, szintén átlag feletti száraztömeg, szárazanyagtartalom, friss- és száraztömeg arány és vízhasznosítás jellemzi. Jó minőségű talajon átlag feletti frisstömeggel, száraztömeggel, szárazanyagtartalommal, friss tömeg/ száraztömeg aránnyal és vízhasznosítással rendelkezik. A szántóföldi eredmények alapján átlagosan 13,50 t/ha termés elérésére képes. A GT 6-os szemes takarmány hibridet öntözetlen körülmények között, szuboptimális talajon, a GT4-eshez hasonlóan átlag feletti száraztömeg jellemzi, jobb minőségű talajon pedig, szintén átlag feletti szárazanyag-tartalommal rendelkezik. Optimális vízellátás

mellett, a kedvezőtlen tulajdonságú talajon, szintén átlag feletti száraztömeg, szárazanyag-tartalom friss tömeg/száraztömeg arány jellemzi. Jó minőségű talajon átlag feletti száraztömeggel, szárazanyag-tartalommal, friss tömeg/ száraztömeg aránnyal és vízhasznosítással rendelkezik. Szántóföldi körülmények között átlagosan 12,91 t/ha termés elérésére képes. A GT 7-es szemes takarmány hibrid a vízmegvonásra és a kedvezőtlen adottságú talajra átlag feletti száraztömeggel és szárazanyag-tartalommal reagál, jobb minőségű talajon pedig a friss tömeg/száraztömeg aránya emeli ki a többi tesztelt hibrid közül. Optimális vízellátás mellett szuboptimális talajon, egyaránt átlag feletti száraztömeg, szárazanyag-tartalom friss tömeg/száraztömeg arány jellemzi. Jó minőségű talajon mindemellett átlag feletti vízhasznosítással rendelkezik. A szántóföldi eredmények alapján átlagosan 13,25 t/ha termés elérésére képes. A GT 8-es silótakarmány hibrid a vízmegvonásra, szuboptimális talajon, átlag feletti száraztömeggel reagált, jobb minőségű talajon pedig átlag feletti szárazanyag-tartalommal és friss tömeg/száraztömeg aránnyal rendelkezik. Optimális vízellátás mellett, kedvezőtlen adottságú talajon, átlag feletti friss tömeg/száraztömeg arány jellemzi, jó minőségű talajon pedig átlag feletti szárazanyag-tartalommal és friss tömeg/száraztömeg aránnyal rendelkezik. A szántóföldi kísérletek eredmények alapján átlagosan 20,59 t/ha száraztömeg elérésére képes. A hibridek eredményei alapján következtetni tudunk arra, hogy melyik szülői partnerek azok, amelyek a szárazsághoz és a változó talajviszonyokhoz történő alkalmazkodóképesség gazdaságilag fontos tulajdonságát hordozzák, így azokkal új kombinációkat tudunk beállítani, melynek célja olyan hibridek előállítása, amelyek gyengébb talajviszonyok és öntözetlen körülmények között is elfogadható termésszint elérésére képesek.

Köszönetnyilvánítás

A kísérlet megvalósulása a Pannon Breeding program GINOP 2.2.1-15-2017-00042 számú „A Pannon régió növényeinek genetikai hasznosítása” elnevezésű projektében történt.

IRODALOM

- Aslam, M.–Maqbool, M. A.–Cengiz, R.*: 2015. Drought Stress in Maize. Springer US.
- Bruce, W. B.–Edmeades, G. O.–Barker, T. C.*: 2002. Molecular and Physiological Approaches to Maize Improvement for Drought Tolerance. *Journal of Experimental Botany*. 53: 13–25.
- Chaudhary, H. K.–Kaila, V.–Rather, S. A.*: 2014. Maize. [In: Pratap and Kumar Alien Gene Transfer in Crop Plants: Achievements and Impacts.] Springer. New York. 27–50.
- Chaves, M. M.–Flexas, J.–Pinheiro, C.*: 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. *Ann. Bot.* 103. 4: 551–560.
- Chen, W. P.–Li, P. H.–Chen, T. H. H.*: 2000. Glycinebetaine increases chilling tolerance and reduces chilling-induced lipid peroxidation in *Zea Mays* L. *Plant Cell Env.* 23. 6: 609–618.
- Claassen, M. M.–Shaw, R. H.*: 1970. Water Deficit Effects on Maize. I. Grain Components. *Agronomy Journal*. 62: 652–655.
- Cochard, H.*: 2002. Xylem Embolism and Drought-Induced Stomatal Closure in Maize. *Planta*. 215: 466–471.
- Edmeades, G. O.–Bolanos, J.–Elings, A.–Ribaut, J. M.–Banziger, M.–Westgate, M. E.*: 2000. The Role and Regulation of the Anthesis-Silking Interval in kukorica. [In: Westgate and Boote (eds.) *Physiology and Modeling Kernel Set in Maize.*] CSSA Special Publication. Wisconsin. 29: 43–73.
- Edmeades, G. O.*: 2013. Progress in Achieving and Delivering Drought Tolerance in Maize: An Update. ISAAA. Ithaca.
- FAOSTAT*: Statistical Database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. Rome.
- Hoisington, D.–Khairallah, M.–Reeves, T.–Ribaut, J. M.–Skovmand, B.–Taba, S.–Warburton, M.*: 1996. Plant Genetic Resources: What Can They Contribute toward Increased Crop Productivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 96: 5937–5943.
- Hsiao, T. C.–Xu, L. K.*: 2000. Sensitivity of Growth of Roots versus Leaves to Water Stress: Biophysical Analysis and Relation to Water Transport. *Journal of Experimental Botany*. 51: 1595–1616.
- Jurgens, S. K.–Johnson, R. R.–Boyer, J. S.*: 1978. Dry Matter Production and Translocation in Maize Subjected to Drought during Grain Fill. *Agronomy Journal*. 70: 678–682.
- Lopes, M. S.–Araus, J. L.–Van Heerden, P. D. R.–Foyer C. H.*: 2011. Enhancing drought tolerance in C₄ crops. *J. Exp. Bot.* 62: 3135–3153.

- Mickelbart, M. V.–Hasegawa, P. M.–Bailey-Serres, J.*: 2015. Genetic Mechanisms of Abiotic Stress Tolerance That Translate to Crop Yield Stability. *Nature Reviews Genetics*. 16: 237–251.
- Moharramnejad, S.–Sofalian, O.–Valizadeh, M.–Asgari, A.–Shiri, M.*: 2015. Proline, glycine betaine, total phenolics and pigment contents in response to osmotic stress in maize seedlings. *Biosci. Biotechnol.* 4. 3: 313–319.
- Munns, R.–Mark, T.*: 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 651–681.
- Nakashima, K.–Takasaki, H.–Mizoi, J.–Shinozaki, K.–Yamaguchi-Shinozaki, K.*: 2012. NAC transcription factors in plant abiotic stress responses. *Biochem. Biophys. Acta*. 1819. 2: 97–103.
- Net1*: 2021. <https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2015/02/szantofold/fejlesztok-oldala-mikor-okozhat-kukoricaban-leginkabb-termesdepressziot-egy-stresszhatas>
- Pennisi, E.*: 2008. The blue revolution, drop by drop, gene by gene. *Sci.* 320. 5873: 171–173.
- Pepó, P.–Pepó, P.*: 1993. Biological background of sustainable (*Zea mays* L.) production. *Landscape and Urban Planning*. 27: 179–184.
- Ribaut, J. M.–Betran, J.–Monneveux, P.–Setter, T.*: 2009. Drought Tolerance in Maize. [In: Bennetzen and Hake (eds.) *Handbook of Maize: Its Biology.*] Springer. New York. 311–344.
- Robertson, M. J.–Fukai, S.–Ludlow, M. M.–Hammer, G. L.*: 1993. Water Extraction by Grain Sorghum in a Sub-Humid Environment. II. Extraction in Relation to Root Growth. *Field Crops Research*. 33: 99–112.
- Sárvári M.–Boros B.*: 2009. A kukorica hibridspecifikus trágyázása és optimális tőszáma. *Agrofórum*. 20. 27: 40–45.
- Sárvári M.*: 1999. Az ökológiai tényezők hatása az eltérő genetikai adottságú kukoricahibridek termésére és minőségére. [In: Ruzsányi et al. (szerk.) *Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok.*] DATE. 97–103.
- Széll E.*: 2007. A kukorica vízellátásának javítása természetstechnológia által. *Agrofórum*. 18. 3: 33–35.
- Tardieu, F. T.–Simonneau, T.*: 1998. Variability among Species of Stomatal Control under Fluctuating Soil Water Status and Evaporative Demand: Modeling Isohydric and Anisohydric Behaviors. *Journal of Experimental Botany*. 49: 419–432.
- Várallyay Gy.*: 1999. Szikesedési folyamatok a Kárpát-medencében. Salinization/alkalinization/sodification processes in the Carpathian Basin. *Agrokémia és Talajtan*. 48: 399–419.
- World Bank*: 2005. *Agriculture Investment Sourcebook*. Agriculture and Rural Development. World Bank. Washington DC.

A szerzők levelezési címei – Address of the authors:

*Kálmán Csaba Dániel – Dr. Kálmán László – Dr. Lantos Csaba –
Dr. Pauk János – Dr. Bóna Lajos – Dr. Nagy Zoltán
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft.
Szeged
Alsó kikötő sor 9.
H-6726
*daniel.kalman@gabonakutato.hu

Jász-Nagykun-Szolnok megye főbb növényeinek termésátlagai az aszály mértékének függvényében

¹KOVÁCS GYÖRGYI - ¹TUBA GÉZA - ^{1,2}SINKA LÚCIA -

²RIVERA GARCIA ARZU- ¹ZSEMBELI JÓZSEF

¹MATE Karcagi Kutatóintézet, Karcag

²Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Debrecen

Összefoglalás

Dolgozatunkban 2001. és 2020. között Karcagon mért meteorológiai adatokat, valamint Jász-Nagykun-Szolnok megye négy jellemző növényének termésátlagait elemeztük. Meghatároztuk az egyes évekre jellemző módosított Pálfai-féle aszályindex (PaDI₀) értékeket, ezek alapján aszálykategóriákba soroltuk az éveket és hozzájuk rendeltük a megyei termés adatokat. Megállapítottuk, hogy a vizsgált időszakban növekedett az aszályhajlam, egyre gyakoribbak az aszályos évek. A legkedvezőtlenebb (közepes erősségű aszály) két évben fordult elő, ekkor mind a négy vizsgált növény hozama csökkent az aszálymentes évek eredményeihez képest. Őszi búza esetén ez a különbség statisztikailag igazolható mértékű, míg kukorica esetén már a mérsékelt aszályos években is számottevő terméseszkökenést találtunk. Az évi termésátlagokat az aszálymentes évek termésátlagához hasonlítva 2014-től őszi búza, napraforgó és repce esetén már nem tudtunk terméseszkökenést kimutatni, sőt a termésátlagok folyamatosan növekedtek. Ez annak lehet a jele, hogy a megye gazdálkodói felkészültek a klímaváltozás negatív hatásainak csökkentésére.

Kulcsszavak: klímaváltozás, aszály, aszályindex, Karcag

Average yields of the main crops grown in Jász-Nagykun-Szolnok county in terms of the degree of drought

¹GY. KOVÁCS - ¹G. TUBA - ^{1,2}L. SINKA - ²A. R. GARCÍA - ¹J. ZSEMBELI

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences

Research Institute of Karcag, Karcag

²University of Debrecen

Kálmán Kerpely Doctoral School, Debrecen

Summary

In our study we analysed the meteorological data of the period between 2001 and 2020 measured in Karcag, and the yield averages of four typical plants of Jász-Nagykun-Szolnok county. We determined the characteristic PaDI₀ drought indexes for each investigated year, classified the years into drought categories, and assigned the county's yield data to them. We found the tendency of drought increased during the examined period, i.e. the drought years occurred more frequently. The most severe (medium strength drought) occurred in two years, when the yield of all the studied four plants decreased compared to the results of the droughtless years. In the case of winter wheat, this difference is statistically significant, while in the case of maize, we found a significant decrease in yield even in the years of moderate drought. We compared the annual yield averages to the yield average of the droughtless years, and we have not found any decrease in the yield of winter wheat, sunflower and rapeseed since 2014, and moreover the yield averages continuously increased. This may be a sign of that the farmers of the county are prepared to mitigate the negative effects of climate change.

Keywords: climate change, drought, drought index, Karcag

Bevezetés

Napjainkra már bizonyított, hogy a globális klímaváltozás az egyik legnagyobb kihívást jelentő, összetett folyamat (*Khan et al.* 2016). A Föld éves átlagos középhőmérséklete 2020-ban 1,2 °C-kal volt magasabb volt, mint az 1850 és 1900 közötti időszakban, az elmúlt évtized (2011–2020) pedig a legmelegebb tíz év volt a rendszeres meteorológiai mérések kezdete óta (*WMO* 2021). A globális felmelegedés következménye a megszokottól eltérő csapadékviszonyok kialakulása és a szélsőséges meteorológiai események gyakoribbá válása (*Orlowsky és Seneviratne* 2012, *Pachauri et al.* 2014).

A klímaváltozás hatásai hazánkban az évi középhőmérséklet növekedésével, valamint a szélsőséges időjárási jelenségek gyakoriságának növekedésével jellemezhetők. Magyarországon az évi átlaghőmérsékletek emelkedése az elmúlt 116 évben +1,10 °C volt, az elmúlt 30 év tekintetében pedig +1,38 °C volt (*Riesz* 2017). Hasonló megállapításra jutott *Lakatos et al.* (2021) az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) adatai alapján. Számításaik szerint 1901 óta 1,2 °C-ot nőtt az éves átlaghőmérséklet. E mellett hazánkban az időjárási paraméterek közül a csapadék mutatja a legnagyobb variabilitást térben és időben (*Lakatos* 2010), ugyanakkor az éves csapadékösszegek csökkenése állapítható meg (*Bartholy et al.* 2011).

Karcag térségében az átlagos éves középhőmérsékleti érték 2005-től 2017-ig 11,3 °C volt, amely az 1951–2000 átlaghoz (10 °C) hasonlítva 1,3 °C-kal magasabb. Ugyanebben az időszakban csapadékos és száraz évek egyaránt előfordultak, valamint a szélsőséges időjárási helyzetek gyakorisága megnövekedett (*Zsembeli et al.* 2018). Hazánkban az elmúlt évtizedekben nőtt az aszályhajlam, gyakoribbá váltak a hóhullámok, a csapadékmentes, valamint az intenzív csapadékhullással jellemezhető időszakok, melyek miatt a klímavédelemi intézkedések, ezen belül nemzeti aszálymonitoring tevékenység, indokoltak (*Szalai és Lakatos* 2010). A mezőgazdaságot tekintve a legnagyobb veszélyt az aszály jelenti, de egyaránt fel kell készülni belvízre, fagykárokra, jégverésre, zivatarokra is (*Láng* 2006).

Az aszály nem pontosan meghatározott jelenség, *Wilhite és Glantz* (1985) számos definíciót felsorolnak, melyek közös jellemzői a csapadékhiány és a magas légköri hőmérséklet. *Szalai* (2012) megfogalmazása szerint az aszály egy komplex jelenség, általában a hasznosítható vízmennyiség időszakos

csökkenése, ami természeti és gazdasági károkat egyaránt okozhat. Nincs olyan általános mérőszám, amellyel az aszály súlyosságát jellemezhetnénk. Számos külföldi és hazai kutató dolgozott ki viszonyszámokat az aszály értékelésére, melyek a különböző meteorológiai paramétereket (pl. csapadék, hőmérséklet, páratartalom, potenciális evapotranszpiráció, talajnedvesség-tartalom) különböző súllyal veszik figyelembe (*Palmer 1965, Ellenbeg 1988, McKee et al. 1993, Weghorst 1996, Vermes 2000, Pálfai 1989, 2004*).

Magyarországon általánosságban a Pálfai-féle aszályindex (PAI) (*Pálfai 1989*) alkalmazása terjedt el. A Délkelet Európai Aszálykezelési Központ létrehozására irányuló (DMCSEE) projektben kidolgozták a PAI index módosítását és megalkották a „Palfai Drought Index,-et (PaDI) (*Pálfai és Herceg 2012, Kozák et al. 2012, Fiala et al. 2014, 2018*).

Az időjárás és az évjárat hatásának összefüggéseivel számos hazai kutató foglalkozott. Megállapították, hogy szélsőséges időjárási helyzetek egyre gyakrabban fordulnak elő, mindazáltal a hozamokban egyre inkább kimutatható az évjáráthatás (*Nagy és Huzsvai 1995, Pepó 2005, Sárvári és Boros 2009, Kismányoky és Dunai 2019*). *Juhász et al. (2020)* összefüggéseket találtak az időjárási ingadozások és az ezekre reagáló termésingadozások között, de megállapításuk szerint ezekből a terméshozam nem becsülhető meg. *Huzsvai et al. (2020)* 50 év kukorica terméseredményeit és meteorológiai viszonyait vizsgálva feltárták, hogy az előrejelzési modellek túlbecsülhetik a klímaváltozás növénytermesztésre gyakorolt káros hatását, mivel nem kellő mértékben veszik figyelembe a technológiai fejlődést.

Kutatómunkánk célja a 2001. és 2020. közötti két évtized időjárásának elemzése aszály szempontjából a Karcagi Meteorológiai Állomás adatai alapján és az aszályos éveknél a Jász-Nagykun-Szolnok megyében termesztett főbb növények termésátlagaira gyakorolt hatásának elemzése.

Anyag és módszer

Az elemzésünk alapját képező 2001. és 2020. közötti időjárási adatsorok a MATE Karcagi Kutatóintézet (KKI) területén működtetett meteorológiai állomás méréseiből származnak. Karcagon a KKI alapításától folynak meteorológiai mérések, 2004. óta az OMSZ mérőhálózatába tartozó automata mérőállomás rögzíti az adatokat. Karcag Magyarország északkeleti részén, az

Alföldön, a Szolnok-Túri-síkon (kistáj) helyezkedik el. A kistáj északi területei a mérsékelt meleg-száraz, míg a déli területei a meleg-száraz éghajlati kategóriákba sorolhatók, ez az ország legszárazabb vidéke (Dövényi 2010). A sokéves havi hőmérsékleti és csapadékviszonyokat az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat. Néhány meteorológiai jellemző Karcagon

Hónap (1)	Havi középhőmérséklet (°C)	Havi csapadék (mm)
	1951–2000 (2)	1951–2000 (3)
Január (4)	-2,5	28,4
Február (5)	-0,6	26,5
Március (6)	4,9	24,9
Április (7)	10,6	37,2
Május (8)	16,3	54,2
Június (9)	19,4	71,3
Július (10)	21,3	56,2
Augusztus (11)	20,3	48,7
Szeptember (12)	15,9	40,9
Október (13)	10,1	31,8
November (14)	4,5	43,6
December (15)	0,1	39,7
Éves (16)	10,0	503,4

Table 1. Some meteorological parameters at Karcag. (1) Month, (2) Monthly mean temperature (°C), (3) Monthly amount of precipitation (mm), (4) January, (5) February, (6) March, (7) April, (8) May, (9) June, (10) July, (11) August, (12) September, (13) October, (14) November, (15) December, (16) Annual

Munkánk során az elemzésekhez a Pálfai-féle aszályindex módosításából származó PaDI_o-t használtuk. Ez az index egy mezőgazdasági év aszályerősségét egyetlen számértékkel jellemzi. Kozák et al. (2012) alapján a PaDI alapértékének (PaDI_o) a számítási képlete:

$$PaDI_0 = \frac{|\sum_{i=apr}^{aug} T_i|/5 * 100}{c + \sum_{i=oct}^{sept} (P_i * w_i)}$$

ahol: PaDI₀ - a Palfai Drought Index alapértéke (°C/100 mm), T_i - havi középhőmérséklet áprilistól augusztusig (°C), P_i - havi csapadékösszeg októbertől szeptemberig (mm), w_i - súlyozó tényező, c - állandó érték (10 mm).

Az index alapértéke tovább pontosítható hőmérsékleti-, csapadék- és a tárgyévét megelőző 3 év csapadékviszonyait jellemző korrekciós tényezőkkel. A számított értékek alapján az aszály súlyossága kategorizálható az aszálymentes évtől az extrém erősségű aszályig. Tehát ha a PaDI értéke <4, az év aszálymentes, ha 4 és 6 közé esik enyhén aszályos, ha 6 és 8 közé esik mérsékelten aszályos, és 8 és 10 között közepes erősségű az aszály, míg a 10–15 intervallum súlyos aszályt mutat. Ennek megfelelően a számított index alapján a vizsgált éveket a megfelelő aszálykategóriákba soroltuk be.

A tanulmányunkban közölt, a Jász-Nagykun-Szolnok (JNSZ) megye négy meghatározó szántóföldi kultúrájára vonatkozó termésátlagok a Központi Statisztikai Hivatal adatbázisaiból származnak (KSH 2021). A négy vizsgált növény együttesen a megye szántóterületének átlagosan 69%-át fedi le, vetésterületük nagysága (2. táblázat), stratégiai jelentőségük és a termelési szerkezetben betöltött szerepük miatt választottuk ezeket a kultúrákat.

A vizsgált évek terméseredményeit az aszálykategóriák szerint hasonlítottuk össze, valamint kiszámoltuk az aszálymentes évek termésátlagát és ehhez hasonlítottuk a különböző aszálykategóriába eső évek termésátlagait.

Az időjárási adatok, termésátlagok feldolgozásához és a közöttük levő összefüggések statisztikai elemzéséhez (t-próba, egytényezős varianciaanalízis, LSD teszt), valamint az eredmények ábrázolásához Microsoft Excel 2016 és IBM SPSS Statistics 27.0.1 programokat használtunk.

2. táblázat. Jász-Nagykun-Szolnok megye meghatározó növényeinek vetésterülete (ha)

	Átlagos vetésterület (2001-2020) (1)	Átlagos vetésterület az összes szántóterület százalékában (2)
Őszi búza (3)	111213	32
Kukorica (4)	44318	13
Napraforgó (5)	70694	20
Repce (6)	14732	4
JNSZ megye összes szántóterülete (7)	347120	100

Table 2. Sowing area of four typical crops of Jász-Nagykun-Szolnok county (ha). (1) Average sowing area (2001-2020), (2) Average sowing area as a percentage of the total cultivated area (%), (3) Winter wheat, (4) Maize, (5) Sunflower, (6) Rape, (7) Total cultivated area of Jász-Nagykun-Szolnok county

Eredmények és értékelés

A 2001-2020. időszakra vonatkozóan a Karcagon mért meteorológiai adatokból kiszámoltuk az aszályindexeket (1. ábra) és aszálykategóriákba soroltuk az éveket. A legaszályosabb évnek 2003. bizonyult, amikor $PaDI_0$ értéke 9,2 volt. Abban az évben mindössze 381,4 mm csapadékot mértünk és ekkor volt az elmúlt 20 év legmelegebb nyara (a három nyári hónap átlaghőmérséklete 23,5 °C). 2003 augusztusa volt a vizsgált időszak legmelegebb hónapja, az átlaghőmérséklet 24,7 °C volt. Hasonlóan közepes erősségű aszálykategóriába esik 2012 ($PaDI_0=8,1$), ekkor regisztráltuk az elmúlt két évtized legkevesebb éves csapadékát 344,5 mm-t. Megállapítottuk, hogy a vizsgált 20 évből két évben volt közepes erősségű aszály, négy év mérsékelt, hat év enyhén volt aszályos, és csupán nyolc év volt aszálymentes.

Az aszály gyakorisága a vizsgált 20 év során az idő előre haladtával növekedett, 2001 és 2010 között hat év volt aszálymentes, míg a második évtizedben csupán két év. Összehasonlítottuk a két évtized aszályindexeit, az első 10 évben nagyobb szórást mutattak, mint a következő évtizedben. Az

átlaguk $PaDI_0$ 2001-2010=4,69 és $PaDI_0$ 2011-2020=5,33, de a köztük lévő különbség az elvégzett t-próba szerint nem szignifikáns.

Az évek aszálykategóriába sorolása után megvizsgáltuk Jász-Nagykun-Szolnok megye négy meghatározó szántóföldi kultúrájának a termésátlagait a vizsgált időszakra.

1. ábra. A $PaDI_0$ alakulása a vizsgált években
(2001–2020, Karcag)

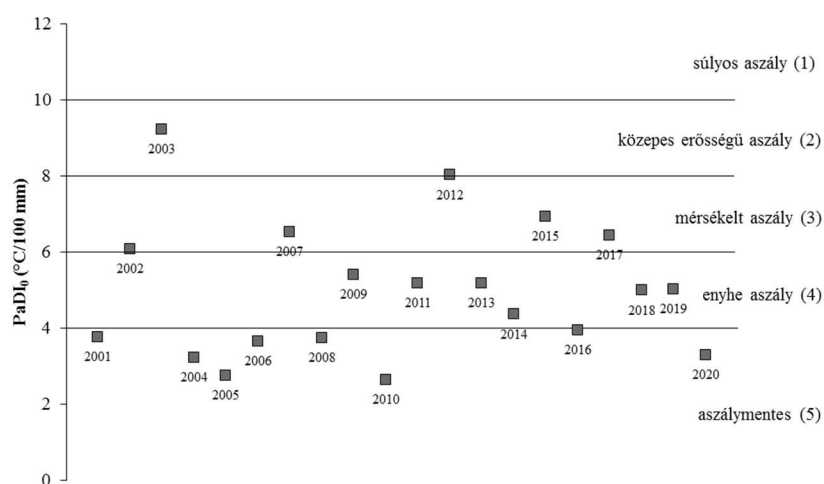


Figure 1. Time series of $PaDI_0$ for the period 2001–2020 at Karcag. (1) Serious drought, (2) Medium strength drought, (3) Moderate drought, (4) Mild drought, (5) Droughtless year

Őszi búza esetén a termésátlagok az egyes aszálykategóriákon belül nagy szórást mutattak (2. ábra). Az aszálymentes évekhez képest csak a legaszályosabb években (közepes erősségű aszály) volt számottevő termésnövekedés.

Az aszálymentes és kevésbé aszályos években nagy szórást mutattak a kukorica termésátlagai, míg a közepes erősségű aszály esetén (2003, 2012) a szórás elhanyagolható (3. ábra). Az aszálykategóriákba eső évek termésátlaga különböző, az aszály erősödésével csökken a termés.

Az egyes aszálykategóriákba sorolt évek termésátlagai napraforgó esetében viszonylag nagy szórást mutatnak (4. ábra), átlagaik alig különböznek egymástól és nem követik az aszály mértékének növekedését.

2. ábra. Az őszi búza megyei termésátlagának alakulása aszálykategóriák szerint 2001 és 2020 között

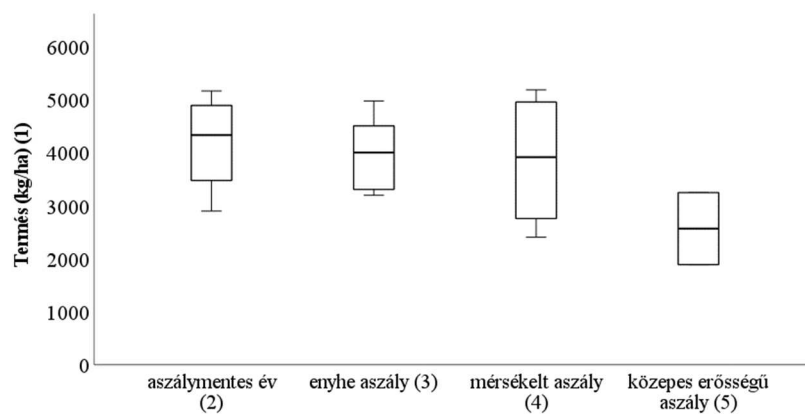


Figure 2. Yields of winter wheat by drought categories in the period 2001–2020. (1) Yield, (2) Droughtless year, (3) Mild drought, (4) Moderate drought, (5) Medium strength drought

3. ábra. A kukorica megyei termésátlagának alakulása aszálykategóriák szerint 2001 és 2020 között

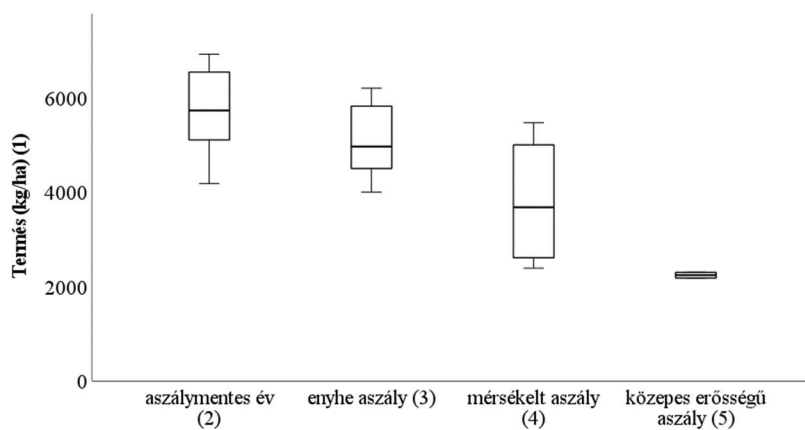


Figure 3. Yields of maize by drought categories in the period 2001–2020. (1) Yield, (2) Droughtless year, (3) Mild drought, (4) Moderate drought, (5) Medium strength drought

4. ábra. A napraforgó megyei termésátlagának alakulása aszálykategóriák szerint 2001 és 2020 között

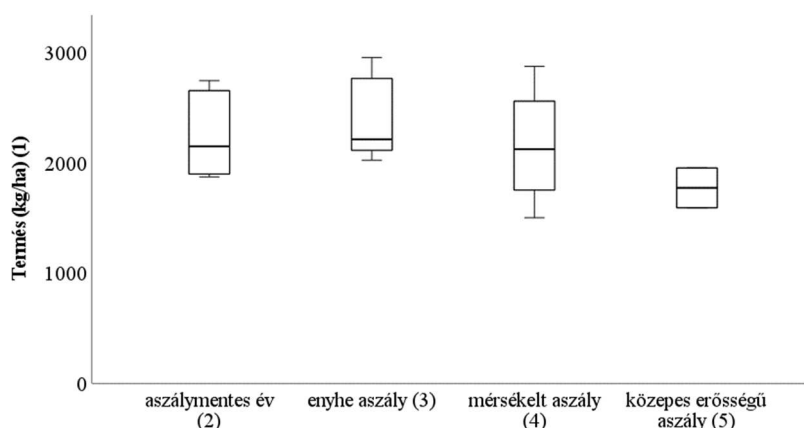


Figure 4. Yields of sunflower by drought categories in the period 2001–2020. (1) Yield, (2) Droughtless year, (3) Mild drought, (4) Moderate drought, (5) Medium strength drought

A repce termésátlagok mindegyik aszálykategóriában nagy szórást mutatnak (5. ábra), átlagaik között számottevő különbséget nem tapasztaltunk, bár az aszály erősségének növekedésével kismértékben csökkennek.

Az aszálykategóriákba sorolt megyei termésátlagok összehasonlítására egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk, majd a középértékek többszörös összehasonlítását LSD teszttel végeztük el (3. táblázat). Napraforgó és repce esetében nem találtunk szignifikáns mértékű különbséget az aszálykategóriák termésátlagai között. Az őszi búza hozamokat vizsgálva az aszálymentes évek és a közepes erősségű aszályal jellemezhető évek között tapasztaltunk szignifikáns különbséget. Megállapítottuk, hogy a kukorica reagált a legnagyobb mértékben az aszály súlyosságára, a mérsékelt és közepes erősségű aszály esetén is statisztikailag igazolható mértékben csökkent a termésátlag az aszálymentes évekhez képest.

5. ábra. A repce megyei termésátlagának alakulása aszálykategóriák szerint 2001 és 2020 között

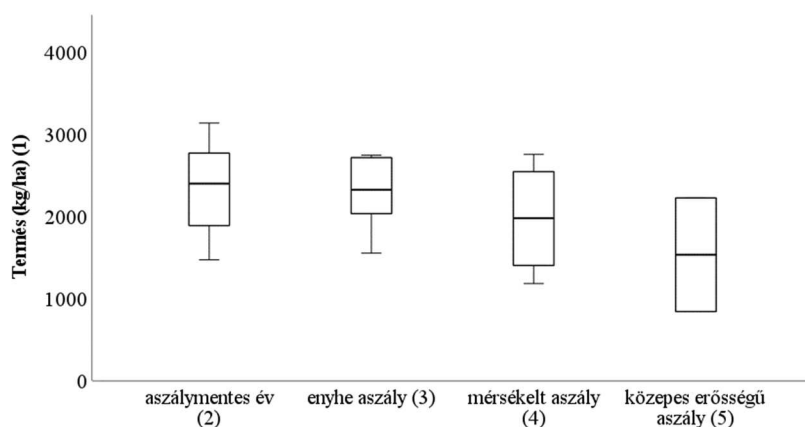


Figure 5. Yields of rape by drought categories in the period 2001–2020. (1) Yield, (2) Droughtless year, (3) Mild drought, (4) Moderate drought, (5) Medium strength drought

Kiszámítottuk az aszálymentes évek (2001, 2004, 2005, 2006, 2008, 2010, 2016, 2020) termésátlagait a négy vizsgált növényre. Ez őszi búzánál 4,2 t/ha; kukoricánál 5,7 t/ha; napraforgónál 2,2 t/ha; repcemag esetén 2,3 t/ha volt. Ezeket az értékeket 100%-nak tekintve, meghatároztuk az aszályos évek termésátlagait az aszálymentes évek termésátlagának százalékában kifejezve (4. táblázat).

Megállapítottuk, hogy a vizsgált időszak elején, egészen 2014-ig, mindegyik növény kevesebb termést hozott, mint az aszálymentes évek átlagtermése. 2014-től kezdve termésnövekedés figyelhető meg, innentől a kukorica kivételével, mindegyik növény minden aszályos évben többet termelt, mint az aszálymentes évek termésátlaga. Ezek alapján a vizsgált növények közül a kukorica bizonyult a legérzékenyebbnek az aszályllyal szemben.

3. táblázat. LSD teszt eredményei – az aszálymentes évek termésátlagainak összehasonlítása az aszályos évek termésátlagaival

		Átlagtól való eltérés (1)	Standard hiba (2)	Szig. (3)	95% konfidencia intervallum (4)	
					Alsó határ (5)	Felső határ (6)
Őszi búza (7)	Enyhe aszály (8)	184,58	504,52	0,72	-884,96	1254,12
	Mérsékelt aszály (9)	326,25	572,07	0,58	-886,49	1538,99
	Közepes erősségű aszály (10)	1616,25*	738,54	0,04	50,61	3181,89
Kuko- rica (11)	Enyhe aszály (8)	656,25	540,73	0,24	-490,06	1802,56
	Mérsékelt aszály (9)	1926,25*	613,14	0,01	626,46	3226,04
	Közepes erősségű aszály (10)	3491,25*	791,55	0,00	1813,23	5169,27
Napra- forgó (12)	Enyhe aszály (8)	-127,92	223,75	0,57	-602,26	346,42
	Mérsékelt aszály (9)	96,25	253,71	0,71	-441,60	634,10
	Közepes erősségű aszály (10)	478,75	327,54	0,16	-215,61	1173,11
Repce (13)	Enyhe aszály (8)	57,92	330,21	0,86	-642,09	757,93
	Mérsékelt aszály (9)	366,25	374,42	0,34	-427,49	1159,99
	Közepes erősségű aszály (10)	806,25	483,37	0,11	-218,46	1830,96

Megjegyzés: *az átlagtól való eltérés 5%-os szinten szignifikáns.

Table 3. Results of LSD test. Comparison of the average yields of droughtless years with the average yields of drought years. (1) Mean difference, (2) Std. error, (3) Sig., (4) 95% Confidence interval, (5) Lower bound, (6) Upper bound, (7) Winter wheat, (8) Mild drought, (9) Moderate drought, (10) Medium strength drought, (11) Maize, (12) Sunflower, (13) Rape, Note: *the mean difference is significant at 0.05 level.

4. táblázat. Jász-Nagykun-Szolnok megyei termésátlagok az aszálymentes évek termésátlagának százalékában

Aszályos évek (1)	Termésátlagok az aszálymentes évek termésátlagának százalékában (2)			
	Őszi búza (3)	Kukorica (4)	Napraforgó (5)	Repce (6)
2002	58	42	67	51
2003	45	38	71	36
2007	74	49	89	69
2009	76	79	98	66
2011	79	79	90	87
2012	78	40	87	95
2013	99	70	94	87
2014	92	102	99	117
2015	113	79	100	100
2017	124	95	128	118
2018	108	94	123	116
2019	119	108	131	111

Table 4. Yields in Jász-Nagykun-Szolnok county as a percentage of the average yield of droughtless years. (1) Drought years, (2) Yields of the county as a percentage of the average yield of droughtless years, (3) Winter wheat, (4) Maize, (5) Sunflower, (6) Rape

Következtetések

Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy Jász-Nagykun-Szolnok megyében az elmúlt 20 évben az aszály gyakorisága az idő előre haladtával növekedett, míg az első évtizedben négy évben, addig 2011 és 2020 között nyolc évben volt valamilyen mértékű aszály.

A megyében jellemző négy szántóföldi növény termésátlagait elemezve arra a következtetésre jutottunk, hogy őszi búzánál csak a közepes erősségű aszály okozott jelentős termésdepressziót, az ennél gyengébb mértékű aszály esetén a hozamok nem csökkentek. Hasonló tendenciát tapasztaltunk a repce esetén is. Napraforgónál nem tudtuk kimutatni az aszály termés-csökkentő hatását, itt fordult elő a legnagyobb szórás a hozamok között. Ez a növény sokszor az általunk aszályosnak minősített években termelt a legtöbbet, ennek egyik oka lehet, hogy a

szárazabb évjáratokban kisebb az infekció, így mérsékeltebb a kórtani nyomás, illetve a megyében is egyre terjed a napraforgó öntözéses termesztése. A másik oka lehet, hogy a rövid tenyészidőszak miatt napraforgó esetén más aszályindex használata előnyösebb lenne (Harsányi et al. 2021). Megállapítottuk, hogy a kukorica reagált a legnagyobb mértékben az aszály súlyosságára, már a méréselt aszály is statisztikailag igazolható termésdepressziót eredményezett.

A négy növény termésátlagait vizsgálva, azt tapasztaltuk, hogy 2001 óta az átlagos hozamok az aszályhelyzettől függetlenül növekedtek. Az aszályos és aszálymentes évek átlagterméseit összevetve, a leginkább aszályérzékeny kukorica kivételével, a termésátlagok 2014-től meghaladták az aszálymentes évek eredményeit. Ez megerősíti Juhász et al. (2020) és Huzsvai et al. (2020) megállapítását, miszerint nem megjósolható a klímaváltozás hatás egy adott év terméshozamára, hiszen a tudás és a technológia fejlődése (agrotechnika, növénynevelés – fajtaválasztás, növényvédelem) mérsékelheti a negatív hatásokat. Fontosnak tartjuk a téma további kutatását más, meteorológiai és talajtani paramétereket is figyelembe vevő, rövidebb időszakokra is érzékeny aszályindexek alkalmazásával, hiszen csak megfelelő tudás birtokában készülhetünk a klímaváltozás okozta kihívásokra.

IRODALOM

- Bartholy J.–Bozó L.–Haszpra L.: 2011. Klímaváltozás 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. MTA-ELTE Meteorológia Tanszék. Budapest. 281.
- Dövényi Z.: 2010. Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet. Budapest. 175–178.
- Ellenberg, H.: 1988. Vegetation Ecology of Central Europe. 4th Edition. Cambridge University Press. Cambridge.
- Fiala, K.–Blanka, V.–Ladányi, Zs.–Szilassi, P.–Benyhe, B.–Dragan, D.–Pálfi, I.: 2014. Drought severity and its effect on agricultural production in the Hungarian-Serbian cross-border area. Journal of Environmental Geography. 7. 3–4: 43–51.
- Fiala K.–Barta K.–Benyhe B.–Fehérváry I.–Lábdy J.–Sipos Gy.–Gyórfly L.: 2018. Operatív aszály- és vízhiánykezelő monitoring rendszer. Hidrológiai Közöny. 98. 3: 14–24.
- Harsányi, E.–Bashir, B.–Alsilibe, F.–Alsafadi, K.–Alsalmán, A.–Széles, A.–Rahman, M. H. U.–Bácskai, I.–Juhász, Cs.–Rátónyi, T.–Mohammed, S.: 2021. Impact of agricultural drought on sunflower production across Hungary. Atmosphere. 12: 1339.

- Huzsvai, L.-Zsembeli, J.-Kovács, E.-Juhász, Cs.*: 2020. Can Technological Development Compensate for the Unfavorable Impacts of Climate Change? Conclusions from 50 Years of Maize (*Zea mays* L.) Production in Hungary. *Atmosphere*. 11: 1350.
- Juhász, Cs.-Gály, B.-Kovács, E.-Nagy, A.-Tamás, J.-Huzsvai, L.*: 2020. Seasonal predictability of weather and crop yield in regions of Central European continental climate. *Computers and electronics in agriculture*. 173: 105400.
- Kismányoky T.-Dunai A.*: 2019. Évi terméshozamok vizsgálata kukorica tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 68. 3: 51-72.
- Kozák P.-Pálfi I.-Herceg Á.*: 2012. Pálfi Drought Index (PaDI) – A Pálfi-féle aszályindex (PAI) alkalmazhatóságának kiterjesztése a délkelet-európai régióra. [In: Bihari Z. (szerk.) Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE Összefoglaló a projekt eredményeiről.] 21-26.
- Khan, A. A.-Ijaz, M.-Muhammad, J.-Goheer, A. R.-Akbar, G.-Adnan, M.*: 2016. Climate Change Implications for Wheat Crop in Dera Ismail Khan District of Khyber Pakhtunkhwa. *Pakistan Journal of Meteorology*. 13. 25: 17-27.
- KSH*: 2021. A búza, kukorica, napraforgó, repce termelése megye és régió szerint. Központi Statisztikai Hivatal. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0071.html; https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez_0072.html; https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0078.html; https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0079.html.
- Lakatos M.*: 2010. Hazai megfigyelt hőmérsékleti és csapadék tendenciák, szélsőségek alakulása a múlt század elejétől. [In: Lakatos M. (szerk.) 36. Meteorológiai Tudományos Napok.] 42-59.
- Láng I.*: 2006. A klímaváltozásra való felkészülés hazai feladatai. *Agro-21 Füzetek*. 13. 48: 7-9.
- McKee, T. B.-Doesken, N. J.-Kleist, J.*: 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology. Anaheim. 17-22 January. 179-184.
- Nagy J.-Huzsvai L.*: 1995. Az évjárat hatás értékelése a kukorica termésére. *Növénytermelés*. 44. 4: 385-393.
- Orlowsky, B.-Seneviratne, S. I.*: 2012. Global changes in extreme events: regional and seasonal dimension. *Climatic Change*. 110. 3: 669-696.
- 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. 151.
- Pálfi I.*: 1989. Az Alföld aszályossága. *Alföldi Tanulmányok*. 13: 7-25.
- Pálfi I.*: 2004. Az aszály definíciói, befolyásoló tényezők és mérőszámai. [In: Pálfi I. (szerk.) *Belvizek és aszályok Magyarországon*.] Hidrológiai Tanulmányok: Közlekedési Dokumentációs Kft. Budapest. 255-263.

- Pálfai, I.–Herceg, Á.*: 2012. Palfai Drought Index (PaDI) – Expansion of applicability of Hungarian PAI for Southeast Europe (SEE).
- Palmer, W. C.*: 1965. Meteorological Drought. Research Paper. U.S. Department of Commerce Weather Bureau. Washington D. C. 45: 58.
- Pepó P.*: 2005. A globális klímaváltozás hatásai és válaszok a Tiszántúl szántóföldi növénytermelésében. Agro-21 Füzetek. 41: 38–47.
- Riesz L.*: 2017. A Magyarországon megfigyelt éghajlati változások. [In: Holes A. (szerk.) Magyarország Környezeti Állapota 2016.] Herman Ottó Intézet. Budapest. 155–159.
- Sárvári M.–Boros B.*: 2009. A kukorica terméshozzájárulását meghatározó tényezők. V. Növénytermesztési Tudományos Napok. MTA Növ. Term. Biz. Akadémiai Kiadó. Budapest. 193–197.
- Szalai S.–Lakatos M.*: 2010. Az éghajlatváltozás és az aszály. [In: Lakatos M. (szerk.) 36. Meteorológiai Tudományos Napok.] 147–155.
- Szalai S.*: 2012. Az aszály definíciói. [In: Bihari Z. (szerk.) Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE Összefoglaló a projekt eredményeiről.] 7–11.
- Vermes L.*: 2000. Hogyan dolgozzuk ki az aszály csökkentési stratégiáját? ICID Útmutató. ICID Európai Regionális Aszály Munkacsoport. Budapest.
- Weghorst, K.*: 1996. The Reclamation Drought Index: Guidelines and Practical Applications. Bureau of Reclamation. Denver. CO. USA.
- Wilhite, D. A.–Glantz, M. H.*: 1985. Understanding: the drought phenomenon: The role of definitions. Water International. 10. 3: 111–120.
- WMO: 2021. State of the Global Climate 2020. WMO-No. 1264. State of the Global Climate 2020 (WMO-No. 1264).
- Zsembeli, J.–Kovács, Gy.–Tuba, G.–Czellér, K.–Juhász, Cs.*: 2018. Climate change at local level on the base of the air temperature and precipitation data of the weather station of Karcag. [In: Creating a platform to address the techniques used in creation and protection of environment and in economic management of water in the soil. Outputs from the project Visegrad fund.] Visegrad Grant No. 21730049. 43–49.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Kovács Györgyi – *Tuba Géza – Rivera Garcia Arzu –
Sinka Lúcia – Dr. Zsembeli József
MATE Karcagi Kutatóintézet
Karcag
Kisújszállási út 166.
H-5300
*tuba.geza@uni-mate.hu

A relatív klorofilltartalom és a szövetnedv-nitrátértékek közötti összefüggés tavaszi zab (*Avena sativa* L.) példáján

¹KREMPER RITA - ¹SZARVAS SZABOLCS - ²BÁKONYI NÓRA -
¹TÁLLAI MAGDOLNA - ¹BÉNI ÁRON - ¹BALLÁNÉ KOVÁCS ANDREA
Debreceni Egyetem MÉK
¹Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen
²Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A túlzott nitrogén (N) trágyázás elkerüléséhez a hagyományos szaktanácsadási módszereken túl célszerű a növény N ellátottságát a tenyészidőszak folyamán nyomon követni. Munkánk a növényi szövetnedv-nitrát gyorsteszt, illetve a relatív klorofilltartalom (SPAD mérés) eredményeit értékeli a tavaszi zab N ellátottságának jellemzése szempontjából.

A Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság (AKIT) Bemutatókertjében kisparcellás szabadföldi kísérletet állítottunk be Lota fajtájú tavaszi zab (*Avena sativa* L.) kísérleti növényvel, mészlepedékes csernozjom talajon. Nitrogén trágyaként ammónium-nitrátot alkalmaztunk 0, 30, 60 és 90 kg/ha N adagokban, három ismétlésben.

A tenyészidőszak során két időpontban végeztünk méréseket: bokrosodáskor (BBCH 31) és a kalászkezdemény fejlődésének szakaszában, amikor a zászlóslevél hüvelye megduzzadt a benne lévő kalász miatt (BBCH 45). A szövetnedv-nitrátméréseket parcellánként 10 növényből vett átlagmintán végeztük. A SPAD relatív klorofilltartalom méréseket parcellánként öt növényen végeztük a növény felső kifejlett levelén, növényenként szintén öt mérés átlagát vettük. Betakarításkor mértük a szemtermést, ezerszemtömeget, növénymagasságot, illetve meghatároztuk a termésindexet.

A terméselemek alapján megállapítottuk, hogy az adott talajon a 60 kg/ha N kezelés bizonyult optimálisnak 3,54 t/ha terméssel.

A BBCH 31 fejlődési szakaszban a teljes növényre mért szövetnedv-nitrátértékek a N kezelés hatására növekedtek (580, 887, 1040, 3033 mg nitrát dm³) az ismétléseknél a mérés relatív szórása maximum 17% volt. A BBCH 45 fejlődési szakaszban a leveleken, illetve a szár alsó részéből mért szövetnedv-nitrátértékek is növekedtek a N adagok hatására, viszont itt az ismétléseknél esetenként igen nagy relatív szórást (30–40%) tapasztaltunk.

A SPAD értékek mindkét mintavételnél szignifikánsan növekedtek. A BBCH 31 fejlődési szakaszban: 41,3; 45,5; 48,9; 58,5, BBCH 45 fejlettségi szinten (átlagértékek): 47,8; 52,4; 53,5; 58,5 voltak a nitrogén adagok növekvő sorrendjében. Az ismétlésekre kapott relatív szórás értékek maximuma 11,6% volt.

A mérési eredmények és relatív szórások együttes figyelembevételével megállapítottuk, méréseink közül a BBCH 31 fejlődési szakaszban mért szövetnedv-nitrátadatok, illetve BBCH 31 és BBCH 45 fejlettségi szinten mért SPAD értékek alkalmasak a jó ellátottságát jellemző határértékek meghatározásához. A szövetnedv-nitrát jó ellátottsághoz tartozó határértéke a BBCH 31 fejlődési szakaszban 650 mg nitrát/dm³, a SPAD határértékek a BBCH 31 fejlődési szakaszban 43, BBCH 45 fejlettségi szinten pedig 48.

Kulcsszavak: szövetnedv, nitrát, SPAD, relatív klorofill, csernozjom

Correlation between relative chlorophyll content and SAP nitrate values in the case of spring oat (*Avena sativa* L.)

¹R. KREMPER – ¹SZ. SZARVAS – ²N. BÁKONYI – ¹M. TÁLLAI –

¹Á. BÉNI – ¹A. BALLÁNÉ KOVÁCS

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

¹Institute of Agrochemistry and Soil Science, Debrecen

²Institute of Crop Sciences, Debrecen

Summary

In order to avoid excessive nitrogen (N) fertilisation, it is advisable to monitor the N supply of the plant during the growing season. This work evaluates the results of the

plant SAP nitrate test and the relative chlorophyll content (SPAD value) measurements for the characterisation of N supply provided to spring oat.

A small-plot field experiment was set up with Lota spring oat (*Avena sativa L.*) on calcareous chernozem soil in the Exhibition Garden of University of Debrecen. Ammonium nitrate was applied in the following rates: 0, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹ N in three replicates.

During the growing season, measurements were performed at tilling (BBCH 31) and boot stages (BBCH 45). Nitrate SAP tests were carried out on an average sample of 10 plants per plot. Measurements of relative chlorophyll content were performed on five plants per plot. The average of five measurements was taken per leaf. At harvest, grain yield, thousand-grain weight, oat height were measured and yield index was determined.

Based on our results it was found that 60 kg ha⁻¹ N treatment was proved to be optimal with a yield of 3.54 t ha⁻¹.

At tilling, nitrate SAP values for the whole plant increased as a result of N treatments (580, 887, 1040, 3033 mg nitrate dm⁻³). The relative standard deviation of the measurements was 17% in most cases. At the boot stage, SAP nitrate values measured on the leaves and from the lower part of the stem increased due to the applied N doses, but in some cases a very high relative variance (30–40%) was observed after the same N treatment.

SPAD values increased significantly at tilling and at boot stages with increasing N doses: at tilling 41.3; 45.5; 48.9; 58.5, at boot stage: 47.8, 52.4; 53.5; 58.5 were measured with increasing of nitrogen doses, and the maximum relative standard deviation values related to the replicates was 11.6%.

Based on the obtained data, it was found that the SAP nitrate data measured at tilling and SPAD data measured at the tilling and boot stages are suitable for determining the critical values for adequate N supply. The critical value for SAP nitrate related to proper N supply is 650 ppm (mg nitrate dm⁻³) at tilling, the SPAD critical values were 43 at tilling and 48 at boot stage.

Keywords: SAP nitrate, SPAD, relative chlorophyll, oat

Bevezetés

A talaj/növény N ellátottságának megítélése összetett feladat. A talajban a nitrogén min. 95%-ban szerves formában van jelen, azonban a növény

számára a nitrogén szervesen nitrátion, illetve ammóniumion formájában vehető fel elsősorban. A talajban lévő egyes N formák mennyisége igen gyorsan változhat. A talaj nedvességtartalmától, hőmérsékletétől, levegőzöttségtől, kémhatásától, C/N arányától függően a N formák egymásba átalakulnak mikroorganizmusok segítségével. A nitrátion egy része kimosódással a talaj mélyebb rétegeibe vándorolhat, vagy denitrifikáció következtében elemi nitrogén és nitrogén-oxidok formájában elillanhat, illetve a talajba juttatott szerves és műtrágyákból ammónia formájában is eltávozhat a talajból.

Az optimális N adagokat talaj- és növényvizsgálatok figyelembevételével együttesen becsülhetjük meg a legpontosabban (*Thompson et al.* 2017). A hagyományos laboratóriumi növényvizsgálatok elvégzése idő- és költségigényes. A növényi szövetnedv-nitrát gyorseszteszt, illetve a relatív klorofillmérés két egyszerűen és olcsón kivitelezhető módszer lehet a növény N ellátottságának jellemzésére.

A növényi szövetnedv-nitráttartalmának mérése a növény aktuális, még be nem épült szervesen N tartalmáról ad felvilágosítást. Régebben a mérést tesztszikók segítségével végezték, melyek a minta nitrátion-koncentrációját színváltozással jelezték (Merkoquant tesztszík). Mivel a módszer csak 0–500 mg nitrát/dm³ tartományban mér, és a szövetnedv-nitráttartalma ennél jóval tágabb tartományban mozog, a módszer használata nehézkes volt. Manapság a szövetnedv-nitráttartalmát inkább nitrát ionszelektív elektród segítségével mérik (Cardy meter; Horiba and Spectrum Technologies), a műszer 3–4 csepp szövetnedvből képes a mérést elvégezni.

Sajnos a szövetnedv-nitrát-N vizsgálatok mérési eredményére számos tényező befolyásoló hatással van. A mérési eredmény függ a napszaktól (*Milham et al.* 1970, *Zhang et al.* 1996), a vizsgált növényi résztől és az időjárástól. Eső után, illetve tartós szárazság esetén a teszt elvégzése nem javasolt. A mérésre egyéb ionok jelenléte (klorid, nitrit, hidrogénkarbonát) is befolyásoló hatással lehet (*Anderson et al.* 1999).

Az elmúlt évtizedekben a N ellátottság jellemzésére a szövetnedv-nitrátvizsgálatok széles körben elterjedtek. Burgonya (*Williams és Maier* 1990), paradicsom, paprika, saláta (*Hochmuth* 1994, *Hochmuth et al.* 2012), (*Rodríguez et al.* 2021), és még számos zöldségfajta esetén a levélnyélből nyert szövetnedv-nitráttartalmára vonatkozó határértékek megtalálhatóak a nemzetközi irodalomban. Gabonafajták esetén a vizsgálatokhoz a szövetnedvet

a levél szárának alsó részéből vagy a teljes növényi részből préselik. A nemzetközi irodalomban főképp búzára találhatóak szövetnedv-nitrát határértékek, illetve a sikérképző fehérjéket tartalmazó gabonafélék (búza, árpa, zab, rozs) nitrát határértékeit egybevonatan közlik. Hoel (1999) őszi búzán végzett kísérletében azt tapasztalta, hogy a növényfajokon belül a különböző hibridek szövetnedv-nitrát határértékei változhatnak, sőt a termőhely adottságai is befolyásoló hatással vannak a mérési eredményre. A határértékeket nitrát (mg/dm^3) vagy nitrát-N (mg/dm^3) formában közlik. Amennyiben a nitrátkoncentrációt a nitrát-N koncentrációra szeretnék átváltani, 4,43-mal kell elosztani a nitrátra megadott értéket.

A levél klorofilltartalma annak tápanyagellátottságával arányos, a N ellátottság egyik indikátora. Könnyű kezelhetősége miatt a SPAD-502 (Minolta Corporation, Ramsey, NJ, USA) mérőműszert igen gyakran alkalmazzák trágyázási kísérletekben (Zhou és Yin 2018). A módszer hátránya az, hogy az eredményt nemcsak a N, de más tápelemek hiánya és több egyéb környezeti tényező is befolyásolhatja (Xiong et al. 2015, Yuan et al. 2016).

Kutatásunk célja az volt, hogy tavaszi zab kísérleti növény esetén:

- összehasonlítsuk a nitrát gyorseszt és a SPAD érték mérések alkalmazhatóságát a nitrogénellátottság jellemzésére,
- különböző fejlődési szakaszokhoz tartozóan megállapítsuk a tesztek megfelelő ellátottsághoz tartozó kritikus határértékeit.

Anyag és módszer

A kísérlet beállítása

A szabadföldi kispárcellás kísérletet Lota fajtájú tavaszi zab (*Avena sativa* L.) kísérleti növényvel állítottunk be a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság (AKIT) Bemutatókertjében (GPS koordináták: 47°33'2.82"É, 21°35'55.58"K). A kísérleti terület talajtípusa mészlepedékes csernozjom volt. A kísérlet kezdetén, a trágyázás előtt egy héttel mért főbb talajjellemzőket a talaj felső 20 cm-es rétegében az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat. A kísérleti talaj jellemző paramétereit

pH _{H₂O}	N _{mineral} (mg/kg)	Hu%	AL(P ₂ O ₅) (mg/kg)	AL(K ₂ O) (mg/kg)	CaCO ₃ %	K _A
8,3	10,07	3,66	1671,6	658,9	8,1	38

Megjegyzés: K_A - Arany-féle kötöttségi szám.

Table 1. Experiment soil parameters. Note: K_A - Arany's plasticity index.

A MÉM NAK szaktanácsadás szerint a talaj nitrogén-, foszfor- és káliumellátottsága egyaránt igen jó, sőt a foszfor- és káliumellátottság már túlzottnak tekinthető. A kísérletben négy N lépcső volt: 0, 30, 60 illetve 90 kg/ha N adagokkal, kezelésként három ismétlésben. A túlzott foszfor- (P) és kálium- (K) ellátottság miatt PK műtrágyát nem juttattunk ki a területre. A nitrogént ammónium-nitrát formájában adtuk ki 2021. március 6-án. Ezt követte néhány nap elteltével a vetés, a kiadott vetőmag mennyisége 180 kg/ha, (200 g/parcella) volt. A parcellák mérete 10,5 m² volt.

A csapadékelletlátottság - a zab tenyészideje során márciusban 19 mm, áprilisban 32 mm, májusban 64 mm, júniusban 6 mm, és júliusban 7 mm csapadék esett, összesen a 4,5 hónap alatt 128 mm. A 2021. év nyara aszályos évnek mondható, mivel az elmúlt 30 évben a zab tenyészidőszakára vonatkozó átlagcsapadék mennyisége 238 mm volt, ami majdnem kétszerese a 2021-es csapadékmennyiségnek. Az aszály miatt az érés az átlagostól korábban következett be, a betakarítás 2021. július 14-én volt.

Növényi szövetnedv-nitrát és relatív klorofilltartalom (SPAD érték) mérése

A növényi minta szövetnedv vizsgálata a BBCH 31 és BBCH 45 fejlődési szakaszokban május 11-én, illetve június 8-án történt. A parcellákon 10 növényi mintából képzett átlagminta nitráttartalmát mértük meg. A mintavétel napsütéses időben 10-11 óra között történt. A mintákat hűtőtáskában tároltuk a mérésig, majd néhány órán belül feldolgoztuk. A BBCH 31 fejlődési szakaszban a növény teljes földfeletti részéből készítettük a présnedvet, a BBCH 45 fejlődési szakaszban a száruk alsó 5 cm-ből, illetve a minták felső két teljesen kifejlett leveléből külön-külön átlagmintákat képeztünk és ezek nedvét préseltük ki. A préseléshez Angel Juice présgépet

használtunk, a szövetnedv-nitrátméréshez Cardy meter (Horiba Laquatwin NO₃-11) nitrátmérőt alkalmaztunk.

A BBCH 31 és a BBCH 45 fejlődési szakaszokban a felső, teljesen kifejlett levelek relatív klorofilltartalmát hordozható klorofillmérővel mértük (SPAD 502, Minolta Corporation, Ramsey, NJ, USA). Parcellánként öt növényt mértünk, levelenként öt mérést végeztünk, melynek átlagát vettük.

Betakarításkor parcellánként 10 db növényi mintát gyűjtöttünk, megmértük a szárhosszakat, illetve a következő képlettel meghatároztuk a betakarítási indexet:

$$\text{betakarítási index} = \frac{\text{szemtömeg}}{\text{földfeletti rész tömege}} \times 100$$

Ezen túl meghatároztuk az ezerszemtömeget és a szemek nedvességtartalmát 105 °C-on történő szárítással. A relatív termés számításánál a maximális termést tekintettük 100%-nak.

Statisztikai értékelés és kritikus ellátottságot jelző határértékek becslése

Az eredmények statisztikai elemzését SPSS 20.0 programmal végeztük. A kezelések hatásai közti különbségeket One way ANOVA és Tukey post hoc teszttel elemeztük. A P≤0,05 valószínűségi szinten szignifikánsan nem különböző kezelésekhöz tartozó értékeket azonos betűjellel jelöltük. A kezeléseken belül az adatok szórását relatív szórás%-kal jellemeztük (RSD%).

A kritikus ellátottságot jelző határértékeket a szövetnedv-nitrát, illetve SPAD értékek vonatkozásában *Cates* és *Nelson* (1965) módszerével határoztuk meg. A relatív termésmennyiséget a szövetnedv-nitrát, illetve SPAD értékek függvényében ábrázoltuk, majd az ábrára egy keresztet illesztettünk úgy, hogy a pontok többsége a kereszt bal alsó, illetve jobb felső térhányadába essen. Az így elkészített kereszt x tengellyel alkotott metszete adta meg a kritikus határértéket.

Eredmények és értékelés

A 2. táblázat a N trágyázás hatását mutatja be a zab termésére és az azt jellemző paraméterekre. A szemtermés átlagos nedvességtartalma 7,2%±0,53 volt. A táblázatban feltüntetett adatok a nedves szemtömegekre vonatkoznak. A

N trágyázás hatására a kontrollhoz képest a termés növekedett, 60 kg/ha N adag eredményezte a legnagyobb termést. Az ezerszemtömegeknél is 60 kg/ha N adag mellett kaptuk a legnagyobb értéket, de statisztikailag $P \leq 0,05$ valószínűségi szinten a különbség nem volt igazolható. A szárhossz a N adagok hatására fokozatosan növekedett, a 60 kg/ha N, illetve 90 kg/ha N adaghoz tartozó szárhossz adatok nem mutattak szignifikáns különbséget. A betakarítási index a N trágyázás hatására nem változott szignifikánsan. A szemtermés, ezerszemtömeg adatok alapján a 60 kg/ha N optimális adagnak tekinthető az adott területen.

2. táblázat. N trágyázás hatása a tavaszi zab terméselemeire és egyéb referencia értékeire

N adag (kg/ha) (1)	Szemtermés (t/ha) (2)	Ezerszem- tömeg (g) (3)	Szárhossz virágzattal (cm) (4)	Betakarítási index (5)
0	2,90±0,37 a	152,6±32,6 a	101,4±5,3 a	49,3±5,1 b
30	3,39±0,08 ab	143±17,8 a	108,0±5,0 a	45,7±2,9 ab
60	3,54±0,08 b	175±20,0 a	116,7±5,4 b	45,8±4,6 a
90	3,43±0,16 ab	130±7,5 a	115,8±5,0 b	44,6±1,8 ab

Table 2. The effect of nitrogen fertilisation on oat yield elements. (1) N doses (kg ha⁻¹), (2) Wet grain yield (t ha⁻¹), (3) Thousand kernel weight (g), (4) Height to top of panicle (cm), (5) Harvest index

A növény szövetnedv-nitrát, illetve SPAD értékeinek változása a N kezelés hatására a 3. táblázatban látható. A BBCH 31 fejlődési szakaszban mért szövetnedv-nitrát-tartalmak drasztikusan emelkednek a N adagok növekedésével. A 90 kg/ha N kezelésnél mért nitrátértékek több mint ötszöröse voltak a kontroll parcellában mért nitrátértékeknek. A BBCH 31 fejlődési szakaszban mért SPAD érték növekedése egyenletes és kevésbé meredek volt: a legmagasabb N adagnál mért SPAD érték 1,2-szerese volt a kontroll parcellában mért SPAD értéknek. A N trágyázás szignifikáns pozitív hatása a SPAD értékekre szinte minden kezelés között igazolható volt.

3. táblázat. A N kezelések hatása a növény szövetnedv-nitráttartalmára, illetve relatív klorofillértékeire különböző fejlődési szakaszokban

N adag (4)	Szövetnedv-nitrát (mg/dm ³) (1)						SPAD érték (2)			
	Mintavétel (3)									
	BBCH 31		BBCH 45		BBCH 31		BBCH 31		BBCH 45	
	Teljes növény (5)	Szár alsó része (6)	Levél (7)		Levél (7)		Levél (7)		Levél (7)	
	NO ₃ ⁻	RSD%	NO ₃ ⁻	RSD%	NO ₃ ⁻	RSD%	SPAD	RSD%	SPAD	RSD%
0	580 ^a	3	390 ^a	9	663 ^a	44	41,3 ^a	11,6	47,1 ^a	9,6
30	887 ^a	17	413 ^a	17	843 ^a	9	45,5 ^b	7,4	52,4 ^b	5,3
60	1040 ^a	14	420 ^a	42	967 ^a	22	48,9 ^{bc}	6,8	53,5 ^b	10,2
90	3033 ^b	13	1460 ^b	38	1117 ^a	30	50,2 ^c	6,4	58,5 ^c	7,6

Table 3. The effect of N treatments on the nitrate content of SAP nitrate and SPAD at different growth stages. (1) SAP nitrate content (mg dm⁻³), (2) SPAD value, (3) Sampling, (4) N dose (kg ha⁻¹), (5) Whole plant, (6) Lower part of the stem, (7) Leaf

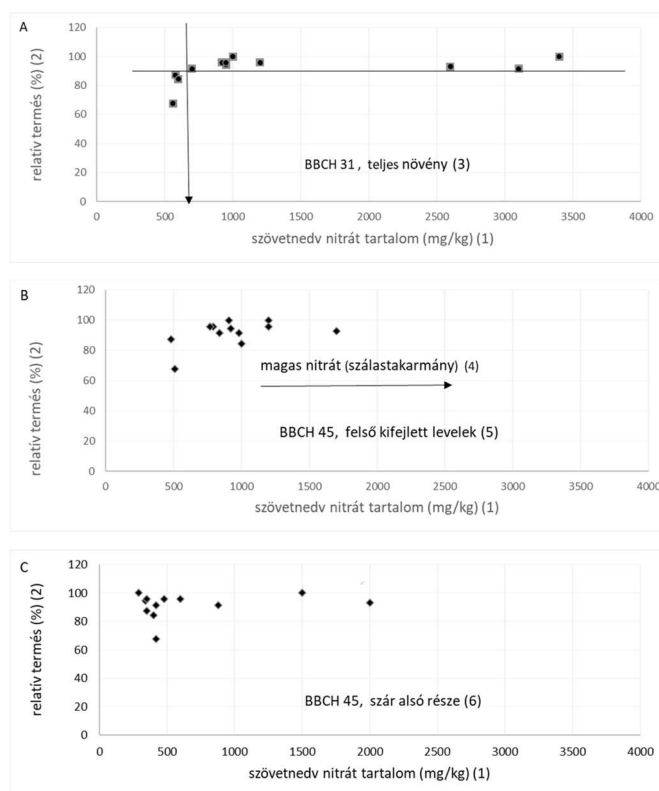
A BBCH 45 fejlődési szakaszban szövetnedv-nitrát értékek a szár alsó részében illetve a felső levelekben különbözőek voltak. Jellemzően a levélben magasabb nitrát értékeket kaptunk, mint a szárbán. *Thompson et al.* (2004) árpa és búza esetén ezzel ellentétesen azt tapasztalta, hogy a szár alsó részében magasabb a nitrátkoncentráció, kísérletében a nitrátot szárazanyagból mérték. A növekvő N adagok hatására nőtt a növény nitráttartalma, de a nagy szórásértékek miatt a hatás szignifikánsan jellemzően nem igazolható. A BBCH 45 fejlődési szakaszban a SPAD értékek szignifikánsan növekedtek az emelkedő N adagok hatására.

A mérések azt tükrözik, hogy a N lépcsők hatása a SPAD értékekkel precízebben nyomon követhetőek az adatok kisebb relatív szórása miatt. A SPAD mérésnél parcellánként öt adat állt rendelkezésre, melynek mindegyike öt mérés átlaga volt. Egy kezeléshatást így 5×5×3=75 mérési adat jellemzett, mivel a mérés gyorsan kivitelezhető volt. A nitrátmérésnél a mintavétel, préselés, mérés időigénye nagyobb, így egy parcellát egy átlagmintából vett présnedv nitráttartalma jellemzett, egy kezeléshez tartozó átlagot három minta alapján

számoltuk ki. A SPAD mérés kisebb szórásához az is hozzájárul viszont, hogy a SPAD értékek jóval kisebb intervallumon belül változnak, mint a nitrát értékek.

A kritikus szövetnedv-nitrát illetve SPAD értékek meghatározásához a relatív terméseredményt a nitrát-, illetve SPAD értékek függvényében ábráztoltuk (1–2. ábra).

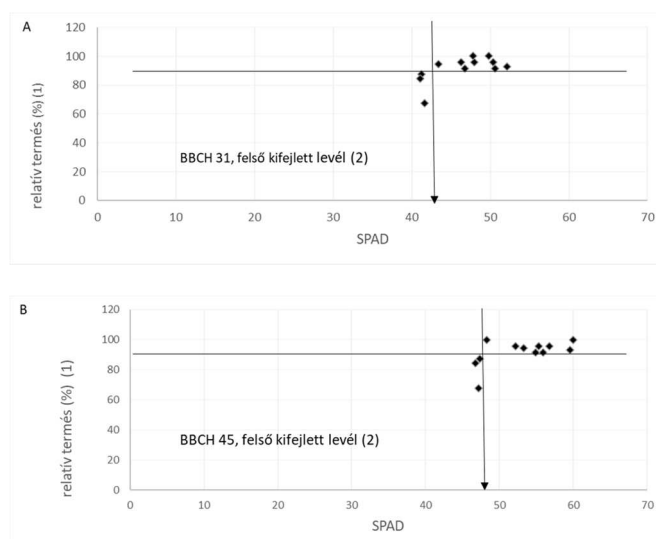
1. ábra. Terméseredmények és a különböző mintavételekhez tartozó szövetnedv-nitrátértékek



Megjegyzés: A: BBCH 31 teljes növény, B: BBCH 45 felső levelek, C: BBCH 45 szár alsó része.

Figure 1. Yield and SAP nitrate at different growth stages. (1) SAP nitrate, (2) Relative yield, (3) Whole plant, (4) High nitrate content applied as forage, (5) Upper mature leaf, (6) Lower part of the stem, Note: A: BBCH 31 whole plant, B: BBCH 45 upper leaves, C: BBCH 45 lower part of stem.

2. ábra. Terméseredmények és a különböző mintavételekhez tartozó SPAD értékek



Megjegyzés: A: BBCH31 felső kifejlett levelek, B: BBCH 45 felső kifejlett levelek.

Figure 2. Yield and SPAD values at different growth stages. (1) Relative yield, (2) Upper mature leaf, Note: A: BBCH 31 upper mature leaves, B: BBCH 45 upper mature leaves.

A BBCH 31 fejlődési szakaszban a szövetnedv-nitrátra kapott határérték 650 mg/kg (1A. ábra). Ez alacsonyabb, mint Liu et al. (2003) határértéke őszi búza esetén (<1000 mg/kg).

Amikor a terméseredményeket a BBCH 45 fejlődési szakaszban mért szövetnedv-nitrát értékek függvényében ábrázoltuk, a görbe alakja már kevésbé mutatott telítési jelleget (1BC. ábra). Ehhez a fejlődési szakaszhoz nem tudunk határértéket felállítani, mert a görbe alakja nem tette lehetővé a Cates Nelson módszer használatát.

A szövetnedv-nitrátértékekből Westcott et al. (2008) eredményei alapján áttekinthető, hogy mely esetben magas a növény nitráttartalma takarmányozási szempontból. Szálastakarmányként használt zabra Westcott et al. (2008) a következő szövetnedv-nitrát értékeket adta: 1130 mg/dm³ alatt biztonságos, 1130–1500 között a takarmány 75%-a lehet, 1500–2240 közt 50%-a, 2405–4450 közt 25%-a és 4450 mg/dm³ fölött etetésre nem alkalmas. Ez alapján

megállapítható, hogy a 90 kg/ha N kezelésnél a zab nitráttartalma a BBCH 45 fejlődési szakaszban magas volt (1B. ábra).

A BBCH 31 fejlődési szakaszban kapott SPAD határérték a 2. ábra alapján SPAD=43 (2A. ábra), ez hasonló Liu et al. (2003) határértékeihez, aki őszi búza esetén SPAD=44 alatt N hiányosnak tekintette az őszi búzát. A BBCH 45 fejlődési szakaszhoz tartozó SPAD határértéket az ábra alapján SPAD=48-nak állapítottuk meg.

Következtetések

A mérési eredményeink alapján megállapítjuk, hogy 10 növényre vett átlagmintán a szövetnedv-nitrátértékek a tenyészidőszak kezdetén, A BBCH 31 fejlődési szakaszban jó indikátorai a növény nitrogén-ellátottságának. A zab 650 mg/dm³ szövetnedv-nitrátkoncentráció alatt tekinthető nitrogénhiányosnak. A BBCH 45 fejlődési szakaszban azonban a magas szórás értékek miatt a szövetnedv-nitrátmérések nem jellemezték következetesen a N ellátottságot, ezért ebben az esetben a 10 növényre vonatkoztatott átlagminta mérése helyett még több mérés elvégzése javasolt.

A SPAD mérések a BBCH 31 és BBCH 45 fejlődési szakaszokban egyaránt szignifikánsan növekedtek a különböző a nitrogénlépcsők hatására. A SPAD jó ellátottsághoz tartozó határértéke a BBCH 31 fejlődési szakaszban 43, a BBCH 45 fejlettségi állapotban pedig 48.

A két módszer közül a relatív klorofilltartalom mérések kivitelezése jóval egyszerűbb és gyorsabb, ezért elsőként ezt a módszert ajánljuk a tápanyagellátottság követésére. Amennyiben takarmányozási szempontból a szalastakarmány túlzott nitráttartalmának ellenőrzése a cél, mivel a relatív klorofilltartalom mérések nem adnak erre információt, a szövetnedv-nitrátmérések elvégzése javasolt. A relatív klorofilltartalom egyéb tápelemek hiánya miatt is lecsökkenhet, ennek gyanúja esetén szintén szövetnedv-nitrátmérések adnak megerősítést, hogy N hiány áll fenn.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú „Debrecen Venture Catapult” című pályázati projekt támogatta.

IRODALOM

- Anderson, K. A.-Case, T. E.:* 1999. Evaluation of plant nitrate extraction techniques and effect of commonly used analytical methods of detection. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30. 9-10: 1479-1495.
- Cate, R. B.-Nelson, L. A.:* 1965. North Carolina State University International Soil Testing Series Technical Bulletin 1.
- Hochmuth, G. J.:* 1994. Plant Petiole Sap Testing: Guide for Vegetable Crops. Univ. of Florida Coop. Ext. Serv. Gainesville. FL. Circ. 1144.
- Hochmuth, G.-Maynard, D.-Vavrina, C.-Hanlon, E.-Simonne, E.:* 2012. Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crops in Florida. [In: *Nutrient Management of Vegetable and Row Crops Handbook.*] University of Florida Press. Gainesville. FL. USA. 45-92.
- Hoel, B. O.:* 1999. Determination of nitrogen status in winter wheat by measuring basal stem tissue sap nitrate concentration. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B - Plant Soil Science.* 49. 2: 82-91.
- Liu, X.-Ju, X.-Zhang, F.-Chen, X.:* 2003. Nitrogen recommendation for winter wheat using N min test and rapid plant tests in North China Plain. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 34. 17-18: 2539-2551.
- Milham, P. J.-Awad, A. S.-Paull, R. E.-Bull, J. H.:* 1970. Analysis of plants, soil and water for nitrate by using an ion specific electrode. *Analyst.* 95: 751-757.
- Rodríguez, A.-Peña-Fleitas, M. T.-Padilla, F. M.-Gallardo, M.-Thompson, R. B.:* 2021. Petiole sap nitrate concentration to assess crop nitrogen status of greenhouse sweet pepper. *Scientia Horticulturae.* 110. 157: 285.
- Thompson, T. L.-Ottman, M. J.-Riley-Saxton, E.:* 2004. Basal stem nitrate tests for irrigated malting barley. *Agronomy Journal.* 96. 2: 516-524.
- Thompson, R. B.-Tremblay, N.-Fink, M.-Gallardo, M.-Padilla, F. M.:* 2017. Tools and strategies for sustainable nitrogen fertilisation of vegetable crops. [In: *Advances in research on fertilization management of vegetable crops.*] Springer. Cham. 11-63.
- Xiong, D.-Chen, J.-Yu, T.-Gao, W.-Ling, X.-Li, Y.-Peng, S.-Huang, J.:* 2015. SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. *Scientific Reports.* 5. 1: 1-12.
- Yuan, Z.-Cao, Q.-Zhang, K.-Ata-Ul-Karim, S. T.-Tian, Y.-Zhu, Y.-Chao W.-Liu, X.:* 2016. Optimal leaf positions for SPAD meter measurement in rice. *Frontiers in Plant Science.* 7: 719.
- Westcott, M. P.-Cash, S. D.-Jacobsen, J. S.-Carlson, G. R.-Welty, L. E.:* 1998. Sap analysis for diagnosis of nitrate accumulation in cereal forages. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 29. 9-10: 1355-1363.

- Williams, C. M. J.-Maier, N. A.:* 1990. Determination of the nitrogen status of irrigated potato crop. I. Critical nutrient ranges for nitrate-nitrogen in petioles. *J. Plant Nutr.* 13: 971-984.
- Zhang, H.-Smeal, D.-Arnold, R. N.-Gregory, E. J.:* 1996. Potato nitrogen management by monitoring petiole nitrate level. *J. Plant Nutr.* 19. 10-11: 1405-1412.
- Zhou, G.-Yin, X.:* 2018. Assessing nitrogen nutritional status, biomass and yield of cotton with NDVI, SPAD and petiole sap nitrate concentration. *Experimental Agriculture.* 54. 4: 531-548.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Kremper Rita – Szarvas Szabolcs – Dr. Tállai Magdolna –
Dr. Béni Áron – Balláné Dr. Kovács Andrea
DE MÉK
Agrokémiai és Talajtani Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*kremper@agr.unideb.hu

Dr. Bákonyi Nóra
DE MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Eltérő genotípusú kukorica hibridek szárazanyag-beépülési és vízleadási dinamikájának vizsgálata

SZABÓ ATALA – IBTISSEM BALAOUT – ZELENÁK ANNABELLA

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A mezőgazdaságban, ezen belül is a kukoricatermesztésben számos tényező befolyásolja a termés sikerességét, ezért folytonos gyakorlati kihívásokkal állunk szemben.

Kutatásunkat a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén végeztük. A téma perspektíváját a kukoricaszemek szárazanyag-beépülése és vízleadó képessége adta eltérő genotípusú kukorica hibrideknél. Célkitűzésünk olyan hibridek alkalmazása, amelyek hozzájárulnak a kvantitatív és kvalitatív eredmények javításához. Fontos a jobb és hatékonyabb szárazanyag-beépülési és vízleadási tulajdonsággal rendelkező kukorica hibridek ajánlása a gyakorlat számára. A vizsgált hibridek közül a vízleadási képesség gyorsaságát tekintve a SY Solandry kukorica hibrid bizonyult a legjobbnak. A legnagyobb terméshozamot a P0217 hibrid eredményezte.

Kulcsszavak: kukorica, szárazanyag, vízleadás, termés

Examination of dry matter incorporation and water release dynamics of maize hybrids with different genotypes

A. SZABÓ – I. BALAOUD – A. ZELENÁK

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

Summary

In agriculture, including maize, many factors influence the success of crop, thus, we face ongoing practical challenges. The success of maize production is influenced by several factors, thus, farmers face a number of challenges.

Our experiment was set up at the Látókép Experimental Site of University of Debrecen. The perspective on the topic was given by the different dry matter accumulation and water release abilities of maize kernel between each genotype. The aim of our study is to choose hybrids which can be improved based on their quantitative and qualitative results. For the practical relevance, maize hybrids with better and more efficient dry matter accumulation and water release properties are recommended. Of the hybrids tested, the SY Solandry maize hybrid provided the best results in terms of faster water release ability. The highest yield was obtained from the P0217 hybrid.

Key words: maize, dry matter, water release, yield

Bevezetés

A kukoricatermesztés jelentősége világviszonylatban és hazánkban is egyre nagyobb. Fontos az adott ökológiai feltételekhez és termelési célokhoz legjobban illeszkedő kukorica hibridek megválasztása. A különböző kukorica hibridek eltérő hősszeg mennyiséget igényelnek a kukorica vegetatív és generatív fejlődési szakaszában (Horváth *et al.* 2021). Nagy (2021) bizonyította, hogy szoros korreláció mutatható ki a szemtermés víztartalma és a hőmérséklet között. A hőmérséklet korrelatív kapcsolata a szem nedvességével jelentős a 75–50% és az 50–30%-os

szakaszokban. Nagy és Zeke (1982) és Szlovák (1983) kísérlet eredményei azt mutatták, hogy a szárazabb, melegebb időjárás kedvezően hatott a szemek vízleadására, a hűvösebb, csapadékos időjárás azonban kedvezőtlenül befolyásolta vízleadást. A szárazanyag felhalmozódás a nővirágzás utáni 18. naptól a 100%-os levél öregedéséig tartó időszakban jelentkezett (Badu-Apraku et al. 1983).

A kutatás célja a különböző genotípusú kukorica hibridek szemtermésének szárazanyag beépülés és vízleadás dinamikájának vizsgálata és az eredmények közvetlen hasznosítása a gyakorlat számára.

Anyag és módszer

A vizsgálatot a Hajdúsági löszháton található Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén végeztük. Jelen kutatásban a vizsgálatokat négy eltérő genotípusú kukorica hibrid (Fornad FAO 420, DKC5092 FAO 380-410, P0217 FAO 490, SY Solandry FAO 380-400) bevonásával végeztük, nem öntözött körülmények között a 2021. évben.

A terület talaja mészlepedékes csernozjom középkötött, vályog talajtípusba sorolható. A talaj N- és P ellátottsága közepes, káliumellátottsága közepes-jó kategóriába sorolható. Humusztartalma átlagosan 2,8%; kémhatása közel semleges ($pH_{KCl}=5,97$). A talaj vízgazdálkodási paraméterei kedvezőek.

A vetés 2021. április 20-án volt. A mintavételezés a tenyészidőszakban öt alkalommal (07. 29., 08. 19., 09. 03., 09. 16. és 09. 23.) volt.

Április elejétől május végéig relatíve folyamatos negatív hőmérsékleti anomália jellemezte az időjárást. A nyári hónapokat a szokásosnál melegebb hőmérséklet és csapadékban szegény időszak jellemezte (1. ábra).

A statisztikai vizsgálatokat Minitab statisztikai környezetben végeztük. Az eredmények értékeléséhez varianciaanalízist, LSD tesztet alkalmaztunk. A grafikonokat Ms Excel 2019 programmal készítettük.

1. ábra. A klimatikus viszonyok alakulása (Látókép, 2021)

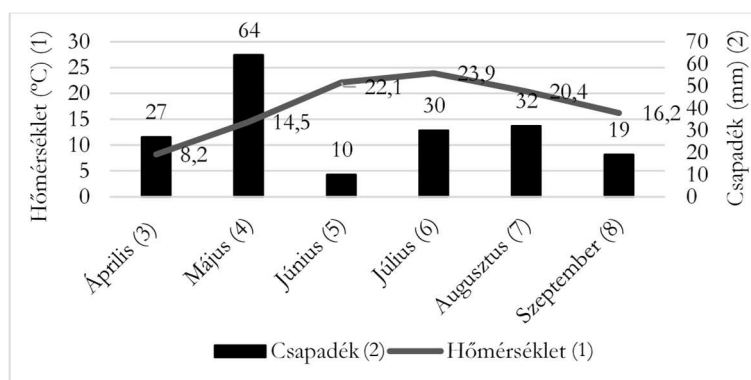


Figure 1. Changes in climatic conditions during the 2021 maize growing season (IV-IX). (1) Temperature (°C), (2) Precipitation (mm), (3) April, (4) May, (5) June, (6) July, (7) August, (8) September, (9) Precipitation, (10) Temperature

Eredmények

A kutatási eredményeink bizonyítják, hogy a kukorica hibridek vízleadási dinamikája, betakarításkori termése, szemnedvessége, szárítási költsége eltérő. A vízleadás vizsgálatának kezdetén (2021. 07. 29.) a kukorica hibridek szemnedvessége genetikailag determinált volt: P0217 (67%), SY Solandry (66%), DKC (64%) és Fornad (63%). A vizsgált időszakban (56 nap alatt) a napi vízleadás értéke közel azonos volt: 0,75–0,80%. A vizsgált négy genotípus hasonló, kedvező napi vízleadási értékei nem módosították a hibridek közötti szemnedvesség különbségeket. Az eredmények alapján 2021. 09. 23-án a szemnedvesség a Fornad hibridnél volt a legkedvezőbb, 20%. Majd sorrendben a SY Solandry hibrid követte 21%-kal, 22%-kal a DKC5092 és 24%-kal a P0217 kukorica hibrid (2–5. ábra).

2. ábra. A Fornad kukorica hibrid vízleadási dinamikája (Látókép, 2021)

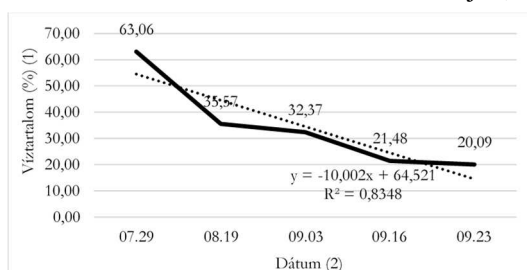


Figure 2. Water release dynamics of the Fornad maize kernel (Látókép, 2021) (1) Moisture content (%), (2) Date

3. ábra. A DKC5092 kukorica hibrid vízleadási dinamikája (Látókép, 2021)

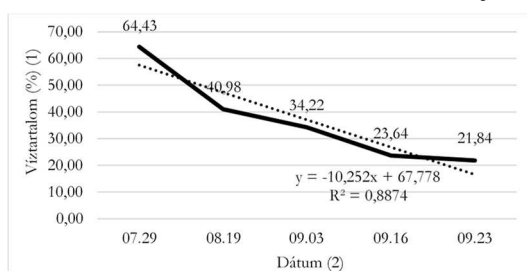


Figure 3. Water release dynamics of the DKC5092 maize kernel (Látókép, 2021) (1) Moisture content (%), (2) Date

4. ábra. A P0217 kukorica hibrid vízleadási dinamikája (Látókép, 2021)

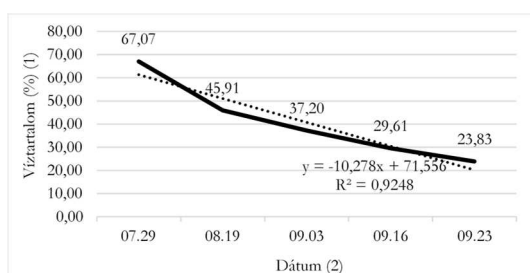


Figure 4. Water release dynamics of the P0217 maize kernel (Látókép, 2021) (1) Moisture content (%), (2) Date

5. ábra. A SY Solandry kukorica hibrid vízleadási dinamikája (Látókép, 2021)

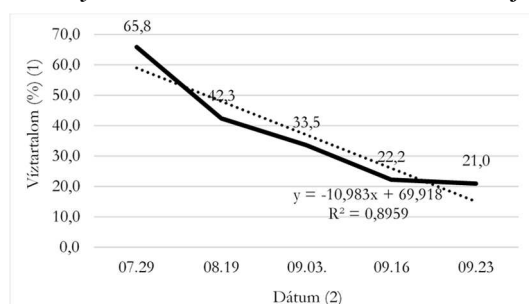


Figure 5. Water release dynamics of the SY Solandry maize kernel (Látókép, 2021) (1) Moisture content (%), (2) Date

A varianciaanalízis a hibrid értéknél (18,7^{***}) és a mintavételezés értékeinél (620,89^{***}) statisztikailag igazolható eltérést mutatott a 95%-os konfidencia intervallum mellett. A hibridek közül a Fornad hibrid esetén volt statisztikailag a legnagyobb érték a vízleadó-képességet tekintve. Mind az öt mintavételezési időpont között statisztikailag igazolható különbség volt. A legnagyobb vízvesztési érték a július 29-ei mintavételezési időpontban volt mérhető, a legalacsonyabb pedig az szeptember 23-án (1-3. táblázat).

1. táblázat. A vizsgált paraméterek (hibrid, mintavételezés) varianciaanalízisének eredményei

	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Hibrid (1)	3	112,73	37,58	18,70	0,000
Mintavételezés (2)	4	4989,74	1247,40	620,89	0,000
Hiba (3)	12	24,11	2,01		
Összesen (4)	19	5126,58			

Table 1. Results of the analysis of variance of the examined parameters (hybrid, sampling). (1) Hybrids, (2) Sampling, (3) Error, (4) Total

2. táblázat. *A hibridek Tukey csoportosítása a víztartalom különbözőségi eredménye alapján*

Hibrid (1)	N	Átlag (2)	Csoportosítás (3)
H2	5	40,7229	A
H4	5	36,9703	B
H3	5	36,5472	B C
H1	5	34,0834	C

Megjegyzés: az eltérő betűkkel jelzett értékek egymástól statisztikailag eltérnek. H1=Fornad, H2=P0217, H3=DKC5092, H4=Sy Solandry.

Table 2. Tukey grouping of hybrids based on the difference in water release. (1) Hybrid, (2) Mean, (3) Grouping, Note: values marked with different letters are statistically different from each other. H1=Fornad, H2=P0217, H3=DKC5092, H4=Sy Solandry.

3. táblázat. *A mintavételezési időpontok Tukey csoportosítása a víztartalom különbözőségi eredménye alapján*

Mintavételezési időpontok (1)	N	Átlag (2)	Csoportosítás (3)
07. 29.	4	65,0899	A
08. 19.	4	41,2002	B
09. 03.	4	34,3347	C
09. 16.	4	24,2316	D
09. 23.	4	20,5486	E

Table 3. Tukey grouping of sampling dates based on the difference in water content. (1) Sampling dates, (2) Mean, (3) Grouping

A legnagyobb terméseredményt P0217 hibrid érte el (21,600 t/ha), majd a DKC5092 hibrid követte 19,440 t/ha-ral, illetve a Fornad hibrid 18,400 t/ha-ral. A legkisebb hozama a SY Solandry hibridnek volt (16,553 t/ha).

Következtetések

Kutatásaink szerint a legjobb vízleadási képessége a SY Solandry kukorica hibridnek volt, ezért a szárítási költségek is kedvezőbbek. A vízleadási dinamika

nem függ szorosan össze a termés mennyiségével, mert a legjobb terméseredményt a P0217 kukorica hibrid érte el 21,6 t/ha-ral.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium Új Nemzeti Kiválósági Program ÚNKP-21-3-I számon támogatta az Országos Kutatási, fejlesztési és Innovációs Alap forrásából. A TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- Badu-Apraku, B.–Hunter, R. B.–Tollenaar, M.*: 1983. Effect of temperature on grain filling on whole plant and rain yield in maize (*Zea mays* L.) Canadian Journal of Plant Science. 63. 2: 357–363.
- 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.
- Nagy J.*: 2021. Kukorica. A nemzet aranya. Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó. Budapest. 516.
- Nagy J.–Zeke É.*: 1982. A kukoricaszemek vízleadásának vizsgálata. Növénytermelés. 2. 31: 119–124.
- Szlovák, S.*: 1983. The effect of increasing nitrogen doses upon dry matter production, transpiration and water utilization of maize plants. Acta Botanica Hungarica. 29. 1–4: 293–306.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Szabó Atala – Zelenák Annabella – Ibtissem Balaout
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*szabo.atala@agr.unideb.hu

A relatív klorofilltartalom és a termésmennyiség kapcsolatának vizsgálata eltérő genotípusú kukorica hibridekben

¹ZAGYI PÉTER - ¹RÁCZ DALMA - ¹TAMÁS ANDRÁS - ²VAD ATTILA -
¹HORVÁTH ÉVA - ¹SZÉLES ADRIENN

Debreceni Egyetem

¹MÉK Földhasznosítás, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

²AKIT DTTI Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep, Debrecen

Összefoglalás

A relatív klorofilltartalom (SPAD-érték) és termés közötti összefüggést vizsgáltuk két eltérő genotípusú kukorica hibrid bevonásával (Armagnac; Fornad), 2020 és 2021 évben. A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén végeztük, 1,5 hektáros, kétszeresen osztott percellás elrendezésű, kétismétléses tartamkísérletben. A szántóföldi kísérletben a műtrágyázás nélküli (kontroll) kezelés mellett a nitrogén (N) műtrágya-adagok alap- és fejrtrágyaként megosztva kerültek kijuttatásra. A tavaszi alaptrágyaként kijuttatott 60 és 120 kg N/ha dózist kétszeri fejrtrágyázás követte V6 és V12 fenofázisban, mennyisége +30 és +30 kg N/ha volt. Mindkét év vizsgálati eredményei alapján megállapítható, hogy az eltérő fenológiai fázisokban (V6, V12, Vn, VT, R1 R3 és R6) és az eltérő genotípusú hibrideknél mért SPAD-értékek a vegetatív fejlődés szakaszban növekedtek. A legnagyobb értékeket a generatív szakaszban mértük. A relatív klorofilltartalom a teljes érés szakaszában a teljes éréshez képest csökkent (2020: 17%; 2021: 23%). A SPAD-értékek és a terméseredmények a nagyobb N-dózisok hatására növekedtek. A kontroll kezelésben mért átlagos SPAD-érték ($40,32 \pm 5,56$) a V12₁₈₀ kezeléshez képest 18%-kal volt kisebb.

A legkisebb műtrágyaadag (A₆₀) az Armagnac hibrid termését 43%-kal, a Fornad hibrid termését 35%-kal növelte az évek átlagában a kontroll kezeléshez képest. A 120

kg N/ha alapkezelés átlagosan 49%-kal okozott további termésnövekedést a 60 kg N/ha alapkezeléshez viszonyítva. A relatív klorofilltartalom és termés között pozitív korrelációt igazoltunk. A fenofázisok előrehaladtával évjáratonként és genotípusonként eltérő mértékű összefüggést mutattunk ki. Az Armagnac hibridnél mindkét évben az R3 fenofázisban mért SPAD-értékek voltak a legjelentősebb hatással a termés alakulására ($r=0,84$; $r=0,80$). A Fornad hibridnél a 2020-ban az R1, míg a 2021-ben a V12 fenofázisokban mutattuk ki a legszorosabb korrelációt ($r=0,87$; $r=0,79$).

Kulcsszavak: kukorica hibridek, nitrogén, SPAD-érték, termés

Examination of the relationship between relative chlorophyll content and yield in maize hybrids of different genotypes

¹P. ZAGYI – ¹D. RÁCZ – ¹A. TAMÁS – ²A. VAD – ¹É. HORVÁTH – ¹A. SZÉLES
University of Debrecen

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

²AKIT DTTI Látókép Crop Production Experimental Station, Debrecen

Summary

The relationship between relative chlorophyll content (SPAD) and yield was investigated using two maize hybrids of different genotypes (Armagnac; Fornad) in 2020 and 2021. The studies were carried out at the University of Debrecen Látókép Experimental Station in a 1.5 ha double split-plot, two replicate field experiment. In the field experiment, nitrogen (N) fertiliser rates were applied in a split manner as basal and top dressing in the field experiment with no fertiliser application (control). The 60 and 120 kg N ha⁻¹ applied as spring basal fertiliser was followed by two top dressing fertiliser applications at V6 and V12 phenophases at +30 and +30 kg N ha⁻¹. Based on the test results of both years, it can be concluded that SPAD values measured in different phenological phases (V6, V12, Vn, VT, R1 R3 and R6) and in hybrids with different genotypes increased in the vegetative development stage. The highest values were measured at the generative stage. Relative chlorophyll content decreased

at the full maturation stage compared to the milk stage (2020: 17%; 2021: 23%). SPAD values and yields increased with higher N doses. The mean SPAD value (40.32 ± 5.56) in the control treatment was 18% lower compared to the V12180 treatment.

The lowest dose of fertiliser (A_{60}) increased the yield of the hybrid Armagnac by 43% and the yield of the hybrid Fornad by 35% on average over the years compared to the control treatment. The 120 kg N ha^{-1} base treatment caused an additional 49% increase in yield on average compared to the 60 kg N ha^{-1} basal treatment. A positive correlation between relative chlorophyll content and yield was demonstrated. As the phenophases progressed, different levels of correlation were found between crop years and genotypes. In the Armagnac hybrid, SPAD values measured in both years in the R3 phenophase had the most significant effect on yield development ($r=0.84$; $r=0.80$). In the Fornad hybrid, the strongest correlation was observed in the R1 phenophase in 2020 and in the V12 phenophase in 2021 ($r=0.87$; $r=0.79$).

Keywords: maize hybrids, nitrogen, SPAD readings, yield

Bevezetés

A kukorica a világ élelmezésében, takarmányozásában, energiabiztosításában rendkívül fontos szerepet tölt be (*Hou et al.* 2020). Segíti a népességnövekedés, a változó táplálkozási szokások miatti növekvő élelmiszerigény és a klímaváltozás okozta élelmiszerellátási problémák leküzdését (*Nagy* 2021), ugyanakkor mindehhez legalább 18%-kal kell javulnia a kukoricatermelésnek 2030-ig (*Listman és Ordóñez* 2019). Az 1999 és 2019 között eltelt 20 év alatt a kukorica termőterülete 137 millió hektárról 197 millió hektárra növekedett, ami közel 44%-os növekedés. Termésmennyisége 607 millió tonnáról 1148 millió tonnára emelkedett (*FAOSTAT* 2021).

Magyarország a kukoricatermelés tekintetében az Európai Unió 27 tagországa között kiemelkedő helyen áll. Hazánkban a búza mellett a kukoricát termesztik a legnagyobb területen, évenként átlagosan mintegy 1 millió hektáron (*Nagy* 2021). A szántóterület 24%-át foglalta el 2020-ban, ebben az évben 981 ezer hektáron 8,4 millió tonna termés képződött. Kiemelkedő gazdasági jelentőségét jól mutatja, hogy a megtermelt mennyiség 50%-át, 4,2 millió tonnát exportáltak 2020-ban, ami 40%-kal több

mint a 2016–2019 közötti időszakban átlagosan exportált 3 millió tonna (KSH 2021).

A kukorica tápanyagigényes növény, hozamát jelentősen befolyásolja a tápanyagellátottság. A szükséges mennyiségű tápanyag biztosításához elengedhetetlen a műtrágyázás. A kukorica optimális trágyaadagja több tényezőtől is függ, mint a tápanyagigénytől, a talaj tápanyagellátottságától, a tápanyag-szolgáltató képességétől, a korábbi években kijuttatott hatóanyagok mennyiségétől, valamint az adott hibrid tápanyaghasznosító képességétől (Bocz 1976, 1992; Berzsényi és Lap 2003, Árendás et al. 2018, Pepó 2020, Nagy 2021). Megfelelő tápanyag-utánpótlással javítható a kukorica nitrogén-felhasználás hatékonysága (Barbieri et al. 2008, Muschiatti-Piena et al. 2018, Széles et al. 2018, Horváth et al. 2019, Nyéki et al. 2020), csökkenthető a tápanyag-stressz kialakulásának veszélye (Rácz et al. 2021). A nitrogén-felhasználás hatékonyságának javítása kulcsfontosságú tényező a fenntartható mezőgazdasági rendszerekben, hogy maximális hozamot érjünk el, miközben a nitrogénbevitelt próbáljuk minimalizálni és a nitrogénvesztést csökkenteni (Németh 2001, Nagy 2012, Illés et al. 2021). A tápanyagok közül a nitrogén mennyisége befolyásolja legnagyobb mértékben a kukorica növekedését és a hozamot (Sárvári és Pepó 2014, Du et al. 2020, Su et al. 2020). Jelentős hatással van a vegetatív folyamatokra, a csírázáskori tápanyagfeltétel javítása nagyban befolyásolja a kelést, a homogén kelés biztonságosabb termést eredményez (Szabó et al. 2022). A nitrogén a növényi fehérjék elengedhetetlen építő köve, így nemcsak a mennyiségi, hanem a minőségi paraméterek egyik legfontosabb befolyásolója (Izsáki 2006, Litke et al. 2019, Bojtor et al. 2021).

A nitrogénműtrágya mennyiségének és kijuttatásának időpontja jelentős hatással van a kukorica termelékenységére. A nitrogén alaptrágyázás optimális időszaka tavaszra tehető, amely jelentősen növeli a termés mennyiségét (Davies et al. 2020, Horváth et al. 2021), azonban a vetés előtt nagy mennyiségben kijuttatott N-hatóanyag egy része elillanhat, esetleg kimosódhat (Timmons és Cruse 1990). A fejtrágyázással a növénytáplálás hatékonysága fokozható, amely nagymértékben befolyásolja a termés mennyiségét és minőségét (Széles et al. 2019a, Davies et al. 2020). Ugyanakkor többlet műveleti költséggel jár, ezért ezt hozadékaival szembe állítva kell szükségességét eldönteni, amennyiben szükségessége indokolt, a

kijuttatandó tápanyagmennyiség megosztott adagjainak számát (Tóth 2002, Árendás 2016, Széles et al. 2019b).

Az eltérő műtrágya adagok kijuttatása befolyásolja a klorofilltartalmat (SPAD-értéket) (Berzsenyi és Lap 2001, Csajbók et al. 2005, Simkó és Veres 2019). A nitrogéndózisok növelése magasabb SPAD-értéket eredményez a tenyészidőszak előrehaladtával, a SPAD-érték az 50%-os nővirágzás (R1) fenofázisban a legintenzívebb (Ványiné Széles 2010). Számos kutató igazolta, hogy a kukorica levelének klorofill- és nitrogéntartalma, és a kukorica termése között szoros pozitív korreláció van (Walters 2003, Ványiné Széles és Nagy 2012, Kandel 2020).

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén (É.sz. 47°33' K.h. 21°27') végeztük. A 1,5 hektáros, kétszeresen osztott parcellás elrendezésű, 2×kétismétléses (öntözött, nem öntözött) tartamkísérlet 2011-ben lett beállítva. A talaj kiváló tulajdonságokkal rendelkező mészlepedékes csernozjom (Nagy 2005). Jelen dolgozatban a vizsgálatokat két eltérő genotípusú kukorica hibrid (Armagnac - FAO490, Fornad - FAO420) bevonásával végeztük, nem öntözött körülmények között a 2020 és 2021 évben.

A kísérleti terület - talajvizsgálata alapján - a talaj fizikai féleségét tekintve a vályog kategóriába sorolható. Az Arany-féle kötöttségi szám 44, közepes humusztartalom (Hu%=2,7) és közepes mésztartalom jellemzi. A talaj felső részének kémhatása közel semleges ($\text{pH}_{\text{KCl}}=6,6$), ez a kémhatás a növények tápanyagfelvételét segíti. A talaj foszforellátottsága szintén közepes (AL-oldható P_2O_5 133 mg kg/ha), míg a káliumellátottság a közepes-jó (AL-oldható K_2O 240 mg kg/ha) kategóriába esik (Nagy 2019).

A szántóföldi kísérletben a műtrágyázás nélküli (kontroll) kezelés mellett az N-műtrágya-adagok alap- és fejtrágyaként megosztva kerültek kijuttatásra. A tavasszal alaptrágyaként kijuttatott 60 és 120 kg N/ha dózist kétszeri fejtrágyázás követte V6 és V12 fenofázisban, mennyisége +30 és +30 kg N/ha volt. A termést 14%-os nedvességtartalomra korrigáltuk.

A kukorica relatív klorofill tartalmának méréseit június elejétől szeptember közepéig tartó időszakban hét eltérő fenofázisban (V6, V12, Vn, VT, R1, R3 és R6) végeztük a Konica Minolta SPAD-502 készülékkel. A vizsgált

hibrideknél minden műtrágyakezelésben két ismétlésben végeztük a méréseket. Minden parcellán három növényt mértünk, a méréseket R1 fenofázisig a legfelső kifejtett levélen, az R1 fenofázistól a csővel átellenes levélen végeztük. A relatív klorofilltartalom-méréseket, minden parcella balról, második sorának 6. 7. és 8. növényén végeztük.

A vizsgált két év időjárási viszonyai különböztek egymástól. A 2020. évi időjárás körülményei összességében kedvezőek voltak a kukorica termesztésének szempontjából. A csapadékszegényebb és hűvösebb április-májusi időszakot követően júniusban 15 csapadékos napon 118,5 mm csapadék hullott, ami megközelítően duplája a 30 éves átlagnak (1991–2020). A jelentősebb hőhullámok elmaradtak, így a kukorica növekedése igen intenzív volt ebben a hónapban. Júliusban is kimagasló mennyiségű (148,5 mm) volt a csapadék, 81,7 mm-rel haladta meg a sokéves átlagot. A 21 °C-os havi átlaghőmérséklet csupán 0,8 °C-kal volt alacsonyabb a sokéves átlagtól. Az augusztusi 22,6 °C-os havi átlaghőmérséklet és a sokéves átlaghoz (46,4 mm) képest 23 mm-rel több csapadék szintén kedvező volt a kukorica számára (Nagy és Nagy 2022). A 2021. év tenyészidőszakának agrometeorológiai viszonyai összességében igen kedvezőtlenül alakultak. Június utolsó dekájától egészen augusztusig terjedő időszakban a hőségnapok száma meghaladta az átlagot (június utolsó harmada közel 6 °C-kal volt melegebb a 30 éves átlagnál). Az igen meleg időjárás súlyos csapadékhiánnyal párosult. Júniusban mindössze 6,4 mm csapadék hullott, jelentősen elmaradva a 30 éves átlagtól. Az aszály júliusban és augusztusban tovább folytatódott (Nagy és Nagy 2022).

A statisztikai értékeléshez az SPSS for Windows 21.0 statisztikai programcsomagot használtuk. A kezelések átlagértékeit Duncan-teszttel hasonlítottuk össze. A függő változó (SPAD érték, termés) és a termesztési tényező (műtrágya, évjárat, genotípus) közötti kapcsolat vizsgálatára variancia-analízist végeztünk 5%-os szignifikanciaszinten ($p < 0,05$). A két év SPAD-értékekre gyakorolt hatását független t-próbával vizsgáltuk.

Eredmények és értékelés

Vizsgáltuk a SPAD-értéket befolyásoló tényezőket a két év és a hibridek átlagában (1. táblázat). Megállapítottuk, hogy a SPAD-értékekre statisztikailag igazoltan hatással volt az évjárat, a genotípus, a fenofázisok és a műtrágyakezelés

($p < 0,001$). Az évjárat \times fenofázisok, valamint az évjárat \times műtrágyakezelés kölcsönhatás szintén szignifikánsan hatott a kukorica relatív klorofill-tartalmára ($p < 0,001$), azonban a fenofázis \times genotípus, valamint a genotípus \times műtrágyakezelés esetében nem tapasztaltunk szignifikáns összefüggést.

1. táblázat. A kukorica relatív klorofilltartalmának (SPAD-érték) változását befolyásoló tényezők (Látókép, 2020–2021)

Tényezők (1)	SS	DF	F
Év (2)	5003,5	1	398,2***
Fenofázis (3)	8642,2	6	114,6***
Genotípus (4)	221,8	1	17,7***
NPK	6198,3	6	82,2***
Ismétlés (5)	414,8	1	33,1***
Év \times fenofázis (6)	601,8	6	7,9***
Év \times genotípus (7)	211,2	1	16,8***
Év \times NPK (8)	220,9	6	2,9**
Fenofázis \times genotípus (9)	68,1	6	0,9 ^{NS}
Fenofázis \times NPK (10)	1428,4	36	3,2***
Genotípus \times NPK (11)	102,8	6	1,4 ^{NS}

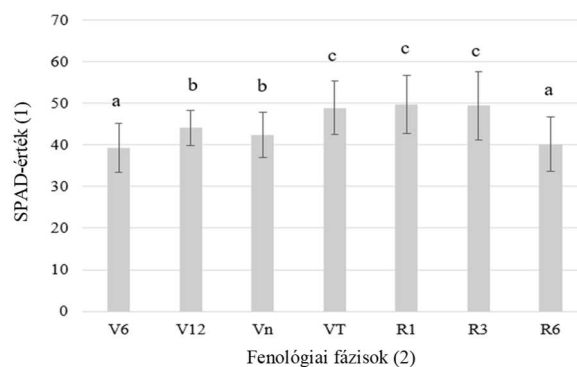
Megjegyzés: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; NS=nem szignifikáns

Table 1. Factors affecting changes in the relative chlorophyll content (SPAD) of maize (Látókép, 2020–2021). (1) Factors, (2) Years, (3) Phenophases, (4) Genotypes, (5) Replications, (6) Year \times phenophase, (7) Year \times genotype, (8) Year \times NPK, (9) Phenophase \times genotype, (10) Phenophase \times NPK, (11) Genotype \times NPK, Note: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; NS=not significant

A SPAD-értékeket a hibridek, évek, műtrágyakezelések átlagában, a tenyészidőszak során hét eltérő fenológiai fázisban vizsgáltuk (1. ábra).

A Duncan-teszt alapján a legkisebb értéket ($39,32 \pm 8,84$) a V6 növekedési szakaszban mértük, amely szignifikánsan ($p < 0,05$) különbözött a V12 fenofázisban mért $44,02 \pm 4,14$ SPAD értéktől. Hasonlóan Ványiné Széles (2010) eredményeihez a SPAD-érték az 50%-nővirágzás (R1) fenológiai fázisban volt a legmagasabb ($49,71 \pm 7,02$), azonban a legnagyobb statisztikailag igazolt SPAD-értéket már a hímvirágzás (VT) idején igazoltuk.

1. ábra. A kukorica hibridek relatív klorofilltartalmának (SPAD-érték) változása a különböző fenológiai fázisokban (Látókép, 2020–2021)



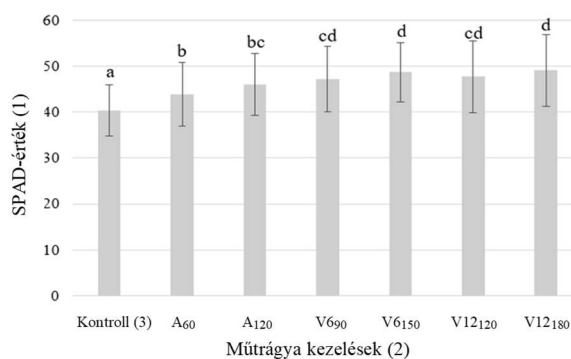
Megjegyzés: n=72. A különböző betűvel jelzett értékek $p < 0,05$ valószínűségi szinteken szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan-teszt alapján.

Figure 1. Changes in relative chlorophyll content (SPAD) of maize hybrids at different phenological stages (Látókép, 2020–2021). (1) SPAD readings, (2) Phenological phases, Note: n=72. Values marked with different letters are significantly different from each other at the probability of $p < 0.05$ according to Duncan's test.

A műtrágyázás SPAD-értékekre gyakorolt hatásának vizsgálatánál Ványiné Széles et al. (2012) és Horváth et al. (2019) eredményeivel egyezően azt tapasztaltuk, hogy a műtrágya adagok növelése – hibridek, évek, fenológiai fázisok átlagában – a kukorica relatív klorofilltartalmát növelte (2. ábra). A kontroll (nem műtrágyázott) parcellán mértük a legkisebb értéket ($40,32 \pm 5,56$), mely a Duncan-teszt alapján szignifikánsan ($p < 0,05$) különbözött a többi kezeléstől. A legmagasabb SPAD-érték ($49,15 \pm 7,88$) a V12₁₈₀ kezelésben volt, azonban a legnagyobb statisztikai különbséget már a V6₁₅₀ kezelésnél igazoltuk ($48,71 \pm 6,47$).

Genotípusonként és évenként vizsgálva a műtrágyázás hatását a SPAD-értékekre – a fenofázisok átlagában – az eredmény azt mutatta, hogy 2020-ban és 2021-ben mind az Armagnac, mind a Fornad hibrid esetében a kontroll kezelésben volt a legkisebb a SPAD-érték (2020: $41,89 \pm 3,92$ és $43,83 \pm 5,79$; 2021: $38,17 \pm 4,39$ és $37,38 \pm 5,36$), ami statisztikailag is igazolódott (2. táblázat).

2. ábra. A N-műtrágya kezelések hatása a kukorica relatív klorofilltartalmára (SPAD érték) a fenológiai fázisok átlagában (Látókép, 2020–2021)



Megjegyzés: n=56. A különböző betűvel jelzett értékek $p < 0,05$ valószínűségi szinteken szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan-teszt alapján.

Figure 2. Effect of N-fertilizer treatments on the relative chlorophyll content (SPAD value) of maize averaged over the phenological phases (Látókép, 2020–2021). (1) SPAD readings, (2) Fertiliser treatments, (3) Control, Note: n=56. Values marked with different letters are significantly different from each other at the probability of $p < 0,05$ according to Duncan's test.

A 2020-as évben a legnagyobb SPAD-értékeket mindkét hibridnél ($51,67 \pm 4,80$; $54,34 \pm 6,14$) a V₁₂₁₈₀ műtrágyakezelésben érték el. A statisztikailag is igazolt szignifikáns különbséget az Armagnac hibrid esetében a V₁₂₁₈₀ kezelés, a Fornad hibrid esetében a V₁₂₁₂₀ kezelés esetében mutattuk ki. 2021-ben a V₆₁₅₀ műtrágyakezelés esetében mértük a legnagyobb relatív klorofilltartalmat mindkét hibridnél ($46,11 \pm 7,34$; $45,79 \pm 6,02$), ami statisztikailag is igazolt. A legkisebb műtrágyaadag (A₆₀) 2020-ban Armagnac hibridnél 11%-kal ($p < 0,05$), a Fornad hibridnél 13%-kal ($p < 0,05$) növelte a SPAD-értéket, 2021-ben ennél a tápanyagszintnél ez a növekedés 4%, illetve 8% volt, ami azonban statisztikailag nem igazolható különbség. Az A₁₂₀ alapkezelés hatására kialakult SPAD-érték növekedés az A₆₀ alapkezeléshez képest egyik évben és egyik hibridnél sem volt statisztikailag igazolható.

A 60 kg N/ha alaptrágyázást a V₆ fenofázisban további 30 kg N/ha-ral növelve (V₆₉₀), 2020-ban az Armagnac hibrid esetében 3,7%-kal, a Fornad hibrid esetében 6,8%-kal mértünk magasabb SPAD-értékeket, melyek statisztikailag nem igazolhatók. 2021-ben, hasonlóan a 2020-as évhez a két

műtrágyakezelés közötti SPAD-érték növekedés (Armagnac 9%, Fornad 10%) egyik hibridnél sem volt statisztikailag igazolható. A V12 fenofázisban további 30 kg N/ha tápanyag kijuttatás (V12₁₂₀) 2020-ban az Armagnac hibrid esetében további 3,5%, a Fornad hibrid esetében pedig további 2% SPAD-érték növekedést mértünk a V6₉₀ kezeléshez viszonyítva. 2021-ben az Armagnac hibrid SPAD-értéke 1,5%-kal csökkent a V6₉₀ kezeléshez képest, a Fornad hibrid SPAD-értéke nem változott. A Duncan-teszt alapján megállapítható, hogy ezek a SPAD-érték alakulások nem szignifikánsak.

2. táblázat. A nitrogén műtrágyázás hatása a vizsgált genotípusú kukorica hibridek relatív klorofilltartalmára (Látókép, 2020–2021)

Kezelések (1)	2020		2021	
	Armagnac	Fornad	Armagnac	Fornad
Kontroll (2)	41,89 ^a	43,83 ^a	38,17 ^a	37,38 ^a
A ₆₀	46,48 ^b	49,37 ^b	39,65 ^{ab}	40,25 ^{ab}
A ₁₂₀	47,89 ^{bc}	49,24 ^b	43,75 ^{bc}	43,08 ^{bc}
V6 ₉₀	48,23 ^{bc}	52,79 ^{bc}	43,33 ^{bc}	44,32 ^{bc}
V6 ₁₅₀	50,35 ^{bc}	52,58 ^{bc}	46,11 ^c	45,79 ^c
V12 ₁₂₀	49,89 ^{bc}	53,96 ^c	42,72 ^{bc}	44,28 ^{bc}
V12 ₁₈₀	51,67 ^c	54,34 ^c	45,05 ^c	45,53 ^c

Megjegyzés: A különböző betűvel jelzett értékek $p < 0,05$ valószínűségi szinteken szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan-teszt alapján s vizsgálati éveken belül.

Table 2. Effect of nitrogen fertilisation on the relative chlorophyll content of maize hybrids of the examined genotypes (Látókép, 2020–2021). (1) Treatments, (2) Control, Note: Values marked with different letters are significantly different from each other at the probability of $p < 0.05$ according to Duncan's test in the examined year.

A 120 kg N/ha alaptrágyázást a V6 fenofázisban további 30 kg N/ha-ral növelve (V6₁₅₀), 2020-ban az Armagnac hibridnél 5,2%-kal, a Fornad hibridnél 6,9%-kal mértünk magasabb SPAD-értékeket, míg 2021-ben ez a változás +5,3%, illetve +6,3% volt. A V12 fenofázisban további 30 kg N/ha tápanyag kijuttatás (V12₁₈₀) 2020-ban az Armagnac hibrid esetében további 2,6%-kal, a Fornad hibrid esetében további 3,2%-kal növelte a SPAD-értékeket, míg 2021-ben az Armagnac hibrid SPAD-értéke 2,2%-kal, a Fornad hibrid SPAD-értéke 0,7%-kal csökkent a V6₁₅₀ kezeléshez képest. A Duncan-teszt alapján

megállapítható, hogy ezek a SPAD-érték változások statisztikailag nem igazolhatók.

A 2020. évben a V6 fenológiai fázis kivételével a műtrágyázás nélküli (kontroll) kezelésben voltak a legalacsonyabbak a SPAD-értékek (3. táblázat). Az A₆₀ alapkezelés minden fenológiai fázisban növelte a SPAD-értékeket. A V6 és V12 fenofázisban a legnagyobb SPAD érték (47,03±1,64 és 49,44±1,39) a V12₁₈₀ kezelésben volt, amely a nem műtrágyázott kezeléshez viszonyítva statisztikailag igazoltan 4,28 és 8,60 értékkel volt több. Az R1 növekedési szakaszban a legnagyobb SPAD-értéket (59,35±2,50) a V12₁₈₀ kezelésnél mértük, 12,64 értékkel tért el a kontroll kezeléstől. A tenyészidőszak végén (R6) a SPAD-értékek minden kezelésnél csökkentek, átlagosan 17%-kal az R3 fenofázishoz képest (p<0,001).

3. táblázat. A nitrogén műtrágyázás és a fenológiai fázisok hatása a kukorica relatív klorofilltartalmára (Látókép, 2020–2021)

Kezelések (1)	2020						
	Fenológiai szakaszok (2)						
	V6	V12	Vn	VT	R1	R3	R6
Kontroll (3)	42,75 ^{ab}	40,84 ^a	39,78 ^a	46,73 ^a	46,71 ^a	46,06 ^a	37,17 ^a
	A	A	A	A	A	A	A
A ₆₀	44,22 ^b	44,90 ^b	43,38 ^{ab}	53,97 ^{bc}	52,83 ^b	52,39 ^b	43,78 ^b
	A	A	A	A	A	A	A
A ₁₂₀	41,21 ^a	45,47 ^b	46,48 ^b	51,86 ^{ab}	56,60 ^{bc}	55,14 ^{bc}	43,21 ^b
	A	A	A	A	A	A	A
V6 ₉₀	44,24 ^b	47,99 ^{bc}	47,25 ^b	54,38 ^{bc}	55,31 ^{bc}	58,19 ^{bc}	46,19 ^{bc}
	A	A	A	A	A	A	A
V6 ₁₅₀	45,01 ^{bc}	46,52 ^{bc}	48,52 ^b	56,03 ^{bc}	55,64 ^{bc}	56,93 ^{bc}	51,63 ^c
	A	A	A	A	A	A	A
V12 ₁₂₀	44,09 ^b	48,30 ^{bc}	48,65 ^b	59,20 ^c	57,00 ^{bc}	59,11 ^c	47,15 ^{bc}
	A	A	A	A	A	A	A
V12 ₁₈₀	47,03 ^c	49,44 ^c	47,52 ^b	58,25 ^{bc}	59,35 ^c	58,36 ^c	51,09 ^c
	A	A	A	A	A	A	A

A 3. táblázat folytatása a következő oldalon...

... a 3. táblázat folytatása

Kezelések (1)	2021						
	Fenológiai szakaszok (2)						
	V6	V12	Vn	VT	R1	R3	R6
Kontroll (3)	33,75 ^{abc}	39,23 ^a	37,17 ^a	42,2 ^a	40,41 ^a	37,58 ^a	34,09 ^a
	B	A	A	B	B	B	B
A ₆₀	34,93 ^{abc}	41,59 ^{ab}	39,64 ^{ab}	42,1 ^a	44,02 ^{ab}	41,55 ^a	35,86 ^{ab}
	B	A	A	B	B	A	A
A ₁₂₀	36,14 ^{abc}	47,35 ^d	38,48 ^a	47,1 ^b	48,92 ^{bc}	49,13 ^b	36,87 ^{ab}
	B	A	A	A	B	B	A
V6 ₉₀	38,43 ^{bc}	44,88 ^{bcd}	37,87 ^a	46,4 ^{ab}	49,43 ^{bc}	52,45 ^b	37,36 ^{ab}
	A	A	B	B	A	A	A
V6 ₁₅₀	39,65 ^c	46,41 ^{cd}	45,61 ^c	46,5 ^{ab}	52,29 ^c	53,58 ^b	37,63 ^{ab}
	A	A	A	B	A	A	B
V12 ₁₂₀	32,04 ^{ab}	42,28 ^{abc}	44,34 ^{bc}	48,2 ^b	49,29 ^{bc}	49,47 ^b	38,88 ^{ab}
	B	B	A	B	B	B	B
V12 ₁₈₀	31,32 ^a	46,97 ^d	45,00 ^{bc}	48,9 ^b	52,72 ^c	52,69 ^b	39,37 ^c
	B	A	A	B	A	A	B

Megjegyzés: a különböző kisbetűvel jelzett értékek $p < 0,05$ valószínűségi szinteken szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan-teszt alapján. Az évjáráthatás vizsgálata során a különböző nagybetűvel jelzett értékek a t-próba alapján szignifikánsan eltérnek ($p < 0,05$).

Table 3. Effect of nitrogen fertilisation and phenological phases on the relative chlorophyll content of maize (Látókép, 2020–2021). (1) Treatments, (2) Phenological phases, (3) Control, Note: values with different lower case letters are significantly different from each other at the $p < 0,05$ level using Duncan's test. When examining the crop year effect, the different upper case values are significantly different ($p < 0,05$) according to the t-test.

A 2021. évben a V6 és VT fenológiai fázisok kivételével a műtrágyázás nélküli (kontroll) kezelésben voltak a legkisebb SPAD-értékek. Az A₆₀ alapkezelés minden fenológiai fázisban – kivéve a VT fenofázist – növelte a SPAD-értékeket, átlagosan 6%-kal, ami statisztikailag nem igazolt. Az A₁₂₀ alapkezelés a Vn fenológiai fázis kivételével minden növekedési szakaszban tovább növelte a SPAD-értéket átlagosan 8%-kal, ez a növekedés szignifikánsan a V12, VT, és R3 fenológiai szakaszban igazolható ($p < 0,05$). A V12 növekedési szakaszban a legnagyobb SPAD érték ($47,35 \pm 1,92$) az A₁₂₀ kezelésben volt, amely a nem műtrágyázott kezeléshez viszonyítva statisztikailag igazoltan 8,12 értékkel volt nagyobb. Az R1 növekedési szakaszban a legnagyobb SPAD-értéket ($52,72 \pm 5,12$) a V12₁₈₀ kezelés

eredményezte, 12,31 értékkel tért el a kontroll kezeléstől. A statisztikailag igazolt szignifikáns differenciát azonban ebben a fenológiai fázisban a V6₁₅₀ kezelés eredményezte. Az R6 fenológiai szakaszban a SPAD-értékek minden kezelésnél csökkentek, átlagosan 23%-kal az R3 fenofázishoz képest ($p < 0,001$).

Vizsgáltuk az évjárathatást műtrágyakezelésenként az egyes fenofázisokra vonatkozóan. A két év fenofázisainak SPAD-értékeit vizsgálva a V6 fenofázisban a V6₉₀ és V6₁₅₀ kezelések kivételével mindegyik kezelésben szignifikáns különbséget kaptunk. A legnagyobb eltérés (15,71) a V12₁₈₀ kezelésben volt. A 12 leveles növekedési szakaszban a V12₁₂₀ kezelés, a Vn növekedési szakaszban a V6₉₀ kezelés mutatott szignifikáns különbséget (6,02 és 9,38) a SPAD-értékek között. A VT fenofázisban az A₁₂₀ kezelés kivételével mindegyik kezelésben szignifikáns különbséget kaptunk, a legnagyobb különbség (11,87) az A₆₀ kezelésben volt. Nővirágzáskor (R1) a kontroll, A₆₀, A₁₂₀ és V12₁₂₀ kezelésekből mértünk szignifikáns különbséget, a legnagyobb (8,81) az A₆₀ kezelésben volt. Az R3 fenofázisban a kontroll, A₁₂₀ és V12₁₂₀ kezelésekből volt szignifikáns különbség a SPAD-értékek között, a legnagyobb különbség (9,64) az V12₁₂₀ kezelésben volt kimutatható. A tenyészidőszak végén az R6 növekedési szakaszban az A₆₀, A₁₂₀ és V6₉₀ kezelések kivételével mindegyik kezelésben szignifikáns különbséget kaptunk, a legnagyobb eltérés (11,72) a V12₁₈₀ kezelésben volt.

A kukorica terméseredményére statisztikailag igazoltan legnagyobb hatással ($p < 0,001$) a műtrágyakezelés, az évjárat és az évjárat×műtrágyakezelés kölcsönhatás volt. Az évjárat×genotípus és genotípus×műtrágyakezelés kölcsönhatás esetében kisebb szignifikanciát tapasztaltunk ($p < 0,01$). A genotípus nem volt szignifikáns hatással a terméseredményre (4. táblázat).

Hibridenként és évenként vizsgálva a műtrágyázás hatását a termésre, azt tapasztaltuk, hogy 2020-ban és 2021-ben mindkét hibridnél a kontroll kezelésben volt a legkisebb a termés (2020: 6,502±0,91 t/ha és 6,770±1,00 t/ha; 2021: 5,648±1,12 t/ha és 5,542±1,17 t/ha), ami statisztikailag is igazolt (5. táblázat).

4. táblázat. A kukorica terméseredményét befolyásoló tényezők
(Látókép, 2020–2021)

Tényezők (1)	SS	DF	F
Ismétlés (2)	55,4	1	45,1***
Év (3)	594,7	1	484,4***
Genotípus (4)	1,5	1	1,2 ^{NS}
NPK	3452,4	6	468,7***
Év×genotípus (5)	44,5	1	36,2**
Év×NPK (6)	156,2	6	21,2***
Genotípus×NPK (7)	23,3	6	3,2**

Megjegyzés: ***p<0,001; **p<0,01; NS=nem szignifikáns.

Table 4. Factors affecting the yield of maize (Látókép, 2020–2021). (1) Factors, (2) Replications, (3) Year, (4) Genotype, (5) Year×genotype, (6) Year×NPK, (7) Genotype×NPK, Note: ***p<0.001; **p<0.01; NS=not significant.

5. táblázat. A nitrogén műtrágyázás hatása a vizsgált kukorica hibridek
terméseredményére (Látókép, 2020–2021)

Kezelések (1)	2020		2021	
	Armagnac (t/ha)	Fornad (t/ha)	Armagnac (t/ha)	Fornad (t/ha)
Kontroll (2)	6,502 ^a	6,770 ^a	5,648 ^a	5,542 ^a
A ₆₀	9,635 ^b	9,855 ^b	7,685 ^b	6,825 ^b
A ₁₂₀	13,555 ^{cd}	14,190 ^d	12,015 ^c	10,885 ^c
V ₆₉₀	9,615 ^b	12,680 ^c	10,615 ^d	8,890 ^c
V ₆₁₅₀	12,815 ^c	13,820 ^d	12,006 ^c	10,250 ^{de}
V ₁₂₁₂₀	13,875 ^d	12,545 ^c	9,475 ^c	8,835 ^c
V ₁₂₁₈₀	13,720 ^d	13,695 ^d	9,720 ^{cd}	9,885 ^d

Megjegyzés: a különböző betűvel jelzett értékek p<0,05 valószínűségi szinteken szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan-teszt alapján.

Table 5. Effect of nitrogen fertilisation on the yield of maize hybrids (Látókép, 2020–2021). (1) Treatments, (2) Control, Note: Values marked with different letters are significantly different from each other at the probability of p<0.05 according to Duncan's test.

2020-ban az Armagnac hibridnél a V12₁₂₀, a Fornad hibridnél az A₁₂₀ műtrágya-kezelésben volt a legnagyobb a termésmennyiség (13,875±1,06 t/ha és 14,190±0,52 t/ha), ami statisztikailag is igazolt. 2021-ben az A₁₂₀ műtrágya-kezelés esetében mértük a legnagyobb termést (12,015±0,53 t/ha és 10,885±0,14 t/ha) mindkét hibrid esetében, és a legnagyobb szignifikáns differenciát is ennél a kezelésnél tapasztaltuk. A kezelések átlagában a 2020-as tenyészév nagyobb termést (Armagnac 18%, Fornad 37%) eredményezett mindkét kukoricahibridnél.

A legkisebb műtrágyaadag (A₆₀) az Armagnac hibridnél 2020-ban 48%-kal, 2021-ben 37%-kal növelte a termést. Ennél a tápanyagszintnél a Fornad hibrid 2020-ban 46%-os, 2021-ben 24%-os termésnövekedést produkált. Az A₆₀ és az A₁₂₀ alapkezelések közötti különbséget vizsgálva megállapítható, hogy az Armagnac hibrid 2020-ban 42%-kal, 2021-ben 57%-kal eredményezett nagyobb termést, a Fornad hibrid termésnövekedése pedig 43%, illetve 60% volt a vizsgált két évben.

A 60 kg N/ha alaptrágyázást (A₆₀) a V6 fenofázisban további 30 kg N/ha-ral növelve (V6₉₀), 2020-ban az Armagnac hibridnél nem tapasztaltunk termésnövekedést. A Fornad hibrid esetében 28%-os növekedést mértünk ($p<0,05$). 2021-ben az Armagnac hibrid termése 38%-kal, a Fornad hibrid termése 31%-kal volt több a hatleveles állapotban kijuttatott 30 kg N/ha hatóanyag hatására ($p<0,05$). A V12 fenofázisban további 30 kg N/ha tápanyag kijuttatás (V12₁₂₀) a 2020-as évben az Armagnac hibrid esetében okozott termésnövekedést (45%, $p<0,05$), a többi esetben átlagosan 4%-kal csökkent a termés, azonban ezt a termésnövekedést statisztikailag igazolni 2021. évben az Armagnac hibrid esetében tudtuk.

A 120 kg N/ha alaptrágyázást (A₁₂₀) a V6 fenofázisban további 30 kg N/ha-ral növelve (V6₁₅₀), 2020-ban az Armagnac hibridnél 6%-os, a Fornad hibridnél 3%-os termésnövekedést mértünk, 2021-ben az Armagnac hibrid termése nem változott, a Fornad hibrid termése 6%-kal csökkent. A Duncan-teszt alapján ezek a változások statisztikailag nem igazolhatók. A V12 fenofázisban további 30 kg N/ha tápanyag kijuttatás (V12₁₈₀) a 2020-as évben az Armagnac hibrid esetében okozott termésnövekedést (7%, $p<0,05$).

Összefüggésvizsgálatot végeztünk a relatív klorofill tartalom és a kukorica termésmennyisége között (6. táblázat). Megállapítható, hogy hatleveles fenofázisban szignifikáns összefüggés a 2020-as tenyészévben, a Fornad

hibrid esetében igazolható. A fenológiai fázisok előrehaladtával évenként és hibridenként eltérő mértékű összefüggés mutatható ki. Az Armagnac hibridnél 2020 és 2021 években a legszorosabb összefüggés tejes érés (R3) idején igazolható ($r=0,84$; $r=0,80$). Az ekkor mért SPAD-értékek voltak a legjelentősebb hatással a termés alakulására. A Fornad hibridnél 2020-ban az 50%-os nővirágzás (R1) időszakában volt kimutatható a legszorosabb összefüggés ($r=0,87$). 2021-ben összességében gyengébb összefüggés igazolható az egyes fenofázisokban, a legszorosabb korrelációt 12 leveles állapotban tudtuk kimutatni ($r=0,79$).

6. táblázat. *Relatív klorofilltartalom és termésmennyiség összefüggésvizsgálata (Látókép, 2020–2021)*

Hibridek (1)	2020						
	V6	V12	Vn	Vt	R1	R3	R6
Fornad	0,47	0,82	0,77	0,55	0,87	0,70	0,83
Armagnac	NS	0,68	0,70	0,73	0,79	0,84	0,69
2021							
Fornad	NS	0,79	NS	NS	0,68	0,65	NS
Armagnac	NS	0,65	0,57	0,71	0,75	0,80	NS

Megjegyzés: NS-nem szignifikáns.

Table 6. Correlation between relative chlorophyll content and yield (Látókép, 2020–2021). (1) Hybrids, Note: NS-not significant.

Következtetések

Kutatásunk alapján az alaptrágyázással kijuttatott eltérő tápanyagszintek statisztikailag is igazolhatóan pozitív hatással voltak a termés mennyiségére. A V6 és V12 növekedési szakaszokban kijuttatott további trágyaadagok a kisebb dóziszú alaptrágyázást (A_{60}) követően további termésnövekedést okoztak. A 120 kg N/ha alaptrágyázásra V6, illetve V12 fenofázisban kijuttatott fejtrágyák hatásainak vizsgálata során nem tapasztaltunk további termésnövekedést. A relatív klorofilltartalmak (SPAD-értékek) a generatív fázisban erős pozitív korrelációt mutattak. A műtrágya adagok növelésével a SPAD-értékek növekedtek. A tenyészidőszak végén az R6 növekedési

szakaszban mindkét hibrid esetében a SPAD-értékek jelentősen csökkentek az R3 fenológiai fázishoz képest. A csökkenés mértéke 2020-ban átlagosan 17%, 2021-ben átlagosan 23% volt. Az évjáráthatás a tenyészidőszak elején (V6), valamint a címerhányás (VT) időszakától a tenyészidőszak végéig összességében statisztikailag jobban elkülönült. Ezen fenológiai fázisokban az évjáráthatás jobban befolyásolta a SPAD-értékek alakulását. A relatív klorofilltartalom megbízhatóan alkalmazható mutatószám a termés mennyiségének alakulására. Eredményeink alátámasztják, hogy nagyon fontos az eltérő genotípusú kukorica hibridek tápanyagutánpótlása során a hatóanyag optimális mennyiségének és a kijuttatás idejének helyes megválasztása annak érdekében, hogy a fenntartható és biztonságos termelés megfelelő mennyiségű terméssel párosuljon. A vizsgált évek és hibridek terméseredményei alapján megállapítható, hogy az A₁₂₀ kezelés volt a legkedvezőbb.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány „A TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program, valamint az EFOP 3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- Árendás T.*: 2016. Víz nélkül nincs tengeri. Agrárium. 2016/12/15.
- Árendás T.-Berzsenyi Z.-Bónis P.- Szőke Cs.-Marton L. Cs.-Fodor N.*: 2018. A vetésforgó, a trágyázás és a növényszám hatása a kukorica termésére. Agrofórum Extra. 75: 98-103.
- Barbieri, A. P.-Echeverría, E. H.-Sainz Rozas, R. H.-Andrade, H. F.*: 2008. Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen availability and row spacing. Agronomy Journal. 100. 4: 1094-1100.
- Berzsenyi Z.-Lap D. Q.*: 2001: A kukorica N ellátottságának monitoringja SPAD-502 típusú klorofillmérővel. Martonvásár. 1: 7.
- Berzsenyi Z.-Lap D. Q.*: 2003. N-műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletben. Növénytermelés. 52. 3-4: 389-408.
- Bocz E.*: 1976. Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 257.

- Bocz E.: 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 887.
- Bojtor, C.-Illés, Á.-Horváth, É.-Nagy, J.-Marton, L. Cs.: 2021. Hybridspecific nutrient interactions and their role in maize yield quality. *Agronomy Research*. 19. 4: 1698-1710.
- Csajbók, J.-Kutasy, E.-Hunyadi, Borbélyné É.-Lesznyák, M.-né-Futó, Z.-Jakab, P.: 2005. Effects of nutrient supply on the photosynthesis of maize hybrids. *Cereal Res. Commun.* 33. 1: 169-172.
- Davies, B.-Coulter, J. A.-Pagliari, P. H.: 2020. Timing and rate of nitrogen fertilization influence maize yield and nitrogen use efficiency. *PloS one*. 15. 5: e0233674.
- Du, L.-Li, Q.-Li, L.-Wu, Y.-Zhou, F.-Liu, B.-Zhao, B.-Li, X.-Liu, Q.-Kong, F.-Juan, J.: 2020. Construction of a critical nitrogen dilution curve for maize in Southwest China. *Scientific Reports*. 10. 1. 13084: 1-10.
- FAO: 2021.: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Horváth, É.-Fejér, P.-Széles, A.: 2019. The impact of climatic factors on the relative chlorophyll content and yield of a maize hybrid in a long-term experiment. *Acta Agraria Debreceniensis*. 1: 71-77.
- 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.
- Hou, P.-Liu, Y.-Liu W.-Liu, G.-Xie, R.-Wang, K.-Ming, B.-Wang, Y.-Zhao, R.-Zhang W.-Wang Y.-Bian, S.-Ren, H.-Zhao, X.-Liu, P.-Chang, J.-Zhang, G.-Liu, J.-Yuan, L.-Zhao, H.-Shi, L.-Zhang, L.-Yu, L.-Gao, J. L.-Yu, X.-Shen L.-Yang S.-Zhang, Z.-Xue, J.-Ma, X.-Wang, X.-Lu, T.-Dong, B.-Li, G.-Ma, B.-Li, J.-Deng, X.-Liu, Y.-Yang, Q.-Fu, H.-Liu, X.-Chen, X.-Huang, C.-Li, S.: 2020. How to increase maize production without extra nitrogen input. *Resources, Conservation Recycling*. 160. 104913: 1-9.
- Illés, Á.-Bojtor, Cs.-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. 2129: 1-14.
- Izsáki, Z.: 2006. Effect of nitrogen supplies on protein content and amino acid composition in maize (*Zea mays* L.) kernels. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 497-500.
- Kandel, B. P.: 2020. SPAD value varies with age and leaf of maize plant and its relationship with grain yield. *BMC Res Notes*. 13: 475.
- KSH: 2021. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0021.html
- Listman, M.-Ordóñez, R.: 2019. Ten things you should know about maize and wheat. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). www.cimmyt.org/news/ten-things-you-should-know-about-maize-and-wheat/
- Litke, L.-Gaile, Z.-Ruža, A.: 2019. Effect of nitrogen rate and forecrop on nitrogen use efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy Research*. 17. 2: 582-592.

- Muschiatti-Piana, M. P.-Cipriotti, P. A.-Urricariet, S.-Peralta, N. R.-Niborski, M.:* 2018. Using site-specific nitrogen management in rainfed corn to reduce the risk of nitrate leaching. *Agricultural Water Management*. 199: 61-70.
- Nagy J.:* 2005. 30 év a kukoricakutatás és fejlesztés szolgálatában. [In: Nagy J. (szerk.) *Kukoricahibridek adaptációs képessége és terméshozama.*] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 8-83.
- Nagy, J.:* 2012. The effect of fertilization and precipitation on the yield of maize (*Zea mays* L.) in a long-term experiment. *Quarterly J.* 116: 39-52.
- Nagy J.:* 2019. Komplex talajhasználati, víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérletek 1983-tól a Debreceni Egyetemen. *Növénytermelés*. 68. 3: 5-28.
- Nagy J.:* 2021. *Kukorica. A nemzet aranya. Élelmiszer, takarmány, bioenergia.* Szaktudás Kiadó. Budapest. 516.
- Nagy Z.-Nagy J.:* 2022. A 2020-as és a 2021-es kukorica tenyésztési időszak agrometeorológiai viszonyainak összehasonlító elemzése. *Növénytermelés*. 71. 1: 33-51.
- Németh T.:* 2001. A tápanyag-gazdálkodás szerepe a szántóföldi növénytermesztésben. [In: Kovács et al. (szerk.) *Lehetőségek az agrártermelés környezetbarát fejlesztésében.*] MTA Agrártudományok Osztálya. Budapest. 106-132.
- Nyéki A.-Gombos B.-Nagy J.:* 2020. Nitrogéntrágyázás hatékonyságának vizsgálata Ceres-Maize modellel a Debrecen-Látókép tartamkísérlet eredményeinek felhasználásával. *Növénytermelés*. 69. 1: 33-52.
- Pepó, P.:* 2020. Examining the interactions between various production technological factors in long term maize and winter wheat experiments. *Növénytermelés*. 69. 1: 54-71.
- Rácz, D.-Szóke, L.-Tóth, B.-Kovács, B.-Horváth, É.-Zagyi, P.-Duzs, L.-Széles, A.:* 2021. Examination of the Productivity and Physiological Responses of Maize (*Zea mays* L.) to Nitrapyrin and Foliar Fertilizer Treatments. *Plants*. 10. 2426: 1-19.
- Sárvári, M.-Pepó, P.:* 2014. Effect of production factors on maize yield and yield stability. *Cereal Res. Commun.* 42. 4: 710-720.
- Simkó, A.-Veres, S.:* 2019. Evaluation of the correlation between SPAD readings and absolute chlorophyll content of maize under different nitrogen supply conditions. *Acta Agraria Debreceniensis*. 2: 121-126.
- Su, W.-Ahmad, S.-Ahmad, I.-Han, Q.:* 2020. Nitrogen fertilization affects maize grain yield through regulating nitrogen uptake, radiation and water use efficiency, photosynthesis and root distribution. *Peer J*. 8: e10291.
- Szabó, A.-Széles, A.-Illés, Á.-Bojtor, Cs.-Mousavi, S. M. N.-Radócz, L.-Nagy, J.:* 2022. Effect of different nitrogen supply on maize emergence dynamics, evaluation of yield parameters of different hybrids in long-term field experiments. *Agronomy*. 12. 284: 1-13.

- Széles, A.–Harsányi, E.–Kith, K.–Nagy, J.: 2018.: The effect of fertilisation and weather extremities caused by climate change on maize (*Zea mays* L.) yield in Hungary. Journal of Agriculture Food and Development. 4: 1–9.
- Széles, A.–Nagy, J.–Rátonyi, T.–Harsányi, E.: 2019a. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. Maydica. 64. 2: 1–14.
- Széles, A.–Kovács, K.–Ferencsik, S.: 2019b. The effect of crop years and nitrogen basal and top dressing on the yield of different maize genotypes and marginal revenue. Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service. 123. 3: 265–278.
- Timmons, D. R.–Cruse, R. M.: 1990. Effect of fertilization method and tillage on nitrogen – 15 recovery by corn. Agronomy Journal. 82. 4: 777–784.
- Tóth Z.: 2002. A fejtápanyázás jelentősége. Agro Napló. 6. 3: 55–56.
- Ványiné Széles, A.: 2010. Evaluation of the level of N supply in maize hybrids at different nutritional levels. Acta Agronomica Hungarica. 58: 89–94.
- Ványiné Széles, A.–Megyes, A.–Nagy, J.: 2012. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. Agricultural Water Management. 107: 133–144.
- Ványiné Széles, A.–Nagy, J.: 2012. Effect of nutrition and water supply on the yield and grain protein content of maize hybrids. Australian Journal of Crop Science. 6. 3: 381–390
- Walters, D.: 2003. Diagnosis of nitrogen deficiency maize and the influence of hybrid and plant density. Thirty-Third North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference. 19: 19–26.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Zagyi Péter – Rác Dalma – Dr. Tamás András – Horváth Éva – Dr. Széles Adrienn
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítás, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*zagyi.peter@agr.unideb.hu

Dr. Vad Attila
Debreceni Egyetem AKIT DTTI
Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Lombtrágyakezelés hatása Ivola (FAO 350) és Mv Marfi (FAO 480) kukorica (*Zea mays L.*) hibrid termesztési eredményeire

¹ZELENÁK ANNABELLA - ²KITH KÁROLY - ¹BALAOUT IBTISSEM -
³NYÉKI ANIKÓ

¹Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

²Natur Agro Hungária Kft., Váchartyán

³Széchenyi István Egyetem MÉK

Biológiai Rendszerek és Élelmiszeripari Műszaki Tanszék, Mosonmagyaróvár

Összefoglalás

A növekvő népesség igényeinek kielégítése egyre nagyobb elvárásokat támaszt a szántóföldi növénytermesztéssel szemben. A jelen és a jövő kihívása, hogy szélsőséges időjárási viszonyok mellett is biztosítsuk a kiváló kukorica genotípusok magas és stabil terméshozamát. A mezőgazdaság fejlődésében egyre nagyobb arányban alkalmaznak mikrobiológiai készítményeket, mert ezzel javítható a kultúrnövények ellenállóképessége, csökkenthető a kemikáliák felhasználása is. A gyökértrágyázással ellentétben a lombtrágyázást közvetlenül a levelekre juttatjuk ki, így a tápanyag pótlása a növény eltérő növekedési fázisaiban hatékonyabban alkalmazható.

Kutatásunkat a Debreceni Egyetem Látókép Növénytermesztési Kísérleti Telepén beállított kísérletben végeztük. Csepegtető öntözéses agrotechnika mellett vizsgáltuk a 2021. évben a természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonyságát. A kukorica állományt 7-8 leveles állapotban Natur Plasma T biostimulátor, Natur Active komplex lombtrágya, illetve Cink és Kén Mono adalékok levélre történő permetezéssel kezeltük. Ezen készítmények alkalmazása gyors és hatékony tápanyagbeépülést tesz lehetővé a vegetatív, vagy akár a generatív ciklusok során. A tenyészidőszakban az Ivola (FAO 350) és Mv Marfi (FAO 480) kukorica hibrid fontosabb paramétereit

(SPAD, NDVI) mértük a kritikus fenofázisokban (12 leveles állapot, nővirágzás, fiziológiai érettség). A kukoricánövény fenometria tényezőin kívül vizsgáltuk több csőparaméter alakulását is a lombtrágyázás hatását figyelembe véve (szemszám, ezerszemtömeg, csősúly, szem-csutka arány, csőhossz, csőátmérő).

Az alkalmazott lombtrágyakezelés több mint fél tonnás (0,7 t) terméstöbbletet eredményezett az Ivola hibrid esetében. Az Mv Marfi hibridnél az eltérés jelentősebb volt, kontroll parcellában 15,023 t/ha eredményt ért el, míg a kezelés hatására 13,4%-kal magasabb termést, 17,041 t/ha kaptunk. A lombtrágyázással mindkét vizsgált kukorica genotípusnál nőtt az ezerszem tömeg, az Ivola hibridnél 22,8%-kal magasabb értéket mértünk (348,5 g), míg az Mv Marfi hibrid esetében a 356,9 gramm 6%-os többletet adott.

A kezelés hatására a SPAD eredményeket vizsgálva minden mért fejlődési szakaszban pozitívan reagált a két hibrid. A legmagasabb értéket kezelt állományban az Ivola hibridnél mértünk (62,78 SPAD) nővirágzáskor. A tenyészidőszak alatt a 12 leveles, a nővirágzás és a fiziológiai érés idején kapott kedvező NDVI értékek jól tükrözték a hibridek fejlődését és egészségi állapotát. A kezelés hatására javult az állomány kondíciója, biomassza produktuma.

A kapott eredmények alapján kimutatható, hogy a tesztelt lombtrágyák használatával javult a kukoricaállomány állóképessége és hatására az alaptrágyázáson felül további termésnövekedést tapasztaltunk.

Kulcsszavak: kukorica, genotípus, levéltrágya, öntözés, SPAD, NDVI

**Effects of foliar fertiliser treatment on the performance of
Ivola (FAO 350) and Mv Marfi (FAO 480)
maize (*Zea mays L.*) hybrids**

¹A. ZELENÁK - ²K. KITH - ¹I. BALAOUD - ³A. NYÉKI

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

²Natur Agro Hungária Kft., Váchartyán

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

Summary

Meeting the needs of a growing population places increasing demands on arable crop production. The challenge now and in the future is to ensure high and stable yields of superior maize genotypes under extreme weather conditions. In the development of agriculture, microbiological preparations are being used to an increasing extent to improve the resistance of crops and reduce the use of chemicals. In contrast to root fertilisation, foliar fertilisation is applied directly to the leaves, so that nutrient supplementation can be applied more effectively at different growth stages of the plant.

The research in this paper was carried out in an experiment at the Látókép Plant Production Experiment Site of the University of Debrecen. The efficiency of natural foliar fertilisers was investigated in the year 2021 under drip irrigation. The maize stand was treated with foliar sprays of Natur Plasma T biostimulant, Natur Active complex foliar fertiliser and Zinc and Sulphur Mono additives at the 7-8-leaf stage. The application of these products allows a rapid and efficient nutrient incorporation during the vegetative or even the generative cycles. During the growing season, the main parameters (SPAD, NDVI) of maize hybrids Ivola (FAO 350) and Mv Marfi (FAO 480) were measured at critical phenophases (12-leaf stage, silking, physiological maturity). In addition to the maize plant phenometry factors, the evolution of several ear parameters was also investigated, taking into account the effect of foliar

fertilisation (number of grains, thousand grain weight, ear weight, grain-cob ratio, ear length, ear diameter).

The applied foliar fertiliser treatment resulted in a yield increase of more than half a tonne (0.7 t) for the hybrid Ivola. For the hybrid Mv Marfi, the difference was more significant, with a yield of 15.023 t ha⁻¹ in the control plot, while the treatment resulted in an increase of 13.4% and a yield of 17.041 t ha⁻¹. Foliar fertilisation increased the thousand grain weight of both examined maize genotypes, with a 22.8% increase in the hybrid Ivola (348.5 g), while the hybrid Mv Marfi showed a 6% increase (356.9 g).

Based on the obtained SPAD readings, the two hybrids responded positively to the treatment at all measured developmental stages. The highest value in the treated stand was measured in the hybrid Ivola (62.78 SPAD) at silking. The positive NDVI values obtained during the growing season at the 12-leaf stage, silking and physiological maturation properly reflected the development and health of the hybrids. The treatment improved the condition and biomass production of the maize stand.

The obtained results show that the use of the tested foliar fertilisers improved the endurance of the maize stand and resulted in additional yield increases over and above the primary fertilisation.

Keywords: maize, genotype, foliar fertiliser, irrigation, SPAD, NDVI

Bevezetés

Az előrejelzések szerint a világ népessége 2050-re eléri a 9 milliárd főt (Godfray et al., 2010), ami 70%-kal növeli az élelmiszerigényt (Randive et al. 2021). A jelen és a jövő kihívása, hogy biztosítsuk a növekvő népesség élelmiszerellátását az egészséges támogatási rendszer fenntartása mellett. Hazánkban a gabonatermés közel 55%-át a kukorica adta 2020-ban (KSH 2020), 973 ezer hektáron összesen 8,4 millió tonna kukoricát takarítottak be. A kukorica terméshibiztonságát növelhetjük az adott ökológiai viszonyokhoz legjobban igazodó, kedvező nedvességleadó képességű hibridek termesztésével. Továbbá fontos a növény igényének megfelelő, víztakarékos talajművelés, vetésváltás, harmonikus tápanyag-visszapótlás, hatékony növényvédelem és az optimális növényszám biztosítása (Nagy 2010).

Magyarországon a termés mennyiségét leginkább meghatározó meteorológiai tényező a csapadék. *Nagy* (2007) szerint a kukoricatermelés legnagyobb hazai problémája a vízhiány. A kukorica vízigénye a címerhányás, virágzás és a szemfejlődés korai szakaszában a legnagyobb, a 4,4–5,6 mm/nap az optimális vízmennyiség a növény számára (*Shaw* 1976). A legvízigényesebb időszak július, augusztus hónapra esik, ezért a kukorica aszályérzékenysége nagy (*Szalóki* 1989). Kukoricában az aszály termés csökkentése 10–76% is lehet, attól függően, hogy melyik vegetációs szakaszban következik be (*Bolados et al.* 1993). *Pandey et al.* (2000) szerint száraz éghajlatú területeken a vegetatív fázisban fellépő vízhiány (hiányos tápanyag-ellátottsággal társulva), növeli a gyökeresedési mélységet, ezáltal kisebb lesz az aktív levélfelület és csökken a felesleges párologtatás. *Lorens et al.* (1987) szerint is a vízhiány nagymértékű terméseszkücsökkenést eredményezhet. *Gaffney et al.* (2015) szerint a mezőgazdaság számára a klímaváltozás okozta időről időre előforduló szárazság és ezen hatások előrejelzésének hiánya, folyamatos kihívást fog jelenteni. *Pepó* (2007) tartamkísérleti eredményeiben öntözés nélkül az évjárat vízellátottsága jelentősen befolyásolta a kukorica terméseredményét. Aszályos évjáratban az öntözés terméstöbblete optimális műtrágya dózisonál 4–5 t/ha, átlagos évjáratban 1–2 t/ha, míg csapadékos évjáratban 0–0,4 t/ha volt csernozjom talajon. *Futó és Gábor* (2017) kísérletükben csepegtetőszalagos öntözés hatását vizsgálta. Az eredmények alapján a hozamok 22,3–24,5%-kal növekedtek az öntözetlen parcellák terméséhez képest.

Kukoricatermesztésünk továbbfejlesztésének kulcskérdése a termesztéstechnológiában ható agrotechnikai elemek közötti interaktív hatásának minél jobb hasznosítása és ezeknek a hibridekre történő adaptációjában rejlik (*Pepó* 2019). Egy genotípus stabil hozama azt jelenti, hogy a többi genotípushoz viszonyítva termése változatlan marad egy adott környezetben (*Abera et al.* 2006). A terméspotenciált a fajta hozamaként definiálják, amikor olyan környezetben termesztik, amelyhez alkalmazkodott, nincs korlátozva a tápanyag és a víz hozzáférhetősége, valamint hatékonyan ellenőrzik a károsító tényezőkre (kártévők, betegségek, gyomok) és egyéb stresszhatásokra (*Evans és Fischer* 1999). A kukoricatermesztésben az a hibrid megfelelő, amely a talaj természetes tápanyag készletét jól hasznosítja, és a nitrogéndózis növelésére átlagos, vagy annál magasabb terméstöbblettel reagál. (*Széll és Kálmán* 2005). Fontos a hibridek stabilitása is (*Shojaei et al.* 2021).

Leonard et al. (2020) vizsgálati eredményei azt mutatták, hogy a kukorica genotípusa és termesztési rendszere szignifikánsan befolyásolta a termést. *Pepó és Karancsi* (2014) szerint nagy különbségek vannak a különböző genetikai hátterű kukorica hibridek között. Nemcsak a termelési potenciálban, hozam stabilitásban, hanem a hibridek különböző agrotechnikai inputokhoz való alkalmazkodásában is. A szántóföldi növények terméseredményét az ökológiai, biológiai-genetikai és agrotechnikai tényezők interaktív módon befolyásolják (*Pepó* 2021).

A precíziós gazdálkodás a környezetre gyakorolt káros hatások csökkentése és a terméshozam növelése érdekében lehetővé tette a korlátozott mennyiségű műtrágya hatékony felhasználását, valamint a növényi igények kielégítéséhez szükséges öntözést. *Harder et al.* (1982) szerint a kukorica egészségi állapotának támogatására a kiegészítő lombtrágya kezelés megfelelő stratégia. Azonban a szántóföldi kultúrák lombtrágyázása nem volt a mindennapi gyakorlat része. Az időjárási szélsőségek (például a hőstressz és a szárazság), valamint a talajban lévő mikroelemek korlátozott hozzáférhetősége a talajműtrágyázás kiegészítésére készítette a gazdálkodókat (*Brankov et al.* 2020). Számos kutatási eredmény bizonyítja, hogy a lombtrágyák aktív szerepet játszanak a termények minőségének, terméshozamának és anyagcseréjének javításában (*Fernández és Brown* 2013). *Brankov et al.* (2020) szerint a nitrogén aminosav formájában tartalmazó lombtrágyák kijuttatása jobb eredményeket adott a foszfortartalmú műtrágyákhoz képest. A tápelemek közvetlenül a leveleken keresztül felszívódhatnak, és más szervekbe szállíthatók (*Gao et al.* 2018). *Víg et al.* (2010) vizsgálati eredményeik statisztikai értékelése során arra a megállapításra jutottak, hogy a tesztelt lombtrágyák alkalmazásával javul a kukoricaállomány kondíciója.

Nagy és Széles (2018) szerint az elvégzett hosszú távú szántóföldi kísérleten alapuló kutatás-fejlesztési és innovációs eredmények felhasználásával a termesztéstechnológiai eljárások lehetővé teszik a vetőmagok, műtrágyák és növényvédő szerek területileg szabott és differenciált, a környezethez igazodó alkalmazását. *Sowiński* (2018) szerint a SPAD értékek alkalmasak a növények relatív klorofilltartalmának meghatározására, továbbá a klorofilltartalom összefüggésben van a növény egészségi állapotával és a termés mennyiségével. *Ványiné* (2009) megállapítása szerint az évjárat jelentősen befolyásolja a műtrágyázás- és a SPAD értékek kapcsolatát. Átlagos csapadékú évben szoros volt

a kapcsolat, száraz időjárású évben gyengébb. Több kutató is kimutatta a klorofilltartalom és a nitrogénellátottság szintje közötti szignifikáns összefüggést. *Széles et al.* (2012) eredményeiben az öntözés hatására ezen változók közötti összefüggés erősebbé vált. *Zhang et al.* (2018) arra a megállapításra jutottak, hogy a műtrágyázás és az öntözés is hatással volt a növény klorofilltartalmára, ezáltal a termés mennyiségére.

Az NDVI és a levél klorofilltartalom indexeit számos kutatásban használják szerte a világon a termés előrejelzés és a nitrogén-gazdálkodás céljából. A vegetáció ideje alatt végzett vizsgálatokra használt legismertebb index az NDVI (*Araus et al.* 2001). *Tucker* (1979) kísérletében a mért NDVI értékeket alkalmasnak találta növényfiziológiai vizsgálatokra. Kutatása során erős korrelációt tapasztalt a növény egészségi állapota és a mért NDVI értékei között. Ezen túlmenően a távérzékelési technológiák alkalmazása sikeresen bizonyította, hogy képesek kimutatni a nitrogén-, foszfor-, kálium- és kénhiányt a vizsgált növényekben (*Mahajan et al.* 2014). A távérzékelte adatok segítségével a talajról és a növényzetről egyaránt kaphatunk információt (*Zilinyi* 2000). Ennek előnye, hogy nem csak pontszerű adatot eredményez, így a növényi állományon belüli eltéréseket térben is értékelhetjük (*Seelan et al.* 2003).

Anyag és módszer

A vizsgálatot a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén végeztük 2021-ben. A kísérleti telep területe kiegyenlített, talajgenetikailag a hajdúsági löszháton kialakult mészeledékes csernozjom típusba sorolható. Aranyféle kötöttségi száma 43–45, közepes humusztartalom (2,7%) jellemzi, közel semleges ($\text{pH}_{\text{KCl}}=5,97$) kémhatású, továbbá kiváló víztároló képességgel rendelkezik.

A kukorica kezdeti fejlődésében meghatározó szerepe van a meteorológiai tényezőkön belül a csapadék mennyiségének és eloszlásának, illetve a hőmérséklet alakulásának. Az utóbbi évekhez viszonyítva a 2021. év áprilisi és májusi hűvös időjárás nem kedvezett a kelési és a kezdeti fejlődési szakaszban. Áprilisban $3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, májusban $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal volt hűvösebb a sokévi átlagnál (1. ábra).

1. ábra. A 2021. évi csapadék és hőmérsékleti adatok a sokéves átlaghoz viszonyítva a kukorica tenyészidőszakában (Debrecen-Látókép, 2021)

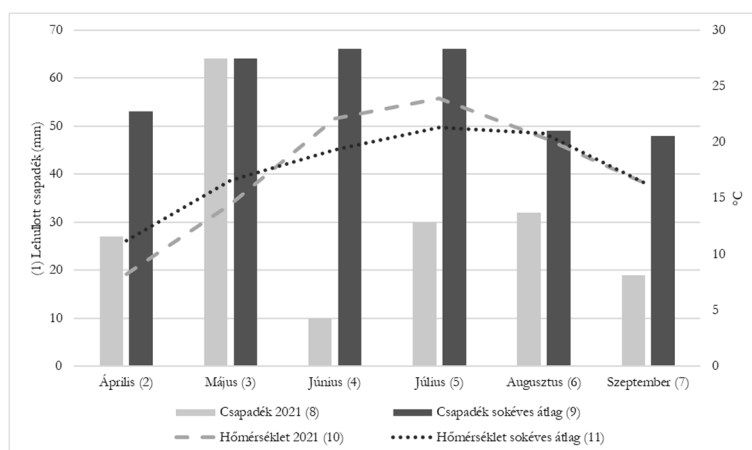


Figure 1. Precipitation and temperature data for 2021 compared to the many-year average in the maize growing season (IV-IX) (Debrecen-Látókép, 2021). (1) Preparation (mm), (2) April, (3) May, (4) June, (5) July, (6) August, (7) September, (8) Preparation 2021, (9) Preparation of multi-year average, (10) Temperature of 2021, (11) Temperature of multi-year average

A nyár első két hónapjában az átlagnál lényegesen melegebb időjárás volt jellemző, meglehetősen kevés csapadékkal társulva. A júniusi hőmérséklet 2,8 °C-kal haladta meg a sok éves átlagot. Júliusban 2,6 °C-os pozitív anomália jelentkezett. Az elmaradó csapadék hatására a hónap végére súlyos aszályhelyzet alakult ki. Júniusban összesen 10 mm csapadék volt, 56 milliméterrel elmaradva a sokévi átlagtól. Júliusban is csak kis mennyiségű eső volt (30 mm). Ez ahhoz volt elegendő, hogy csak a talaj legfelső rétege tudjon néhány napra átnedvesedni. A vízhiány és a magas hőmérséklet okozta stressz befolyásolta a kukoricánövény fejlődését, hatással volt az állományok tömeggyarapodására, magassági- és levélfelület növekedésére is.

A szárazság igaz kisebb mértékben, de folytatódott augusztusban is (32 mm), a hőmérséklet átlag körül alakult. Elmondható, hogy a 2021. évet a szárazság jellemezte, erre utal, hogy a három nyári hónap alatt összesen 72 mm csapadék hullott a Látóképi kísérleti területen. Szeptemberben is csak 19 mm eső esett. Ebben a hónapban a hőmérsékleti értékek nem tértek el a

megszokott sokévi átlagtól, ezáltal a feltételek megfelelőek voltak az éréshez, a szem vízleadásához.

A vizsgált két hibrid az Ivola (FAO 350) és MV Marfi (FAO 480) volt. A kísérlet alapterülete 0,33 hektár. Talajelőkészítéskor 135 kg N, 35kg CaO, 25 kg MgO lett kijuttatva hektáronként 2021. március 07-én. A vetés 2021. április 4-én volt 84 000 db/ha tőszámmal beállítva. A kelés 05. 06-án (Mv Marfi) és 05. 07-én (Ivola) történt. Az állományban csepegtető öntözőberendezés volt telepítve, amellyel a tenyészidőszak során 2021. június 14-től augusztus 29-ig 8 mm öntözővíz lett kijuttatva kétnaponta, összesen 38 alkalommal ezen időszakban. A kijuttatott vízmennyiség 304 mm volt. A betakarítást október elsején végeztük.

Az állományban 7-8 leveles állapotában, 2021. 06. 10-én juttattuk ki az alkalmazott lombtrágyát a kijelölt parcellákra. A kontroll és kezelt parcellákat egy kezeletlen sorral választottuk el. A kijuttatott lombtrágyák és azok dózisa:

- 2 l/ha Natur Plasma T biostimulátor,
- 4 l/ha Natur Active komplex lombtrágya,
- 1 l/ha Cink mono adalék (120 g/l),
- 1 l/ha Kén mono adalék (91 g/l).

Biostimulátor (Natur Plasma T)

A Natur Plasma T egy koncentrált - élő algákat és azok hasznos, szerves eredetű végtermékeit tartalmazó - biostimulátor, amely azon túl, hogy táplálékként szolgál a növények számára, regeneráló hatással is bír. Szerves összetevőinek köszönhetően 100%-ban hasznosul. Összetevői az esszenciális aminosavak, nem esszenciális aminosavak, vitaminok és növekedési hormonok. Tápelemösszetevői a N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Co, Mo, B, S, Na, C.

Komplex lombtrágya (Natur Active)

A Natur Active olyan széleskörű, koncentrált összetétellel rendelkező levéltrágya, amely a növény életéhez szükséges makro-, mezo- és mikroelemeket is tartalmazza. 13 különböző tápelem található az oldatban, koncentrált mennyiségben: 150 g/l N; 1,25 g/l P₂O₅; 37,5 g/l K₂O; 5 g/l MgO; 5 g/l S, 0,625 g/l CaO, 3,75 g/l Fe; 2,5 g/l Mn; 1,5 g/l Cu; 1,875 g/l Zn; 2,5 g/l B; 0,125 g/l Mo; 0,0625 g/l Co.

Kutatásunkban több fenometriai mérést is végeztünk. A növénymagasság, csőmagasság, szárátmérő vizsgálatokat a végleges magasság elérését követően végeztük egy alkalommal, egy parcellában, véletlenszerűen kiválasztott 10 növényen, illetve ezt kiegészítettük a levélfelület vizsgálatával (LAI). A levelek relatív klorofilltartalmát a SPAD-502 mérőműszerrel vizsgáltuk meg a cső megjelenését megelőzően a legfelső kifejlett levélen, majd azt követően a csővel szemközti levélen. A méréseket 12 leveles állapotban, nővirágzás és fiziológiai érettség idején végeztük a kontroll és kezelt parcellákban. Ugyanezen fejlődési szakaszokban az NDVI fotoszintetikus aktivitás mérését GreenSeeker Handheld mérőműszerrel hajtottuk végre. A csőparaméterek pontos meghatározásához a Haldrup gabona laboratóriumi cséplőgéppel dolgoztuk fel a mintákat (szemszám, ezerszemtömeg, csősúly, szem-csutka arány). Továbbá mérések útján vizsgáltuk a csőhossz, csőátmérő alakulását.

A vizsgált paraméterek statisztikai elemzését R 3.2.4. statisztikai környezetben (Team 2016), egytényezős varianciaanalízis és Fisher-féle LSD teszt segítségével végeztük. A grafikonokat MS Excel 2019 programmal készítettük el.

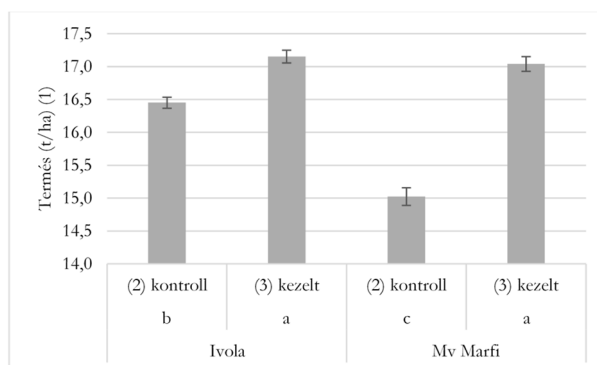
Eredmények

Kutatásunkban megvizsgáltuk a két hibrid esetében a kontroll parcellákhoz viszonyítva a lombtrágyakezelés hatását, illetve a két eltérő genotípus közötti különbségeket.

A legfontosabb vizsgált tényező a terméseredmény volt. Az Ivola (FAO 350) hibrid kezelés nélkül 16,453 t/ha hozamot adott, míg a lombtrágyázott parcellában 17,153 tonnás hektáronkénti termést takarítottunk be (2. ábra).

Több mint fél tonnás (0,7 t) különbség 4,3%-os terméstöbbletet eredményezett. Az Mv Marfi (FAO 480) hibrid esetében az eltérés jelentősebb volt, kontroll parcellában 15,023 t/ha eredményt ért el, míg a kezelés hatására 13,4%-kal magasabb termést kaptunk, 17,041 tonnát hektáronként. A két hibridet összehasonlítva a kezelés nélküli terméshozamban nagyobb volt a különbség, az Ivola hibrid 1,6 tonnával többet termelt (+9,7%), míg a kezelés hatására elenyésző különbséget tapasztaltunk, mindössze 0,25%-kal adott magasabb hozamot az Mv Marfi hibridhez képest.

2. ábra. Az Ivola és Mv Marfi kukorica hibrid terméseredményei kontroll és levéltrágyázás hatására (Debrecen-Látókép, 2021)



Note: values indicated with different letters are significantly different from each other.

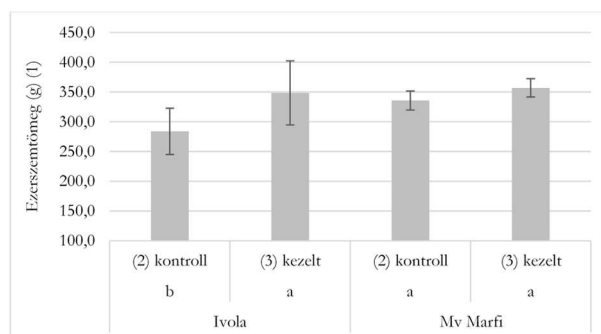
Figure 2. Yields of Ivola and Mv Marfi maize hybrid under control and foliar fertilisation treatment (Debrecen-Látókép, 2021), (1) Yield (t ha⁻¹), (2) Control, (3) Foliar fertilisation, Note: values indicated with different letters are significantly different from each other.

Kontroll kezelés mellett az ezerszemtömeg értéke az Ivola esetében 283,9 g, Mv Marfi kukorica genotípus esetén 335,7 g volt (3. ábra).

A lombtrágyázással azonban mindkét vizsgált kukorica genotípusnál nőtt az ezerszem tömeg, az Ivola hibridnél 22%-kal magasabb értéket mértünk (348,5 g), míg az Mv Marfi hibrid esetében a 356,9 gramm 6%-os többletet adott. A levéltrágyázott eredményeket megfigyelve az Mv Marfi hibrid 8,5 grammal, míg kezelés nélküli értékeknél 51,8 grammal haladta meg az Ivola genotípust.

A csősúly a kezelés hatására nőtt, mindkét hibrid esetében 26 grammal többet mértünk a kontroll csövekhez képest (4. ábra). Az Ivola hibrid lombtrágyázott körülmények között is (241,1g) és kontroll viszonylatban is (214,2 g) meghaladta az Mv Marfi értékeit (221,9 g és 195,9 g). A szemsúly változását tekintve, kezelt állományban a két vizsgált hibrid 13%-kal mutatott nagyobb eredményt a kontroll mintákhoz képest. A szem-csutka arány kezelés hatására 86,3% (Ivola) és 88,3% (Mv Marfi), lombtrágyázás nélkül ez az arány 85,7% (Ivola) és 88% (Mv Marfi) volt.

3. ábra. Az *Ivola* és *Mv Marfi* kukorica hibrid ezerszemtömeg értékei kontroll és levéltrágyázás hatására (Debrecen-Látókép, 2021)



Note: values indicated with different letters are significantly different from each other.

Figure 3. Thousand grain weight of maize genotypes under control and foliar fertiliser treatment (Debrecen-Látókép, 2021), (1) Thousand grain (g), (2) Control, (3) Foliar fertiliser, Note: values indicated with different letters are significantly different from each other.

4. ábra. Az *Ivola* és *Mv Marfi* hibrid csősúlyának, szemsúlyának és csutkasúlyának értékei kontroll és levéltrágyázás hatására (Debrecen-Látókép, 2021)

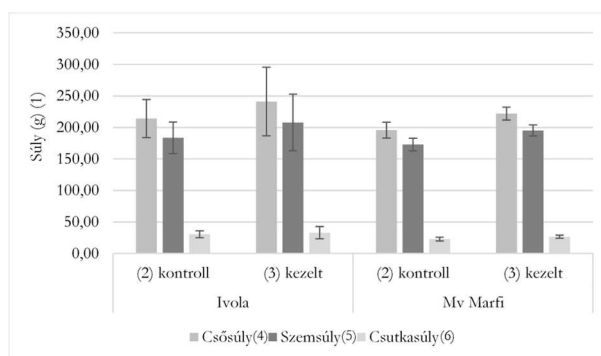


Figure 4. Values of Ear weight, grain weight and cob weight of the hybrid *Ivola* and *Mv Marfi* under control and foliar fertilisation (Debrecen-Látókép,2021), (1) Weight (g), (2) Control, (3) Foliar fertiliser, (4) Ear weight, (5) Grain weight, (6) Cob weight

A növénymagasság a kontroll és a lombtrágya kezelés mellett is mindkét kukorica genotípus esetében kis eltérésekkel többé-kevésbé azonos volt (5. ábra). Az Mv Marfi meghaladta a 300 cm-es magasságot.

5. ábra. A levéltrágyázás hatása a kukorica növény-, és csőmagasságára (Debrecen-Látókép, 2021)

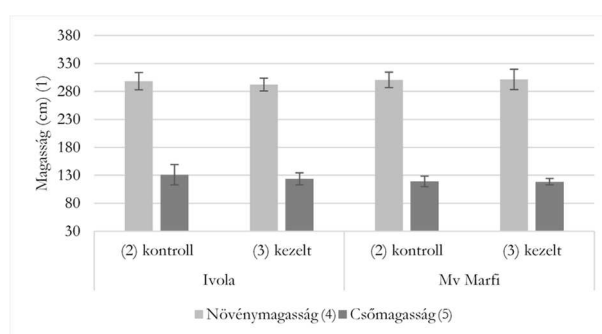


Figure 5. Effect of foliar fertiliser treatment on maize plant height, ear height (Debrecen-Látókép, 2021), (1) Height, (2) Control, (3) Foliar fertiliser, (4) Plant height, (5) Ear height

A csőmagasság vizsgálatnál mindkét genotípus esetében magasabb értékeket mértünk kontroll állományban (131,1 cm Ivola és 119,2 cm Mv Marfi esetében). Kezelés hatására az Mv Marfi hibrid állományában magasabb értékeket kaptunk (+9,2 cm). Az Ivola hibrid esetében lombtrágyázott állományban az átlagos csőmagasság meghaladta az Mv Marfi értékeit (+4,2%).

A növényállomány jól jellemezhető a levélfelület nagyságával. Kezelés hatására csak az Ivola genotípus (4,66) mutatott magasabb eredményt a kontrollhoz képest (3,90) (1. táblázat).

A csőparaméter értékeknél a lombtrágyázás hatása mindkét hibridnél kimutatható. Az Ivola csőhosszúsága 0,8%-kal (18,5 cm) az Mv Marfi 4,2%-kal (19,6 cm) haladta meg a kontroll csöveket. Ez a különbség csőátmérő esetében is megfigyelhető, a kezelt értékei 46 mm (Ivola) és 44,26 mm (Mv Marfi) voltak. Szemszám növekedés lombtrágyázás hatására az Mv Marfi hibrid esetében volt megfigyelhető (+5,7%), Ivola genotípusnál a kontroll nagyobb szemszámot eredményezett (615 db). A szárátmérő vizsgálatánál szintén az Mv Marfi genotípusnál volt pozitív érték, kezelés mellett (+6%), míg az Ivola 3,4%-kal elmaradt a kontroll eredményektől.

1. táblázat. *Levélfelület index, szárátmérő, és csőparaméterek eredményei a kontroll és levéltrágyázás hatására (Debrecen-Látókép, 2021)*

	Ivola		Mv Marfi	
	Kontroll (1)	Kezelt (2)	Kontroll (1)	Kezelt (2)
LAI (3)	3,90±0,03 ^b	4,66±0,30 ^a	4,49±0,27 ^a	4,13±0,23 ^a
Csőhossz (cm) (4)	18,4±1,30 ^a	18,5±0,93 ^a	18,8±0,56 ^a	19,6±1,55 ^a
Csőátmérő (mm) (5)	44,9±2,00 ^a	46,0±2,24 ^a	43,60±1,32 ^a	44,26±1,27 ^a
Szemszám (darab) (6)	615±43,98 ^a	557±49,84 ^a	495±41,57 ^a	523±34,36 ^a
Szárátmérő (mm) (7)	20,58±2,28 ^a	19,87±2,28 ^a	19,57±2,40 ^a	20,75±1,89 ^a

Note: values indicated with different letters are significantly different from each other.

Table 1. Results of leaf area index, stem diameter, and ear parameters as a result of control and foliar fertilisation (Debrecen-Látókép, 2021), (1) Control, (2) Foliar fertiliser, (3) Leaf area index, (4) Ear length (cm), (5) Ear diameter (mm), (6) Number of grain (piece), (7) Stem diameter, Note: values indicated with different letters are significantly different from each other.

Kezeletlen körülmények között az Mv Marfi hibrid a LAI (+15,21%) és csőhossz (+0,3%) paramétereknél mutatott jobb értékeket az Ivólához képest, azonban a csőátmérő (-2,8%), szemszám (-19,5%) és szárátmérő (-4,9%) esetében elmaradt tőle. Lombtrágyázás hatására pozitív különbség az Ivola hibridhez viszonyítva a csőhossz (1,1 cm) és szárátmérő (4,43%) tényezőknél volt megfigyelhető.

A relatív klorofilltartalom vizsgálatkor, az értékek 12 leveles állapottól a nővirágzásig növekvő, a fiziológiai érettség eléréséig pedig csökkenő tendenciát mutattak mindkét hibridnél. A 6. ábra is jól mutatja, hogy kezelés hatására minden vizsgált fejlődési szakaszban pozitívan reagált a két hibrid. Nővirágzáskor az Ivola hibrid SPAD értéke 4,6%-kal meghaladta a kontroll parcella értékét (60,00 SPAD). Legnagyobb pozitív különbséget fiziológiai érettségkor ért el az Mv Marfi (+16,2%). A legmagasabb értéket kezelt állományban az Ivola hibridnél mértünk (62,78 SPAD) nővirágzáskor.

6. ábra. SPAD értékek kontroll és levéltrágyázás hatására
(Debrecen-Látókép, 2021)

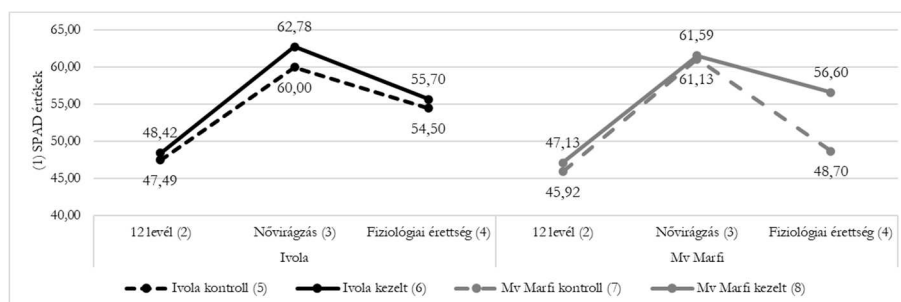


Figure 6. SPAD values for control and foliar fertilisation (Debrecen-Látókép, 2021), (1) SPAD values, (2) 12 leaves, (3) Male flowering, (4) Physiological Maturity, (5) Ivoła control, (6) Ivoła foliar fertiliser, (7) Mv Marfi control, (8) Mv Marfi foliar fertiliser

A Normalizált Vegetációs Index (NDVI) értékei jól mutatják a növény fejlődését, annak egészségi állapotát és biomassza produktumát (Nagy *et al.* 2020). A mérések eredményei azonos összefüggést mutattak a két vizsgált hibrid esetében. A 12 leveles és nővirágzás fázisában mért értékek közelítenek egymáshoz, míg a fiziológiai érettség eléréséig fokozatosan csökkennek (7. ábra).

A 12 leveles állapotban mért adatok kivételével mindkét hibrid esetében a lombtrágyázás pozitív hatással volt a növényállományra.

Legnagyobb különbség (+6,3%) a levéltrágyázás hatására az Ivoła hibridnél volt megfigyelhető nővirágzás időpontjában és a legalacsonyabb értéket (0,65) is ennél a genotípusnál kaptuk, kontroll parcellában fiziológiai érettségkor. A két vizsgált hibrid között jelentősebb eltérés a lombtrágyázás hatását követően a nővirágzás időpontjában lépett fel (+3,4% Ivoła).

7. ábra. NDVI értékek kontroll és levéltrágyázás hatására
(Debrecen-Látókép, 2021)

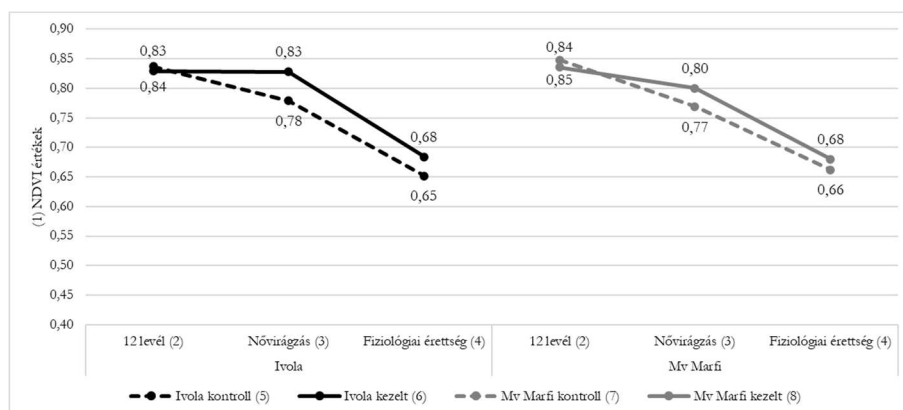


Figure 7. NDVI values for control and foliar fertilisation (Debrecen-Látókép, 2021), (1) NDVI values, (2) 12 leaves, (3) Male flowering, (4) Physiological Maturity, (5) Ivola control, (6) Ivola foliar fertiliser, (7) Mv Marfi control, (8) Mv Marfi foliar fertiliser

Következtetések

A kedvezőtlen időjárási viszonyok (nyári hónapban összesen 72 mm csapadék hullott) okozta kukorica terméseszkökenést öntözéssel kiküszöbölhetjük. Eredményeink azt bizonyítják, hogy a lombtrágyák aktív szerepet játszanak a termények terméshozamának javításában. Elmondhatjuk a kapott értékek alapján, hogy a lombtrágyázás statisztikailag igazolhatóan pozitív hatással van a termés mennyiségére. A végzett SPAD és Normalizált Vegetációs Index mérések azt tükrözik, hogy a kezelés hatására javult az állomány kondíciója, biomassza produkciója.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány „A TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában és az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3-I kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a

Nemzeti Kutatási, Fejlesztési, valamint az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 projekt Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

IRODALOM

- Abera, W.-Labuschagne, M. T.-Maartens, H.*: 2006. Evaluation of maize genotypes using parametric and non-parametric stability estimates. *Cereal Res. Commun.* 34: 925-931.
- Araus, J. L.-Casadesus, J.-Bort, J.*: 2001. Recent tools for the screening of physiological traits determining yield. [In: Reynolds et al. (eds.) *Application of Physiology in Wheat Breeding.*] CIMMIT. Mexico. D.F. 59-77.
- Bolaños, J.-Edmeades, G.-Martinez, L.*: 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical, corn. III. Responses in drought adaptive physiological and morphological traits. *Field Crops Res.* 31: 269-286.
- Brankov, M.-Simic, M.-Dolijanovic, Z.-Rajkovic, M.-Mandic, V.-Dragicevic, V.*: 2020. The response of maize lines to foliar fertilising. *Agriculture.* 10. 9: 365.
- Evans, L. T.-Fischer, R. A.*: 1999. Yield Potential: Its Definition, Measurement and Significance. *Crop Sci.* 39: 1544-1551.
- Fernández, V.-Brown, P. H.*: 2013. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Front Plant Sci.* 4: 289.
- Futó Z.-Gábor B.*: 2017. „Új lehetőségek a Kukorica (*Zea mays* L.) öntözésében”. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok.* 12. 3: 67-79.
- Gaffney, J.-Schussler, J.-Löffler, C.-Cai, W.-Paszkiewicz, S.-Messina, C.-Groeteke, J.-Keaschall, J.-Cooper, M.*: 2015. Industry-scale evaluation of maize hybrids selected for increased yield in drought-stress conditions of the US Corn Belt. *Crop Science.* 55: 1608-1618.
- Gao, S. D.-Yang, C. Y.-Deng, X. P.-Xia, Y.-Shen, Z. G.-Chen, Y. H.*: 2018. Study on absorption and transport of K and Zn by foliar application in tobacco leaves. *J. Nanjing Agric. Univ.* 41: 330-340.
- Godfray, H. C. J.-Beddington, J. R.-Crute, I. R.-Haddad, L.-Lawrence, D.-Muir, J. F.-Pretty, J.-Robinson, S.-Thomas, S. M.-Toulmin, C.*: 2010: Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science.* 327: 812-818.
- Harder, H. J.-Carlson, R. E.-Shaw, R. H.-Agron, J.*: 1982. Kukoricaszemtermés és tápanyag-válasz a szemfeltöltés során kijuttatott lombtrágyára 1. 74: 106-110. *KSH*: 2020. Statisztikai tükör. Főbb növénykultúrák terméseredményei, 2020.
- Rusinamhodzi, L.-Makumbi, D.-Njeru, J. M.-Kanampiu, F.*: 2020. Performance of elite maize genotypes under selected sustainable intensification options in Kenya. *Field Crops Research.* 249.

- Lorens, G. F.–Bennett, J. M.–Loggale, L. B.: 1987. Differences in drought resistance between two corn hybrids. *Agronomy Journal*. 61: 17–20.
- Mahajan, G. R.–Sahoo, R. N.–Pandey, R. N.–Gupta, V. K.–Kumar, D.: 2014. Using hyperspectral remote sensing techniques to monitor nitrogen, phosphorus, sulphur and potassium in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Precision Agriculture*. 15. 5: 499–522.
- Nagy J.–Hadászki L.–Illés Á.–Bojtor Cs.–Zelenák A.–Nyéki A.: 2020. Fornad (FAO 420) kiváló „Smart” kukorica hibrid termesztési eredményei. *Növénytermelés. Növénytermelés*. 69. 2: 1–19.
- Nagy J.–Széles A.: 2018. A versenyképes kukoricatermesztés tudományos háttere. *Acta Agraria Debreceniensis*. 150: 33–46.
- Nagy J.: 2010. A kukoricatermesztés jelene és jövője. *Növénytermelés*. 59. 3: 85–111.
- Nagy, J.: 2007. Evaluating the effect of year and fertilisation on the yield of mid ripening (FAO 400–499) maize hybrids. *Cereal Res. Commun.* 35. 3: 1497–1507.
- Pandey, R. K.–Maranville, J. W.–Chetima, M. M.: 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agricultural Water Management*. 46. 1: 15–27.
- Pepó P.: 2007. A kukorica (*Zea mays* (L.) termesztés ökológiai feltételeinek és agrotechnikai elemeinek értékelése. *Acta Agronomica Óváriensis*. 49. 2: 169–175.
- Pepó P.: 2019. Interaktív agrotechnikai hatások a hibridspecifikus kukorica (*Zea mays* L.) termesztésben. *Növénytermelés*. 68. 1: 69–81.
- Pepó P.: 2021. Növénytermesztési kutatások a gyakorlat szolgálatában. [In: Mezőgazdasági és vidékfejlesztési kutatások a jövő szolgálatában 2. Tudomány: iránytű az elérhető jövőhöz.] MTA SZAB Mezőgazdasági Szakbizottság. Szeged. 157–173.
- Pepó, P.–Karamcsi, L.: 2014. New results of nutrient utilization and response of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 1. 2: 87–93.
- Randive, K.–Raut, T.–Jawadand, S.: 2021. An overview of the global fertiliser trends and India's position in 2020. *Mineral Economics*. 34: 371–384.
- Rusinamhodzi, L.–Makumbi, D.–Njeru, J. M.–Kanampiu, F.: 2020. Performance of elite maize genotypes under selected sustainable intensification options in Kenya. *Field Crops Res.* 249.
- Seelan, S. K.–Laguetta, S.–Casady, G. M.–Seielstad, G. A.: 2003. Remote sensing application for precision agriculture: A learning community approach. In: *Remote Sensing of Environment*. 88: 157–169.
- Shaw, R. H.: 1976. Water use and requirements of maize. *Proc. SYMP. On the Agrometeorology of Maize (Corn) Crop*. Iowa. USA. 15–26.
- Shojaei, S. H.–Mostafavi, K.–Lak, A.–Omrani, A.–Omrani, S.–Mousavi, S. M. N.–Illés, Á.–Bojtor, C.–Nagy, J.: 2021. Evaluation of stability in maize hybrids using univariate parametric methods. *J. Crop Sci. Biotechnol.* 269.
- Sowiński, J.–Głab, L.: 2018. The effect of nitrogen fertilisation management on yield and nitrate contents in sorghum biomass and bagasse. *Field Crops Research*. 227.

- Szalóki S.*: 1989. A növények vízigénye, vízhasznosítása és öntözővíz-szükséglete. [In: Szalai, Gy. (szerk.) Az öntözés gyakorlati kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 100–154.
- Széll E.–Szél S.–Kálmán L.*: 2005. Új szegedi kukorica hibridek és azok specifikus termesztési ajánlása. [In: Nagy J. (szerk.) A kukoricakutatás és fejlesztés 30 éve.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 229–240.
- Team, R.*: 2016. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Tucker, C. J.*: 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*. 8. 2: 127–150.
- Ványiné Széles A.*: 2009. A kukorica hibridek N-ellátottságának értékelése különböző tápanyag szinteken. [In: Berzsenyi Z.–Árendás T. (szerk.) Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében.] Jubileumi tudományos konferencia. Martonvásár.
- Ványiné Széles, A.–Megyes, A.–Nagy, J.*: 2012. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management*. 107: 133–144.
- Víg R.–Dobos A.–Molnár K.–Nagy J.*: 2010. Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága szabadföldi kísérletekben: I. Kukorica (*Zea mays* L.). *Növénytermelés*. 59. 4: 89–105.
- Zhang, J.–Li, M.–Sun, Z.–Liu, H.–Sun, H.–Yang, W.*: 2018 Chlorophyll Content Detection of Field Maize Using RGB-NIR Camera. *IFAC-PapersOnLine*. 51: 700–705.
- Zilinyi V.*: 1995. Természetes felszín spektrális reflexiós tulajdonságai, és hasznosításuk az optikai távérzékelés interpretációjában. Egyetemi Doktori Értekezés. DATE MTK. Debrecen.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Zelenák Annabella –Balaout Ibtissem
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*zelenak@agr.unideb.hu

Dr. Kith Károly
Natur Agro Hungária Kft.
Váchartyán
Fő út. 133.
H-2164

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

IN MEMORIAM

**Száz éve született Sváb János (1922–1986),
a biometria országosan és nemzetközileg elismert tudósa**



Száz évvel ezelőtt, 1922. november 3-án született Sváb János, a mezőgazdasági tudományok doktora, a biometria országosan és nemzetközileg elismert tudósa. Földbirtokos családba született, a mezőgazdaságot már gyermekkorában megszerette és élete végéig kitartott mellette. Budapesten a Fasori Evangélikus Gimnáziumban érettségizett 1940-ben, amely számos nagy tudóst adott hazánknak és a nagyvilágnak. Felsőfokú tanulmányait a budapesti Magyar Királyi József nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mezőgazdasági Karán kezdte el, mezőgazdász diplomáját a budapesti Agráregyetemen 1948-ban vehette át. 1945-ben megnősült, házasságukból két leánygyermek született. A világháború és az utána következő évtized sok megpróbáltatást jelentett Sváb János és családja számára. Állást egy ideig nem kapott, évekig fizikai munkásként kellett

dolgoznia. 1953-ban sikerült szakirányú munkát kapnia, a Szabolcs-Szatmár megyei Gyulatanyára került, ahol az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet Kísérleti Állomásának lett telepvezetője. Itt megismerkedett a kísérletezés gyakorlatával.

Életének következő állomása, amely további munkásságát meghatározta, az Országos Mezőgazdasági Fajtakísérleti Intézet volt (1954–1970). Az intézet igazgatójának, Jánossy Andornak a meghívására került az intézetbe, akit Sváb János egész életében példaképének tekintett. Sváb János már az 1950-es években, az elsők között felismerte az akkoriban még újnak számító, Fisher (1921, 1925) által kidolgozott varianciaanalízis jelentőségét a szántóföldi kísérletek tervezésében és biometriai értékelésében. Kutatásait a *„Kisparcellás és nagyüzemi szántóföldi kísérletek együttes alkalmazásának jelentősége, különös figyelemmel a mezőgazdasági növényfajták értékbírálatára”* c. egyetemi doktori értekezésében foglalta össze, melyet 1963-ban védett meg. Új mérőszámot dolgozott ki, mellyel a fajták gazdasági értékét egyetlen adattal tudta jellemezni. Ennek részleteit a *„Fajtaérték-index alkalmazása a fajtaérték bírálatában”* c. kandidátusi disszertációjában (1969) fejtette ki. Módszerével elősegítette a fajtaelismerésre vonatkozó objektív döntés meghozatalát.

Az intézet országosan központi szerepe lehetővé tette, hogy Sváb János által kidolgozott módszerek és feldolgozott anyagok sokfelé eljussanak és közkinccsé váljanak a hazai mezőgazdasági kutatási hálózat kísérlet metodikai munkájában. Sváb János széleskörű oktatói és ismeretterjesztői tevékenységet végzett. 1960 óta rendszeresen részt vett a posztgraduális kutatómérnök képzésben. Biometriai továbbképző tanfolyamokat szervezett, szakmérnököket oktatott a Mezőgazdasági Mérnöktovábbképző Intézetben. A kísérletek tervezésében és értékelésében fontos mérőszám volt a *„Biometriai módszerek a mezőgazdasági kutatásban”* c. könyve (1967) és bővített kiadásban megjelent *„Biometriai módszerek a kutatásban”* c. könyve (1973, 1979). Mindkét könyv kiváló tárháza a kísérletezés alapelveinek és klasszikus módszereinek, melyek napjainkban is változatlanul érvényesek. A számítógépek elterjedésével azonban a hagyományos, kézi számoláson alapuló kísérletértékelést mindenütt a világon felváltotta a statisztikai szoftvereken alapuló analízis. Feldolgozta és a hazai szakemberek széles körében elterjesztette a kvantitatív genetikai ismereteket. *„A populációgenetika alapjai”* c. könyve (1971) külföldön is megjelent.

Az ezt követő években, 1971 és 1973 között, az országos műtrágyázási tartamkísérletek tervezésével és értékelésével foglalkozott Láng Géza akadémikus vezetésével, majd az Agrobotanikai Kutatóintézet biometrikusa lett. A Gödöllői Agrártudományi Egyetemen (1975–1983) egy kutatócsoport vezetőjeként a nagyüzemi táblasoros adatok feldolgozásával foglalkozott, biometriai szempontból a többváltozós statisztikai módszereket alkalmazta. Bizonyította, hogy a nagyüzemi adatok is alkalmasak a tudományos eredmények elérésére, hipotézisek igazolására. Közvetlen munkatársa Baráth Csabáné volt. Sváb János 1979-ben hirdette meg azt a tézisét, mely szerint a kutatás két iránya, a kísérletes kutatás és a táblasoros elemzés a kutatási rendszerben egységet alkotva, együtt szolgálják a növénytermesztés fejlődését. Tézisének helytállóságát bizonyítják napjainkban azok a széleskörű nemzetközi kutatások, melyek a világ különböző helyein beállított nagyszámú kísérlet, illetve több tízezer táblasoros adat meta-analízisével kívánják az eredmények tágabb alkalmazási lehetőségeit feltárni.

A kutatási adatok értékelésében újabb mérföldkő Sváb János *„Többváltozós módszerek a biometriában”* c. könyve, mely 1979-ben jelent meg. A többváltozós módszerek alapvetően szintetizáló módszerek, a jelenségek együttes összefüggéséről adnak áttekintést. Gyakorlati alkalmazásukat a számítógépek tették lehetővé. Hálával tartozom Sváb Jánosnak, akinek közvetlen módszertani irányításával és a táblasoros kukoricatermesztési adatok többváltozós biometriai analízisével készítettem el kandidátusi értekezésemet és védtem meg 1980-ban.

Közvetlenül nyugdíjazása előtt (1982) védte meg a *„Többváltozós matematikai statisztikai módszerek alkalmazása a mezőgazdasági kutatásban”* c. akadémiai doktori értekezését. Utolsó éveiben tudományos tanácsadóként tevékenykedett az Agrártudományi Egyetemen és Győrffy Béla akadémikus meghívására az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetében Martonvásáron. Ekkor ismerhettük meg vonzó emberi nagyságát. Optimista, intellektuális beállítottságú, kellemes, megnyerő modorú úriember volt.

Számos tisztséget töltött be hazai és nemzetközi tudományos társaságokban. Tagja volt az Eucarpia Biometriai Szekciója vezetőségének, a Nemzetközi Biometriai Társaság Igazgató Tanácsának, elnöke volt e társaság magyar csoportjának. Elnöke volt a Magyar Biológiai Társaság Biometriai Szakosztályának. Több nemzetközi konferencia szervezése fűződik nevéhez. 1979-ben az

Eucarpia Biometriai Szekció ülését rendezte meg Budapesten. 1985-ben az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetével közösen szervezte meg Budapesten az Európai Biometriai Konferenciát. Sváb János súlyos szívbeteg volt, nehéz szívműtét után vesztette éltét 1986. május 20-án, életének 64. évében.

Sváb Jánost tekinthetjük a hazai biometria egyik megalapítójának és legnagyobb egyéniségének. Széles látókörű, modern szemléletű, nagy formátumú tudós volt. Nem mások által kitaposott utat járt, hanem úttörő volt, iskolaalapító és példakép. Sváb János által képviselt iskolában és az általa szervezett tudományos kurzusokon több évtizeden keresztül a kutatók generációi sajátították el a szántóföldi kísérletezésnek és a kísérletek biometriai értékelésének módszereit. Élete folyamán a mezőgazdaság minden területéről, az ország minden részéről hozzá fordultak biometriai kérdésekben szakmai segítségért. Mindenkit biztatott, soha senkit nem utasított el. Számos tanítványa, a kutatók több generációja, műveinek időtálló volta és alkotásainak korszakos jelentősége a biztosítéka annak, hogy Sváb János nevét megőrizzük a hazai mezőgazdaság kutatásában az utókor számára.

Berzsenyi Zoltán



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