

Crop
Production

HERMAN OTTÓ INTÉZET
NONPROFIT KFT.

NÖVÉNYTERMELÉS

72. kötet | 4. szám | 2023. december

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Eltérő FAO számú kukorica
hibridek (*Zea mays* L.) smart
paramétereinek elemzése

A Honey csemegekukorica (*Zea
mays* L. convar. *saccharata*
Koern) hibrid szárazanyag-,
nitrogén- és kalcium-beépülés
dinamikájának vizsgálata

Eltérő ozmotikus stressz-
toleranciájú burgonya szülő és
nemesítési vonalak primer
és szekunder gumóinak
tesztelése izolált és fóliasátras
termesztési közegben



Vetőmag technológia Önnek tervezve

Az elmúlt évszázad kiemelkedő munkája a hibrid vetőmagok nemesítésében és előállításában a gazdálkodók generációi számára tette ismertté a Pioneer® márkanevet.

A hagyományos gazdálkodástól a precíziós technológiáig bármit is hozzon a jövő, mindig Önökért fejlesztünk és újítunk.

Látogasson el weboldalunkra: corteva.hu



FORMÁLJUK EGYÜTT A JÖVŐT

™ © A Corteva Agriscience, valamint leányvállalatainak védjegyei. © 2023 Corteva.



CORTEVA™
agriscience

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

72. kötet, 4. szám, 2023. december

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: Dr. Illés Árpád

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Sólyom János – Bojtor Csaba – Illés Árpád – Zelenák Annabella – Nagy János:</i> Eltérő FAO számú kukorica hibridek (<i>Zea mays</i> L.) smart paramétereinek elemzése	5
<i>Bakos Zsuzsanna – Abakir Abdalla Rania Alrasheed – Illés Árpád – Nagy János:</i> A Honey csemegekukorica (<i>Zea mays</i> L. convar. saccharata Koern) hibrid szárazanyag-, nitrogén- és kalcium-beépülés dinamikájának vizsgálata	21
<i>Hanász Alexandra – Dobránszki Judit – Zsombik László:</i> Eltérő ozmotikus stressztoleranciájú burgonya szülő és nemesítési vonalak primer és szekunder gumóinak tesztelése izolált és fóliasátras termesztési közegben	37
<i>Nagy Dániel – Cseuz László – Pauk János:</i> Szegedi őszi búzafajták (<i>Triticum</i> <i>aestivum</i> L.) szárazságstresszre adott válasza esőárnyékoló alatt	63
<i>Nagy János – Gombos Béla – Hadászi László – Bojtor Csaba – Illés Árpád:</i> Víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérlet (NPK) eredményei	79
<i>Sojnóczki István – Nagy János – Kecskés István:</i> A kukorica (<i>Zea mays</i> L.) kelési dinamikájának a termésre gyakorolt hatása	97
<i>Zelenák Annabella – Nagy János – Széles Adrienn:</i> Eltérő FAO-számú kukorica hibridek (<i>Zea mays</i> L.) minőségelemzése öntözött termesztésben	113

CONTENTS

<i>Sólyom, J. – Bojtor, Cs. – Illés, Á. – Zelenák, A. – Nagy, J.</i> : Smart parameter analysis of maize hybrids with different FAO numbers (<i>Zea mays</i> L.)	5
<i>Bakos, Zs. – Abakir Abdalla Rania Alrasheed – Illés, Á. – Nagy, J.</i> : Analysis of dry matter, nitrogen and calcium incorporation dynamics in Honey sweet maize (<i>Zea mays</i> L. convar. <i>saccharata</i> Koern) hybrids	21
<i>Hanász, A. – Dobránszki, J. – Zsombik, L.</i> : Testing of primary and secondary tubers of potato parent and breeding lines with different osmotic stress tolerance in an isolated and greenhouse cropping system	37
<i>Nagy, D. – Cseuz, L. – Pauk, J.</i> : Response of Szeged winter wheat cultivars (<i>Triticum aestivum</i> L.) to drought stress	63
<i>Nagy, J. – Gombos, B. – Hadászi, L. – Bojtor, Cs. – Illés, Á.</i> : Results of a water and nutrient management (NPK) long-term experiment	79
<i>Sojnóczki, I. – Nagy, J. – Kecskés, I.</i> : Effect of maize (<i>Zea mays</i> L.) emergence dynamics on yield	97
<i>Zelenák, A. – Nagy, J. – Széles, A.</i> : Quality analysis of different FAO number maize hybrids (<i>Zea mays</i> L.) in irrigated production	113

Eltérő FAO számú kukorica hibridek (*Zea mays* L.) smart paramétereinek elemzése

¹SÓLYOM JÁNOS – ²BOJTOR CSABA – ²ILLÉS ÁRPÁD –

²ZELENÁK ANNABELLA – ²NAGY JÁNOS

¹Pioneer Hi-Bred Magyarország Kft., Budapest

²Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A kukorica melegigényes növény és jelentős a vízigénye. A termés mennyiségét leginkább meghatározó meteorológiai tényező a csapadék, a kukoricatermelés legnagyobb problémája a vízhiány. Amennyiben a tenyészidőszak száraz és a hőmérséklet átlag feletti, akkor a nyári időszakra jellemzően kialakul a talajaszály. A tenyészidőszakot megelőző őszi-téli időszak szárazsága növeli az aszály kialakulásának kockázatát. A kutatásunkban öt eltérő FAO számú kukorica genotípust vizsgáltunk intenzív termesztéstechnológia alkalmazásával, meghatározva az elérhető termésmennyiséget és az azt meghatározó főbb termésparamétereket, a közöttük lévő összefüggéseket. Kísérletünkben mind az öt kukorica hibrid terméseredménye kiváló volt. A legnagyobb termést a H11 hibrid érte el (18,4 t/ha), mintegy 5,7–22,8%-kal meghaladva a többi vizsgált hibrid értékeit. A hibridek egyedi szemtömeg értékei között szignifikáns különbséget mértünk. A H13 hibrid a legmagasabb egyedi szemtömeg értékkel emelkedett ki, 1,6–25,9%-kal haladta meg a többi genotípust. Az egyes paraméterek közötti korrelációanalízis alapján igazoltuk az egyedi szemtömeg statisztikailag szignifikáns ($p < 0,05$) pozitív korrelációját az egyedi szemszám értékeivel ($r = 0,568$), valamint a betakarításkori szemnedvességgel is ($r = 0,592$). Az eredményeink alapján az egyes mért, egyedi termésparaméterek különböző mértékben járulnak hozzá a nagy termés eléréséhez, szignifikáns hatásokat eredményezve.

Kulcsszavak: kukoricahibridek, FAO-szám, smart paraméterek, termés

Smart parameter analysis of maize hybrids with different FAO numbers (*Zea mays* L.)

¹J. SÓLYOM – ²CS. BOJTOR – ²Á. ILLÉS – ²A. ZELENÁK – ²J. NAGY

¹Pioneer Hi-Bred Magyarország Kft., Budapest

²University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Foods Sciences and
Environmental Management, Institute of Land Use, Engineering and Precision
Farming Technology, Debrecen

Summary

Maize is a heat-intensive crop and requires a lot of water. Rainfall is the main meteorological factor determining the yield, and water scarcity is the biggest problem in maize production. When the growing season is dry and temperatures are above average, soil drought typically develops in the summer. The dry autumn-winter period preceding the growing season increases the risk of drought. In our research, we studied five different FAO maize genotypes using intensive cultivation techniques, determining the yields that can be obtained and the main yield parameters that determine the yields and the relationships between them. In our experiment, all five maize hybrids showed excellent yield performance. The highest yield was obtained by hybrid H11 (18.4 t/ha), which exceeded the values of the other tested hybrids by about 5.7–22.8%. Significant differences were measured between the individual grain weight values of the hybrids. Hybrid H13 stood out with the highest individual grain weight value, exceeding the other genotypes by 1.6–25.9%. Based on the correlation analysis between the individual parameters, we demonstrated a significant ($p < 0.05$) positive correlation of individual grain weight with individual grain number values ($r = 0.568$) and also with grain moisture at harvest ($r = 0.592$). Our results indicate that each of the measured individual yield parameters contribute differently to high yield, resulting in significant effects.

Keywords: maize hybrids, FAO number, smart parameters, yield

Bevezetés

A kukorica melegigényes növény és jelentős a vízigénye. A termés mennyiségét leginkább meghatározó meteorológiai tényező a csapadék, a kukoricatermelés legnagyobb problémája a vízhiány. A tenyészidőszakban a növény vízigénye jelentősen meghaladja az átlagos csapadékot, a fő termőterületeken 100–150 mm-rel, helyenként a 200 mm-rel (Nagy 2021). Különösen fontos a megfelelő mennyiségű csapadék júliusban és augusztusban, mivel a növény vízigénye a virágzás, termésképződés és a korai termésfejlődés időszakában a legnagyobb (Rajkainé és Szundy 2004).

Magyarországon az éghajlatváltozás következtében a tenyészidők átlaghőmérsékletének további növekedésére, a csapadék kismértékű csökkenésére számíthatunk, egyértelműen növelve az aszályhajlamot (Bartholy et al. 2011, Horváth et al. 2021). Emellett mind a hőmérséklet, mind a csapadék tekintetében a szélsőségek fokozódása várható. Az elmúlt negyven évben az évi és az évszakos középhőmérsékletek is jelentősen emelkedtek, a hóhullámos napok száma az Alföldön 12–14 nappal növekedett (Izsák et al. 2022). Az évi csapadékösszeg országos átlaga az 1901–2020 időszakban nem mutat szignifikáns trendet. A növekvő aszályosság elsősorban a hőmérséklet emelkedésével és a csapadék szélsőséges eloszlásával van összefüggésben.

Magyarország éghajlatának természetes velejárója az aszály. Korábbi vizsgálatok alapján 10 évből átlagosan öt aszályos, amiből 1–2 év súlyosan aszályos (Pálfai 2010). Amennyiben a tenyészidőszak száraz és a hőmérséklet átlag feletti, akkor a nyári időszakra jellemzően kialakul a talajaszályság. A tenyészidőszakot megelőző őszi-téli időszak szárazsága növeli az aszály kialakulásának kockázatát (Pálfai 2002). A vízhiányra legérzékenyebb fenológiai fázis a címerhányást közvetlenül megelőző időszakról a szemtelítődés középső szakaszáig tart (Nielsen et al. 2010). A virágzás idején vagy kevéssel előtte jelentkező vízhiány a szemszám csökkenését okozhatja, a megtermékenyítés után bekövetkező szárazság hatására a szemtömeg csökken (Westgate és Boyer 1986, Smith et al. 2005). Az intenzív vegetatív fejlődés idején a kukorica kevésbé érzékeny a vízhiányra, az igen száraz júniusi időjárás önmagában nem csökkenti a termésátlagot az átlagos érték alá (Gombos és Nagy 2019). A vízhiány értékeléséhez különböző szárazságstressz-indexek használatával jellemezhetjük az egyes genotípusok

stressztoleranciáját (*Khatibi et al. 2022*). Számos kutatás bizonyítja továbbá a magas hőmérséklet terméscsökkenő hatását (*Schlenker és Roberts 2009, Lobell et al. 2013, Ben-Ari et al. 2016, Carter et al. 2016*). A kukorica a reprodukív fenofázisban, azon belül is különösen a virágzás idején a legérzékenyebb a hőstresszre (*Wheeler et al. 2000*).

Anyag és módszer

Kukorica hibridek paraméterei

- A P9363 (H9) hibrid FAO 300-as csoport közepén érik (FAO 350). A hibrid termetét tekintve magas, átlagosan 307 cm erős szárú, szárátmérője átlagosan 20 mm. Virágzása relatív korán bekövetkezik. A szinkronizált virágzásának és az átlagosnál nagyobb gyökértömegének köszönhetően jól tűri a virágzáskori hőstresszt. A cső 130 cm-es átlagmagasságban ered a szárról, stabil struktúrája van, hosszú, kúpos, végéig berakott csővel rendelkezik. Szép csöveket fejleszt, ezermag tömege 395 gramm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Levélfelület indexe (LAI) 4,4. Mindezen tulajdonságok eredményeképpen az átlagosnál szárazabb, illetve aszályosabb körülmények között is kiemelkedően terem. Mivel a biológiai érettségét korán, augusztus végén elérte, őszi kalászos kultúra előveteményeként is alkalmazható.
- A P9398 (H10) hibrid FAO 300-as csoport végén érik (FAO 370-380), Optimum® AQUAmax® minősítéssel rendelkezik, amely a kiváló termésszabilytást jelzi. Fenotípusát tekintve tetszetős hibrid, kompakt felépítésű: átlagos növénymagassága 329 cm. A cső átlagosan 126 cm-es magasságban ered a szárról. Szép, telt csöveket fejleszt, ezermag tömege: 427 gramm. Szárátmérője átlagosan 20 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Szárszilárdsága nagyobb vetéssűrűség mellett is megmutatkozik, az átlagosnál nagyobb tőszám (90-105 ezer mag/ha) esetén sem tapasztalható szignifikáns mértékű megdőlés. Levélfelület indexe (LAI) 3,7. Mivel a biológiai érettségét korán, a kísérletben szereplő Pioneer® hibridek közül a legkorábban, augusztusban érte el, őszi kalászos kultúra

előveteményeként is alkalmazható. A szemtermés nedvességtartalmának csökkenése gyors és dinamikus.

- A P9960 (H11) hibrid a FAO 400-as csoport elején érik (FAO 410-420). Mutató megjelenésű, kompakt felépítésű, átlagos növénymagassága 321 cm. A cső 133 cm-es magasságban ered a szárról. Szép, látványosan vastag csöveket fejleszt, ezermag tömege 454 gramm volt. Mélyen ülő és nagyméretű szemeknek köszönhetően kiemelkedik szem-cső tömegarány tekintetében. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 21 mm, szártörés vagy megdőlés nem jellemzi. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. A hazai környezeti körülményekhez, talajadottságokhoz nagyon jól alkalmazkodik, kiváló adaptációs képességgel rendelkezik. Levélfelület indexe (LAI) 3,9. Szárazságtűrőse is kiemelkedő, ezt jól jelezte, hogy az értékelés évében (2022) tapasztalt rendkívül száraz körülmények ellenére kiemelkedő termést produkált.
- A P0217 (H12) hibrid középérésű kukorica hibrid (FAO 490), Optimum® AQUAmax® minősítéssel rendelkezik. Mutató megjelenésű, kompakt felépítésű, átlagos növénymagassága 318 cm. A cső 128 cm-es magasságban ered a szárról. Szép csöveket fejleszt, ezermag tömege 405 gramm volt. A hibridben rejlő genetikai potenciált jól mutatja a csőben lévő szemek száma, 586 szem/cső, ebben a megközelítésben az élmezőnyhöz tartozik. Nagyon jó a tápanyag-reakciója, a kijuttatott nitrogén hatóanyag növelésével hatványozottan javuló teljesítményre képes. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 21 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Levélfelület indexe (LAI) 5,0.
- A P0710 (H13) hibrid a FAO 500-as csoport elején érik (FAO 510), Optimum® AQUAmax® minősítéssel rendelkezik. A hibrid termetét tekintve nem túl magas, átlagosan 317 cm, erős szárú, szárátmérője átlagosan 19 mm. A cső 129 cm-es átlagmagasságban ered a szárról, stabil struktúrája van, hosszú, kúpos, végéig berakott csővel rendelkezik. Szép csöveket fejleszt, ezermag tömege 382 gramm volt. A hibrid genetikai potenciálját jelzi, hogy csövein átlagosan 665 szem volt található, a kísérletben szereplő Pioneer® hibridek közül a legjobb volt e paraméter esetén. Ha a szemtelítődés során kedvező időjárási hatás éri a hibridet,

nagyon magas termésszint tud realizálódni. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Levélfelület indexe (LAI) 4,7.

Meteorológiai viszonyok és hatásuk

Az igen száraz 2021-es tenyészidőszakot követő téli félévben is kevés csapadék hullott. A hat hónap alatti 144 mm csapadék 70 mm-rel kevesebb a sokévi átlagnál. Az időszak kissé hidegebb, de napfényben lényegesen gazdagabb volt a szokásosnál (*1. táblázat*). A talajok mélyebb rétegének feltöltődése nem volt kielégítő. A januártól márciusig összesen lehullott 32 mm csapadék, napos, szeles időjárással párosulva a talajok felső rétegének kiszáradását is határozottan elindította. Mindez előre vetítette egy akár súlyosabb aszály kialakulásának lehetőségét.

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

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

Table 1. Monthly and semi-annual characteristics of temperature, precipitation (Debrecen-Látókép) and sunshine duration (Debrecen, OMSZ) in 2022. (1) Period, (2) Mean temperature (°C), (3) Precipitation (mm), (4) Sunshine duration (hrs), (5) Winter period (months X-III), (6) Summer period (months IV-IX), (7) April, (8) May, (9) June, (10) July, (11) August, (12) September

A szárazság miatt a tavaszi talajmunkákat mindenütt el lehetett végezni már március folyamán. Az áprilist kissé hűvös, átlagosan csapadékos, időjárás

jellemezte. Az egész tenyészidőszakot tekintve az április mutatott legnagyobb negatív hőmérsékleti anomáliát, a 9,0 °C-os középhőmérséklet 2,2 °C-kal maradt el az átlagostól, de kevésbé volt hűvös, mint a 2021-es április. Májusban már meleg, száraz időjárás uralkodott a hónap elejétől kezdődően. A vetés és a kelés szempontjából összességében kedvezőek voltak a feltételek 2022 tavaszán. A napi talajhőmérsékleti középértékek április 12-től emelkedtek tartósan a növény bázishőmérséklete (10 °C) felé, és a hónap végére érték el stabilan a 15 °C-ot. A levegő hőmérséklete – néhány nap kivételével – több fokkal a talajhőmérséklet alatt maradt, ebből jól látható a talaj hőmérsékleti többlete. A teljes nyári időszak igen meleg és rendkívül száraz volt. A dekádonkénti adatok (1. ábra) mutatják, hogy a száraz periódus már május elején elkezdődött és augusztus végén ért véget. Az átlagosnál lényegesen melegebb időszak június elejétől szeptember első dekádjáig tartott, csupán július közepén mérséklődött kissé a hőmérséklet, de ekkor is átlagosan meleg volt az időjárás. A havi középhőmérsékletek mindhárom nyári hónapban viszonylag egységesen 2–3 °C-kal haladták meg az átlagot. A napsütéses órák száma is magas volt, általában kevés felhő jellemezte az időjárást. Nyári teljes csapadékösszeg mindössze 56 mm, ami elmarad a 2021-es 72 mm-es igen alacsony értéktől, és csupán egy alkalommal volt ennél kisebb nyári csapadékösszeg 1951 óta (1962-ben 55 mm). Csupán két alkalommal hullott 10 mm feletti napi csapadék (június 4.: 11,5 mm, július 31.: 12 mm), de ez a levegő igen nagy párologtató képessége miatt nem tudott érdemben hozzájárulni a kukorica vízellátásához. A napsütéses órák száma mindhárom hónapban meghaladta a sokévi átlagot, a napfényben leggazdagabb hónap a június volt. A jellemző anticiklonális helyzet, a kevés felhő és száraz levegő miatt nagy volt a napi hőingadozás. Az éjszakai órákban általában 20 °C alá hűlt a levegő, viszont igen magas (44) volt a hőség napok ($\max \geq 30$ °C) száma a nyári időszakban. A nyár folyamán rendkívül súlyos aszály alakult ki Debrecen térségében (illetve Magyarország nagy részén). A nagyüzemi kukoricatermesztés kezdete óta nem volt az idejéhez hasonló mértékű termés kiesés. A térség kiváló minőségű és vízgazdálkodású csernozjom talajain nagy területet érintően teljesen megsemmisült a kukorica termése.

1. ábra. A dekád középhőmérsékletek eltérése a sokévi átlagtól (a) és a csapadékösszegek (b) 2022 tenyészidőszakban Debrecen-Látóképen

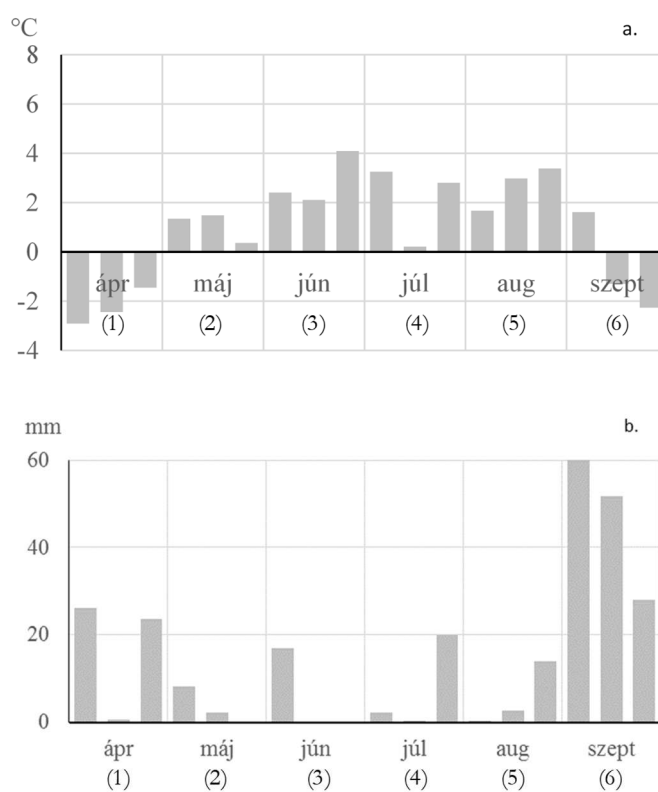


Figure 1. Deviation of the decadal mean temperatures from the long-term average (a) and precipitation totals (b) in the 2022 growing season in Debrecen-Látóképen. (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) September

A tartamkísérletben alkalmazott agrotechnika

- Elővetemény betakarítás: 2021. 10. 01. + szárzúzás.
- Talajelőkészítés: 2021. 10. 11. Szántás. 2022. 03. 02. Kombinátor, szántás lezárás. 2022.03.29. Műtrágyaszórás 135 kg N/ha+35 kg P₂O₅+25kg; K₂O, Kombinátor.

- Vetés: 2022. 04. 26.
- Kelés: 2022. 05. 06-11.
- Növényápolás: 2022. 05. 24. Szántóföldi kultivátor.
- Növényvédelem: 2022. 06. 29. (Mospilan 300 g/ha, KARATE ZEON 5 CS rovarölő szer 0,2 l/ha).
- Öntözés: 2022. 05. 27.-08.11-ig (28 alkalommal). Kijuttatott vízmennyiség a tenyészidőszak során: 456 mm. 2022. 06. 10 tápoldat: Megasol narancssárga 3,5 kg N, 5 kg P₂O₅, 40 kg K₂O. 2022. 07. 12 tápoldat: Megasol narancssárga 1,75 kg N, 2,5 kg P₂O₅, 20 kg K₂O.
- Betakarítás: 2022. 10. 10.

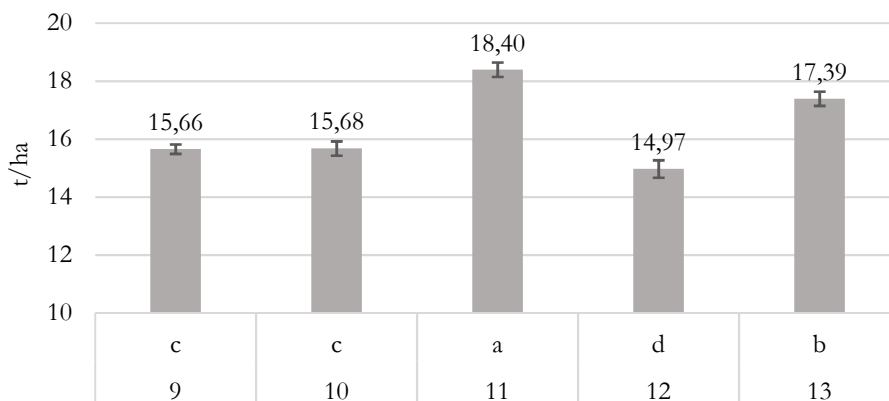
Statisztikai értékelés

Az eredmények statisztikai értékelése során az egyes hibridek közötti szignifikáns különbségek megállapításához egytényezős varianciaanalízist, valamint Fisher-féle legkisebb szignifikáns különbség (LSD) tesztet használtunk. A mért paraméterek közötti összefüggésvizsgálatot Pearson-féle korrelációanalízissel végeztük el. Az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek. A statisztikai elemzéshez és az ábrák elkészítéséhez Minitab 21 statisztikai szoftvert és MS Excel 365 szoftvert alkalmaztunk.

Eredmények

A kukoricatermesztés eredményességét alapvetően meghatározó terméshozamokat jellemző paraméterek közül a termésmennyiség az elsődleges. Az egyes vizsgált genotípusok között szignifikáns eltéréseket mértünk az intenzív technológiával elért termésmennyiségben. A legnagyobb termést a H11 hibrid érte el, 18,4 t/ha értékkel, mintegy 5,7-22,8%-kal meghaladva a többi vizsgált hibrid értékeit. A H9 és H10 hibrid a termésmennyiségben egymástól statisztikailag nem különbözött, amely a közel azonos érésidő és tenyészidőszak következménye is. A H12 hibrid termése statisztikailag igazoltan alacsonyabb, 14,97 t/ha (2. ábra).

2. ábra. *Eltérő kukorica hibridek termésmennyisége (Debrecen–Látókép, 2022)*



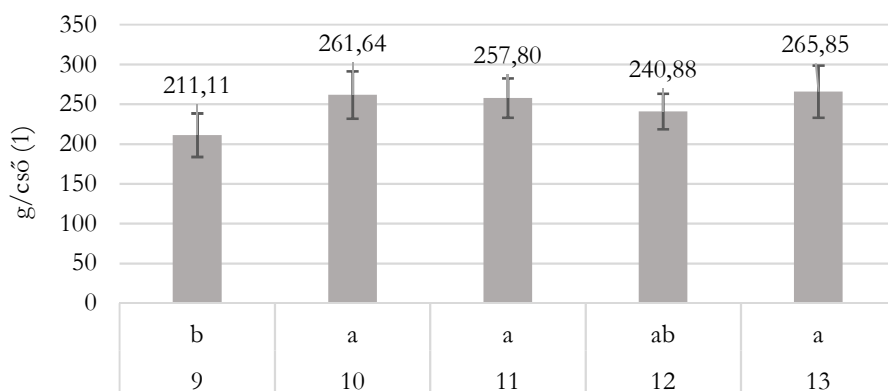
Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól szignifikánsan különböznek.

Figure 2. Yield of different maize hybrids (Debrecen–Látókép, 2022). Note: means that do not share a letter are significantly different.

A kísérlet során értékeltük a termésmennyiséget meghatározó egyedi termésparamétereket. A hibridek egyedi szemtömeg értékeit vizsgálva szignifikáns különbséget mértünk a H9 és a H13 hibrid között, amely utóbbi a legmagasabb egyedi szemtömeg értékkel, 1,6 - 25,9 %-kal haladta meg a többi genotípust. A H10 - H11 - H12 - H13 hibridek között statisztikailag igazolt különbséget nem mértünk (3. ábra).

A kukorica betakarítási idejének meghatározásához a vízleadási dinamika és a betakarításkori szemnedvesség kiemelt jelentőségű, amelyek meghatározzák a későbbi terménykezelési munkaműveleteket, a terményszárítás szükségességét. A vizsgált hibridek közül a betakarításkori szemnedvességben a H13 hibrid kiemelkedett 17,62%-os értékkel. A kísérletben értékelt többi genotípus vízleadó képessége kiváló (15,18-15,70%), statisztikailag igazolt különbséget nem mértünk (4. ábra).

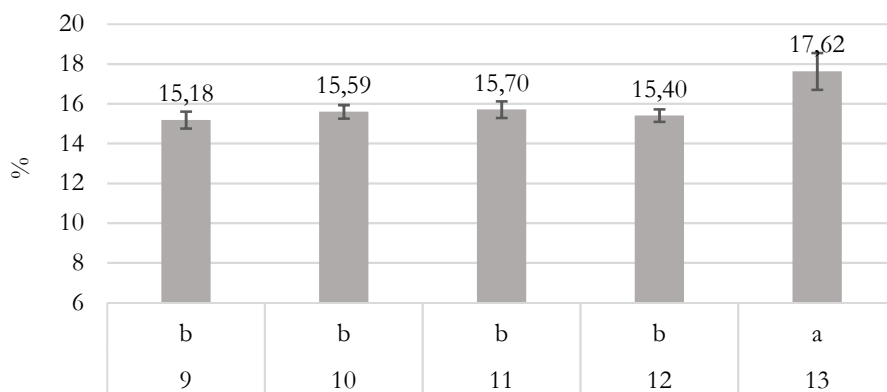
3. ábra. *Eltérő kukorica hibridek egyedi szemtömege*
(Debrecen–Látókép, 2022)



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól szignifikánsan különböznek.

Figure 3. Kernel weight of different maize hybrid (Debrecen–Látókép, 2022). (1) g/ear, Note: means that do not share a letter are significantly different.

4. ábra. *Eltérő kukorica hibridek betakarításkori szemnedvessége*
(Debrecen–Látókép, 2022)

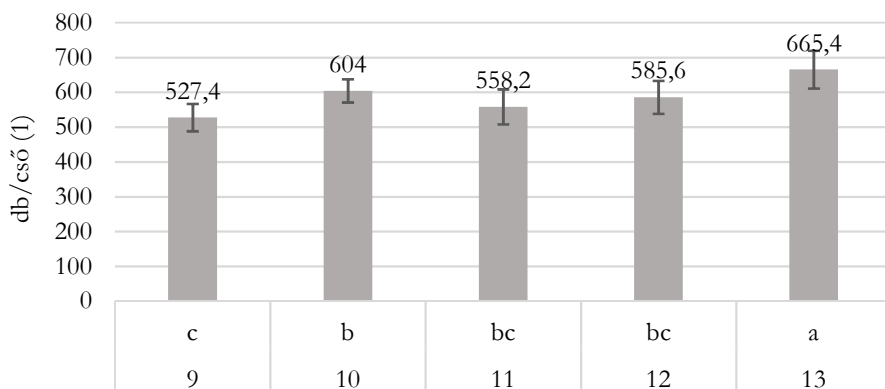


Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól szignifikánsan különböznek.

Figure 4. Grain moisture content of different maize hybrids (Debrecen–Látókép, 2022). Note: means that do not share a letter are significantly different.

A termésmennyiséget meghatározó másik fő paraméter az egy csövön található szemek száma, amelyek megfelelően telítődve és kifejlődve jelentik az egyedi szemtömeget. Az egyedi szemszám vizsgálata alapján a H13 genotípus 665,4 db/cső értékével bizonyult kiemelkedőnek, statisztikailag igazoltan, 10,1–26,1% közötti értékkel meghaladva a többi vizsgált hibridet. A további négy hibrid csövenkénti szemszáma is nagyon kedvező (527–606), biztosítva a kiemelkedő terméseredményeket (5. ábra).

5. ábra. *Eltérő kukorica hibridek egyedi szemszáma (Debrecen–Látókép, 2022)*



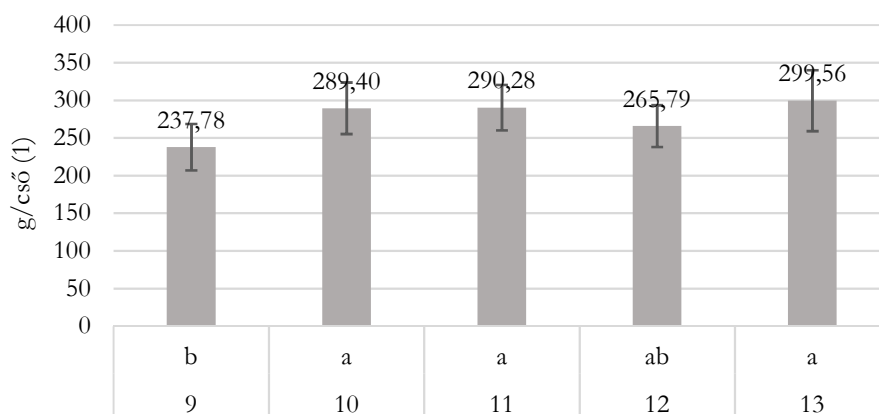
Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól szignifikánsan különböznek.

Figure 5. Kernel number of different maize hybrids (Debrecen–Látókép, 2022). (1) Kernel number per ear, Note: means that do not share a letter are significantly different.

A vizsgált genotípusok egyedi csőtömeg értékeiben szignifikáns különbséget, az érésidőben legnagyobb mértékben különböző H9 és a H13 hibrid között mértünk. A H13 hibrid legmagasabb, 299,56 g/cső értéke 3,1–25,9%-kal haladta meg a többi vizsgált hibrid egyedi csőtömegét (6. ábra).

A méréseink során meghatároztuk a vizsgált hibridek ezerszemtömegét, amely alapján megállapítottuk, hogy a H11 hibrid érte el a legmagasabb ezerszemtömeget, 454,66 g értékkel, mintegy 6,4–18,9%-kal meghaladva a többi genotípus értékeit (7. ábra). A kísérletünkben a termésmennyiségben és az ezerszemtömegben egyaránt a H11 hibrid volt kiemelkedő. Kutatási eredményünk bizonyítja a két paraméter közötti szoros összefüggést.

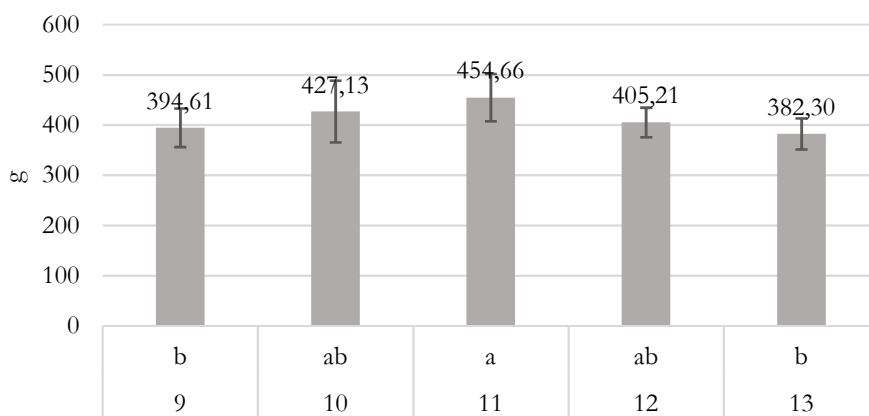
6. ábra. *Eltérő kukorica hibridek egyedi csőtömege*
(Debrecen–Látókép, 2022)



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól szignifikánsan különböznek.

Figure 6. Cob weight of different maize hybrids (Debrecen–Látókép, 2022). (1) g/ear, Note: means that do not share a letter are significantly different.

7. ábra. *Eltérő kukorica hibridek ezerszemtömege*
(Debrecen–Látókép, 2022)



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól szignifikánsan különböznek.

Figure 7. 1000-grain weight of different maize hybrids (Debrecen–Látókép, 2022). Note: means that do not share a letter are significantly different.

Kutatásunkban vizsgáltuk és értékeltük a kukorica hibridek egyes főbb termésmennyiséget meghatározó tényezői közötti kapcsolatot, meghatározva a statisztikailag igazolt összefüggéseket. Az egyes paraméterek közötti korrelációanalízis alapján igazoltuk az egyedi szemtömeg statisztikailag szignifikáns ($p < 0,05$) pozitív korrelációját az egyedi szemszám értékeivel ($r = 0,568$), valamint a betakarításkori szemnedvességgel is ($r = 0,592$). Statisztikailag igazolt ($p < 0,001$) szoros pozitív korrelációt ($r = 0,667$) mértünk az egyedi szemszám és a betakarításkori szemnedvesség értékei között (8. ábra).

8. ábra. Kukorica hibridek egyedi szemtömege, egyedi szemszáma és betakarításkori szemnedvessége közötti összefüggés (Debrecen-Látókép, 2022)

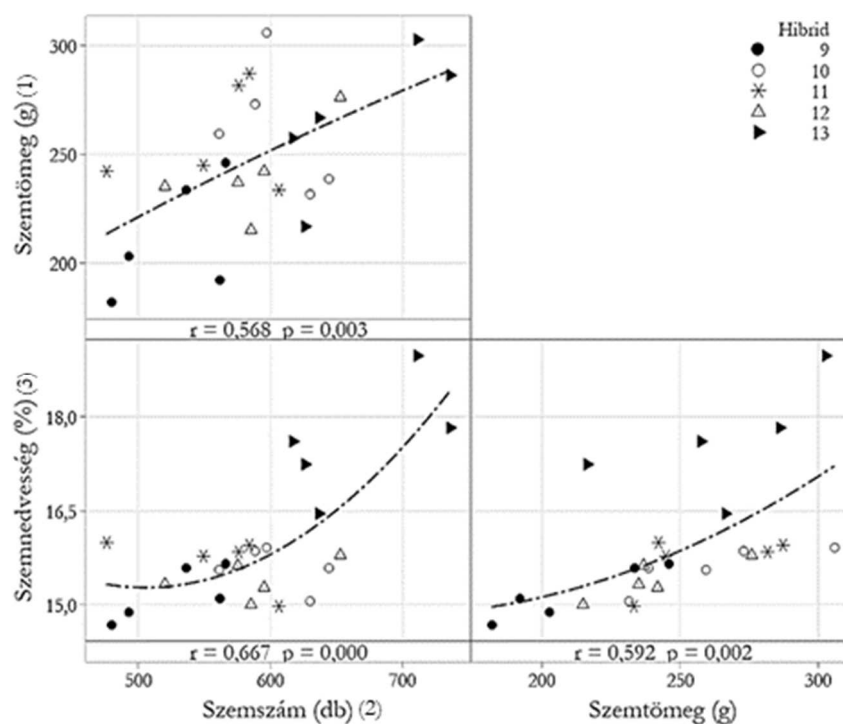


Figure 8. Relationship between kernel weight, kernel number and grain moisture content of different maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2022). (1) Kernel weight, (2) Kernel number, (3) Grain moisture content

Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NKTA-32 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- Bartholy, J.-Pongrácz, R.-Piecška, I.-Torma, C.:* 2011. Dynamical downscaling of projected 21st century climate for the Carpathian Basin. *Climate Change-Research and Technology for Adaptation and Mitigation.*
- Ben-Ari, T.-Adrian, J.-Klein, T.-Calanca, P.-Van der Velde, M.-Makowski, D.:* 2016. Identifying indicators for extreme wheat and maize yield losses. *Agricultural and Forest Meteorology.* 220: 130-140.
- Carter, E. K.-Melkonian, J.-Riha, S. J.-Shaw, S. B.:* 2016. Separating heat stress from moisture stress: analyzing yield response to high temperature in irrigated maize. *Environmental Research Letters.* 11. 9: 094012.
- Gombos B.-Nagy J.:* 2019. Az időjárás értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletek eredményei alapján. *Növénytermelés.* 68. 2: 5-23.
- Horváth D.-Illés Á.-Bojtor Cs.-Széles A.-Nagy J.:* 2021. Eltérő kukorica (*Zea mays* L.) genotípusok relatív klorofilltartalma és termésparaméterei közötti összefüggésvizsgálat multifaktoriális trágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 70. 3: 7-23.
- Izsák, B.-Szentimrey, T.-Lakatos, M.-Pongrácz, R.-Szentés, O.:* 2022. Creation of a representative climatological database for Hungary from 1870 to 2020. *Időjárás/Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service.* 126. 1: 1-26.
- Khatibi, A.-Omrani, S.-Omrani, A.-Shojaei, S. H.-Mousavi, S. M. N.-Illés, Á.-Bojtor, Cs.-Nagy, J.:* 2022. Response of maize hybrids in drought-stress using drought tolerance indices. *Water.* 14. 7: 1012.
- Lobell, D. B.-Hammer, G. L.-McLean, G.-Messina, C.-Roberts, M. J.-Schlenker, W.:* 2013. The critical role of extreme heat for maize production in the United States. *Nature Climate Change.* 3. 5: 497-501.
- Nagy J.:* 2021. Kukorica. A nemzet aranya - Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 516.
- Nielsen, D. C.-Halvorson, A. D.-Vigil, M. F.:* 2010. Critical precipitation period for dryland maize production. *Field Crops Research.* 118. 3: 259-263.
- Pálfai, I.:* 2002. Probability of drought occurrence in Hungary. *Időjárás/Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service.* 106. 3-4: 265-275.

- Pálfai, I.*: 2010. The frequency of droughts in the Carpathian Basin in the last three hundred years (in Hungarian). „Klíma-21” Füzetek. 59: 42–45.
- Rajkainé Végh K.-Szundy T.*: 2004. Kukorica genotípusok vízellátottsága és vízhasznosítása. *Agrokémia és Talajtan*. 53. 1-2: 35–54.
- Schlenker, W.-Roberts, M. J.*: 2009. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106. 37: 15594–15598.
- Smith, J. S. C.-Smith, O. S.-Lamkey, K. R.*: 2005. Maize Breeding. *Maydica*. 50: 185–192.
- Westgate, M. E.-Boyer, J. S.*: 1986. Silk and Pollen Water Potentials in Maize 1. *Crop Science*. 26. 5: 947–951.
- Wheeler, T. R.-Craufurd, P. Q.-Ellis, R. H.-Porter, J. R.-Prasad, P. V.*: 2000. Temperature variability and the yield of annual crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 82. 1-3: 159–167.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Sólyom János
Pioneer Hi-Bred Magyarország Kft.
Budapest
Boldizsár u. 4.
H-1112

*Dr. Bojtor Csaba – Dr. Illés Árpád – Zelenák Annabella – Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*bojtor.csaba@agr.unideb.hu

A Honey csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern) hibrid szárazanyag-, nitrogén- és kalcium-beépülés dinamikájának vizsgálata

BAKOS ZSUZSANNA – ABAKIR ABDALLA RANIA ALRASHEED –

ILLÉS ÁRPÁD – NAGY JÁNOS

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A csemegekukorica termesztése hazánkban nagy jelentőséggel bír. Az európai kontinensen Magyarországon termesztik a legtöbbet, az Egyesült Államok után pedig a világ második legnagyobb exportőrei vagyunk. A világszerte keresett magyar csemegekukorica több éves átlaga a jól megválasztott precíziós termesztéstechnológiának köszönhetően eléri az 500 ezer tonnát. A csemegekukorica terméshozama átlagon felüli a precíziós gazdálkodásban, a területek közel 70%-át öntözik.

A 2022-es aszály rendkívüliségében fontos tényező volt, hogy a megelőző téli félévben nem volt elegendő csapadék a talajok mélyebb rétegének feltöltődéséhez. Az április még átlagosan csapadékos volt, ezt követően azonban igen jelentős csapadékhiány alakult ki. A három nyári hónapban összesen 66 mm csapadék esett. A vízhiányt és annak káros hatását fokozta, a hőmérséklet a május–augusztus közötti időszakban a szokásosnál lényegesen magasabban alakult. A vízhiányt a tenyészidőben precíziós csepegtető öntözéssel pótoltuk, a kiöntözött víz mennyisége 344 mm volt. Különösen a nyári hónapok voltak a sokévi átlagosnál sokkal melegebbek, rendre 3,4 °C, 2,4 °C, illetve 2,9 °C-os pozitív hőmérsékleti eltéréseket mutattak. A csemegekukorica terméseredményeinek legjobb mutatója a szárazanyag-beépülés dinamikája.

A fenofázisban mért eredmények alapján megállapítottuk, hogy a tenyészidő három meghatározó intervallumra bontható. A Honey csemegekukorica hibrid az első szakaszban, a keléstől a juvenilis fázisig 18% szárazanyagot produkált, a juvenilis fázistól a virágzásig további 4%-ot. A szárazanyag-beépülés intenzív szakasza a virágzástól az R3

fenofázisig (betakarításig) tartott, összesen 72%. Az üzemi eredményesség érdekében fontos mutató a csemegekukorica szem nedvességtartalmának folyamatos ismerete. Kutatásaink szerint az R3 fenofázisban a növényi részek nedvességtartalmai szoros összefüggést mutatnak, a szem nedvességtartalma volt a legmagasabb. Kutatási eredményeinkkel bebizonyítottuk, hogy a nővirágzástól az R3 (betakarítás) fázisig a szárazanyag-gyarapodás igen intenzív, a teljes hőösszeg-igény a vizsgált hibridnél 840 HU volt.

Kulcsszavak: csemegekukorica, szárazanyag-gyarapodás, kalcium, termés

Analysis of dry matter, nitrogen and calcium incorporation dynamics in Honey sweet maize (*Zea mays* L. convar. saccharata Koern) hybrids

ZS. BAKOS – ABAKIR ABDALLA RANIA ALRASHEED – Á. ILLÉS – J. NAGY

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

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

Summary

The cultivation of sweet maize is of great importance in Hungary. Hungary is the largest producer on the European continent and the second largest exporter in the world after the United States. The average annual production of Hungarian sweet maize, which is in demand all over the world, reaches 500,000 tonnes as a result of the properly selected precision cultivation technology. Yields of sweet maize are above average in precision farming, with nearly 70% of the area irrigated.

An important factor in the exceptional nature of the drought of 2022 was the lack of rainfall in the previous winter half-year, which was not sufficient to replenish the deeper layers of the soil. April was still average in terms of rainfall, but thereafter a very significant rainfall deficit developed. A total of 66 mm of rain fell in the three summer months. The water shortage and its adverse effects were exacerbated by significantly higher than normal temperatures between May and August. The water deficit was compensated for during the growing season by precision drip irrigation,

with 344 mm of water being applied. In particular, the summer months were much warmer than the long-term average, with positive temperature differences of 3.4 °C, 2.4 °C and 2.9 °C respectively. The best indicator of sweet maize yields is dry matter incorporation dynamics.

Based on the results measured during the phenophase, it was found that the growing season can be divided into three dominant intervals. The Honey maize hybrid produced 18% dry matter in the first stage, from emergence to the juvenile stage, and an additional 4% from the juvenile stage to silking. The intensive stage of dry matter incorporation lasted from silking to the R3 phenophase (harvest), with a total of 72%. Continuous knowledge of the grain moisture content of sweet maize is an important indicator for operational efficiency. Our research showed that, at the R3 phenophase, the moisture contents of plant parts were closely correlated, with the grain moisture content being the highest. Our research results demonstrated that dry matter gain from silking to the R3 (harvest) phase is very intensive, with a total heat requirement of 840 HU for the examined hybrid.

Keywords: sweet maize, dry matter gain, calcium, yield

Bevezetés

A kukorica a világ lakosságának ételmezésében betöltött alapvető szerepe és a termelésének gyors ütemű növekedése miatt a világ egyik legfontosabb kultúrnövénye lett (Nagy 2021). A csemegekukorica termesztése hazánkban nagy jelentőséggel bír. Az európai kontinensen Magyarországon termelik a legtöbbet, az Egyesült Államok után a világ második legnagyobb exportőrei vagyunk. A világszerte keresett magyar csemegekukorica több éves átlaga a jól megválasztott precíziós termesztéstechnológiának köszönhetően eléri az 500 ezer tonnát. Hazánk éghajlati, domborzati és talajtani adottságai megfelelőek a csemegekukorica termesztésére, mára ez a legnagyobb mennyiségben termesztett ipari zöldségféle hazánkban. A szántóföldi növénytermesztés célja, hogy elegendő mennyiségben és megfelelő minőségben állítson elő növényi termékeket. A csemegekukorica termés hozama átlagon felüli a precíziós gazdálkodásban, a területek közel 70%-át öntözik. Magyarországon a betakarított terület 37 288 ha, míg a termésátlag 12 520 kg/ha volt az elmúlt évben (KSH 2022).

A csemegekukorica az egész világon széles körben fogyasztott gabonaféle, termése bőségesen tartalmaz tápanyagokat, például élelmi rostot, fehérjét, szénhidrátokat, vitaminokat, ásványi anyagok és fitokemikáliákat, beleértve a karotinoidokat (Parra et al. 2007). A vegetációs időszak csapadékösszege és a debreceni kísérletek termésátlaga között erős pozitív korreláció mutatható ki (Nagy 2012). A kukorica fejlődésének egyes szakaszaiban ugyanakkor eltérő jelentőségű a csapadék, illetve a -hiány. A kelést követően a vegetatív fázisban a kukorica vízigénye fokozatosan növekszik. A csapadékmentes júniusi időjárás önmagában nem csökkenti a termésátlagot az átlagos érték alá (Gombos és Nagy 2019). A címerhányást közvetlenül megelőző napoktól a szemtelítődés középső szakaszáig tart az az időszak, amelyben a kukorica legérzékenyebb a vízhiány-stresszre (Nielsen et al. 2010). A terméskötés utáni vízellátottsági probléma ezerszem-tömeg csökkenést okoz, míg a korábban jelentkező szárazság elsősorban a szemszám csökkenésben nyilvánul meg (Westgate és Boyer 1986, Smith et al. 2004). A 2022-es rendkívüli évjárat meteorológiai viszonyainak vizsgálata elengedhetetlen a kukorica aszályérzékenységgel kapcsolatos ismeretek bővítésében, a stressztűrési határainak pontosításában. A modern kukoricatermesztés során az időjárás figyelembevétele mellett fontos tényező a modellezés, mellyel a betakarítás előtt meghatározhatjuk a várható termésmennyiséget (Nyéki et al. 2021). A környezeti stresszviszonyok leküzdésére alkalmas genotípusok helyes megválasztása és a genotípushoz igazodó tápanyagellátás nagyon fontos, mivel ezek nagyban meghatározzák a termesztés hatékonyságát (Széles et al. 2019).

2022-ben az előző évi, 2021-es kutatásunk módszertanát követtük, az időjárási viszonyokat illetően (Gombos és Nagy 2022). A hőmérsékleti és csapadékviszonyokat a tenyészidőszakban elsődlegesen havi, majd dekád bontásban értékeltük. A dekadhőmérséklet esetében az anomália, a csapadék esetében a tényleges értékek elemzése volt célravezetőbb, a grafikus megjelenítésnél ezért ezeket alkalmaztuk. Az időjárás alakulásának részletes bemutatásához felhasználtuk a csapadék, valamint a középhőmérséklet, minimum és maximum hőmérséklet napi adatait is. A kukorica fenofázisonként változó éghajlati igényének, illetve a kritikus tényezőinek figyelembevételével értékeltük a 2022-es év tenyészidőszakának meteorológiai viszonyokat (Gombos és Nagy 2023).

Egyedülálló ízvilága mellett a csemegekukorica egészséges összetevői, magas tápértéke miatt népszerű zöldségféle (Erdal et al. 2011, Santos et al.

2014, *Huzsvai et al.* 2021). Az egészséges táplálkozásban betöltött szerepe egyre fontosabbá válik a magas karotinoid tartalmú új hibridek miatt (*Demeter et al.* 2021). A különböző felhasználási célok indokolják a kukorica hibridek beltartalmi jellemzőinek és az agrotechnikai tényezők minőséget befolyásoló hatásának ismeretét. A környezeti stresszviszonyok leküzdésére alkalmas genotípusok helyes megválasztása és a genotípushoz igazodó tápanyagellátás nagyon fontos, mivel ezek nagyban meghatározzák a termesztés hatékonyságát (*Széles et al.* 2019). A friss csemegekukorica elsősorban magas beltartalmi értéke és íze miatt egyre közkedveltebb (*Swapna et al.* 2020). Napjainkban a csemegekukorica magas cukortartalma és alacsony keményítőtartalma miatt fontos zöldségnek számít (*Mousavi et al.* 2022). A csemegekukorica fontos cukrai közé tartozik a szacharóz, a fruktóz, a glükóz és a maltóz (*Nemeskéri et al.* 2019). Az egészségtudatos fogyasztók számára fontos élelmiszer, mert a K-, P-, Mg-, Ca-, Fe-, Zn- és Na-tartalmának köszönhetően fontos szerepet játszik az anyagcserében, a bőr védelmében, valamint a csontok és fogak egészségében. A csemegekukorica cukor, rost, ásványi anyagok és különféle vitaminok gazdag forrása, amelyek fontos szerepet játszanak az emberi táplálkozásban (*Williams II* 2012). A csemegekukorica tartalmaz néhány bioaktív növényi vegyületet, amelyek közül néhánynak egészségügyi előnyei is lehetnek. A csemegekukorica – mint sok gabona – több antioxidánst, valamint sokféle vitamint és ásványi anyagot tartalmaz, de ez a mennyiség nagymértékben változik csemegekukorica fajtaként. Általában a pattogatott kukorica ásványi anyagokban, a csemegekukorica pedig vitaminokban gazdag (*Dewanto et al.* 2002). Jelentős kutatások folynak a csemegekukorica minőségi összetételének meghatározására, az összetételt befolyásoló tényezők vizsgálatára, elemzésére. A csemegekukorica gazdag különféle vitaminokban, amelyek B-, A- és C-vitamint tartalmaznak, valamint ásványi anyagokat is tartalmaz, például kalciumot, foszfort, vasat, káliumot és mangánt. Ennek a zöldségnek a káliumtartalma jelentős (*Khan et al.* 2018). Fontos az ásványianyag-, xantofil- és fenolsav-tartalom meghatározása is. A kutatások kimutatták, hogy a csemegekukoricának magasabb a magnézium-, foszfor- és káliumszintje, mint a többi kukoricának (*Prasanthi et al.* 2017). A kutatás célja egy államilag elismert normálédes csemegekukorica variáns szemtermésének szárazanyag- és Ca-beépülés dinamikájának vizsgálata és az eredmények közvetlen hasznosítása a gyakorlat számára.

Anyag és módszer

Kísérletünket a Debreceni Egyetem MÉK Bemutatókertjében mészlepedékes csernozjom talajon végeztük. Jelen kutatásban vizsgálatainkat a Honey csemegekukorica hibrid bevonásával végeztük, öntözött körülmények között a 2022. évben. A fajtafenntartó az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet Martonvásár és 1998-ban került regisztrálásra. Igen korai, S-2 tenyészidővel rendelkezik. A növény átlagos magassága 173 cm. A cső hosszúsága 21 cm, átmérője 43 mm, átlagtömege 247 g, szemsorok száma 14–16. A szemek színe sárga, a csővég túlnőhet a csuhéleveleken (*Net1*). Az agronómiai paraméterek mellett termésmennyiséget és esszenciális tápelemtartalmat is vizsgáltunk. Az általunk vizsgált értékek meghatározása a betakarításkor vett szemmintákból történt laboratóriumi körülmények között a DE MÉK Agrárműszerközpontjában. A kukorica fenofázisonként változó éghajlati igényének, illetve a kritikus tényezők figyelembevételének módszerével értékeltük, a 2022-es év tenyészidőszakának meteorológiai viszonyokat (*Gombos és Nagy 2019*). A kutatás célja egy államilag elismert normálédes csemegekukorica variáns szemtermésének szárazanyag beépülés dinamikájának vizsgálata és az eredmények közvetlen hasznosítása a gyakorlat számára.

A 2022-es tenyészidőszak időjárása

A tenyészidőszak 18,9 °C-os középhőmérséklete az átlagosnál magasabban (+1,4 °C) alakult. Május elejétől szeptember elejéig kivétel nélkül minden dekád pozitív hőmérsékleti anomáliát mutatott. Előtte áprilisban és szeptember utolsó két dekádjában viszont a szokásosnál hűvösebben alakult az időjárás. A tenyészidőszak alapvetően igen száraz volt. A növény szempontjából meghatározó időszakban jelentős csapadékhiány mutatkozott. Áprilisban még megfelelő volt a vízellátottság, majd száraz hónapok sorozata következett. A rendkívüli vízhiányt a tenyészidőben precíziós csepegtető öntözéssel pótoltuk, a vízmennyisége 344 mm volt. A nyáron lehullott 66 mm csapadék volt az átlagosnak, alig több mint egy harmada (36%-a) esett (*1. ábra, 1. táblázat*).

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

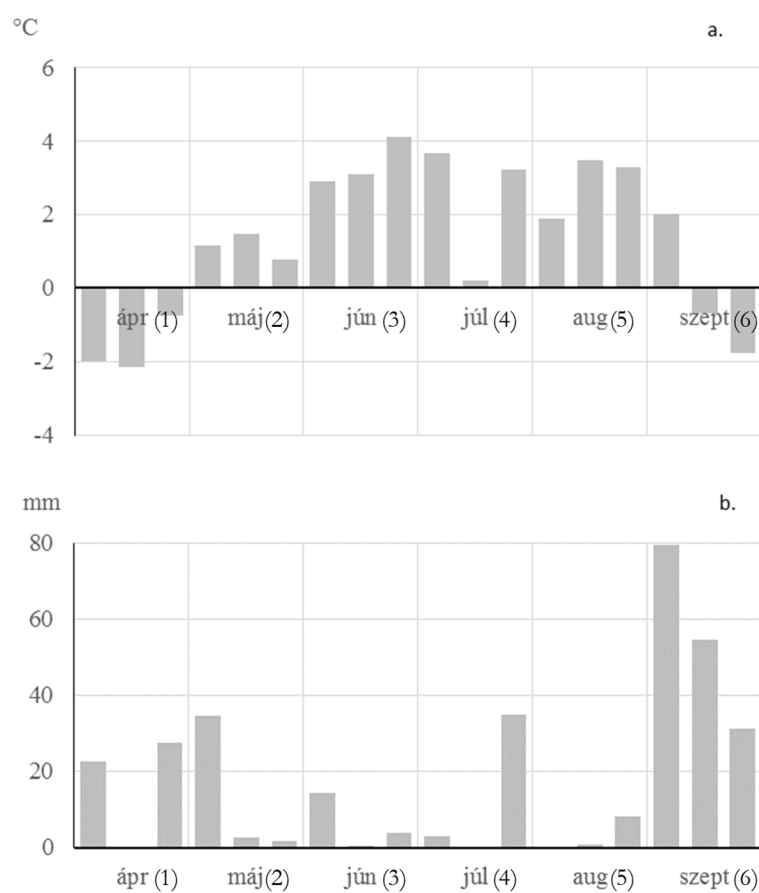


Figure 1. 10-day precipitation sums (b) and anomalies of the 10-day average air temperature values (a) in the growing season (Debrecen agricultural campus, 2022). (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) September

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

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

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

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

Laborvizsgálatok

Ásványi elem meghatározás céljából a vizsgált csemegekukorica hibrid szemtermésének szárítására kémleletes, alacsony hőmérsékleten került sor. A szárítás 50 °C-on, a tárolás feldolgozásig 24 °C-on történt. A begyűjtött minták – ismétléseként 10 db – begyűjtést követően azonnal szárítószekrénybe kerültek. A csemegekukorica minták nitrogén- és kalciumtartalmának meghatározása során előkészített átlagmintából 0,5 g-ot mértünk be, majd 5 ml desztillált cc. HNO₃ és 3 ml 30%-os H₂O₂-t adagoltunk. Ethos Plus Milestone mikrohullámú roncsolóval és Application Note 076-os módszerrel négy lépésben roncsoltuk a mintákat. A roncsolást követően a minták lehűtöttük, majd 50 ml-es mérőlombikba öntöttük. A méréseket atomemissziós ICAP 7000 spektrofotométerrel (Thermo Scientific) folytatva, a plazma fényemissziója által az egyes elemekre jellemző hullámhosszú spektrumvonalát mértük. Az egyes elemek több hullámhosszon adnak mérhető jelet, ezek közül a legoptimálisabbat választottuk ki, ahol volt spektrumvonal

átfedés. Ezt követően az optimális készülék-paramétereket figyelembe véve ICP-OES készülékkel mértük a mintaoldatokat majd számítógépes program segítségével értékeltük a kapott adatokat. A csemegekukorica minták nedvességtartalmát az AOAC Official Method 934.01 Moisture in animal feed alapján, a mintáink mennyiségéhez és a laboratóriumi körülményekhez megfelelően módosítva vizsgáltuk. A kukoricamintákat szárazjéggel összedaráltuk, majd a darálék kb. 1/3 részét behelyeztük egy 40 ml-es EPA fiolába. A minták tárolása szobahőmérsékleten történt a szárazjég elszublimálásáig. A fiola tömegét a szobahőmérséklet elérését követően lemértük. A kapott értékből kiszámítható a nedvességtartalom kiszámításához szükséges kiindulási mintatömeg. Ezt követően a fiolák 70 °C-os vákuumszárítószekrénybe kerültek 500 mbar vákuumot alkalmazva, amit 3 óra elteltével 100 mbar nyomásra csökkentettünk és egy éjszakán keresztül így szárítottuk a mintákat. A szárítószekrényből kivéve a fiolákat légmentesen lezártuk, és miután visszahűltek szobahőmérsékletre, lemértük a minták pontos tömegét.

Eredmények

A csemegekukorica terméseredményeinek legjobb mutatója a szárazanyag-beépülés dinamikája. A fenofázisban mért eredmények alapján megállapítottuk, hogy a tenyészidő három meghatározó intervallumra bontható. A Honey csemegekukorica hibrid az első szakaszban – a keléstől a juvenilis fázisig – 18% szárazanyagot, a juvenilis fázistól a virágzásig további 4%-ot produkált. A szárazanyag-beépülés intenzív szakasza (összesen 72%) a virágzástól az R3 fenofázisig (betakarításig) tartott. Elemeztük a szárazanyag-beépülés ütemét a hasznos hőösszegek (HU) függvényében. Megállapítottuk, hogy a keléstől a nővirágzásig átlagosan 10% szárazanyag-beépüléshez 23 HU, míg az intenzív szakaszban a hímvirágzástól a betakarításig (R3) 11 HU volt szükséges. A teljes hőösszeg-igény 840 HU volt (2. *ábra*). Az üzemi eredményesség érdekében fontos mutató a csemegekukorica szem nedvességtartalmának folyamatos ismerete. A megbízhatóság érdekében betakarításkor (R3) megmértük a növényi részek (szem, csuhé, csutka, szár, címer) nedvességtartalmát. Legmagasabb (87%) a szem nedvességtartalma volt (3. *ábra*).

2. ábra. A Honey csemegekukorica szárazanyag-beépülési dinamikája (%) (Debrecen, 2022)

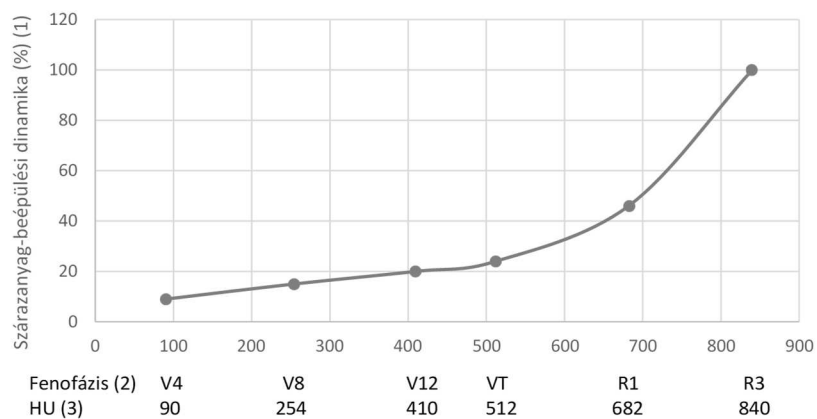


Figure 2. Dry matter incorporation dynamics of Honey sweet maize (%) (Debrecen, 2022). (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Phenophase, (3) Heat units

3. ábra. A Honey csemegekukorica betakarításkori nedvességtartalma növényi részenként (%) (Debrecen, 2022)

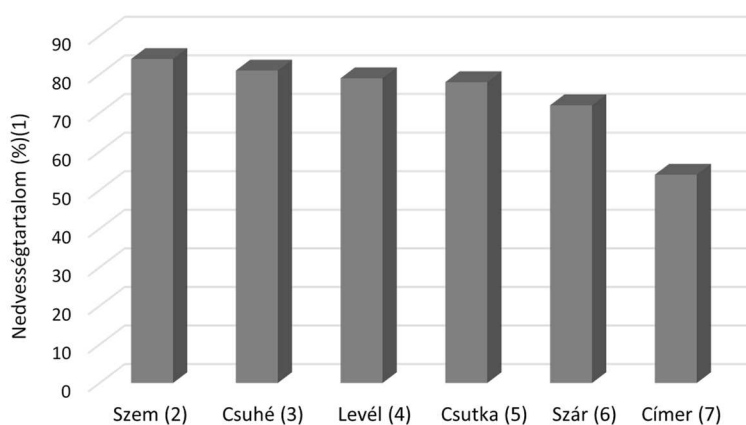


Figure 3. Moisture content of Honey sweet maize at harvest for each plant part (%) (Debrecen, 2022). (1) Moisture content (%), (2) Grain, (3) Husk, (4) Leaf, (5) Cob, (6) Stem, (7) Tassel

A csemegekukorica termelők számára a jövedelmezőség szempontjából a legfontosabb a nyerste termés (cső+csuhé) mennyisége (21,15 t/ha). A feldolgozóipar számára a nyers szemtermés (6,95 t/ha) mennyisége (4. ábra).

4. ábra. A Honey csemegekukorica nyerste termés (cső+csuhé), összes szárazanyag-tartalma és nyers szemtermése (t/ha) (Debrecen, 2022)

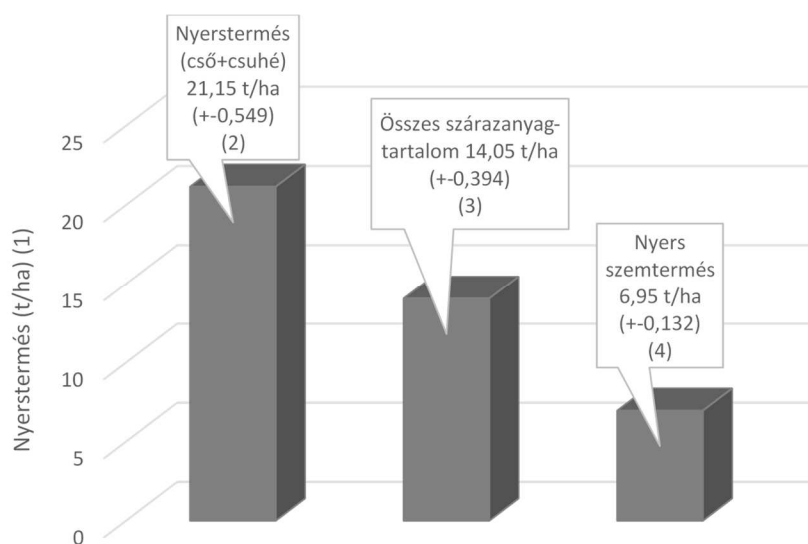


Figure 4. Raw yield (ear + husk), total dry matter and raw grain yield of Honey sweet maize (t/ha) (Debrecen, 2022). (1) Raw yield (t/ha), (2) Raw yield (ear+husk), (3) Total dry matter content, (4) Raw grain yield

A csemegekukorica hibrid szár és levél Ca-beépülési dinamikája szoros összefüggést mutatott, ugyanakkor a vizsgálati eredmények szerint a levél Ca-tartalma a tenyészidőszak folyamán közel lineáris volt, addig a szárban a Ca-beépülés 60%-a a tenyészidőszak utolsó szakaszában (R1-R3) történt (5. ábra).

5. ábra. A Honey csemegekukorica Ca-beépülési dinamikája (%)
(Debrecen, 2022)

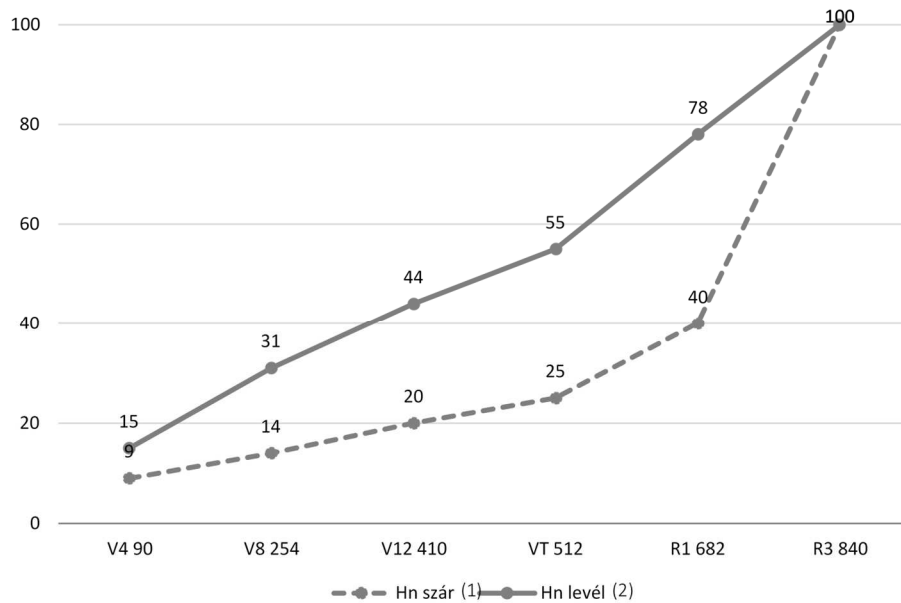


Figure 5. Ca incorporation dynamics of Honey sweet maize (%) (Debrecen, 2022). (1) Hn stem, (2) Hn leaf

Következtetések

A 2022-es aszály rendkívüliségében fontos tényező volt, hogy a megelőző téli időszakban a talajok mélyebb rétegei nem tudtak átnedvesedni. A téli félévben mindössze 150 mm csapadék hullott, egy igen aszályos tenyészidőszakot követően, így nagyon alacsony volt a talajok tavaszi induló vízkészlete. Az április még átlagosan csapadékos volt, ezt követően azonban igen jelentős csapadékhány alakult ki. A három nyári hónapban összesen 66 mm csapadék hullott, ami 115 mm-rel elmaradt az átlagostól. A csemegekukorica termesztés jövedelmezősége szempontjából legfontosabb mutató a hektáronkénti betakarított nyers termés (cső+csuhé). A gyakorlatban az érés fenofázisában a termelők a nedvességtartalmat mérik. Kutatásaink szerint az R3 fenofázisban a növényi részek nedvességtartalmai

szoros összefüggést mutatnak, a szem nedvességtartalma volt a legmagasabb. Kutatási eredményeinkkel bebizonyítottuk, hogy a nővirágzástól az R3 (betakarítás) fázisig a szárazanyag- és a Ca-gyarapodás igen intenzív, a teljes hőösszegigény a vizsgált hibridnél 840 HU volt.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- 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 percision farming. *Agronomy*. 11. 2596: 1-12.
- Dewanto, V.-Wu, X.-Liu, R. H.:* 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50. 17: 4959-4964.
- 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.
- Gombos B.-Nagy J.:* 2019. Az időjárás értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletek eredményei alapján. *Növénytermelés*. 68. 2: 5-23.
- Gombos B.-Nagy J.:* 2022. A látóképi kukorica tartamkísérlet 2021-es tenyészidőszakának agrometeorológiai jellemzőinek elemzése. *Növénytermelés*. 71. 1: 7-20.
- Gombos B.-Nagy J.:* 2023. A kukoricatermesztési kísérletek meteorológiai viszonyai a Debreceni Egyetem agrár kampuszán a 2022-es tenyészidőszakban *Növénytermelés*. 72. 1: 5-19.
- 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.
- Khan, A. A.-Hussain, A.-Ganai, M. A.-Sofi, N. R.-Hussain, S. T.:* 2018. Yield, nutrient uptake and quality of sweet corn as influenced by transplanting dates and nitrogen levels. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7. 2: 3567-3571.
- KSH:* 2022. Average yield of major vegetables [kg/hectare]. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0019.html (letöltve: 2022. szeptember 10.)

- Mousavi, S.-Illés, Á.-Bojtor, C.-Demeter, C.-Bakos, Z.-Vad, A.-Abakeer, R.-Sidahmed, H.-Nagy, J.:* 2022. Quantitative and qualitative yield in sweet maize hybrids. *Braz. J. Biol.* 84: 1-9.
- Nagy, J.:* 2012. The effect of fertilization and precipitation on the yield of maize (*Zea mays* L.) in a long-term experiment. *Időjárás.* 116. 1: 39-52.
- Nagy J.:* 2021. Kukorica. A nemzet aranya - Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 516.
- Nemeskéri, E.-Molnár, K.-Rácz, C.-Dobos, A. C.-Helyes, L.:* 2019. Effect of water supply on spectral traits and their relationship with the productivity of sweet corns. *Agronomy.* 9. 2: 63.
- Net1:* <https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/79608/kukorica06.pdf/39a935ce-2532-47f0-b338-66159456d1d0> (letöltve: 2022. január 4.)
- Nielsen, D. C.-Halvorson, A. D.-Vigil, M. F.:* 2010. Critical precipitation period for dryland maize production. *Field Crops Research.* 118: 259-263.
- Nyéki, A.-Kerepesi, C.-Daróczy, B.-Benczúr, A.-Milics, G.-Nagy, J.-Harsányi, E.-Kovács, A. J.-Neményi, M.:* 2021. Application of spatio-temporal data in site-specific maize yield prediction with machine learning methods. *Precision Agriculture.* 22: 1397-1415.
- OMSZ:* 2019. Magyarország hőmérsékleti viszonyai.
- Pálfai I.:* 2002. Magyarország aszályossági zónái. *Vízügyi Közlemények.* 84. 3: 323-357.
- 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.
- 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.
- Santos, P. H. A. D.-Pereira, M. G.-Trindade, R. D. S.-Cunha, K. S. D.-Entringer, G. C.-Vettorazzi, J. C. F.:* 2014. Agronomic performance of super-sweet corn genotypes in the north of Rio de Janeiro. *Crop Breeding and Applied Biotechnology.* 14. 1: 8-14.
- Smith, W. C.-Betran, J.-Runge, E. C. A. (eds.):* 2004. Corn. Origin, History, Technology, and Production. Hoboken. NJ. John Wiley. 949.
- 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.-Fejér, P.-Harsányi, E.-Huzsvai, L.:* 2019. Evaluation of Changes Caused by Genotypes and Weather on the Protein and Oil Content of Maize Grains in the Continental Climate of Central European Hungary. *Journal of Agriculture Food and Development.* 5: 22-32.

- Széles, A.-Nagy, J.-Rátonyi, T.-Harsányi, E.:* 2019. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. *Maydica*. 64. 2: 14.
- Westgate, M. E.-Boyer, J. S.:* 1986. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. *Crop Science*. 26: 951-956.
- Williams II, M. M.:* 2012. Agronomics and economics of plant population density on processing sweet corn. *Field Crops Research*. 128: 55-61.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

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

Eltérő ozmotikus stressztoleranciájú burgonya szülő és nemesítési vonalak primer és szekunder gumóinak tesztelése izolált és fóliasátras termesztési közegben

¹HANÁSZ ALEXANDRA – ²DOBRÁNSZKI JUDIT – ¹ZSOMBIK LÁSZLÓ

Debreceni Egyetem

¹AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza

²MÉK Agrár Genomikai és Biotechnológiai Központ, Nyíregyháza

Összefoglalás

Korunk talán egyik legmeghatározóbb problémája a növekvő népesség élelmiszer ellátásának biztosítása. A mai modern növénytermesztés a kockázati tényezők minimalizálását és a siker maximalizálását tartja szem előtt. Kísérletünkben olyan ismert ozmotikus stressztűréssel rendelkező burgonya szülő vonalakat (C103, C107) és nemesítési vonalakat (C11, C20) vizsgáltunk, melyek korábbi ismereteink alapján értékes nemesítési alanyai lehetnek a jelenlegi és jövőbeni kutatásainknak egyaránt. *In vitro* mikroszaporítással létrehozott hajtástenyészetekből primer gumót állítottunk elő izolált körülmények között, majd a betakarított primer gumók fóliasátróban nevelkedtek tovább normál (T₁: 25 cm, F₁: 20–45 mm) és sűrített (T₂: 15 cm, F₂: -19 mm) tőtávolság és frakciócsoport szerint ültetve. Vizsgáltuk a gumóhozamban történő változásokat, valamint a tőszámsűrítés befolyásoló szerepét mind a betakarított gumók mennyiségében, mind frakciók közötti eloszlásban. A szekunder gumó esetében megfigyeltük a kelés dinamikáját, a lombmagasság és friss lombtömeg értékeit betakarítás előtt, a friss levelek klorofill-a, -b és összes-klorofill tartalmát, valamint a klorofill-fluoreszcencia Fv/Fm értékeit a szülőpárnánál. Az anyatővenként mért gumóhozam primer gumóknál kisebb tőtávnál minden esetben kevesebb volt, és a szekunder gumóknál T₂ tőtávolságnál is körülbelül felére csökkent. Az állománysűrítés hatására betakarított primer gumók mennyiségében szignifikánsan eltérő eredményeket a vizsgált genotípusok közül három (C103, C107, C20), a szekunder gumók vizsgálatokor két (C103, C20) genotípusnál kaptunk. A frakció eloszlást a primer gumók számában a tőszámsűrítés C103 (2. frakció), C20 (3. frakció)

genotípusoknál pozitívan befolyásolta, míg C107 (3. frakció) és C11 (3. frakció) genotípusoknál enyhe csökkenést tapasztaltunk. A vizsgált szekunder gumók kelési dinamikája nagymértékben függött a genotípusra jellemző adottságoktól, azonban a tőszámsűrítés és frakcionálás is döntően befolyásoló szereppel bírt. A kelés 50%-át legkorábban a C11, legkésőbb a C107 genotípusnál mértünk (43. és 79. DAP). A tőszám/frakciócsoport szerinti értékelésben az 50%-os kelési arányt és a kelés maximumát általánosan 4–11 nappal később érte el a sűrített növényállomány, mint a normál tőtávolságon neveltek. A lombmagasság, a friss lombtömeg, a klorofill-a, -b és összes-klorofill tartalom mérések adataiban genotípus és tőszám szerint a C103 és C20 genotípusok értékei az esetek többségében szignifikánsan magasabbak voltak, mint a másik két genotípus. Az állománysűrítés hatására az egységnyi területre jutó gumótömeg jelentősen mérséklődött a vizsgált szülő (C103, a: 371,97 g/m²; C107, bc: 61,73 g/m²) és nemesítési vonalaknál (C20, b: 97,28 g/m²; C11, c: 2,13 g/m²). A tőszám sűrítés és frakcionált ültetés a szekundergumók tömegében szignifikánsan csökkenő értékeket eredményezett a C103 és a C20 genotípusok esetében, valamint a frakciók közötti eloszlás vizsgálatkor is ennél a két genotípusnál mértünk statisztikailag mérhető eltérést. Eredményeink jó alapot biztosítanak a vizsgálatba vont burgonya genotípusok fejlődési folyamatainak megismeréséhez és a jelen kor szélsőséges időjárási körülményeihez alkalmazkodó nemesítési vonalak létrehozásához, azok sajátos adottságaihoz alkalmazandó termesztéstechnológiai, illetve vetőmagelőállítási módszerek kidolgozásához.

Kulcsszavak: állománysűrűség, fotoszintézis, gumóméret, minigumó, *Solanum tuberosum* L.

Testing of primary and secondary tubers of potato parent and breeding lines with different osmotic stress tolerance in an isolated and greenhouse cropping system

¹A. HANÁSZ - ²J. DOBRÁNSZKI - ¹L. ZSOMBIK

University of Debrecen

¹IAREF Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza

²FAFSEM Centre for Agricultural Genomics and Biotechnology, Nyíregyháza

Summary

Probably one of the most defining problems of our time is providing food for the growing population of the earth. The aim of today's modern plant cultivation is to minimize risk factors and maximize the possibility of success. In our experiment, we examined potato parent lines (C103, C107) and their breeding lines (C11, C20) with known osmotic stress tolerance, which, based on our previous knowledge, could be valuable breeding subjects for both our current and future research. Primary tubers were made from shoot cultures produced by *in vitro* micropropagation under isolated conditions, then the harvested primary tubers were planted in green house at two different plant distance and fraction group (normal: T₁: 25 cm, F₁: 20–45 mm and narrow: T₂: 15 cm, F₂: -19 mm). We examined the changes in the tuber yield, as well as the influencing role of plant distance both in the amount of harvested tubers and in the distribution between fractions. In the case of the secondary tuber, we observed the emergence dynamics, the leaf height and fresh leaf weight values before harvest, the chlorophyll-a, -b and total chlorophyll content of the fresh leaves, as well as the Fv/Fm values of the chlorophyll fluorescence in the parental pair. The tuber yield measured per plant was lower in all cases for primary tubers at narrower plant distance and for secondary tubers at T₂ plant distance was also reduced by about half. Significantly different results in the amount of primary tubers harvested as a result of narrower plant distances were obtained for three (C103, C107, C20) genotypes, and for two (C103, C20) genotypes when examining the secondary tubers. The fractional distribution in the number of primary tubers was positively influenced by plant distance in genotypes C103 (2nd fraction), C20 (3rd fraction), while C107 (3rd fraction) and C11 (3rd fraction) genotypes showed a slightly decrease. The emergence dynamics of the examined secondary tubers depended to a large extent on the

characteristics of the genotype, however, the plant distance and fractionation also had a decisive influence. 50% of emergence was measured at the earliest for the C11, the latest for the C107 genotype (DAP 43. and 79.). The plants growing in a narrower plant distance, the 50% emergence ratio and the maximum emergence were generally reached 4–11 days later than the plant grown under normal conditions. In the measurements of leaf height, fresh leaf weight, chlorophyll-a, -b and total chlorophyll content, according to genotype and plant number, the values of the C103 parent line and the C20 breeding line were in most cases significantly higher compared to the other two genotypes. As a result of the narrow number of plants, the tuber weight per unit area was significantly reduced in the observed parent (C103, a: 371.97 g/m²; C107, bc: 61.73 g/m²) and breeding lines (C20, b: 97.28 g/m²; C11, c: 2.13 g/m²). The higher number of seedlings and fractional planting resulted in significantly lower values in the weight of secondary tubers for genotypes C103 and C20, and when examining the distribution between fractions, we measured a statistically measurable difference for these two genotypes as well. Our results provide a good basis for learning the development processes of the potato genotypes included in the study and for the creation of breeding lines adapted to the extreme weather conditions of today, for the development of cultivation technology and seed production methods applicable to their specific characteristics.

Keywords: stocking density, photosynthesis, tuber size, minituber, *Solanum tuberosum* L.

Bevezetés

Az *in vitro* növényzaporítási technikák segítik az egészséges, kórokozómentes burgonya szaporítóanyag előállítását (Struik és Wiersema 1999). Hajtástenyészetek létrehozása egyrűgyes nóduszokból talán az egyik leggyakrabban használt *in vitro* szaporítási módszer (Roca et al. 1978, Veeken és Lommen 2009, Asakaviciute 2011). A szaporítás körülbelül négyhetes ciklusokban történik (Asakaviciute 2011, Milinkovic et al. 2012). Az *in vitro* szaporítással a morfológiai és biokémiai változás nem kimutatható mértékű, a merisztémákra alapozott mikroszaporítási módszerekkel létrehozott *in vitro* növények genetikailag stabilabbak, mint a más *in vitro* technikával előállítottak (Roca et al. 1978, Slack 1980). Rosenberg et al. (2007) kutatása is alátámasztotta ezt az állítást, azonban azt is megállapították, hogy a tesztelt

klónok között egyöntetűségben, virágzás intenzitásában, szár magasságában különbségek voltak. A mikrogumók és az *in vitro* növények általános alapanyagai a burgonyatermesztésnek. A minigumók az *in vitro* növények és mikrogumók első generációs gumói. A minigumó előállítása napjainkban izolált helyen történik: üvegházban, műanyag alagutakban, fóliasátrakban. A kiváló minőségű *in vitro* burgonya vetőgumó előállítás több évtizedes múltra tekint vissza (Pruski 2007). A szaporítási módon kívül, a minigumó mérettartománya is fontos tulajdonság, általánosan 5-25 mm közötti gumó méretet foglal magába (Struik és Wiersema 1999). A minigumó termesztést befolyásoló tényezők a minigumók száma *in vitro* növényenként, illetve egységnyi területre, az átlagos tömeg minigumónként, a minigumó hozam növényenként, illetve egységnyi területre (Lommen és Struik 1992). Az állománysűrűség növelésének hatása, a különböző termesztési közegek, műtrágyák is mind befolyásoló szereppel bíró növénytermesztési technikák. A gumó méretnek meghatározó szerepe van a növény dinamikus fejlődésében, hiszen az anyagumóban lévő tartalékok segítik azt (Wurr et al. 1993). A növényben lévő klorofillnak szerepe a növény fejlődésében, a benne zajló összetett biokémiai folyamatban, – mint a fotoszintézis – kulcsfontosságú. A klorofill-fluoreszcencia mérés kvantitatív értékelés, egy gyors és roncsolásmentes folyamat, mely alapvető információt ad a növény károsodottságáról, és már a látható tünetek megjelenése előtt kifejezhető a mérések által a szárazságra vagy valamilyen egyéb stresszorra való érzékenység/tolerancia. A szárazság hatására lassul a fotoszintézis sebessége, csökken a CO₂ koncentráció, a fotoszintézis aktivitás egyfajta indikátorként funkcionál (Schreiber et al. 1995, Mauromicale et al. 2006).

Kutatásunk során eltérő ozmotikus stressztoleranciával rendelkező, ismert tulajdonságú burgonya szülő vonalakat és azok keresztezéséből származó, előzőleg *in vitro* ozmotikus stressztűrési kísérletekben tesztelt nemesítési vonalakat használtunk fel. A minigumó és vetőgumó előállítás során a termesztést befolyásoló tényezők, mint az állománysűrítés és a frakcionált ültetés fiziológiai hatásait vizsgáltuk az egyes burgonya genotípusoknál.

Anyag és módszer

A kísérlet *in vitro* és akklimatizálási szakaszát a Debreceni Egyetem MÉK Agrár Genomikai és Biotechnológiai Központ laboratóriumában, a fóliasátras

kísérletet a Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutatóintézetben végeztük. A kísérlet kiindulási anyagai burgonya (*Solanum tuberosum* L.) szülő vonalak (C103, C107) és nemesítési vonalaik (C11, C20) *in vitro* hajtástenyészetei. Korábbi, *in vitro* kísérleteink során burgonya hajtástenyészetek túlélése és egyszerű morfológiai paramétereinek változásai alapján következtettünk a genotípusok ozmotikus stressztoleranciájára. A kísérletben két különböző molekulatömegű PEG (Mv=600, Mv=6000) és D-mannitol ozmotikumok három koncentrációja került tesztelésre 27 burgonya nemesítési vonalon és két ismert szárazságtűrési tulajdonsággal rendelkező szülő vonalon (C103, C107). Az eredmények alapján kilenc kiváló ozmotikus stressztűréssel rendelkező genotípus, köztük a C11 nemesítési vonal került a további vizsgálatra alkalmas vonalak közé (Hanász et al. 2022). A C20 nemesítési vonal kiemelkedő túlélési aránya miatt került a kísérletbe.

A szülői vonalak közül a C103 szülő vonal középkorai éréscsoportba tartozó, kerek-ovális gumóalakú, vörös héjú, fehér húsú burgonya genotípus. A C107 szülő vonal késői érésű, hosszúkás gumóalakkal rendelkező, lilarózsaszín héjú és fehérhúsú genotípus, valamint mindkettő toleráns a *Phytophthora infestans* betegségre. A vizsgálatba vont nemesítési vonalak (C11, C20) a szülő vonalokból származó keresztezések (Hanász et al. 2022). A nemesítési vonalak *in vitro* kultúrába vitelének első lépése a gumóról leszedett hajtásrügyek felszíni sterilizálása volt, mely során először 12% Ca(OCl)₂ oldatban 5–8 percig kezeltük, majd steril desztillált vízzel való öblítés után 70% etanolban áztattuk a hajtásokat 30 másodpercig, és ismételt desztillált vízzel öblítettük három alkalommal. Ezután körülbelül 0,1–0,3 mm nagyságú merisztémát preparáltunk, majd indító táptalajra helyeztük (Dobránszki 2006). A burgonya *in vitro* tenyésztése során alkalmazott MS alapú táptalajok makro- és mikroelemeket, valamint vitaminokat, 3% szacharózt és 0,7% agar-agart tartalmaznak (Murashige és Skoog 1962). A táptalaj pH-t 5,7-re állítottuk be, autoklavozás előtt. A sterilizálás 121 °C-on, 105 Pa nyomáson ST-124/2 típusú autoklávban történt 30 percig. A merisztémáról történő indítás után 1–2 hónapon belül 7–8 leveles növények fejlődtek, melyek közül a vírusmentesnek bizonyuló vonalokból mikroszaporítással állítottuk elő a gyökeres hajtástenyészeteket a kísérletekhez. A mikroszaporítás során egyrügyes hajtásdarabkákat (nodális szegmenteket) helyeztünk a táptalajra (20 db explantátum/üveg). A tenyésztéshez 400 ml-es hengeres

alakú befőttesüvegeket használtunk, mely 50 ml táptalajt tartalmazott. A növényeket 16 órás megvilágításon, 22/15+2 °C nappal/éjszaka hőmérsékleti tartományon, 65 $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$ PPF fényerőn neveltük négy hétig. A kísérlethez legalább 10 darab tenyésztőüveggel állítottunk elő genotípusonként, azaz legalább 200 darab növényt. A négyhetes hajtástenyészetek akklimatizáló helyiségben nevelkedtek a következő 3 hónapban. A tápközeg általános virágföld volt. Az első hónapban 16 órás megvilágítás mellett, a második két hónapban 12 órás megvilágítás mellett fejlődtek a növények. A beállított hőmérséklet 21 °C, a relatív páratartalom 55%. A szükséges vízmennyiséget a növények heti két alkalommal kapták meg, ez alkalmanként 500 ml-t jelentett cserepenként (3 l űrtartalom). Genotípusonként 10 cseréppel, egyesével ültettünk, további 97 cseréppel kettesével ültettük ki a növényeket, összesen 428 cseréppel. Betakarítás előtt egy héttel eltávolítottuk a növények lombzatát. Betakarításkor az egyesével ültetett növényeket (10 darab/genotípus) külön takarítottuk be. A gumók számát felvételeztük, mind az egyesével, mind a kettesével ültetett növények esetében. A betakarítás után a gumókat klímakamrába (Memmert HPP 750) helyeztük 12 °C hőmérsékletre a nyugalmi időszak idejére, 60 napra. Azonban ez az idő genotípusonként eltérő lehet, nem volt ismeretünk ezzel kapcsolatban a vizsgált genotípusoknál. A dormancia megtörésére gibberellinsavas kezelést (5 mg/l) alkalmaztunk a minigumókon (Coleman és Coleman 2000, Sasani et al. 2009). A primer gumók fóliasátorba történő ültetésére 2020. július 27-én került sor. A genotípusokat 18 ismétlésben, két különböző tőtávolsággal (25 cm - T₁ és 15 cm - T₂), két különböző frakciócsoportra bontva (20–45 mm - F¹ és -19 mm - F₂), F₁-t T₁, F₂-t T₂ tőtávolsággal ültetve, 3 × 0,75 m parcellákba, randomizált blokk elrendezésben, esőztető öntözéssel (DAP (Day After Planting) 79-ig 5 l/m²/nap, DAP 79. és 93. között 2,5 l/m²/nap intenzitással) ellátva ültettük. Az ültetéstől a lomblevágásig terjedő időszakban a hőmérséklet_{átlag} 18,7 °C, a hőmérséklet_{minimum} 13,6 °C, a hőmérséklet_{maximum} 24,5 °C, a relatív páratartalom_{átlag} 90,2% volt. Megfigyeltük a kelés dinamikáját genotípus és frakciócsoport szerint, felvételeztük a növénymagasságot és lombtömeget, a betakarítás előtt fluoreszcencia mérést végeztünk a C103 és C107 szülő vonalakon, vizsgáltuk az összes-klorofill, klorofill-a és klorofill-b tartalmat spektrofotometriás méréssel, valamint a gumófrakciók eloszlását, és a

betakarított gumók tömegét felmértük parcellánként genotípus és tőssűrűség szerint.

1. ábra. *Fiatal burgonya in vitro* hajtástenyészet (Nyíregyháza)

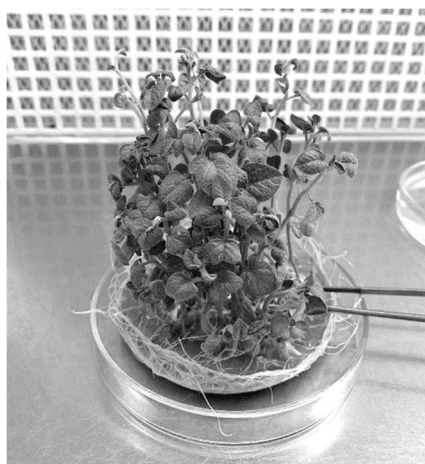


Figure 1. Young potato *in vitro* shoot culture (Nyíregyháza)

Klorofiltartalom mérése levélzeten

A klorofill-a, -b, és összes-klorofill tartalom meghatározása *Felföldy* (1987) által közölt spektrofotometriás módszer szerint történt. Genotípus és T₁, T₂ állomány szerint négy ismétlésben vételeztünk 500 mg friss levélaprítékot. Az izolátumokat felhasználásig -80 °C-on ultramélyhűtőben tároltuk. A friss növényi apríték mechanikai roncsolása MgO és kvarchomok felhasználásával történt, majd oldószer használatával 653, 666, és 750 nanométer (A_{653, 666, 750}) fényhullámhosszon vizsgáltuk az oldatok abszorbanciáját Jenway 6705 spektrofotométerrel. A számítás során mind a 653, mint a 666 nanométeren mért abszorbanciából levonásra került a 750 nanométeren mért érték, ami a zavarosságot jelenti az oldatban. Az értékek számítása a következő (*Felföldy* 1987) módszer szerint történt:

- chl a = 17,12 A₆₆₆ - 8,68 A₆₅₃
- chl b = 32,23 A₆₅₃ - 14,55 A₆₆₆
- chl a + chl b = 2,57 A₆₆₆ + 23,6 A₆₅₃

A mértékegység µg/1 g levél friss tömeg (FW).

Klorofill-fluoreszcencia mérése levélzetten

A méréseket OS5p modulált fluoriméter műszerrel (Opti-Sciences, USA) végeztük, C103 és C107 genotípusokon T₁ és T₂ tőtávolságnál, négy ismétlésben. Mérésenként, illetve növényenként egy darab teljesen kifejtett levél került mintavételezésre. Takaró klipszek segítségével 30 perc sötétben tartás után mértük a fluoriméter szoftverének protokollja szerint az Fv/Fm arányt (a PSII reakciócenter potenciális quantum hatásfok), mely az elnyelt energia hasznosítási hatásfokát mutatja. Nincs mértékegysége, más hatásfok-paraméterhez hasonlóan.

A statisztikai értékeléshez SPSS for Windows 22.0 programcsomagot, a statisztikailag szignifikáns csoportok megállapításához LSD és Tukey-b tesztet alkalmaztunk, az ábrák szerkesztése MS Excel™ 2016 segítségével történt.

Eredmények

A Tukey-b és LSD teszt alapján a betakarított primer gumó termés (*1. táblázat*) vizsgálatakor a különböző genotípusok között szignifikánsan eltérő értékeket kaptunk. A legmagasabb értéket a C107^{Normál} jelű genotípus (a) és C20^{Normál} (ab, -8,7%) esetében, a legalacsonyabb értéket C11^{Normál} jelű burgonya genotípusnál (c, -43,5%) kaptuk. A tőszámsűrités szignifikánsan befolyásolta a betakarított primer gumók mennyiségét a C103 (d, -32,7%), C107 (bc, -27,5%) szülő vonalak és C20 (bc, -17,5%) nemesítési vonal esetében. A C11 nemesítési vonalnál nem találtunk szignifikáns eltérést. A sűritett állományt tekintve azonban minden esetben alacsonyabb volt az anyatövenként mért gumószám.

A tőszámsűrités szignifikánsan befolyásolta a betakarított szekunder gumók mennyiségét a C103 (B, -52,8%) és C20 (C, -71,4%) jelű genotípus esetében. Nem volt szignifikáns eltérés a C107 és C11 jelű nemesítési vonalak gumószámai között. Sűritett állománynál minden genotípusnál alacsonyabb értékeket (körülbelül 50%-kal) kaptunk a normál tőtávolságon nevelt állományban mért gumók számához képest.

1. táblázat. *Tőszámsűrítés hatása az gumóhozamra különböző tőtávolságú állományban*

Genotípus (3)	Primer gumó (1)		Szekunder gumó (2)	
	Tőtávolság (4)		Tőtávolság/Frakciócsoport (5)	
	Normál (T ₁)	Sűrített (T ₂)	T ₁ /F ₁	T ₂ /F ₂
	C103	5,2 bc	3,5 d	7,2 A
C107	6,9 a	5 bc	2,1 D	1,1 D
C11	3,9 c	4 c	0,7 EF	0,2 F
C20	6,3 ab	5,2 bc	5,9 AB	2,1 C

Megjegyzés: a táblázatban szereplő kisbetűk a primer-, a nagybetűk a szekunder gumókból betakarított termés statisztikailag eltérő értékeit jelölik genotípusok és kezelések között ($p < 0,05$). Növények közötti távolság: normál (1 gumó/cserép), keskeny (2 gumó/cserép), (5) Növények közötti távolság/gumófrakció csoport, T₁/F₁ (25 cm/20-45 mm) és T₂/F₂ (15 cm/-19 mm). Mértékegység: db/növény.

Table 1. The effect of changes in the number of seedlings in different plant distances on tuber yield per plant. (1) Primary tuber, (2) Secondary tuber, (3) Genotype, (4) Plant distance: normal (1 tuber/pot), narrow (2 tuber/pot), (5) Plant distance/tuber fraction group, T₁/F₁ (25 cm/20-45 mm) and T₂/F₂ (15 cm/-19 mm), Note: lowercase and uppercase letters in the table indicate statistically different values of the yield harvested from primary and secondary tubers between genotype and treatments ($p < 0.05$). Unit: number/plant.

A frakcióeloszlást tekintve (*2. táblázat*) a primer gumók számában (%_{db}) a genotípusok között a C103 és a C20 genotípusoknál sűrített állományban a normál állományhoz képest magasabb értéket kaptunk (C103, 2. frakció: +14%; C20, 3. frakció: +44%), míg C107 (3. frakció: -10%) és C11 (3. frakció: -3%) genotípusok esetében enyhe csökkenést tapasztaltunk. A tömeg alapján (%_m) a C107 (3. frakció: -21%), C11 (3. frakció: -17%) genotípusoknál a tőszámsűrítés hatására csökkent a többségében előforduló frakciótömege, de az arányok eltolódtak a nagyobb frakcióméret (2. frakció) felé. A C20 nemesítési vonal esetében is igaz ez az állítás azzal a különbséggel, hogy itt a legmagasabb arányban előforduló frakció megmaradt a sűrített állományban is, csak magasabb százalékban (3. frakció: +17%).

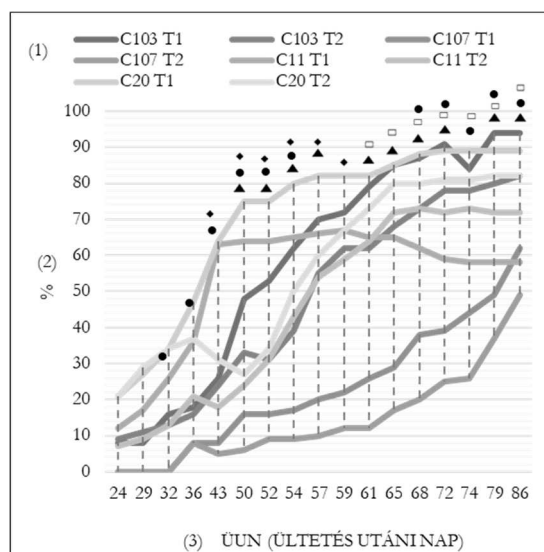
2. táblázat. A különböző tőtávolságokon nevelt *in vitro* növények primer gumóinak frakcióeloszlása szám és tömeg szerint

Primer gumó (1)								
Genotípus _(Normál tőtávolság) (2)								
	C103		C107		C11		C20	
Méret (mm) (4)	% _{db} (5)	% _m (6)	% _{db} (5)	% _m (6)	% _{db} (5)	% _m (6)	% _{db} (5)	% _m (6)
Vető (36-45) (7)	0	0	0	0	0	0	0	0
1. fr. (25-35) (8)	16	43	0	0	0	0	2	8
2. fr. (20-24) (9)	28	32	14	26	11	18	0	0
3. fr. (15-19) (10)	34	20	65	67	62	71	29	50
4. fr. (10-14) (11)	20	4	17	7	24	11	52	38
5. fr. (-10) (12)	2	1	3	2	3	0	21	4
Genotípus _(Sűrített tőtávolság) (3)								
	C103		C107		C11		C20	
Méret (mm) (4)	% _{db} (5)	% _m (6)	% _{db} (5)	% _m (6)	% _{db} (5)	% _m (6)	% _{db} (5)	% _m (6)
Vető (36-45) (7)	2	0	0	0	0	0	0	0
1. fr. (25-35) (8)	8	43,1	1	2	1	2	1	3
2. fr. (20-24) (9)	42	32,4	26	47	23	39	11	26
3. fr. (15-19) (10)	23	20,2	55	46	59	54	73	67
4. fr. (10-14) (11)	18	4,2	14	4	14	5	11	3
5. fr. (-10) (12)	8	0,1	5	1	3	0	3	0

Table 2. Fractional distribution of primary tubers of *in vitro* plants grown at different plant distances by number and weight. (1) Primary tuber, (2) Genotype (normal plant distance), (3) Genotype (Narrow plant distance), (4) Size (mm), (5) Number, (6) Weight, (7) Seed potato, (8) fraction (25-35), (9) fraction (20-24), (10) fraction (15-19), (11) fraction (10-14), (12) fraction (-10)

A vizsgált burgonya genotípusok kelési dinamikáját az 2. ábra foglalja össze. A szülőpár C103 és C107 jelű genotípusok és hibridjeik C11 és C20 jelű genotípusok esetében a két különböző tőtávolság (T_1 és T_2) és frakciócsoport (F_1 és F_2) között. A minigumók esetében az 50%-os kelési arány már megfelelőnek mondható, így ezt a támpontot vettem figyelembe a kelés időpontjának meghatározásánál.

2. ábra. Az egyes genotípusok kelési dinamikája frakciócsoport és tőtávolság szerint



Megjegyzés: az ábrán szereplő szimbólumok (▲ jelöli a C103, □ jelöli a C107, ● jelöli a C11, ◆ jelöli a C20) mutatják mely genotípusok esetében mértünk szignifikáns eltéréseket adott megfigyelési napon a különböző tőtávolságra ültetett növényeknél ($p < 0,05$).

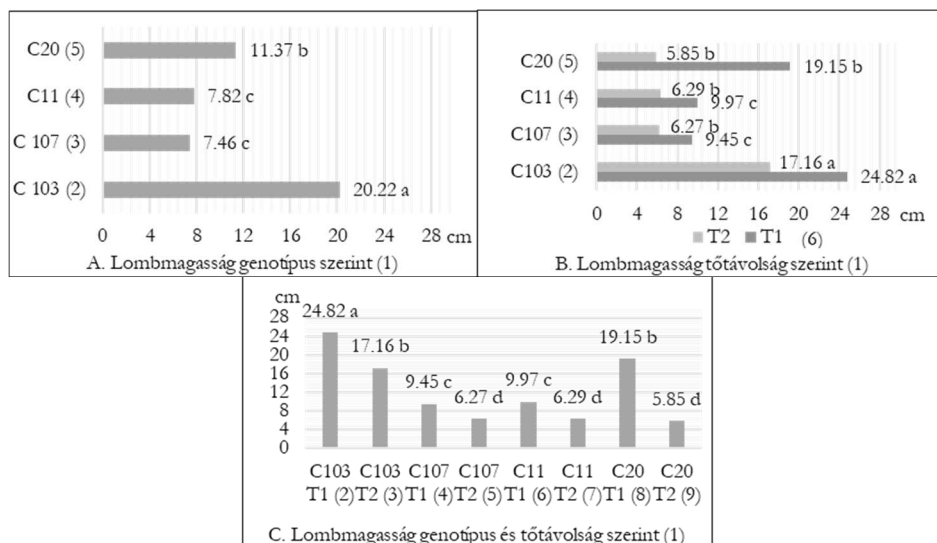
Figure 2. Emergence dynamics of each genotype according to fraction group and plant distance. (1) Genotype and plant distance, (2) Unit, (3) DAP (Day After Planting), Note: symbols (▲ marks C103, □ marks C107, ● marks C11, ◆ marks C20) in the figure indicate statistically different values ($p < 0.05$) at each observation times and each genotypes at different plant distances.

A C103 jelű genotípust (2. ábra) 17 megfigyelési időpontban vizsgáltuk. T_1 tőtávolságnál F_1 frakciócsoportnál az ültetéstől számított (ÜUN, ültetés utáni napok száma, továbbiakban DAP) 24–43. napig nem volt szignifikáns különbség a megfigyelési adatok között. Az 50–54. napig elérte a megfigyelt növényállomány a kelés 50%-át. Az 57–65. napig átmeneti szignifikancia csoportokat kaptunk. A 68–86. napig az állomány elérte a maximum kelési teljesítményt. A két meghatározó időpont tehát az ültetéstől számított 52. nap (T_1) és az 57. nap (T_2), itt érte el a kelési arány az 50%-ot, illetve a 79. nap (T_1) és a 86. nap (T_2), amikor a maximum értéket kaptuk. A C107 jelű genotípus az 50%-os kelési arányt T_1 tőtávolságnál F_1 frakciócsoportnál az ültetéstől

számított 79. napon érte el, míg a T₂ tőtávnál és F₂ frakciócsoportnál ez az időpont a 86. napra esik. A kelés maximum szintjét T₁ és T₂ tőtávolságnál is a 86. napon érte el a vizsgált genotípus. A 2. ábrán feltüntetett adott genotípusra vonatkozó adatok alapján az egyes megfigyelési időpontok eredményei között szignifikánsan eltérő értékeket kaptunk. A 17 megfigyelési időpont szerint T₁ tőszám és F₁ frakciócsoport esetében hat szignifikánsan eltérő csoportot, T₂ tőszám és F₂ frakciócsoport esetében öt szignifikánsan eltérő csoportot, valamint átmeneti csoportokat különböztethetünk meg. A C11 jelű genotípus (2. ábra C.) az 50%-os kelési arányt T₁ tőtávolságnál F₁ frakciócsoportnál a keléstől számított 43. napon érte el, míg a T₂ tőtávolságnál és F₂ frakciócsoportnál ez az időpont az 57. megfigyelési napra esik. A kelés maximum szintjét T₁ tőtávolságnál az 59. napon, T₂ tőtávolságnál a 68. napon érte el a vizsgált genotípus. Az ábrán feltüntetett adott genotípusra vonatkozó adatok alapján az egyes megfigyelési időpontok eredményei között szignifikánsan eltérő értékeket kaptunk. A 17 megfigyelési időpont szerint T₁ tőtávolság és F₁ frakciócsoport esetében három szignifikánsan eltérő csoportot, T₂ tőtávolság és F₂ frakciócsoport esetében hat szignifikánsan eltérő csoportot, valamint átmeneti csoportokat különböztethetünk meg. A C20 jelű genotípus az 50%-os kelési arányt T₁ tőtávolságnál F₁ frakciócsoportnál a keléstől számított 43. napon érte el, míg a T₂ tőtávolságnál és F₂ frakciócsoportnál ez az időpont 54. megfigyelési napra esik. A kelés maximum szintjét T₁ tőtávolságnál a 72. napon, T₂ tőtávolságnál a 79. napon érte el a vizsgált genotípus.

A 3. ábra a genotípusok lombtalanítás előtti lombmagasságát (A, B, C) foglalja össze T₁/F₁ és T₂/F₂ tőtávolság/frakció csoport figyelembevételével. Általánosan genotípusok szerint (3A. ábra) statisztikailag szignifikánsan eltérő értékeket kaptunk, három csoport jött létre (C103, a; C20, b, -43,7%; C11, c, -61,3%; C107, c, -63,1%). Tőtávolságok szerint vizsgálva az adatokat az egyes genotípusokra vonatkozóan (3B. ábra) T₁ tőtávolság esetén három szignifikánsan eltérő csoportot tudunk elkülöníteni, a sorrend nem változott az előzőhöz képest. T₂ tőtávolságnál két szignifikánsan különböző csoport alakult (C103, a; C11, b, -63,3%; C107, b, -63,5%; C20, b, -66%). A genotípusok és a tőtávolságok figyelembevételével (3C. ábra) négy szignifikánsan eltérő csoport jött létre (C103_{T1}, a; C20_{T1}, b, -22,8%; C103_{T2}, b, -30,1%; C11_{T1}, c, -59,8%; C11_{T2}, d, -75%; C20_{T2}, d, -76,3%).

3. ábra. Burgonya genotípusok betakarítás előtti lombmagassága (A, B, C) (A) genotípusok (B) tőtávolságok és (C) genotípusok és tőtávolságok szerint

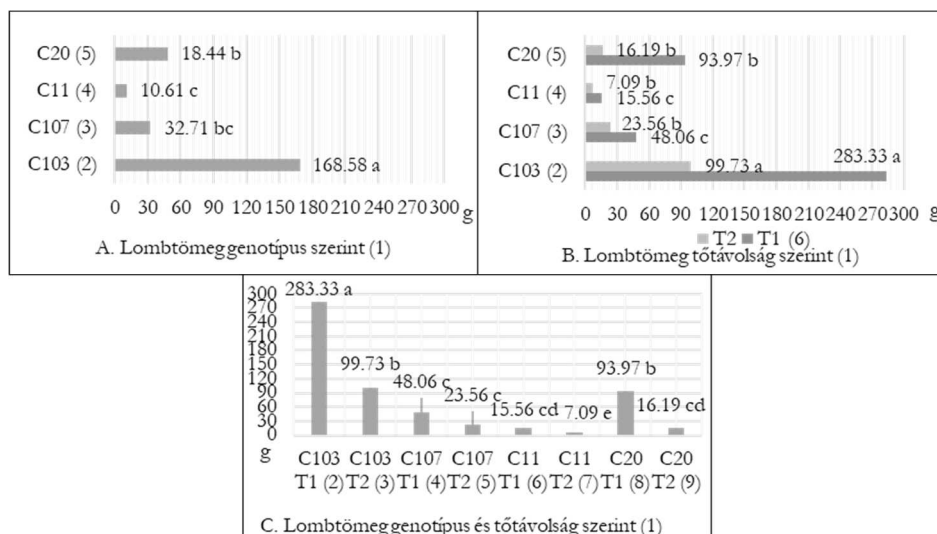


Megjegyzés: az ábrán szereplő kisbetűk a statisztikailag eltérő értékeket jelölik ($p < 0.05$).

Figure 3. Plant height of potato genotypes before harvest (A, B, C) according to (A) genotypes (B) plant distance and (C) genotypes and plant distance. (1A) Canopy height by genotype, (1B) Canopy height by plant distance, (1C) Canopy height by genotype and plant distance, A. and B. (2–5) genotypes, B. (6) T₁, T₂ plant distance, C. (2, 4, 6, 8) plants with T₁ plant distance (3, 5, 7, 9) plants with T₂ plant distance, Note: lower case letters in the figure indicate statistically different values ($p < 0.05$).

A lombtömeg eredményeiben általánosan genotípusok szerint (4A. ábra) statisztikailag szignifikáns eltéréseket kaptunk, három szignifikánsan eltérő csoport jött létre (C103, a; C20, b, -71,3%; C107, bc, -80,6%; C11, c, -93,7%). A tőtávolságok szerint (4B. ábra) T₁ tőtávolság esetén három szignifikánsan eltérő csoport jött létre, a sorrend nem változott az előzőhöz képest. T₂ tőtávnál két szignifikánsan különböző csoport alakult (C103, a; C107, b, -83,8%; C20, b, -83,8%; C11, b, -92,9%). A genotípusokat és frakciócsoportokat figyelembe véve (4C. ábra) öt szignifikánsan eltérő csoport alakult (C103_{T1}, a; C103_{T2}, b, -64,8%; C20_{T1}, b, -66,8%; C107_{T1}, c, -83%; C107_{T2}, c, -91,7%; C20_{T2}, cd, -94,3%; C11_{T1}, cd, -94,5%, C11_{T2}, e, -97,5%).

4. ábra. Burgonya genotípusok betakarítás előtti lombtömege a különböző (A) genotípusok (B) tőtávolságok, (C) genotípusok és tőtávolságok szerint



Megjegyzés: az ábrán szereplő kisbetűk a statisztikailag eltérő értékeket jelölik ($p < 0,05$).

Figure 4. Plant weight of potato genotypes before harvest (A, B, C) according to (A) genotypes, (B) plant distance and (C) genotypes and plant distance, (1A) Canopy mass by genotype, (1B) Canopy mass by plant distance, (1C) Canopy mass by genotype and plant distance, A. and B. (2-5) genotypes, B. (6) T₁, T₂ plant distance, C. (2, 4, 6, 8) plants with T₁ plant distance (3, 5, 7, 9) plants with T₂ plant distance, Note: lowercase letters in the figure indicate statistically different values ($p < 0,05$).

A T₁ tőtávolságra ültetett burgonya nemesítési vonalak esetében a klorofill-a tartalom (3. táblázat) statisztikai értékelésekor két szignifikánsan eltérő csoportot (C20, a; C103, a, -3,7%; C11, c, -59,3%) és egy átmeneti csoportot (C107, ab, -8,6%) tudunk elkülöníteni. A T₂ tőtávolságra ültetett burgonya nemesítési vonalak esetében három szignifikánsan eltérő csoportot kaptunk (C103, a; C107, -15,4%; C20, b, -16,6%; C11, d, -73%). A T₁ tőtávolságra ültetett burgonya nemesítési vonalak esetében a klorofill-b tartalom mérésekor a statisztikai értékelés során két szignifikánsan eltérő csoportot (C20, a; C11, b, -40%) és ezek átmeneti csoportját (C103 és C107, ab, -16,6%) kaptuk. A T₂ tőtávolságra ültetett burgonya nemesítési vonalak esetében egy szignifikánsan eltérő csoport (C11, a; és C20, a, -9,7%) valamint

egy átmeneti csoportot (C103, ab, -16,1%; C107 ab, -29%) kaptunk. A T₁ tőtávolságra ültetett burgonya nemesítési vonalak esetében az összes-klorofill tartalom mérésekor a statisztikai értékelés során két szignifikánsan eltérő csoport (C20, a és C11, d, -33,7%) és két átmeneti csoportot (C103, ab, -7% és C107, abc, -11,6%) kaptunk. A T₂ tőtávolságra ültetett burgonya nemesítési vonalak esetében két átmeneti csoportot (C103, ab; C20, bc, 10,5%) és két egymástól szignifikánsan eltérő csoportot (C107, c, -15,4%; C11, d, -50%) kaptunk.

3. táblázat. *Klorofill-a, klorofill-b, összes-klorofill tartalom normál (T₁) és sűrített (T₂) tőtávolságnál*

Genotípus (2)	T ₁ tőtávolság			T ₂ tőtávolság		
	(1)			(1)		
	Klorofill-a tartalom (3)	Klorofill-b tartalom (4)	Összes- klorofill tartalom (5)	Klorofill-a tartalom (3)	Klorofill-b tartalom (4)	Összes- klorofill tartalom (5)
C103	0,78 a	0,25 ab	1,04 ab	0,78 a	0,26 ab	1,04 ab
C107	0,74 ab	0,25 ab	0,99 abc	0,66 b	0,22 ab	0,88 c
C11	0,33 c	0,18 b	0,52 d	0,21 d	0,31 a	0,52 d
C20	0,81 a	0,3 a	1,12 a	0,65 b	0,28 a	0,93 bc

Megjegyzés: az ábrán szereplő kisbetűk a statisztikailag eltérő értékeket jelölik a különböző genotípusok és paraméterek szerint ($p < 0,05$). Mértékegység: $\mu\text{g}/1\text{ g}$ friss tömeg (FT).

Table 3. Chlorophyll-a, chlorophyll-b and total chlorophyll content at normal (T₁) and narrow (T₂) plant distance. (1) plant distance, (2) Genotype, (3) Chlorophyll-a content, (4) Chlorophyll-b content, (5) Total chlorophyll content, Note: lower case letters in the figure indicate statistically different values according to the different genotypes and parameters. Unit: μg per 1 g fresh weight (FW).

A klorofill-fluoreszcencia (Fv/Fm) mérés eredményeit a 4. táblázat foglalja össze. A statisztikai értékelés során szignifikánsan eltérő csoportok (C103_{T1}, a; C107_{T2}, b, -7,4%), valamint egy átmeneti csoport (C107_{T1} és C103_{T2}, ab, -2,5%) jött létre.

4. táblázat. Klorofill-fluoreszcencia mérés eredményei

Genotípus (1)	Fv/Fm _{T1} (2)	Fv/Fm _{T2} (3)
C103	0,81 a	0,79 ab
C107	0,79 ab	0,75 b

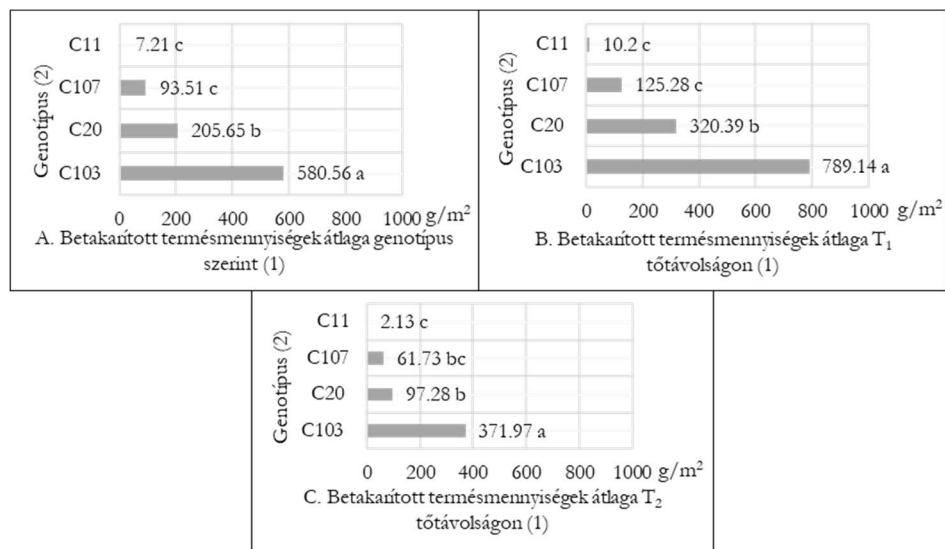
Megjegyzés: Az ábrán szereplő kisbetűk a statisztikailag eltérő értékeket jelölik ($p < 0,05$).

Table 4. Chlorophyll fluorescence measurements results. (1) Genotype, (2) Fv/Fm value at T₁ plant distance, (3) Fv/Fm value at T₂ plant distance, Note: lower case letters in the figure indicate statistically different values ($p < 0.05$).

A 5. ábra a betakarított gumók átlagos tömegét mutatja be genotípus (A) és tőtávolság szerint (B, C). A vizsgált burgonya szülő vonalak közül a C103 (a) esetében mértük a legmagasabb gumótömeget, míg a C107 (c, -83,9%) genotípusnál ennek a hatodát sem érte el az egységnyi területre jutó gumók tömege (5A. ábra). A nemesítési vonalak közül C20 (b, -64,6%) esetében magasabb, C11 (c, -98,8%) genotípusnál alacsonyabb gumótömeget mértünk. Az állománysűrítés (5C. ábra) hatása a genotípusok statisztikai sorrendjén a C107 genotípus esetében változtatott, valamint az egységnyi területre jutó gumótömeg jelentősen mérséklődött a vizsgált szülő és nemesítési vonalaknál.

Az 5. táblázat a gumó frakciók közötti eloszlást mutatja be a négy vizsgált burgonya genotípusnál. A C103 szülő vonal frakció eloszlására jellemző, hogy legnagyobb számban az 1. frakció (a-c), az 5. frakció (a-d, -3,9%), a 4. frakció (a-d, -4,7%) és a 2. frakció (a-e, -8,8%), míg kisebb mértékben a vető (a-e, -23,6%), a 3. frakció (a-e, -34,1%), és az étkezési (b-e, -50,3%) méretek vannak jelen a 25 centiméteres (T₁) távolságra ültetett állományban. Tehát jellemzően kisebb mérettartomány, azonban a többi genotípushoz képest több gumószám figyelhető meg. A tőszámsűrítés szignifikáns eltérést csak a 4. frakció (a, +41,5%) esetében okozott. Az 5. frakció a vető és étkezési méret esetében csökkent ugyan az egységnyi területre jutó gumószám, de nem tértek el szignifikánsan az eredmények. A C107 szülő vonal betakarított termését tekintve legnagyobb számban az 5. frakció (b-e) és a 2. frakció (b-e, -30%), kisebb számban az 1. frakció (c-e, -36,9%), a 3. és 4. frakció (c-e, -38,8%) és a vető (c-e, -48,8%) méret van jelen.

5. ábra. Burgonya genotípusok termésmennyiségének átlaga
(A) genotípus, (B) T_1 tőtávolság, (C) T_2 tőtávolság szerint



Megjegyzés: az ábrán szereplő kisbetűk a statisztikailag eltérő értékeket jelölik ($p < 0.05$).

Figure 5. The average yield of potato genotypes according to (A) genotype, (B) T_1 plant distance, (C) T_2 plant distance. (1A) Average harvested yield by genotype, (1B) Average harvested yield at plant distance T_1 , (1C) Average harvested yield at plant distance T_2 , (2) Genotype, Note: lowercase letters in the figure indicate statistically different values ($p < 0.05$).

A tőszámsűrítésnek nem volt statisztikailag mérhető hatása egyik mérettartományban sem, azonban enyhe növekedés volt jellemző a 4. frakcióban és csökkenés volt tapasztalható a 2. frakció, 1. frakció és vető mérettartományoknál. A C103 és C107 szülő vonalak között az összes mérettartományban és tőszámsűrűségben szignifikáns, statisztikailag kimutatható különbség van, C103 szülő vonal egységre jutó termését tekintve minden tartományban megelőzi C107 genotípust. A C11 nemesítési vonalnál jellemzően kevés egységre jutó termést mértünk. A legnagyobb arányban a 4. frakció (b-e) van jelen, majd követi a 2. frakció (c-e, -24,5%), a 3. frakció (c-e, -33,2%) és az 5. frakció (c-e, -36,8%).

5. táblázat. *Frakció eloszlás az egyes genotípusoknál T₁ és T₂ tőtávolság szerint*

Gumófrakció (mm) (3)	Genotípus T ₁ (1)			
	C103	C107	C11	C20
Étkezési (46) (4)	3,29 b-e	0	0	0
Vető (36-45) (5)	5,06 a-e	1,64 c-e	0	2,98 b-e
1. frakció (25-35) (6)	6,62 a-c	2,02 c-e	0	6,4 a-d*
2. frakció (20-24) (7)	6,04 a-e	2,24 b-e	1,91 c-e	7,91 ab*
3. frakció (15-19) (8)	4,36 a-e	1,96 c-e	1,69 c-e	4,98 a-e
4. frakció (10-14) (9)	6,31 a-d *	1,96 c-e	2,53 b-e	5,96 a-e
5. frakció (-10) (10)	6,36 a-d	3,2 b-e	1,6 c-e	4,22 a-e
Gumófrakció (mm) (3)	Genotípus T ₂ (2)			
	C103	C107	C11	C20
Étkezési (46) (4)	1,07 c-e	0	0	0
Vető (36-45) (5)	3,38 b-e	0,58 e	0	0
1. frakció (25-35) (6)	5,82 a-e	0,98 de	0	1,6 cde*
2. frakció (20-24) (7)	5,91 a-e	1,38 c-e	0	3,64 a-e*
3. frakció (15-19) (8)	4,58 a-e	1,87 c-e	0	3,56 a-e
4. frakció (10-14) (9)	8,93 a*	2,48 b-e	1,33 c-e	5,78 a-e
5. frakció (-10) (10)	4,93 a-e	3,24 b-e	0,76 de	4,18 a-e

Megjegyzés: az ábrán szereplő kisbetűk a statisztikailag eltérő értékeket jelölik a különböző genotípusok szerint T₁ és T₂ tőtávolságnál. A * a különböző tőtávolságon nevelt azonos burgonya genotípusok közötti szignifikáns különbséget jelzi (p<0,05). Mértékegység: db/m².

Table 5. Fraction distribution for each genotype according to T₁ and T₂ plant distance. (1) Genotypes at T₁ plant distance, (2) Genotypes at T₂ plant distance, (3) Tuber fraction, (4) table potatoes, (5) seed potatoes, (6) fraction (25-35), (7) fraction (20-24), (8) fraction (15-19), (9) fraction (10-14), (10) fraction (-10), Note: lower case letters in the figure indicate statistically different values according to different genotypes at T₁ and T₂ plant distance. The * indicates a significant difference between the same potato genotypes grown at different plant distance (p<0.05). Unit: number per m².

A tőszámsűrítés hatására redukálódott az egységre jutó termés mennyisége, illetve a különböző frakciótartományok is ritkultak, a 4. frakció és 5. frakció mérettartomány volt jellemző. A C11 nemesítési vonal betakarított gumóit összehasonlítva a szülő vonalakkal, statisztikai eltérést a

C103 szülő vonallal összehasonlítva találunk a legtöbb mérettartományban, ahol minden gumó méretnél a C103 genotípusnál mértünk magasabb termésmennyiséget. A C20 nemesítési vonalnál a legnagyobb számban a 2. frakció (ab), majd az 1. frakció (a-d, -19,1%), a 4. frakció (a-e, -24,7%), a 3. frakció (a-e, -37%), az 5. frakció (a-e, 46,7%), valamint legkisebb mértékben a vető (b-e, -62,3%) méret volt jelen. A nemesítési vonalra a tőszámsűrítés az 1. és 2. frakció esetében az egységnyi területre jutó betakarított termés mennyiségére vonatkozóan szignifikánsan kisebb értékeket eredményezett, valamint a többi mérettartományban a statisztikai értékelés során nem kimutatható mértékű csökkenés volt tapasztalható. A C20 nemesítési vonal és a C103, C107, C11 genotípusok betakarított termésmennyiségeit összehasonlítva a legtöbb mérettartománynál szignifikánsan eltértek egymástól a nemesítési és szülő vonalak.

Következtetések

A gumószám a legfontosabb paraméter, amivel a minigumó termesztés volumenét jellemezni tudjuk (Ahloowalia 1994). Kísérletünkben a betakarított primer gumók mennyiségében szignifikánsan eltérő eredményeket kaptunk. A tőszámváltozás szignifikánsan befolyásolta a gumók mennyiségét a vizsgált genotípusok közül háromnál (C103, C107, C20), azonban minden esetben kevesebb volt a növényenként mért átlag a nagyobb állománysűrűségnél. A tőszámváltozás a minigumó hozam esetében csökkenti a betakarított minigumók számát és az átlagos minigumó számot, de az egységnyi területre eső gumószám emelkedik (Veeken és Lommen 2009). A betakarított szekunder gumók mennyiségi adatait tekintve szignifikáns eltérés csak C103 és C20 nemesítési vonalak esetében volt. A nagyobb tőszámsűrűségű parcelláknál (T_2) minden genotípusnál körülbelül 50%-kal alacsonyabb értékeket mértünk, mint a normál (T_1) tőszámsűrűségű állományban. Santos és Rodriguez (2008) *in vitro* burgonya hajtástenyészetek mikrogumóit ültették ki szabadföldbe 20, 25, 30, 35, 40 cm tőtávolságra és a gumóhozamokat hasonlították össze. A tőtávolság befolyásolta a minigumó tömegét, számát hektáronként és növényenként. Az eredmények azt mutatták, hogy a 20 és 25 cm közötti tőtávolságok voltak a legmegfelelőbbek. A gumó méreteloszlásra (frakcióeloszlás) a legelterjedtebb megközelítés a százalékosan történő meghatározás, mind a gumószámra, mind a tömegére vonatkozóan (Georgakis et al. 1997, Fulladolsa et al. 2018). A

primer gumóknál az állománysűrűség növekedése a többségben előforduló frakció mennyiségét tekintve a C103 és a C20 genotípusoknál magasabb értéket kaptunk, míg C107 és C11 vonalak esetében enyhe csökkenést tapasztaltunk, valamint csökkent a többségben előforduló frakció tömege, míg az arányok eltolódtak a nagyobb frakcióméret felé. A szülő és nemesítési vonalak kelési dinamikája igen változatos képet mutatott. A kelés 50%-át legkorábban - a 43. napon - C11, legkésőbb - a 79. napon - C107 genotípusnál mértük. T_1/F_1 és T_2/F_2 tőtávolság és frakciócsoport adatait összevetve az 50%-os kelési arányt általában 5-11, a kelés maximumát is szinte minden genotípusnál 4-11 nappal később érték el a sűrített tőtávolságon nevelt kisebb frakciócsoport (T_2 , F_2) növényei. A minigumó előállítás ciklusideje átlagosan 100 nap, de nem ritka a 70-121 napos intervallum sem (Roy et al. 1994, Otrushy 2006). A növénymagasság és lombtömeg adataiban szignifikáns különbségek voltak a genotípusok között. A C103 szülő vonalnál és a C20 nemesítési vonalnál kiemelkedő értékeket mértünk minden vizsgált szempont szerint. A klorofill-a, -b és összes-klorofill tartalom vizsgálat adataiból a statisztikai értékelés során a C103 és C20 burgonya vonalak értékei szignifikánsan magasabbak voltak a többi vizsgált genotípus eredményeihez hasonlítva. A klorofill fluoreszcencia F_v/F_m értékeken sűrítés hatása statisztikailag szignifikáns különbséget mértünk a szülő vonalaknál, de a C103 genotípus mindkét esetben megelőzte a C107 genotípus értékeit. Bolhár-Nordenkampff et al. (1989) és Triques et al. (1997) szerint a szántóföldi növényfajok többsége 0,79 és 0,84 közötti értéket mutat optimális körülmények között. Eszerint a kísérlet során a C107_{T2} genotípus esetében mértünk az optimálistól kissé eltérő értéket, amely valamilyen stresszhatásra, feltehetően a hőstresszre utal. Seveda és Mahmood (2014) tanulmánya különböző burgonyafajták minigumó termelését vizsgálja mikrogumóból különböző ültetőközegekben. A tanulmányban növénymagasságot, levélszámot, szárátmérőt, levélfelület nagyságot, illetve klorofilltartalmat vizsgáltak. A legmagasabb növényeket a Sante burgonya fajtánál tőzegmoha: zeolit 1:1 arányánál figyelték meg. A legtöbb levelet növényenként a Spirit, Agria fajtánál felvételezték. Ezen kívül a különböző ültetőközegeknél a legnagyobb és legkisebb értéket is a tőzegmoha:zeolit 1:1 arányánál kapták. Vizsgálatainkban a betakarított szekunder burgonyagumók tömegeinek értékelésekor a genotípusok közötti szignifikáns eltérések mellett a tőszám

sűrítés a C103 szülő vonal és a C20 nemesítési vonal esetében okozott szignifikánsan csökkenő eredményeket. A gumó frakciók közötti eloszlás értékelésekor szintén ez a két genotípus emelhető ki, hiszen statisztikailag különböző értékeket kaptunk a két vizsgált tőtávolságra ültetett növények frakciói között. A burgonya genotípusok vizsgálati eredményeiből arra következtethetünk, hogy a tőtávolság befolyásoló hatása nem elhanyagolható, azonban az anyagumó mérettartománya is igen meghatározó szereppel bír a sikeres vetőgumó előállítás során, valamint a genotípus sajátos jellemzői is befolyásolják azt. A szűkebb tőtávolságra ültetett, kisebb frakció tartományba sorolható gumók hozama lényegesen alul marad a normál távolságon, nagyobb frakció méretű gumókból nevelt növények terméséhez képest. A kutatási eredmények alapján a vizsgált szülő vonalak és nemesítési vonalak közül a C103, C107 és C20 genotípusok további vizsgálatát javasoljuk normál, 25 cm-es tőtávolságon a termesztéstechnológiai és vetőgumó előállítási módszer kidolgozásához.

IRODALOM

- Ahloowalia, B. S.*: 1994. Production and performance of potato mini-tubers. *Euphytica*. 75. 3: 163–172. DOI: 10.1007/BF00025600
- Asakaviciute, R.*: 2011. Meristem culture for potato seed production in Lithuania. [In: Kuusiene et al. (eds.) *Advances in plant biotechnology in Baltic sea region.*] Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry. Kaunas. Lithuanian. 65–67.
- Björkman, O.–Demmig, B.*: 1987. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta*. 170. 4: 489–504. DOI: 10.1007/BF00402983
- Bolhàr-Nordenkamp, H. R.–Long, S. P.–Baker, N. R.–Öquist, G.–Schreiber, U.–Lechner, E. G.*: 1989. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Functional Ecology*. 3. 4: 497–514. DOI: 10.2307/2389624
- Coleman, W. K.–Coleman, S. E.*: 2000. Modification of potato microtuber dormancy during induction and growth *in vitro* or *ex vitro*. *American Journal of Potato Research*. 77: 103–110. DOI: 10.1007/BF02853737
- Dobránszki J.*: 2006. A biotechnológia alkalmazási lehetőségei a modern mezőgazdaságban. [In: Varga (szerk.) *Versenyképes növénytermesztés I., Tantárgyi segédlet.*] NYF MMFK. ROP-3.3.1.-05/1.-2005-08-005/37 P. 123–155.

- Felföldy, L.: 1987. Biological water qualification. Water Management Institute. 190.
- Fulladolsa, A. C.–LaPlant, K. E.–Groves, R. L.–Charkowski, A. O.: 2018. Potato plants grown from minitubers are delayed in maturity and lower in yield, but are not at a higher risk of potato virus Y infection than plants grown from conventional seed. American Journal of Potato Research. 95. 1: 45–53. DOI: 10.1007/s12230-017-9613-1
- Georgakis, D. N.–Karafyllidis, D. I.–Stavropoulos, N. I.–Nianiou, E. X.–Vezyroglou, I. A.: 1997. Effect of planting density and size of potato seed-minitubers on the size of the produced potato seed tubers. Acta Horticulturae. 462: 935–942. DOI: 10.17660/ActaHortic.1997.462.149
- Hanász, A.–Dobránszki, J.–Mendler-Drienyovszki, N.–Zsombik, L.–Magyar-Tábori, K.: 2022. Responses of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Breeding Lines to Osmotic Stress Induced in *in vitro* Shoot Culture. Horticulturae. 8: 591. DOI: 10.3390/horticulturae8070591
- Lommen, W. J. M.–Struik, P. C.: 1992. Production of potato minitubers by repeated harvesting: Effects of crop husbandry on yield parameters. Potato Research. 35. 4: 419–432. DOI: 10.1007/BF02357598
- Mauromicale, G.–Ierna, A.–Marchese, M.: 2006. Chlorophyll fluorescence and chlorophyll content in field-grown potato as affected by nitrogen supply, genotype, and plant age. Photosynthetica 44: 76–82. DOI: 10.1007/s11099-005-0161-4
- Milinkovic, M.–Horstra, C. B.–Rodoni, B. C.–Nicolas, M. E.: 2012. Effects of age and pretreatment of tissue cultured potato plants on subsequent minituber production. Potato Research. 55. 1: 15–25.
- Murashige, T.–Skoog, F.: 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum. 15: 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
- Otroshy, M.: 2006. Utilization of tissue culture techniques in a seed potato tuber production scheme. PhD Thesis. Wageningen University. Wageningen. The Netherlands. 264.
- Pruski, K.: 2007. The canon of potato science: *in vitro* multiplication through nodal cuttings. Potato Research. 50. 3–4: 293–296. DOI: 10.1007/s11540-008-9050-0
- Roca, W. M.–Espinoza, N. O.–Roca, M. R.–Bryan, J. E.: 1978. A tissue culture method for the rapid propagation of potatoes. American Journal of Potato Research. 55: 691–701. DOI: 10.1007/BF02852143

- Rosenberg, V.–Särekanno, M.–Kotkas, K.–Vasar, V.–Ojarand, A.: 2007. Variation of agronomic traits of potato somaclones produced by meristem culture. *South African Journal of Plant and Soil*. 24. 2: 95–99. DOI: 10.1080/02571862.2007.10634788
- Roy, R. D.–Souza Machado, V.–Alam, S. M. M.–Ali, A.: 1994. Greenhouse production of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Désirée) seed tubers using *in vitro* plantlets and rooted cuttings in large propagation beds. *Potato Research*. 38. 1: 61–68.
- Santos, B. M.–Rodríguez, P. R.: 2008. Optimum In-row Distances for Potato Minituber Production. *Hort. Technology*. 18. 3: 403–406. DOI: 10.21273/HORTTECH.18.3.403
- Sasani, R.–Khazaei, H. R.–Nezami, A.: 2009. Effects of gibberellin, benzyl adenine, zeatin hormones and temperature on dormancy breaking of potato minituber (*Solanum tuberosum*). *Journal of Horticultural Science*. 23. 2: 61–67.
- Schreiber, U.–Hormann, H.–Neubauer, C.–Klughammer, C.: 1995. Assessment of photosystem II photochemical quantum yield by chlorophyll fluorescence quenching analysis. *Australian Journal of Plant Physiology*. 22. 2: 209–220. DOI: 10.1071/PP9950209
- Sevda, G. G.–Mahmood, R.: 2014. Effect of different planting beds on potato mini-tuber production from micro-tuber in greenhouse conditions. 4: 258–262. DOI: 10.12692/ijb/4.10.258-268.
- Slack, A. S.: 1980. Meristem tip Culture. *Plant Disease*. 64. 1: 15–17.
- Struik, P. C.–Wiersema, S. G.: 1999. Seed potato technology. Wageningen Academic Publishers Wageningen. The Netherlands. 382. DOI: 10.3920/978-90-8686-759-2
- Triques, K.–Rival, A.–Beulé, T.–Puard, M.–Roy, J.–Nato, A.: 1997. Photosynthetic ability of *in vitro* grown coconut (*Cocos nucifera* L.) plantlets derived from zygotic embryos. *Plant Science*. 127: 39–51.
- Veeken, A. J. H.–Lommen, W. J. M.: 2009. How planting density affects number and yield of potato minitubers in a commercial glasshouse production system. *Potato Research*. 52. 2: 105–119. DOI: 10.1007/s11540-008-9124-z
- Wurr, D. C. E.–Fellows, J. R.–Lynn, J. R.–Allen, E. J.: 1993. The impact of some agronomic factors on the variability of potato tuber size distribution. *Potato Research*. 36. 3: 237–245.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Hanász Alexandra – Dr. Zsombik László
Debreceni Egyetem AKIT
Nyíregyházi Kutatóintézet
Nyíregyháza
Westsik Vilmos u. 4-6.
H-4400
*hanasz.alexandra@agr.unideb.hu

Dr. Dobránszki Judit
Debreceni Egyetem MÉK
Agrár Genomikai és Biotechnológiai Központ
Nyíregyháza
Westsik Vilmos u. 4-6.
H-4400

Szegedi őszi búzafajták (*Triticum aestivum* L.) szárazságstresszre adott válasza esőárnyékoló alatt

NAGY DÁNIEL - CSEUZ LÁSZLÓ - PAUK JÁNOS
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

Összefoglalás

Kísérletük során arra kerestük a választ, hogy a nemesítési programunkból származó fajták közül melyek azok, amelyek kedvező szárazság-toleranciával rendelkeznek. A kísérletek 2013-tól 2022-ig tartó időszakban, tenyészkeri körülmények között, az Intézetünk automata esőárnyékoló berendezése alatt, míg közvetlenül mellette a kontroll kezelések kerültek beállításra. A vizsgálat során 12 szegedi búzafajta és egy szárazságtűrő kontroll fajta (a *Plainsman V.*) szárazságstresszre adott válaszreakcióját hasonlítottuk össze - három agronómiai fontos paramétert (kalászolási idő, növénymagasság, és terméskülönbség) figyelembe véve. A vízmegvonás hatására a termésmennyiség reagált a legérzékenyebben, ennél a tulajdonságnál átlagosan 31%-os termésdepressziót realizáltunk a vizsgált fajtáknál. A kalászolási idő és a növénymagasság nem reagált ennyire érzékenyen a vízmegvonásra, azonban egyes fajták esetében e paraméterek alapján is jelentős eltérések mutatkoztak. A vizsgált fajták közül egyes esetekben az átlag értékektől pozitív és negatív irányban is számottevő eltérést figyeltünk meg. Eredményeink alapján megállapítható, hogy mely fajták alkalmasak az aszály sújtotta területeken történő termesztésre, és használhatóak fel a szárazságstressz hatásainak további részletes kutatásához, valamint szolgálhatnak alapanyagul a szárazságtűrésre történő nemesítés számára.

Kulcsszavak: búza, szárazság, tolerancia, esőárnyékoló berendezés, fenotipizálás

Response of Szeged winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) to drought stress

D. NAGY - L. CSEUZ - J. PAUK
Cereal Research Non-Profit Ltd., Szeged

Summary

In our experiments, we aimed to identify which cultivars from the applied breeding program have favorable drought stress resistance properties. The experiments described in this paper were conducted under field conditions from 2013 to 2022, using the automatic rain shelter system of our institute, as well as the adjacent control treatments. Twelve Szeged wheat cultivars and one drought-tolerant control cultivar, *Plainsman V.*, were compared for their response to drought stress based on three agronomically important parameters (heading time, plant height and yield). The effect of water deprivation was most pronounced on yield, with an average yield depression of 31% observed in the tested cultivars. Heading time and plant height were not as sensitive to water deprivation, but significant differences were observed in some cultivars based on these parameters as well. In some cases, considerable deviations were observed in positive and negative directions from the average values among the tested cultivars. Based on the obtained results, it can be concluded which cultivars are suitable for cultivation in drought-prone areas, can be used for further detailed research on the effects of drought stress, and can serve as a breeding material for drought tolerance.

Keywords: wheat, drought, tolerance, rainout shelter, phenotyping

Bevezetés

Magyarországon a 2022-es évi középhőmérséklet országos átlagban 1,1 °C-kal volt melegebb az 1991–2020-as éghajlati normálnál. A 2022-es év – a 2019-es és 2018-as évek után – a harmadik legmelegebb volt az elmúlt 122 évben (OMSZ 2022). Az év során lehullott csapadék mennyisége országos átlagban a homogenizált adatok alapján 497 mm volt, melynek eloszlása mind térben, mind időben szélsőségesen alakult (OMSZ 2022). Az őszi búza termésátlaga a

2022-es évben elmaradt a várttól, a KSH adatai szerint országosan mindössze 4,4 tonna búzát takarítottunk be hektáronként, az országos termésmennyiség nem sokkal haladta meg a 4 millió tonnát. Ez közel negyedével kevesebb, mint az elmúlt öt év átlaga (KSH 2022). Ezek az adatok rávilágítanak a szárazságtűréssel kapcsolatos kutatások fontosságára.

A növényeket életük során számos stresszhatás éri, amelyek a növekedésüket és a termésmennyiségüket is befolyásolják (Mohammadi 2018). A szárazságstressz a mezőgazdasági termelést leggyakrabban befolyásoló abiotikus tényező (Nezhadahmadi et al. 2013). Mezőgazdasági értelemben akkor beszélhetünk vízhiányról, amikor a talajban nincs elegendő víz a növények számára, azonban a növények vízfelvevő képességét együttesen számos környezeti tényező befolyásolhatja (Lipiec et al. 2013). Ennek értelmében a szárazságtűrés rendkívül komplex tulajdonság, melynek létrejöttében biokémiai és molekuláris adaptációs mechanizmusok, sejt- és szervezetszintű válaszreakciók, valamint morfológiai adottságok együttesen vesznek részt (Passioura 1996). A vízhiány hatására kialakuló válaszreakciók nem csak a stressz erősségétől és időtartamától, hanem a növény fejlődési fázisától és genetikailag meghatározott stressztoleranciájától is függenek (Rizhsky et al. 2002, Bartels és Sunkar 2005). A nemzetközi és a hazai szakirodalom azt a növényt nevezi szárazságtűrőnek, melynek termése aszályos években is csak kis mértékben csökken, tehát a cél olyan nagy termőképességű fajták előállítása lenne, melyek száraz körülmények között is gazdaságos hozamot képesek adni (Heszky 2007). Morfológiailag az ideális szárazságtűrő búza a körülményekhez alkalmazkodó jó bokrosodási képességgel, mélyre hatoló és szerteágazó gyökérszettel, felálló, kis felületű, viaszolt levélzettel és szálkázott kalásszal rendelkezik, továbbá előnyös, ha korai éréscsoportba tartozik és vékonyak az edénynyalábjai (Cseuz 2009).

A szárazságtűrés öröklődésének mechanizmusa nem teljesen tisztázott és a tulajdonsággal kapcsolatba hozható gének kölcsönhatásairól is hiányosak az ismereteink. Jelenleg a nemesítők nem rendelkeznek egyszerűen alkalmazható módszerrel az aszálytűrés tesztelésére (Heszky 2012). Ebből kifolyólag a szárazságtűrésre történő nemesítés számos problémába ütközik, mindazonáltal korunk elkerülhetetlen feladata (Bányai 2017), hogy a szárazságtűrés agronómiai, élettani, genetikai hátterét minél mélyebben megismerjük. Nemesítési szempontból tovább nehezíti a helyzetet, hogy a szárazságtűrés

és a termőképesség negatívan korrelál egymással (*Ashraf* 2010), vagyis az ellenálló genotípusok egyes vizsgálatokban aszályos körülmények között is kevesebbet teremnek, mint az intenzív, nagy termőképességű fajták (*Mir et al.* 2012). Az elmúlt évtizedek genetikai és növényélettani kutatásai tovább szélesítették a szárazság toleranciával kapcsolatos ismereteinket (*Abd El-Aty et al.* 2022).

A nemesítési anyag szárazságtűrésre történő tesztelése vizuális felvételezésből, laboratóriumi és fiziológiai tesztekkel, valamint több termőhelyes szántóföldi kísérletek kiértékeléséből áll (*Cseuz* 2009). A termésmennyiség a búzanemesítés legjelentősebb értékmérő attribútuma, így e tulajdonság vizsgálata minden esetben kardinális (*Voltas et al.* 2005), azonban vízhiányos körülmények között a szelekció nem az aszály túlélését segítő tulajdonságokra kell, hogy irányuljon, hanem a terméssel szoros összefüggésbe hozható paraméterekre (*Bartels et al.* 2006). A szárazságtűrés termés alapján történő számszerűsítésének egyik mutatója a stressztolerancia index (STI), ami a vizsgált genotípus stresszelt és optimálisan öntözött termés tömegének és az öntözött populáció termés négyzetének hányadosa (*Mohammadi* 2016). Megbízható eredményekhez szántóföldi kísérletek során juthatunk, azonban nagyban nehezíti ezt a környezeti változékonyság, mely sokszor a stressztényezők együttes megjelenését eredményezi (*Tuberosa* 2012). A szárazságtűrés szántóföldi körülmények között történő vizsgálatára így megoldásul szolgálhat az automata esőárnyékoló berendezés használata, mellyel mesterségesen idézhető elő vízhiányos körülmény (*Cseuz et al.* 2008). Az esőárnyékoló berendezések lehetnek egyszerű, stabil szerkezetek, amelyek állandó védelmet nyújtanak az eső ellen, vagy bonyolultabb, behúzható elemeket is magukba foglalhatnak, melyek lehetővé teszik az időjárásváltozáshoz való alkalmazkodást (*Kant et al.* 2017). Előnyük, hogy az alájuk vetett parcellák esetében a kísérleteket gyakran befolyásoló tényezők nagy része (kiszámíthatatlan csapadék, talajfoltok) kizárható (*Mwadzingeni et al.* 2016).

Szegeden több évtizede végzünk szárazságtűréssel kapcsolatos kísérleteket. Cikkünkben cégünk őszi búza fajtasortimentjének egy részével esőárnyékoló berendezés alatt végzett kísérleti eredményeit bemutatjuk be.

Anyag és módszer

A szárazságtűrési kísérleteket a szegedi Gabonakutató Nonprofit Kft. Kecskés-telepen működtetett automata esőárnyékoló berendezése alatt állítottuk be. A berendezés egy 60 m × 12 m × 2,5 m méretű építmény fém vázszerkezettel, esőérzékelő szenzorokkal vezérelt, automatikusan nyílózáródó fólia tetővel és oldalfalakkal van ellátva. A talajnedvesség átszivárgását drénárok akadályozza meg, amely a környező talajszelvények elszívargó víztartalmát gyűjtőaknába, majd egy szivattyú segítségével a csatornarendszerbe továbbítja. A berendezést minden évben március első hetétől működtettük és a tenyészidőszak végéig üzemelt. Intézetünkben a szántóföldi körülmények között évről évre beállított szárazságtűrési kísérlet fő célja a fajtabejelentés előtt álló genotípusok tesztelése. Az általunk vizsgált fajták nem feltétlen azonos években szerepeltek a kísérletben, mivel a kontroll szerepét töltötték be, azonban minden esetben kezelésként hat ismétlést vettünk figyelembe. A kísérletsorozatból kiválogatott fajták eredményeinek kiértékelése egyrészt az Intézet őszi búza portfóliójának szárazságstresszre adott reakcióit reprezentálja, másrészt előkísérletként szolgál egy szárazságtűrésre irányuló doktori kutatáshoz.

Minden évben azonos rendszert követtünk, három vízmegvonásos és három normál csapadékellátottságú parcella képviselt egy genotípust, véletlen blokk elrendezésben, mely a vizsgált fajtákon kívül minden évben magába foglalta a nemesítési anyagunk bejelentés előtt álló törzseit is. A kísérleti anyagot október közepén, kétsoros parcellákba vetettük el, a parcellaméret 0,3 m² volt. A parcellák hossza és beállottsága azonos mértékű volt. Az értékelés során kontrollként a nemzetközileg is jól ismert, szárazságtűrő 'Plainsman V.' fajtát használtuk. A kontroll fajta és a vizsgált fajták között nem állt fenn rokonsági kapcsolat. A kísérletek során figyelemmel követtük a csapadékmennyiséget és a hőmérsékletváltozást. A meteorológiai adatokat az OMSZ Dél-magyarországi Regionális Központja szolgáltatta, melynek mérőállomása a kísérlet közelében található. Amennyiben az adott vegetációs periódus alatt nem hullott elegendő csapadék, az esőárnyékoló melletti parcellákat öntözéssel segítettük, hogy a többéves átlaghoz közeli vízellátást kapjanak (1. táblázat).

1. táblázat. Szegedi csapadékmennyiség és átlaghőmérséklet adatok a kísérletsorozat ideje alatt, havi bontásban, kiegészítve az öntözővíz mennyiségével

		Vizsgálati évek					
		(1)					
		2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	
Öntözés (4)		0	0	0	0	0	
Havi csapadékmennyiség (2)	Július (5)	43,0	24,6	143,0	23,3	89,9	
	Augusztus (6)	8,1	26,2	96,2	62,5	41,4	
	Szeptember (7)	35,8	56,4	116,0	35,5	48,4	
	Október (8)	73,0	33,4	73,7	76,5	77,7	
	November (9)	31,1	38,6	15,3	35,2	31,9	
	December (10)	29,4	0,1	51,6	2,6	0,6	
	Január (11)	39,4	29,0	57,7	46,4	15,2	
	Február (12)	54,6	24,6	17,2	78,9	18,3	
	Március (13)	97,7	20,9	29,8	29,3	14,7	
	Április (14)	32,4	45,4	11,8	37,3	38,7	
	Május (15)	100,0	139,0	67,5	45,0	34,8	
	Június (16)	41,8	86,2	22,0	117,0	94,1	
	Normál vízellátottságú parcellák (17)		586	525	703	589	506
	Szárasságstresszelt parcellák (18)		314	233	572	361	323

Havi átlaghőmérséklet (3)

Az 1. táblázat folytatás a következő oldalon...

... az 1. táblázat folytatása

		Vizsgálati évek					
		(1)					
		2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	
Öntözés (4)		0	0	0	0	60	
Havi csapadékmennyiség (2)	Július (5)	33,7	56,3	30,4	84,9	44,6	
	Augusztus (6)	16,8	19,9	22,4	57,0	35,3	
	Szeptember (7)	51,2	18,5	33,5	22,3	31,8	
	Október (8)	34,4	11,1	15,6	83,5	31,7	
	November (9)	38,9	21,3	54,9	16,2	49,6	
	December (10)	46,9	28,1	23,3	48,5	57,2	
	Január (11)	38,3	19,5	13,1	44,4	8,2	
	Február (12)	77,5	13,4	37,9	28,4	11,8	
	Március (13)	83,3	1,7	55,5	27,2	4,2	
	Április (14)	9,9	58,3	6,1	31,2	29,6	
	Május (15)	68,9	121,0	31,8	55,0	33,9	
	Június (16)	141,0	117,0	97,9	18,2	22,7	
	Normál vízellátottságú parcellák (17)		641	486	422	517	421
	Szárasságstresszelt parcellák (18)		338	188	231	385	270

Havi átlaghőmérséklet (3)

Megjegyzés: a táblázat oszlopaiban a vizsgálati évek lettek feltüntetve, melyekhez tartozik egy öntözési vízmennyiség (mm), minden hónap esetében egy összcsapadék-mennyiség, valamint egy átlaghőmérséklet (°C). A szaggatott vonallal szegélyezett hónapok ideje alatt az esőárnyékoló berendezés üzemelt. Az utolsó előtti sor a teljes évi csapadékmennyiséget, azaz a normál vízellátottságú parcellákra jutó víz mennyiségét, míg az utolsó sor (összcsapadékból kivonva az üzemidő alatt hullott csapadék mennyisége) a szárasságstresszelt parcellákra jutó vízmennyiséget szemlélteti. A kézirat vizsgálati anyagai a fehér színnel jelölt évekből származnak.

Table 1. Szeged precipitation amount and average temperature data during the experimental period, on a monthly basis, supplemented with the amount of irrigation water. (1) Experimental years, (2) monthly precipitation amount, (3) monthly average temperature, (4) irrigation, (5) normal water-supplied plots, (6) drought-stressed plots. Note: The columns of the table display the study years, accompanied by an irrigation water quantity (mm), total precipitation amount, and average temperature (°C) for each month. The rainout shelter was in operation during the months bordered by dashed lines. The second-to-last row represents the total annual precipitation, which corresponds to the amount of water received by the plots with normal water supply. The last row, obtained by subtracting the precipitation that occurred during the operating period, illustrates the water quantity received by the drought-stressed plots. The research materials for the manuscript are derived from the years marked in white.

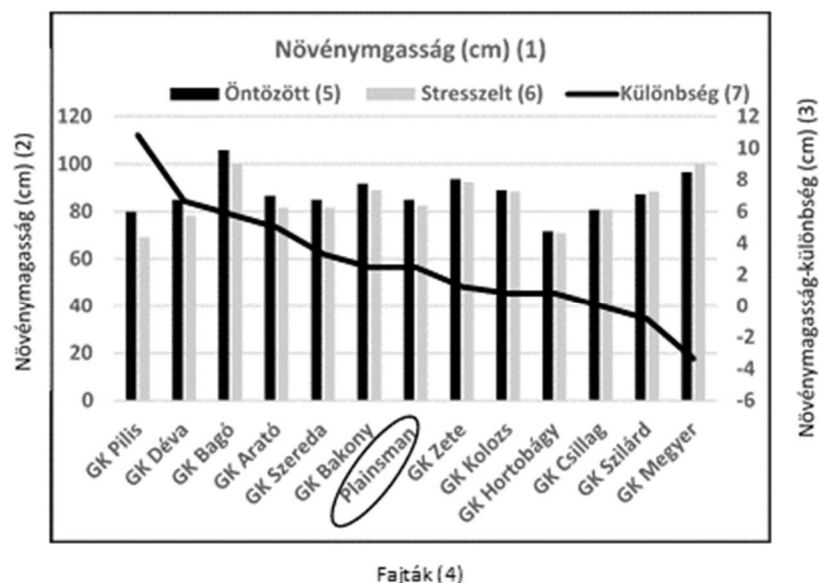
A kísérletek során évről évre a legfontosabb fenológiai változások (kalászás, érés) mellett agronómiailag fontos paraméterek (növénymagasság, termésszint, ezerszemtömeg), a levélfelületi hőmérséklet és a beltartalmi értékek adatai is meghatározásra kerültek. Ebben a dolgozatban ebből most hármat (kalászási idő, növénymagasság és terméskülönbség) mutatunk be. A fajták kalászási idejét napokban adtuk meg, ez az időintervallum január elsejétől addig a napig tartott, amíg a főkalászok a parcella több mint felén teljes egészében el nem hagyták a levélhüvelyt. A növénymagasságot a teljes érést követően vételeztük fel, a talajtól a növény csúcsáig mért magasságot jegyeztük fel, amibe a száka hosszát már nem mértük bele. A növénymagasság meghatározása mérőrúd használatával történt és a parcellák átlagmagasságát vettük figyelembe. A parcellákat kézzel arattuk le július végén, majd elektromos kévecséplő-géppel csépeltük le és tisztítottuk meg.

Eredmények

Magyarországon a 2022-ben bekövetkezett aszály tekinthető az elmúlt évek egyik súlyosabb agrometeorológiai eseményének. Szegeden a sokéves átlaghoz képest 50%-kal volt kevesebb a csapadékösszeg a tavalyi év során. Habár nem a 2022-es volt az elmúlt évtizedek legszárazabb éve, a jelentős mezőgazdasági károkhoz hozzájárultak a nyaranta egyre gyakrabban és hosszabb ideig tartó hőhullámok, valamint hogy a 2021-es évben szintén átlag alatti csapadékmennyiséget mértünk.

A tartós vízhiány egyik legszembetűnőbb következménye a növénymagasság csökkenése. A szárazság hatására a növények szára rövidül, így nem képesek elérni a jól öntözött körülmények között mért magasságukat. A növénymagasság változása nagymértékben genotípus függő, az általunk vizsgált fajták esetében eltérő reakciókat tapasztaltunk. Az *1. ábrán* látható, hogy a vizsgált fajták növénymagassága öntözött körülmények között 72 cm és 106 cm között váltakozott, míg szárazságstressz hatására 69 cm és 100 cm közötti értékeket mértünk. A normál vízellátottságú parcellák esetében az átlagos abszolút eltérés 6,02 cm, a szórás pedig 8,08 cm volt, míg a stresszelt parcellák esetében az átlagos abszolút eltérés 7,55 cm, a szórás pedig 9,14 cm volt.

1. ábra. A szegedi búzafajták növénymagasság (cm) változásának adatai öntözött és vízmegvonásos (stresszelt) kísérleti körülmények között

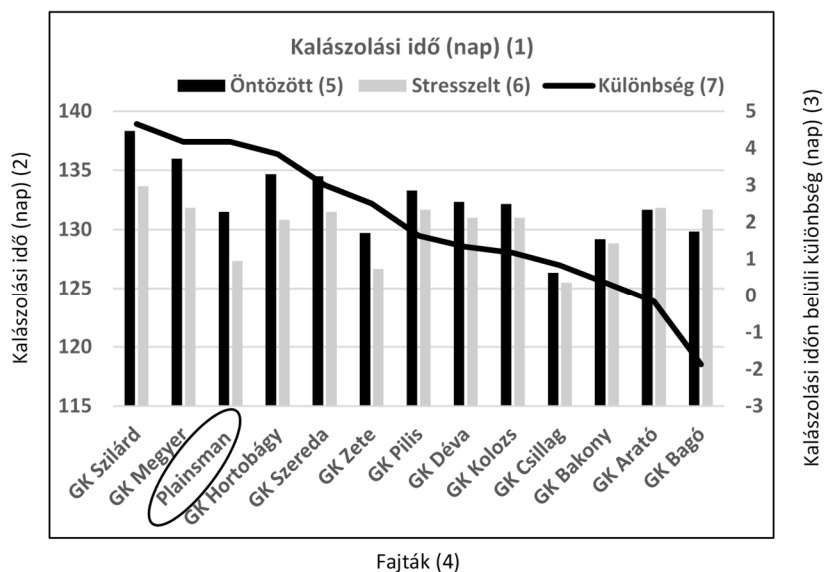


Megjegyzés: az „x” tengelyen a vizsgált fajták kerültek feltüntetésre, az „y” tengely bal oldalán a növénymagasság (cm) értéke látható, míg a jobb oldalán az öntözött és vízmegvonási kísérlet közötti növénymagasság-különbség figyelhető meg. Az ovális bekeretezés a szárazságtűrő *Plainsman V.* fajtát jelöli.

Figure 1. Plant height (cm) variation data of Szeged wheat varieties under irrigated and water-withdrawal (stressed) experimental conditions. (1) Plant height (cm), (2) Plant height (cm), (3) Plant height difference (cm), (4) Varieties, (5) Irrigated, (6) Stressed, (7) Difference. Note: the examined varieties are listed on the "x" axis, the values of plant height (cm) is on the left side of the "y" axis, while the difference in plant height between the irrigated and stressed experiments is visible on the right side. The oval frame marks the drought-tolerant *Plainsman V.* variety.

A 2. ábra a kalászolási idő változását mutatja be az általunk vizsgált fajták esetében. A fajták kalászolási idejét napokban fejeztük ki, ez az időintervallum január elsejétől addig a napig tartott, amíg a főkalászkok a parcella több mint felén teljes egészében a zászlóslével gallérja fölé nem nőttek.

2. ábra. A szegedi búzafajták kalászolási idejének (nap) változása öntözött és vízmegvonásos (stresszelt) kísérleti körülmények között



Megjegyzés: az „x” tengelyen a vizsgált fajták kerültek feltüntetésre, az „y” tengely bal oldalán a kalászolási idő (nap) értéke látható, míg a jobb oldalán az öntözött és a stresszelt kísérlet közötti kalászolási időn belüli eltérés figyelhető meg. Az ovális bekeretezés a szárazságtűrő *Plainsman V.* fajtát jelöli.

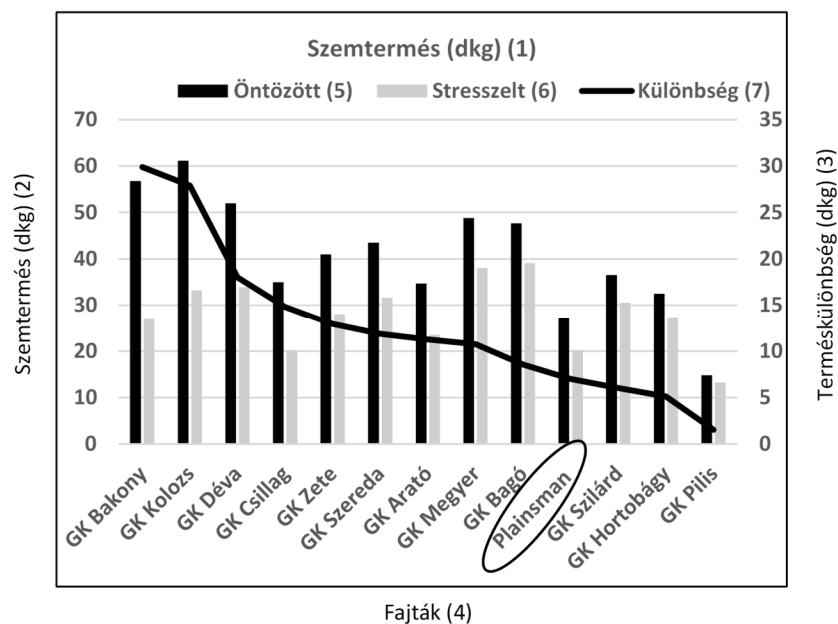
Figure 2. The data on changes in the heading date (days) of wheat varieties in Szeged under irrigated and water-withdrawal (stressed) experimental conditions. (1) Heading date (days), (2) Heading date (days), (3) Variation within heading (days), (4) Varieties, (5) Irrigated, (6) Stressed, (7) Difference. Note: the examined varieties are indicated on the "x" axis, the values of heading time (in days) are shown on the left side of the "y" axis, while the difference in heading time within the irrigated and stressed experimental conditions can be observed on the right side. The oval enclosure marks the drought-tolerant *Plainsman V.* variety.

A legtöbb fajta szárazságstressz hatására korábban kalászolt, mint normál vízellátottság mellett. A 2. ábrán jól látható az általunk vizsgált fajták kalászolási ideje öntözött körülmények között (bal oldali oszlopok) és vízhiány hatására (jobb oldali oszlopok). A folytonos vonal a két kezelés hatására, a fajták kalászolási idejében kialakult eltérést mutatja. A megfelelő vízellátottságú területen a növények kalászolási ideje a 129. és a 138. nap között alakult, míg a stresszelt körülmények között növekedett fajták esetében ez az intervallum

nagyjából a 125. és a 134. nap közé esett. A kontroll fajta négy nappal kalászott korábban az aszály hatására, az általunk vizsgált fajták nagy része (12-ből 10 fajta) ennél kisebb eltérést mutatott a kalászoslási idő tekintetében. Az utolsó két oszlopban látható, hogy nem minden esetben okoz korábbi kalászoslási stressz. Átlagosan két nappal korábbi kalászoslási jegetztünk fel a stresszelt genotípusok javára. A normál vízellátottságú parcellák esetében az átlagos abszolút eltérés 2,45 cm volt, a szórás pedig 3,1 cm. A szárazságstressznek kitett parcellák esetében az átlagos abszolút eltérés 1,95 cm volt, a szórás pedig 2,32 cm.

Nemesítési szempontból a legfontosabb paraméter a szemtermés mennyisége, ezen értékmérő tulajdonság a szárazságtűrési szempontjából is meghatározó. A 3. ábrán a szemterméshozam variabilitását mutatjuk be szárazságstressz hatására. A diagramról leolvasható, hogy jó vízellátottságú parcellák termése 15 dkg és 61 dkg közötti értékeket mutat, míg az esőárnyékoló berendezés alatti parcellák esetében ez az érték 13 dkg és 39 dkg közötti. Jelen esetben is a bal oldali oszlopok mutatják egy fajta öntözött parcelláinak, a jobb oldali oszlopok pedig a vízmegvonás alá került parcellák terméseredményeit. A 3. ábrát átlósan keresztülszelő vonal a két kezelés hatására létrejött terméskülönbséget szemlélteti az egyes fajták esetében. A kontroll fajta esetén 7 dkg-os termésesökkenést jegetztünk fel (26%-os termésdepresszió), amelynél három vizsgált fajta szerepelt jobban a kísérletben. Az adatokat összehasonlítva az átlagos terméskülönbség közel 13 dkg volt, ami átlagosan 31%-os termésdepressziót jelent. A 3. ábrán jól látszik, hogy egyes fajták ennél sokkal jobban szerepeltek, míg más fajták az átlagnál is több termést veszítettek a szárazság hatására. A normál vízellátottságú parcellák esetében az átlagos abszolút eltérés 9,93 dkg volt, a szórás pedig 7,25 dkg. A szárazság-stresszelt parcellák esetében az átlagos abszolút eltérés 5,78 dkg volt, míg a szórás 7,17 dkg. A vizsgált fajták közül a szárazságra legérzékenyebb majdnem 53%-os termésveszteséggel reagált (*GK Bakony*), míg a legkevésbé érzékeny fajta (*GK Pilis*) mindössze 10,5%-át veszítette el a termésének az öntözött parcella terméséhez képest. Azok a genotípusok, amelyek ilyen kismértékű termésdepresszióval reagálnak a vízhiányra, kiváló alapananyagul szolgálhatnak új szárazságtoleráns fajták előállításához.

3. ábra. A szegedi búzafajták szemtermésének (dkg) változásának adatai öntözött és vízmegvonásos (stresszelt) kísérleti körülmények között



Megjegyzés: az „x” tengelyen a vizsgált fajták kerültek feltüntetésre, az „y” tengely bal oldalán a szemtermés (dkg) értéke látható, míg a jobb oldalán az öntözött és a stresszelt kísérlet közötti terméskülönbség figyelhető meg. Az ovális bekeretezés a szárazságtűrő *Plainsman V.* fajtát jelöli.

Figure 3. The data of changes in the grain yield (dkg) of wheat varieties from Szeged under irrigated and water deficit (stressed) experimental conditions. (1) Grain yield (dkg), (2) Grain yield (dkg), (3) Yield difference, (4) Varieties, (5) Irrigated, (6) Stressed, (7) Difference. Note: the "x" axis shows the examined varieties, the "y" axis on the left side displays the grain yield (in decagrams), while on the right side, the yield difference between the irrigated and stressed experiments can be observed. The oval framing indicates the drought-tolerant *Plainsman V.* variety.

A kis mintaszámra való tekintettel, valamint annak figyelembe vételével, hogy a jelen tanulmány csupán előkísérletként szolgál a további tudományos munkához, az eredmények komolyabb statisztikai értékelésétől eltekintettünk. Mindazonáltal a tulajdonságok közötti korrelációanalízist elvégeztük, minden esetben kihagytuk a fiziológiailag várható trendtől eltérő eredményeket. A kalászolási időben jelentkező különbség és a növénymagasságkülönbség között nem találtunk kimutatható összefüggést. A növénymagasság-

különbség és a szemtermés-különbség között gyenge negatív korrelációt detektáltunk (-0,41), melynek értelmében feltételezhető lehet, hogy az erőteljes növénymagasság csökkenés kisebb mértékű termésdepresszióval társul. A kalászolási időben jelentkező eltérés és a szemtermés-különbség közötti összefüggés szintén negatív korrelációt mutatott (-0,68), ez esetben azonban mérsékelten erős volt az összefüggés, ami arra enged következtetni, hogy a korábbi kalászolási idő is a termésdepresszió csökkentését szolgálhatja.

Következtetések

Kísérletünk során a szegedi Gabonakutató Nonprofit Kft. őszi búza fajtáinak vízmegvonás hatására jelentkező reakcióit elemeztük három fontos értékmérő tulajdonság vizsgálata során. A kísérletet tenyészkeri körülmények között végeztük, normál vízellátottságú és szárazságnak kitett parcellákon. A szárazságstressz hatását esőárnyékoló berendezés használatával szimuláltuk, amely segítségével szántóföldön vizsgálhattuk a növényeket, kizárva az egyenetlen csapadékeloszlást. Az általunk vizsgált három agronómiai szempontból fontos tulajdonság a növénymagasság, a kalászolási idő és a szemtermés tömege volt. Legnagyobb érzékenységet a szárazságtoleranciára a termésmennyiség mutatta, szinkronban mások eredményeivel (*Rizza et al. 2004, Ashraf et al. 2010, Mir et al. 2012*). Ebben a tulajdonságban jelentős különbséget mértünk az öntözött és a vízhiányos parcellák között. A fajták átlagos termésdepressziója 31% volt, ettől az értéktől mind pozitív, mind negatív irányban jelentős eltéréseket mértünk, mint azt a szakirodalomban is leírták. A növénymagasság és a kalászolási idő kevésbé érzékenyen reagált az erős szárazságstressz hatására, hasonlóan mások (*Barnabás et al. 2008, Rollins et al. 2013*) eredményeihez. Kísérletünk eredményeként beazonosítottunk szárazságot jól toleráló fajtákat, melyek a későbbi szárazságtűrésre irányuló kutatásban és a nemesítésben is jó alapanyagok lesznek. A legjobban szereplő fajták az aszályos területeken való termesztésre is bátran ajánlhatók. Kísérletünk során megállapítottuk, hogy az általunk vizsgált fajták közül a *GK Bakony*, *GK Kolozs* és *GK Déva* érzékenyen reagált a szárazságra, a *GK Csillag*, *GK Zete*, *GK Szereda*, *GK Arató*, *GK Megyer* és *GK Bagó* közepes érzékenységet mutatott, míg a *GK Szilárd*, *GK Hortobágy* és *GK Pilis* jól

tolerálta a vízmegvonás hatásait, megelőzve a szárazságtűrő kontroll fajtát. A tulajdonságok közötti statisztikai összefüggések vizsgálatára a kis mintaszám miatt csak említőlegesen térünk ki, melyeknek eredményeiből nem vonhatók le hosszútávú következtetések. A doktori kutatás keretein belül nagyobb mintaszámú kísérlet kerül beállításra, mely során fokozott figyelmet fogunk szentelni az esetleges adaptációs mechanizmusok felderítésére.

Összegzés

Kísérletünk során arra kerestük a választ, hogy a nemesítési programunkból származó fajták közül melyek azok, amelyek kedvező szárazságstressztoleranciával rendelkeznek. A kísérlet tenyészkerti körülmények között, a Gabonakutató Kft. szegedi automata esőárnyékoló berendezése alatt került beállításra, valamint közvetlen mellette lévő kontroll parcellákon. A vizsgálat során 12 szegedi búzafajta és egy szárazságtűrő kontroll fajta a *Plainsman V.* szárazságstresszre adott válaszreakcióját hasonlítottuk össze három fontos tulajdonság (kalászolási idő, növénymagasság és termés mennyiség) alapján. Fontos megjegyezni, hogy jelen kísérlet keretein belül igyekeztünk csupán a szárazságstressz hatását vizsgálni. Szárazság hatására a legnagyobb érzékenységet a szemtermés mennyisége mutatta – átlagosan 31%-os termésdepressziót mértünk –, azonban ettől az értéktől mind pozitív, mind negatív irányban lényeges eltérések mutatkoztak. A növénymagasság és a kalászolási idő kevésbé érzékenyen reagált a vízhiányra. Eredményeinkből látható, hogy a 12 vizsgált fajta közül három fajta (*GK Szilárd*, *GK Hortobágy*, *GK Pilis*) jobban teljesített a szemtermés tekintetében, mint a kontroll fajta, ami termésének a 26%-át veszítette el erős szárazság hatására. A vizsgálataink rámutatnak, hogy milyen jelentős termés kieséssel jár az aszály és a vele járó egyéb abiotikus stresszhatások (hősokk, UV sugárzás) kombinálódása. Sikerült olyan ellenálló fajtákat azonosítanunk, melyek megfelelő megelőzési és védekezési megoldások (talajtakarás, vízmegtartás, öntözés) mellett képesek csökkenteni az aszályos években a termésveszteséget.

IRODALOM

- Abd El-Aty, M. S.-Katta, Y. S.-Abd Eel Moaty, B.-El-Abd-Mahmoud, S. M.-Ibrahim, O. M.-Ewada, M. A.-El-Saadony, M. T.-Abou Qamar, S. F.-El-Tarabily, K. A.-El-Taha, A. M.*: 2022. The combining ability for grain yield and some related characteristics in rice (*Oryza sativa* L.) under normal and water stress conditions. *Frontiers in Plant Science*. 13: 866-742.
- Ashraf, M.*: 2010. Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advances*. 28: 169-183.
- Barnabás, B.-Jager, K.-Fehér, A.*: 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive process in cereals. *Plant, Cell & Environment*. 31: 11-38.
- Bartels, D.-Sunkar, R.*: 2005. Drought and salt tolerance in plants. *Plant Science*. 24: 23-58.
- Bartels, D.-Ditzler, A.-Furini, A.*: 2006. What can we learn from resurrection plants? [In: Ribaut, J. M. (ed.) *Drought adaptation in cereals.*] The Haworth Press Inc. Binghamton. NY. 599-562.
- Bányai J.*: 2017. A szárazságstressz morfológiai, fiziológiai és terméshiológiai hatásának tanulmányozása durumbúzában. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem. Gödöllő. 167.
- Cseuz, L.-Pauk, J.-Fónad, P.-Kovács, E.-Matuz, J.*: 2008. Field selection of winter wheat genotypes tolerant to water shortages with a mobile automatic rain shelter (MARS) and chemical desiccation. 11th International Wheat Genetics Symposium. 2008. 3: 882-884.
- Cseuz L.*: 2009. A szárazságtűrő őszi búza (*Triticum aestivum* L.) nemesítésének lehetőségei és korlátai. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem. Gödöllő. 125.
- Heszky L.*: 2007. Szárazság és a növény kapcsolata. *Agrofórum*. 18: 36-41.
- Heszky L.*: 2012. Miért nincsenek szárazságtűrő növényfajtáink? *Agrofórum*. 23. 10: 6-10.
- Kant, S.-Thoday-Kennedy, E.-Joshi, S.-Vakani, J.-Hughes, J.-Maphosa, L.*: 2017. Automated Rainout Shelter's Design for Well-Defined Water Stress Field. *Phenotyping of Crop Plants*. *Crop Sci*. 57: 327-331.
- KSH*: 2022. A búza termelése vármegye és régió szerint. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0071.html. (lekérdezés időpontja: 2023. 03. 23.)
- Lipiec, J.-Doussan, C.-Nosalewicz, A.-Kondracka, K.*: 2013. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. *International Agrophysics*. 27: 463-477.
- Mir, R. R.-Zaman-Allah, M.-Sreenivasulu, N.-Trethowan, R.-Varshney, R. K.*: 2012. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. *Theoretical and Applied Genetics*. 125: 625-645.
- Mohammadi, R.*: 2016. Efficiency of yield-based drought tolerance indices to identify tolerant genotypes in durum wheat. *Euphytica*. 211: 71-89.

- Mohammadi, R.*: 2018. Breeding for increased drought tolerance in wheat: a review. *Crop & Pasture Science*. 69: 223–241.
- Mwadzeingeni, L.–Shimelis, H.–Tesfay, S.–Tsilo, T. I.*: 2016. Breeding wheat for drought tolerance. Progress and technologies. *Journal of Integrative Agriculture*. 15. 5: 935–943.
- Nezhadahmadi, A.–Hossian, Z.–Prodhon, H.–Faruq, G.*: 2013. Drought tolerance in wheat. Hindawi Publishing Corporation. *The Scientific World Journal*. Article ID: 610721. 12.
- OMSZ*: 2022. Elmúlt évek időjárása. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlata_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/ (lekérdezés időpontja: 2023. 03. 23.)
- Passioura, J. B.*: 1996. Drought and drought tolerance. *Plant Growth Regulation*. 20. 2: 79–83.
- Rizhsky, L.–Liang, H.–Mittler, R.*: 2002. The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco. *Plant Physiology*. 130. 3: 1143–1151.
- Rizza, F.–Badeck, F. W.–Cattivelli, C.–Destri, O. D.–Fonzo, N.–Sanca, A. M.*: 2004. Use of water stress index to identify barley genotypes adapted to rainfed and irrigated conditions. *Crop Science*. 44. 6: 2127–2137.
- Rollins, J. A.–Habte, E.–Templer, S. E.–Colby, T.–Schmidt, J.–Korff, M.*: 2013. Leaf proteome alterations in the context of physiological and morphological responses to drought and heat stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Experimental Botany*. 64. 11: 3201–3212.
- Tuberosa, R.*: 2012. Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era. *Frontiers in Physiology*. 3: 1–26.
- Voltas, J.–López-Córcoles, H.–Borrás, G.*: 2005. Use of biplot analysis and factorial regression for the investigation of superior genotypes in multi environmental trials. *European Journal of Agronomy*. 22. 3: 309–324.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Nagy Dániel – Dr. Cseuz László – *Dr. Pauk János
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft.
Szeged
Alsó kikötő sor 9.
H-6726
*janos.pauk@gabonakutato.hu

Víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérlet (NPK) eredményei

¹NAGY JÁNOS - ¹GOMBOS BÉLA - ²HADÁSZI LÁSZLÓ -

¹BOJTOR CSABA - ¹ILLÉS ÁRPÁD

¹Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

²KITE Zrt., Nádudvar

Összefoglaló

Vizsgálatunk során különböző tápanyag-utánpótlási szinteket elemeztünk 1996–2021 között szántóföldi polifaktoriális tartamkísérletben látóképen. A tápanyag-utánpótlási tartamkísérlet során a vizsgált évjáratok és az öntözés átlagában az N150 kg/ha dózis eredményezte a legnagyobb termésmennyiséget 10,74 t/ha értékkel. A tápanyag-szintenként történő elemzés során megállapítható, hogy az öntözés csökkentette az évjáratok közötti különbségeket és ehhez pozitívan hozzájárult a műtrágya-utánpótlás. Ezek alapján kijelenthetjük, hogy optimális műtrágya-ellátás és öntözés hatására az évjáratok kedvezőtlen hatása csökkenthető.

Kulcsszavak: évjáráthatás, kukorica, tartamkísérlet, tápanyag-utánpótlás

Results of a water and nutrient management (NPK) long-term experiment

¹J. NAGY – ¹B. GOMBOS – ²L. HADÁSZI – ¹CS. BOJTOR – ¹Á. ILLÉS

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

²KITE Zrt., Nádudvar

Summary

The analysis of various nutrient replenishment levels was performed in a multifactorial long-term field experiment at the Látókép Experiment Site between 1996–2021. During the long-term fertilisation experiment, the N150 kg ha⁻¹ dose resulted in the highest yield (10.74 t ha⁻¹) averaged over the examined crop years and irrigation. As a result of the analysis of each nutrient level, it can be concluded that irrigation reduced the differences between crop years and this effect was strengthened by fertilisation. It can be concluded that optimum fertilisation and irrigation can mitigate the unfavourable effect of crop years.

Keywords: crop year effect, maize, long-term experiment, nutrient replenishment

Bevezetés

Az éghajlati változékonyság mértéke folyamatosan növekszik, mely komoly kihívást jelent az intenzív termesztési gyakorlat során. A gazdáknak a termesztési színvonalukat az intenzivitás irányába kell elmozdítaniuk, ami megköveteli az adott termőterület, a hibrid és az éghajlati körülmények pontos ismeretét. A tartamkísérlet egy adott terület jellemzésére és a gyakorlatban nagymértékben alkalmazott tápanyag-utánpótlási kombinációk tesztelésére kiválóan alkalmas szántóföldi kísérleti forma. A tápanyagok hasznosulásának egzakt megbízható mérésére szántóföldi körülmények között csak a tartamkísérlet biztosít lehetőséget. Napjaink globális kihívása az élelmiszertermelési színvonal megőrzése és javítása – a biodiverzitás megtartása mellett. Az éghajlatváltozás

napjainkban növekvő hatást gyakorol a globális élelmiszertermelésre (Ray et al. 2019). A kukorica a világon az egyik legfontosabb termesztett szántóföldi növény, világszerte mintegy 150 millió hektár termőterületen termesztjük. A precíziós tápanyag-utánpótlás a modern, inputhatékony gazdálkodás elengedhetetlen feltétele.

A hosszú távú kísérletek általánosan használt eszközök az agronómiában, talajtudományban, erdészetben, ökológiában és más tudományágakban a különböző kezelési módok hatásainak hosszabb időn keresztüli összehasonlítására (McRae és Ryan 1996).

A precíziós gazdálkodás, a műszaki fejlesztés eredményei lehetővé teszik és megkövetelik a szántóföldi növények igényeinek hatékonyabb kielégítését. Ehhez ismerni kell a növények/fajták/hibridek genetikai paramétereit és az eltérő környezeti hatásokra adott válaszaikat (Nagy et al. 2020). A helyspecifikus növénytermesztést a termelési célokhoz és az ökológiai feltételekhez optimálisan igazodó módon kell megvalósítani. Széles et al. (2019) vizsgálataik alapján javasolják, hogy a termesztés során minden alkalmazott hibridnél meg kell határozni a műtrágya-felhasználás hatékonyságát. A termésnövelés biztosításához elengedhetetlen az intenzív növénytáplálás. A műtrágya optimális kijuttatási mennyiségének meghatározása nehéz feladat a talajvízzel való kölcsönhatás és egyéb tényezők miatt. Figyelembe kell venni a talaj tápanyag-gazdálkodási előzményeit és tápanyagmegkötő képességét, valamint a kukorica hibrid terméspotenciálját és tápanyagigényét, valamint az előző növénykultúrából származó maradék talaj N-t (Hansen és Djurhuus 1996, D'Haene et al. 2007). Széles körben kimutatták a közvetlen összefüggést a N-műtrágyázási arány és a kukorica növénynövekedése és a szemtermés között (Jokela et al. 1989, Zhang et al. 1993, McCullough et al. 1994).

Gazdasági és környezetvédelmi okokból is nagy jelentősége van az optimális nitrogén (N) műtrágya kijuttatási mennyiségének szántóföldi körülmények között, különösen öntözött körülmények között (Széles et al. 2012).

Anyag és módszer

A jogelőd Debreceni Agrártudományi Egyetemen a nádudvari KITE Zrt.-vel együttműködve Búvár Géza vezérigazgató javaslatára indult háromtényezős kísérlet (műtrágyázás, öntözés, genotípus) 1978-ban Hajdúszoboszlón. 1983-

ban új telephelyen a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén folytatódtak a kutatások. A kísérletet Prof. Dr. Nagy János alapította. A kutatás legfontosabb célja és feladata a növénytermesztésben ható ökológiai, biológiai és agronómiai tényezők hatásainak, kölcsönhatásainak feltárása, számszerűsítése, és a növényállományokat érő stresszfaktorok alap tudományi vizsgálata, amelyet a tartamkísérlet 40 éves adatbázisa és a nemzetközi szintű műszerezettség tesz lehetővé.

A kísérlet háromtényezős, szabadföldi, négyismétléses, osztott sávos elrendezésű, amely lehetővé teszi a heterogenitásból adódó különbségek kiküszöbölését, és a kísérlet statisztikai értékelhetőségét is egyaránt biztosítja. A parcellák területe: $0,76 \times 2 \times 5 = 7,6 \text{ m}^2$. A sortávolság 76 cm, melyhez 73 400 db/ha növényszám társul (1. ábra).

A kísérlet lehetőséget biztosít a hosszútávú műtrágyahatások értékelésére (1. táblázat), és amelyben minden tenyészidőszakban 13 db takarmánykukorica hibridet vizsgálunk.

A kísérlet egyik legjelentősebb része a 40 éve műtrágyázatlan kontroll parcellák, melyek kiváló indikátorai az adott tenyészidőszak során genetikailag elérhető termés mennyiségének. A kísérlet agrotechnikai szempontból hagyományos forgatásos alapművelésre alapozott termesztési móddal történik. A vetés időpontja a kukorica vetéséhez mérten az optimális időtartamban történik, az évjáratok függvényében április utolsó dekádjában, amikor a talaj és a levegő hőmérséklete megfelelő a gyors és homogén keléshez. A vetés során alkalmazott tőszám 73 400 db mag/ha. A tenyészidőszak során vegyszeres növényvédelem és mechanikai gyomirtással egybekötött sorközművelés történik.

Meteorológiai adatok

Az éghajlati vizsgálatához az Országos Meteorológiai Szolgálat debreceni homogenizált hőmérséklet és csapadék adatsorait használtuk. A szervezet honlapján szabadon elérhető, letölthető az 1901–2020 időszak napi felbontású adatbázisa (Meteorológiai Adattár, OMSZ):

- csapadék napi összege,
- napi minimumhőmérséklet,
- napi maximumhőmérséklet,
- napi középhőmérséklet.

1. ábra. A multifaktoriális trágyázási tartamkísérlet térbeli elrendezése (Debrecen-Látókép)

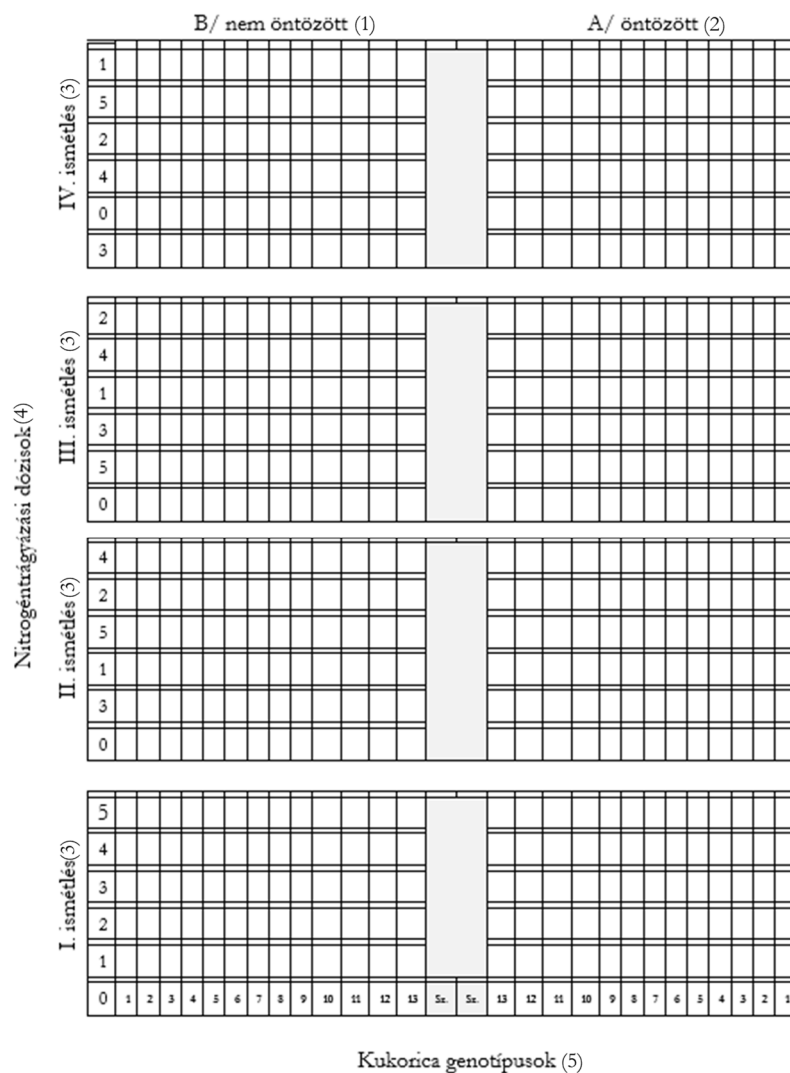


Figure 1. Spatial arrangement of the multifactorial long-term fertilisation experiment (Debrecen-Látókép). (1) B/non-irrigated, (2) A/irrigated, (3) Replicate, (4) Nitrogen fertilisation doses, (5) Maize genotypes

1. táblázat. A kísérletben alkalmazott tápanyag-utánpótlási szintek hatóanyag mennyiségben, makroelemek szerint (nitrogénlépcső-arányos foszfor- és káliumszinttel)

NPK	N (kg)	P ₂ O ₅ (kg)	K ₂ O (kg)	Összesen (kg) (1)
0	-	-	-	-
1	30	23	27	80
2	60	46	54	160
3	90	69	81	240
4	120	92	108	320
5	150	115	135	400

Table 1. Nutrient replenishment levels applied in the experiment in terms of active ingredient amounts and macroelements (phosphorus and potassium levels proportionate to the given nitrogen level). (1) Total (kg)

Az adatsorok 1991 utáni részét vontuk be a vizsgálatokba, kiegészítve a 2021–2022 évek adataival. A mérések ebben az időszakban végig a várostól délre elhelyezkedő repülőtéren folytak (É.sz.: 47°30', K.h. 21°38', 107 mBf.). Az adatsorok a jelenlegi helyzethez igazítva homogenizáltak, a mérési körülmények változásából fakadó inhomogenitások kiszűrésre kerültek.

A Debrecen-Repülőtér mérőállomáson az évi középhőmérséklet 11,0 °C, az éves csapadékösszeg 543 mm az 1991–2020 időszak átlagában. A leghidegebb hónap a január (-0,8 °C), a legmelegebb a július (21,9 °C) volt. A legkevesebb csapadék a január és március közötti időszakban, a legtöbb május-július hónapokban hullott (január 24 mm, július 68 mm) (2. táblázat).

2. táblázat. A havi középhőmérséklet (T) és csapadékösszeg (Cs) 30 éves átlagai (1991–2020) Debrecenben

	Hónapok											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
T (°C)	-0,8	0,9	5,8	11,9	16,8	20,3	21,9	21,8	16,5	11,0	5,6	0,5
Cs (mm)	24	32	30	45	59	67	68	46	47	41	41	42

Table 2. Average monthly temperature and precipitation in Debrecen (1991–2020). (1) Months

Módszer

A kutatásunk során vizsgáltuk a Debrecenben az elmúlt 30 év (1993–2022) április–október időszakában végbement hőmérsékleti változásokat. A trendvizsgálatot a következő paraméterek vonatkozásában végeztük el:

- havi középhőmérsékletek (április, május, június, július, augusztus, szeptember, október);
- napi minimum hőmérsékletek havi átlagai (április, május, június, július, augusztus, szeptember, október);
- napi maximum hőmérsékletek havi átlagai (április, május, június, július, augusztus, szeptember, október).

A nem-paraméteres Mann-Kendall statisztikai tesztet alkalmaztuk (*Mann* 1945, *Kendall* 1975), ami széleskörűen elterjedt meteorológiai idősorok trendvizsgálatában – mind csapadék, mind hőmérséklet vonatkozásában. A nem-paraméteres próbák esetében a normális eloszlás nem feltétel, továbbá kevésbé érzékenyek a kiugró értékekre. Ezen robosztus módszer előfeltétele mindössze az adatok függetlensége. A kapcsolódó a Sen's slope Estimator minden adatpárra kiszámolja a meredekség értékét (m_{ij}), és ezek mediánja adja a lineáris trend meredekségének (Q) becslését:

$$m_{ij}=(Y_j-Y_i)/(j-i)$$
$$Q=\text{medián}(m_{ij})$$

ahol: Y_j és Y_i a meteorológiai változó értéke $t=j$, illetve $t=i$ időpontban ($j>i$), és $i=1, \dots, n-1, j=2, \dots, n$; n : a minta elemszáma.

Kutatásunkban az adatfeldolgozás első lépéseként a napi felbontású adatbázis alapján Excel táblázatkezelő segítségével előállítottuk a vizsgálandó havi adatsorainkat az 1993–2022 időszakra. A trendvizsgálathoz a Finn Meteorológiai Intézet által kifejlesztett MAKESENS (FMI) Excel makrót használtuk (*Salmi et al.* 2002). A meredekséget – mint a trendérték időegységre eső változását – a könnyebb értelmezhetőség kedvéért a hőmérsékleti értékek esetében °C/10 év egységekben adtuk meg. A MAKESENS négy szignifikancia szint teljesülését vizsgálta a Z teszt statisztika segítségével (α : 0,1; 0,05; 0,01 és 0,001; kétoldali teszttel).

Hőmérsékleti trendek

Havi adatok

Az 1993–2022 időszakban a havi középhőmérséklet, a maximumok havi átlaga, a minimumok havi átlaga május kivételével minden vizsgált hónapban emelkedő tendenciát mutat (2. táblázat). A változások a június–szeptember időszakban szignifikánsak.

Az áprilisi középhőmérsékletben mérsékelt emelkedés figyelhető meg (0,30 °C/10 év), de a trend nem szignifikáns. Igen eltérő a maximumok és minimumok változása. Míg a maximumok 0,74 °C/10 év mértékű növekvő trendet mutatnak, addig a minimum hőmérsékletek áprilisi átlagban lényegében nincs trendszerű változás.

A májusi középhőmérsékletben 0,44 °C/10 év ütemű (a minimumok és maximumok esetében valamivel kisebb mértékű) csökkenés mutatható ki. Ugyan a változás nem szignifikáns, de figyelemre méltó, mivel egyedül ebben a hónapban tapasztalhatunk negatív hőmérsékleti trendet, illetve a kukorica termesztés szempontjából is fontos hónapról van szó.

A nyári hónapokban minden paraméter esetében igazolódott az emelkedő trend. Különösen júniusban és augusztusban nőtt a hőmérséklet, a középhőmérsékletben 0,81 és 0,82 °C/10 év, a minimumok havi átlagában 0,73 és 0,58 °C/10 év, míg maximumokéban 0,96 és 1,00 °C/10 év emelkedés figyelhető meg. Júliusban a melegedés valamivel kisebb mértékű volt, a középhőmérséklet 10 évenként 0,63 °C emelkedést mutatott. A maximum hőmérsékletek mindhárom nyári hónapban nagyobb mértékben emelkedtek, mint a minimumok.

Szeptemberben a középhőmérséklet az utóbbi 30 évben szignifikáns és jelentős mértékű (0,66 °C/10 év) melegedés mutatható ki. A szeptemberi maximumok emelkedése a legnagyobb ütemű (1,07 °C /10 év).

Az októberben megfigyelhető melegedés kisebb mértékű (0,20 °C/10 év a középhőmérsékletben, 0,39 °C/10 év a maximumokban) és nem mutat szignifikanciát még a $p=0,1$ szinten sem (3. táblázat).

3. táblázat. A havi hőmérsékleti trendek Debrecenben az 1993–2022 közötti időszakban (°C/10 év)

Hónapok (1)	Középhőmérséklet (2)	Minimum hőmérséklet (3)	Maximum hőmérséklet (4)
Április (5)	0,30	0,07	0,74
Május (6)	-0,44	-0,34	-0,26
Június (7)	0,81***	0,73***	0,96**
Július (8)	0,63+	0,48+	0,86*
Augusztus (9)	0,82*	0,58**	1,00**
Szeptember (10)	0,66+	0,55	1,07+
Október (11)	0,20	0,20	0,39

Megjegyzés: szignifikancia szintek - *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; + $p < 0,1$ (Mann-Kendall teszt, Sen's estimator).

Table 3. Monthly weather trends in Debrecen between 1993–2022 (°C/10 years). (1) Months, (2) Mean temperature, (3) Minimum temperature, (4) Maximum temperature, (5) April, (6) May, (7) June, (8) July, (9) August, (10) September, (11) October, Note: significance levels - *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; + $p < 0.1$ (Mann-Kendall Trend Test, Sen's estimator)

Vizsgálataink során a négy ismétlésből származó terméseredményeket értékeltük a hibridek átlagában az egyes termesztési években 1996–2021 között.

A kísérleti eredmények statisztikai értékelését R 3.2.4. statisztikai környezetben (Team 2016a), RStudio (Team 2016b) grafikus felülettel, "gplots" (Warnes et al. 2015), "car" (Fox és Weisberg 2011) és "agricolae" (De Mendiburu 2016) csomagok felhasználásával, valamint GenStat (VSN International, Rothamsted, England) és Minitab (Minitab LLC., Pennsylvania, USA) statisztikai szoftverekkel végeztük. Az egyes értékek közötti statisztikailag igazolható különbségek meghatározásához Fisher-féle legkisebb szignifikáns különbség tesztet használtuk. A hipotézisvizsgálat és a statisztikai kutatások egyik legszélesebb körben használt eszköze a varianciaanalízis, másnéven különbözőség vizsgálat. A grafikonokat Ms Excel 365 programmal készítettük.

Eredmények

A nitrogén – mint leginkább fontos makroelem a termésmennyiség kialakításában – egyértelműen, statisztikailag igazoltan növelte a kukorica termésmennyiségét a hibridek átlagában. A legnagyobb termésmennyiséget a 150 kg/ha nitrogéndózis eredményezte. A kontroll tápanyagszint pontos képet ad 30 év átlagában egy adott termőhely természetési képességéről. A műtrágyázatlan kontroll parcellák termésszintje az évjáratok átlagában 6,07 t/ha értéket eredményeztek. A tápanyagszintek növelésével N0 és N150 kg/ha nitrogéndózis között a termésmennyiség szignifikánsan növekedett (+4,4 t/ha) (2. ábra).

2. ábra. A tápanyag-utánpótlás hatása a kukorica hibridek termésmennyiségére (nitrogénlépcső-arányos foszfor- és káliumszinttel) (Debrecen, 1992–2021)

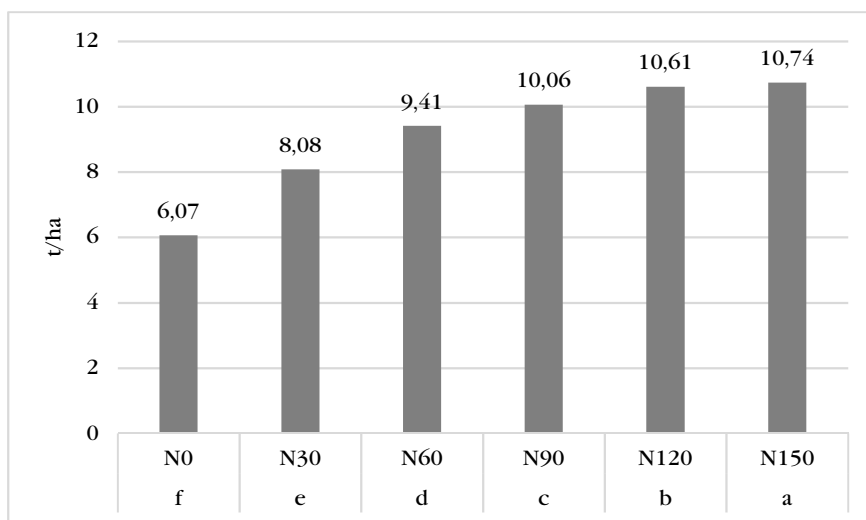


Figure 2. The effect of nutrient replenishment on maize hybrid yields (with phosphorus and potassium levels proportionate to nitrogen levels) (Debrecen, 1992–2021)

Öntözési körülmények között a kontroll állományban magasabb szintről indul a termés mennyisége, majd a növekedési dinamika fokozatosan csökken az N120 kg/ha tápanyagszintig. A legnagyobb termés mennyiséget az N150 kg/ha

tápanyagszint eredményezte (4,96 t/ha), a növekedés N120 kg/ha tápanyagszinthez képest szignifikáns (3. ábra).

3. ábra. A tápanyag-utánpótlás hatása a kukorica hibridek termésmennyiségére öntözött körülmények között (nitrogénlépcső-arányos foszfor- és káliumszinttel) (Debrecen, 1992–2021)

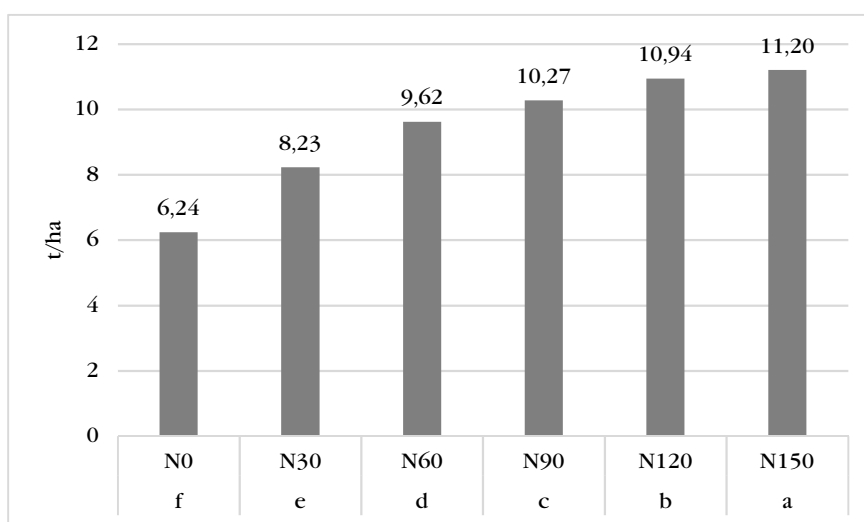


Figure 3. The effect of nutrient replenishment on maize hybrid yields (with phosphorus and potassium levels proportionate to nitrogen levels) under irrigated conditions (Debrecen, 1992–2021)

A nitrogénszintek növelésével – arányos foszfor- és káliumszint mellett – a termés mennyisége növekedett az N120 kg/ha dózis hatására a vizsgált 30 év átlagában öntözött körülmények között (+4,38 t/ha). Az N150 kg/ha dózis már nem növelte a termés mennyiségét. A növekedési dinamika N0, N30 és N60 között közel azonos, magasabb tápanyagszinteknél a növekedés mértéke kisebb (4. ábra).

A vizsgált 30 év tekintetében nem öntözött körülmények között a termés mennyisége 4,2–8,8 t/ha értékek között változott. A kontrol tápanyagszint megfelelő indikátora az adott tenyészidőszak alapvető éghajlati és agronómiai környezetének (5. ábra).

4. ábra. A tápanyag-utánpótlás hatása a kukorica hibridek termés mennyiségére nem öntözött körülmények között (nitrogénlépcső-arányos foszfor- és káliumszinttel) (Debrecen, 1992–2021)

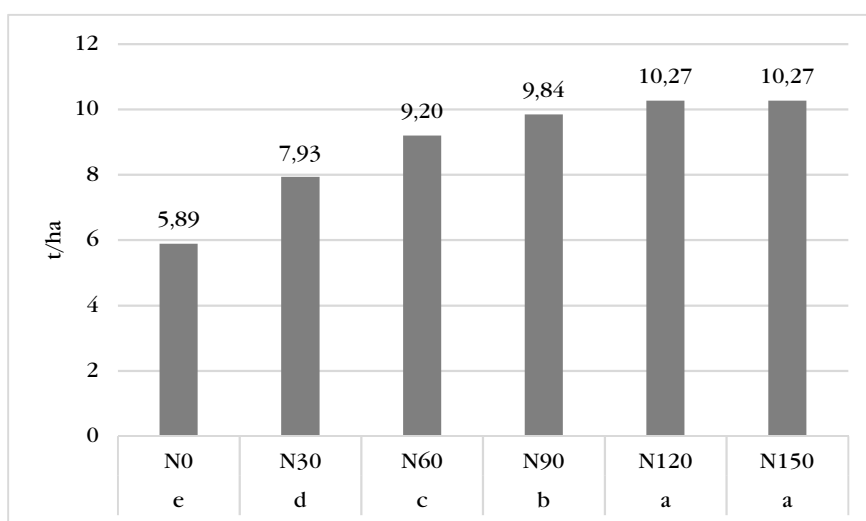


Figure 4. The effect of nutrient replenishment on maize hybrid yields (with phosphorus and potassium levels proportionate to nitrogen levels) under non-irrigated conditions (Debrecen, 1992–2021)

N60 tápanyagszinten a termés mennyisége 5,9 t/ha és 12,6 t/ha között változott. A legmagasabb termés mennyiséget a 2016-os tenyésztés eredményezte a N60-as tápanyagszint tekintetében (6. ábra).

Nem öntözött körülmények között a vizsgált 30 évben a termés mennyiség értékek nagy változékonyságot mutattak. Kedvező évjáratban a tápanyag-utánpótlás és az öntözés együttesen kedvező hatást fejtett ki a termés mennyiségére, viszont kedvezőtlen évjáratban a termés mennyisége nagyobb mértékben csökkent. Nem öntözött körülmények között N120 kg/ha tápanyag-utánpótlási szinten a termés mennyisége 5,6 és 13,6 t/ha értékek között változott (7. ábra).

5. ábra. Műtrágyázás nélküli kezelések hatása a termés mennyiségére nem öntözött körülmények között (Debrecen, 1992–2021)

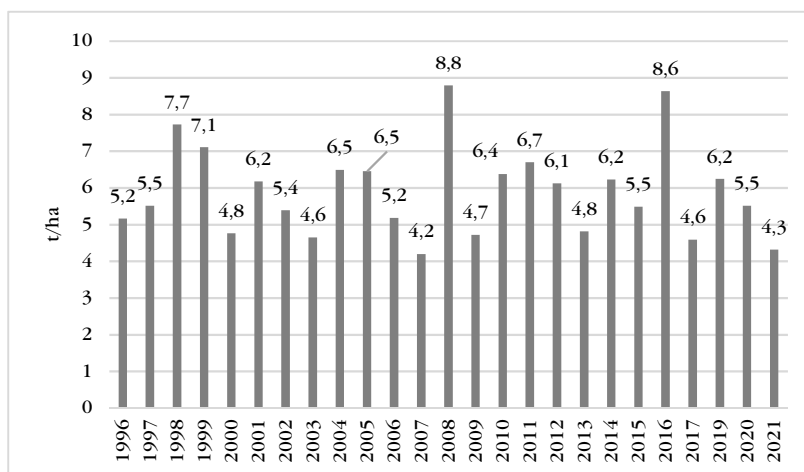


Figure 5. The effect of non-fertilised treatments on yield under non-irrigated conditions (Debrecen, 1992–2021)

6. ábra. N60 kg/ha tápanyagszint hatása a termés mennyiségére nem öntözött körülmények között (Debrecen, 1992–2021)

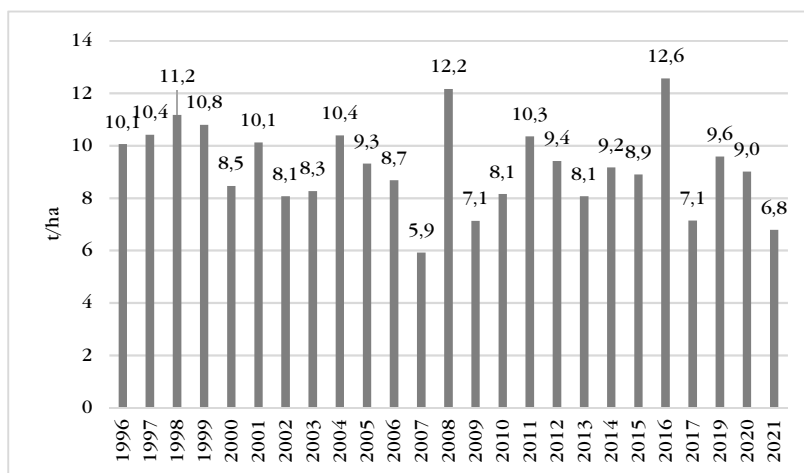


Figure 6. The effect of the N60 kg ha⁻¹ nutrient level on yield under non-irrigated conditions (Debrecen, 1992–2021)

7. ábra. N120 kg/ha tápanyagszint hatása a termés mennyiségére nem öntözött körülmények között (Debrecen, 1992–2021)

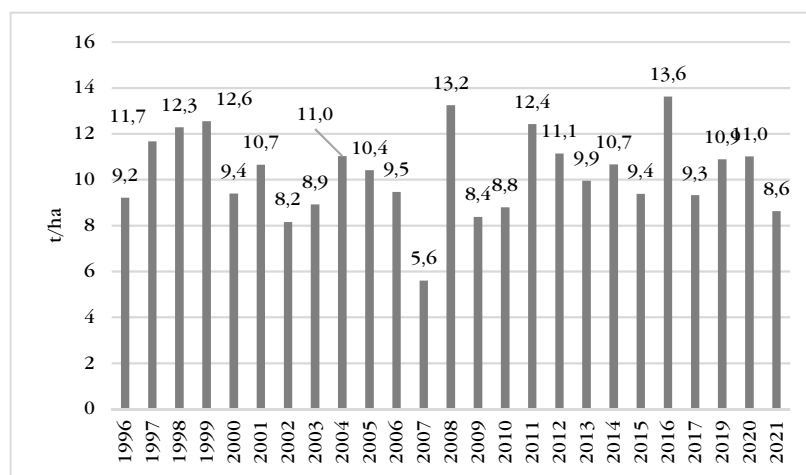


Figure 7. The effect of the N120 kg ha⁻¹ nutrient level on yield under non-irrigated conditions (Debrecen, 1992–2021)

N60 tápanyagszint hatására öntözött körülmények között a termés mennyiség 8,5 és 10 t/ha érték között változott. A maximum termésmennyiség 12,7 t/ha, a minimum termésmennyiség pedig 7,5 t/ha volt. A tápanyagszintek növelésével az évjárat befolyásoló hatása növekedhet. Kedvező évjáratban esetként nagyobb termésmennyiséget érnek el a hibridek, viszont kedvezőtlen évjáratban a termés csökkenés nagyobb mértékű, mint a kontroll parcellákban (8. ábra).

Öntözés hatására az N120 kg/ha tápanyagszint vizsgálatánál megfigyelhető, hogy az évjáratok közötti ingadozás kisebb mértékű, mint a nem öntözött állományban. A legkisebb termésmennyiség 8 t/ha, a legnagyobb 13,7 t/ha volt (9. ábra).

8. ábra. N60 kg/ha tápanyagszint hatása a termés mennyiségére öntözött körülmények között (Debrecen, 1992–2021)

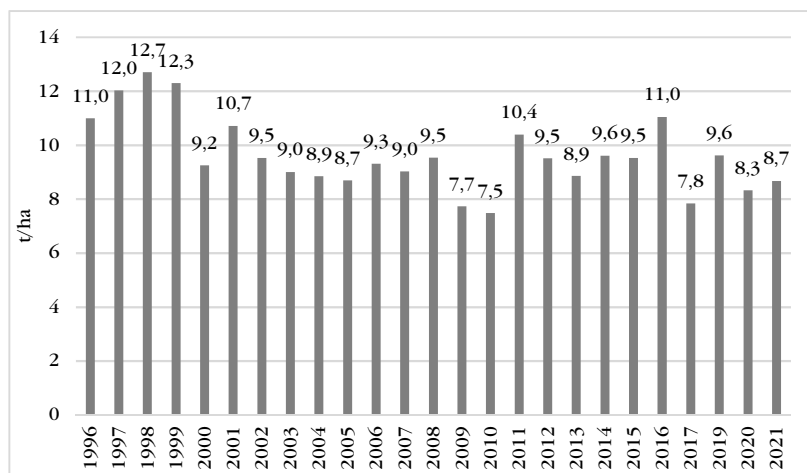


Figure 9. The effect of the N60 kg ha⁻¹ nutrient level on yield under irrigated conditions (Debrecen, 1992–2021)

9. ábra. N120 kg/ha tápanyagszint hatása a termés mennyiségére öntözött körülmények között (Debrecen, 1992–2021)

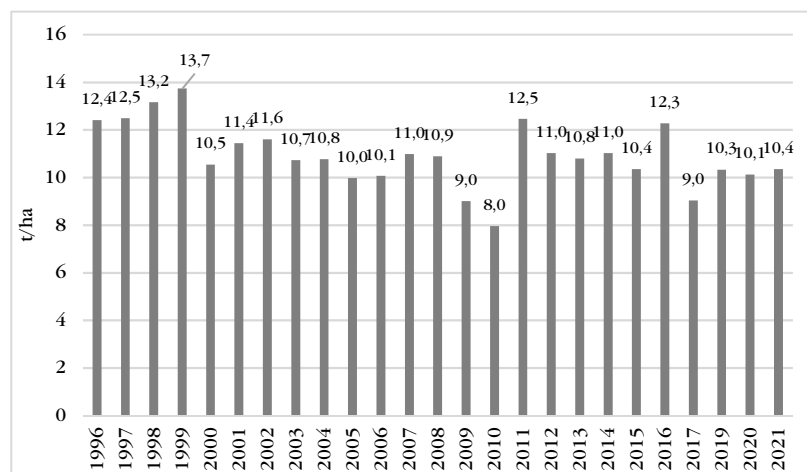


Figure 10. The effect of the N120 kg ha⁻¹ nutrient level on yield under irrigated conditions (Debrecen, 1992–2021)

Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg, és a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

IRODALOM

- D'Haene, K.-Magyar, M.-De Neve, S.-Pálmai, O.-Nagy, J.-Németh, T.-Hofman, G.:* 2007. Nitrogen and phosphorus balances of Hungarian farms. *European Journal of Agronomy*. 26. 3: 224–234.
- de Mendiburu, F.:* 2016. *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.2-4. <http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
- Hansen, E. M.-Djurhuus, J.:* 1996. Nitrate leaching as affected by long-term N fertilization on a coarse sand. *Soil Use and Management*. 12. 4: 199–204.
- Jokela, W. E.-Randall, G. W.:* 1989. Corn yield and residual soil nitrate as affected by time and rate of nitrogen application. *Agronomy Journal*. 8. 5: 720–726.
- Kendall, M. G.:* 1975. Rank correlation methods. Charles Griffin. London.
- Mann, H. B.:* 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*. 13: 245–259.
- McCullough, D. E.-Mihajlovic, M.-Aguilera, A.-Tollenaar, M.-Girardin, P.:* 1994. Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and a new maize hybrid. *Canadian Journal of Plant Science*. 74. 3: 471–477.
- McRae, K. B.-Ryan, D. A. J.:* 1996. Design and planning of long-term experiments. *Canadian Journal of Plant Science*. 76. 4: 595–602.
- Nagy J.-Hadászki L.-Illés Á.-Bojtor Cs.-Zelenák A.-Nyéki A.:* 2020. Fornad (FAO 420) „Smart” kukorica hibrid termesztési eredményei. *Növénytermelés*. 69. 2: 5–24.
- Ray, D. K.-West, P. C.-Clark, M.-Gerber, J. S.-Prishchepov, A. V.-Chatterjee, S.:* 2019. Climate change has likely already affected global food production. *PloS one*. 14: 5.
- Salmi, T.-Maatta, A.-Anttila, P.-Ruoho-Airola, T.-Amnell, T.:* 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates—the Excel template application MAKESENS. Finnish Meteorological Institute. Helsinki.

- Széles, A.-Kovács, K.-Ferencsik, S.:* 2019. The effect of crop years and nitrogen basal and top dressing on the yield of different maize genotypes and marginal revenue. Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service. 123. 3: 265-278.
- 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.
- Zhang, F.-Mackenzie, A. F.-Smith, D. L.:* 1993. Corn yield and shifts among corn quality constituents following application of different nitrogen fertilizer sources at several times during corn development. Journal of Plant Nutrition. 16. 7: 1317-1337.
- Warnes, G. R.-Bolker, B.-Bonebakker, L.-Gentleman, R.-Liaw, W. H. A-Lumley, T.-Maechler, M.-Magnusson, A.-Moeller, S.-Schwartz, M.-Venables, B.:* 2015. Gplots: Various R Programming Tools for Plotting Data. R package version 2.17.0

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Nagy János – Dr. Gombos Béla – Dr. Bojtor Csaba – *Dr. Illés Árpád
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*illes.arpad@agr.unideb.hu

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

A kukorica (*Zea mays* L.) kelési dinamikájának a termésre gyakorolt hatása

SOJNÓCZKI ISTVÁN - NAGY JÁNOS - KECSKÉS ISTVÁN

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Az utóbbi időben megnőtt az érdeklődés a vetési technológiák és gyakorlatok fejlesztése iránt, mivel a vetés az egyik legfontosabb, ha nem a legkritikusabb művelet, amelyet a termelő a vegetációs időszakban végez. Az elvetett vetőmag kelési dinamikája több szerző szerint is kihathat a termés potenciálra. Ezt a feltételt vizsgáltuk két évjáratban, melyek eltértek környezeti feltételek tekintetében. Megvizsgáltuk, hogy ilyen hatások mellett, hogyan alakult a legkorábban kikelő és a később kelt növények egyedi termése. Mértük a különböző fizikai paramétereket, mint a csősúlyt, csőhosszt, csőátmérőt, valamint az egyedi szemtermés tömegét, ezerszemtömeget és a szemszámot. Összefüggést találtunk a képződött termések ezen paraméterei és a kelési idő között. Eredményeink alátámasztották, hogy hatással van a kelési dinamika a termés potenciálra, mivel a legkorábban kikelő növények hozzák a legnagyobb termést. Vetéstechnológiánknak tehát azt a célt is meg kell valósítania, hogy minél több növény keljen az első kelési időszakban.

Kulcsszavak: kelésdinamika, kukorica vetés, egyedi potenciál, termésképző elemek

Effect of maize (*Zea mays* L.) emergence dynamics on yield

I. SOJNÓCZKI - J. NAGY - I. KECSKÉS

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

Summary

Recently, there has been an increased interest in improving sowing technologies and practices, as sowing is one of the most important, if not the most critical, operations that a farmer carries out during the growing season. The emergence dynamics of sown seed have been suggested by several authors to have an impact on yield potential. This condition was studied in two crop years that differed in environmental conditions. Under these effects, individual yields of the earliest- and later-emerged plants were examined. Various physical parameters were measured, such as ear weight, ear length, ear diameter, as well as individual grain weight, thousand grain weight and number of grains. Correlation was found between these yield parameters and the ripening time. Our results confirmed that there is an influence of the emergence dynamics on the yield potential, as the earliest-emerging plants yield the highest yield. Therefore, our breeding technology should also meet the goal of getting as many plants to germinate in the first emergence period.

Keywords: emergence dynamics, maize sowing, individual potential, yield components

Bevezetés

Növénytermesztésnek lépést kell tartania a népességnövekedés által keltett igényekkel, a nagyobb számú emberi populáció számára több felhasználható élelmiszer-alapanyagot kell termelnie (*Tilman et al.* 2011). A termeléssel szemben azonban növekednek egyrészt a takarmány-előállítás célú igények – amikor a keletkező takarmány-alapanyagot az állattenyésztés használja fel –,

másrészt jelentős igényként jelentkezik a bioüzemanyag alapanyagakénti termelési is (Cassman et al. 2003).

A kukoricatermelés eredményessége jelentősen megnőtt a hibrid vetőmagok használatával (Ignacio és Ciampitti 2014). Azonban az önmagában csak a genetikára alapozott termelés növekedése nem képes lépést tartani a túlnépesedéssel, továbbá az éghajlatváltozás negatív hatással lehet a mezőgazdasági termelésre és az élelmiszerbiztonságra. A száraz időszakok egyre gyakoribbá válása termés-csökkenéshez vezet (Ray et al. 2013).

Ezen kihívások miatt egyre fontosabbak az újszerű technológiák, valamint a növénytermesztésen belül azok a lehetőségek, amelyek eddig kihasználatlanul maradtak.

Az utóbbi időben megnőtt az érdeklődés a vetési technológiák és - gyakorlatok fejlesztése iránt, mivel a vetés az egyik legfontosabb - ha nem a legkritikusabb - művelet, amit a termelő a vegetációs időszakban végez.

A vetés a talajbarázda megnyitását jelenti, hogy a magokat a kívánt mélységbe helyezzük, majd a barázdát lezárjuk, hogy megfelelő mag-talaj kapcsolatot biztosítsunk a csírázáshoz (Morrison és Gerik 1989). Ha a vetést azonban így is végezzük és az adott területre az optimális tőszám vetése is történik, a kikelt állomány sokszor heterogén, nem azonos időben kel, és a kikelt növények tőtávolsága sem egységes. Ennek oka lehet a talajban található rossz magcsírázási feltételek, vetőmagminőségi problémák, vagy épp a vetőgép műszaki konstrukciójának hatása (Knappenberger és Koller 2011). A vetési hibák a kukorica teljes vegetációs időszakára kihatnak, és ez legtöbb esetben negatív hatás (Hunter és Erickson 1952).

Sokszor egy táblán belül nem azonos a talajszerkezet. A homogén kelés létrehozásához változó talajszerkezetekben az ahhoz igazodó leszorítóerő fenntartásával lehetséges (Virk et al. 2021). A kívánt mélységnél sekélyebbre vagy mélyebbre elvetett magok kelési problémákat mutatnak, és befolyásolhatják a teljes terméshozamot (Thomison et al. 2012). A nem egységes vetési mélység gyakran a nem megfelelő leszorítóerő alkalmazása miatti történik, ami egyenetlen és késleltetett keléshez és termés kieséshez vezethet (Hanna et al. 2010). A vetési heterogenitás jelentősen befolyásolja a kukorica növénymagasságát, levélfelületi indexét, a szárazanyag-felhalmozódást és a szemtermést (Raghavan et al. 1978, Liu et al. 2004, Lawles et al. 2012).

A kelési problémák felderítésére a korai állományszámlálást alkalmazzák. Ennek a vizsgálatnak hagyományos módszere azon alapul, hogy egy adott táblán belül több helyen manuálisan megszámlálják a kikelt növények számát kelési naponként (Nielsen 2015).

Anyag és módszer

A kísérlet helyszíne és alap elrendezése

A kísérletet Magyarország keleti régiójában Nádudvaron (47°25'49.3"N 21°12'33.5"E) végeztük. Itt négy különböző talajművelési rendszert állítottunk be 2016 őszén, melyeket azóta is folyamatosan alkalmazunk egymás mellett. Az első területrészen hagyományos ('traditional') forgatásra alapuló talajművelési rendszert használunk („A” jelölés), ahol az alapművelő gép eke (Rabe Cormoran), a szántási mélység 30 cm, a felszínen nincs visszamaradó szármaradvány. A második területrészen („B” jelölés) forgatás nélküli redukált talajművelési rendszer ('reduced'). Itt az alapművelő eszközök kis meredekségi szögű késsel szerelt közép mélylazító gépek (Gaspardo Artiglio), melyek keverő hatással rendelkeznek. Ennél az alapművelésnél teljes felületen művelünk, a lazítási mélység szempontjából 30 cm mélyművelést alakítunk ki, és jellemző rá a felszínen visszamaradó maximálisan 15%-nyi szármaradvány mennyiség. A harmadik területrészen („C” jelölés) a talajvédő ('protect') művelési rendszert alkalmazzuk, mely esetében egyeneskéses talajlazítókkal dolgozunk (Orthman Digger), teljes felületet lazítunk maximálisan 30 cm mélyen. Ezután az alapművelési technológia után 30% feletti szármaradvány borítottság marad. A negyedik területrészen („D” jelölés) pedig a biológiai ('biological') talajművelési rendszert használjuk, melynek alapművelési eljárása sávos művelés (Orthman ST6). Ekkor a teljes felület 40%-át műveljük meg 30 cm szélesen és 28 cm mélyen, a felszínen maradó szármaradvány mennyiség pedig meghaladja a 30%-ot. Ezen alapművelések ősszel történnek, majd tavasszal egy elmunkálás/magágykészítési munkálat után történtek a vetések (1. ábra).

A kukorica termesztése 2020 tavaszán repce elővetemény után történt, 2021 tavaszán pedig kukorica elővetemény után. Mindkét szezomban Fornád (FAO 420) kukorica hibrid vetése történt.

1. ábra. A kísérleti helyszín elrendezése (Nádudvar)



Figure 1. Design of the experiment site (Nádudvar)

A vetés során alkalmazott vetőgépet három különböző rendszerű vetőkocsi terhelő rendszerrel szereltük fel. Az első beállítás húzórugós mechanikus rendszer volt. Ez a megoldás azonos terhelő erő kifejtésére alkalmas, a terhelő erő változtatása csak körülményes és időigényes átszereléssel lehetséges. A második beállítás nyomórugós rendszer volt. Itt a vetőkocsi terhelésváltoztatás egy állítókar segítségével történik akkor, ha a gépkezelő ezt szükségesnek érzi. Ez egy nem mért adatokra támaszkodó változtatás, és igényli a gépüzemeltető munkáját és idejét az állítások megtételéhez. A harmadik beállítás során a vetőgépre egy precíziós vetőkocsi-beállító rendszert építettünk. Ebben az esetben mérőszensor került a vetőcsoroszlyák melletti mélységghatároló kerék állító mechanizmusába, mely minden vetőkocsi esetében külön-külön méri a talajjal történő érintkezést. Érzékelési szempontból lehet - optimális a kapcsolat, ha a mélységghatároló kerekek folyamatosan követik a talajt és egyenletes a talajra kifejtett nyomásérték; - túlzott a talajterhelés, ha a talajra kifejtett nyomás túlzó; - alacsony a terhelés, ha mélységghatároló kerék és a talaj kapcsolata nem megfelelő és a nyomásérték alacsony, ingadozó. A mérőrendszeren túl vezérlő- és beavatkozó szerkezetet is beépítettünk, mely során minden vetősorra egy hidraulikus munkahenger segítségével lehet a mért állapotnak, tehát a talaj minőségnek megfelelő különböző terhelőerőt alkalmazni (2. ábra).

2. ábra. A beépített különböző vetőkocsi terhelő rendszerek
(mechanikus húzó rugó, mechanikus nyomó rugó, hidraulikus vezérelt)

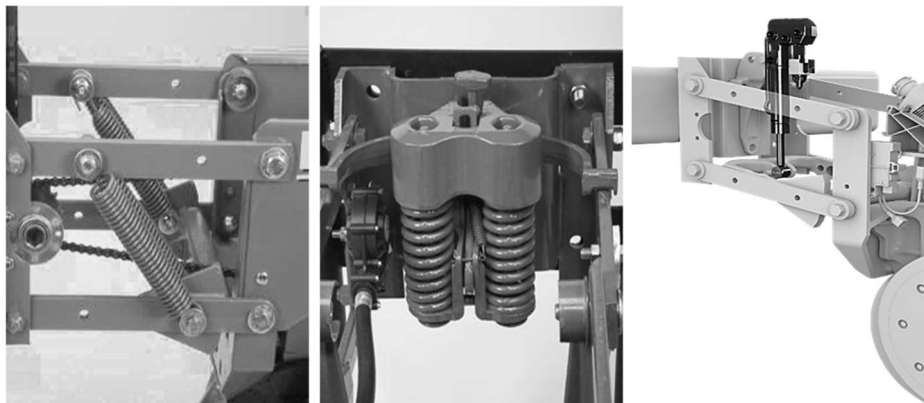


Figure 2. The different loading systems (mechanical tension spring, mechanical compression spring, hydraulically controlled)

Mérési módszerek

A vetés mindkét szezomban mind a négy különböző talajművelési rendszerbe vont parcellán azonos vetéstechnológiai rendszerekkel történt. Két különböző mechanikus terhelési megoldású vetőszerkezettel, valamint precíziós automatikus állítású rendszerrel. Mindkét szezomban a vetés után az első kelések megjelenésekor kelésfelvételezést végeztünk. A kijelölt minta területeken a kikelt egyedeket megjelöltük úgy, hogy a kikelt növény mellé színezett pálcát szúrtunk a talajba. Ezen mérés után 24 óra elteltével megismételtük a felvételezést, ekkor más színnel jelöltünk. Ezt a mérési sorozatot 6 napon keresztül folytattuk.

A megjelölt növényeken képződött termést a színjelölésnek megfelelően elkülönítve egyenként begyűjtöttük. Ez a tenyészedőszak végén a biológiai érést követően október első részében történt. A mintákat beszállítottuk laboratóriumba, ahol megtörtént minden cső elkülönített fizikai hossz-, tömeg- és átmérőmérése. Ezek után lemorzoltuk a csöveket, majd az egy csövön képződött termésparaméterek mennyiségi és minőségi vizsgálatát végeztük el.

A mért adatok feldolgozása és statisztikai értékelése Microsoft Excel 365 programmal, valamint SPSS for Windows szoftverekkel történt. A szignifikáns

differencia meghatározásához varianciaanalízist alkalmaztunk. A valószínűségi szint a mezőgazdasági gyakorlatban alkalmazott $P=0,05$ volt.

Eredmények

Az időjárási viszonyok elemzése alapján a két évjáratban végzett vizsgálatok helyszínén eltéréseket tapasztaltunk. A különbözőségeket a levegő és a talaj hőmérsékletének ($^{\circ}\text{C}$), a levegő relatív páratartalmának (%), a szélsebességnek (m/s), a globálsugárzásnak (W/m^2) és a csapadékmennyiségnek (mm) a napi értékei igazolták, amelyeket a telepített automata meteorológiai állomás mért és rögzített.

Az egyik legfontosabb tényező a csapadék. A mért értékeket két részre bontottuk. A termesztési szezon előtti időszakra (3. ábra) és a tenyészidőszakban lehullott mennyiségre (4. ábra).

3. ábra. A csapadékmennyiségek eloszlása a tenyészidőszakokat megelőzően (2019, 2020, 2021, Nádudvar)

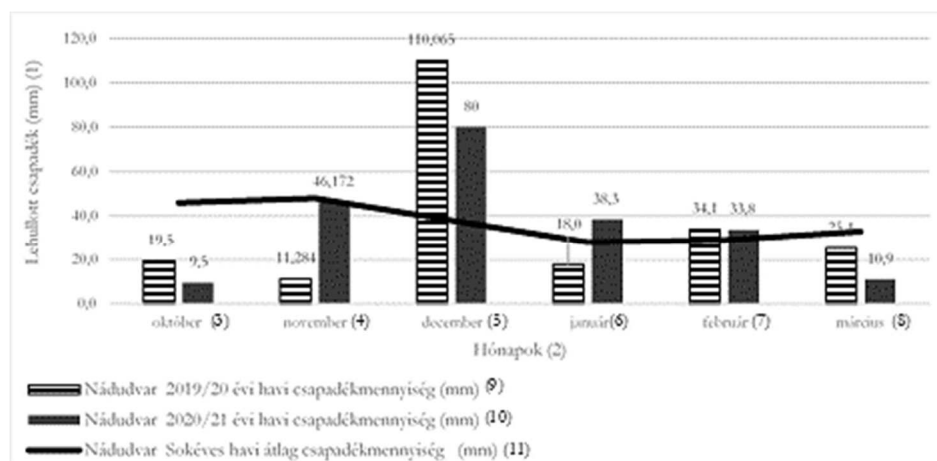


Figure 3. Distribution of rainfall before the growing seasons (2019, 2020, 2021, Nádudvar). (1) Rainfall (mm), (2) Months, (3) October, (4) November, (5) December, (6) January, (7) February, (8) March, (9) Nádudvar, monthly amount of precipitation for 2019/2020 (mm), (10) Nádudvar, monthly amount of precipitation for 2020/2021 (mm), (11) Nádudvar, multi-year amount of precipitation (mm)

A tenyészidőszak előtt lehullott átlagos sokéves csapadékmennyiség 222 mm volt. A 2019/20-as szezonban 218 mm csapadékmennyiség hullott a 2020/21-es szezonban pedig úgyszintén 218 mm. Azonban láthatóak anomáliák a csapadék eloszlását illetően. Az október mindkét évjáratban az átlagosnál kevesebb, míg decemberben az átlagosnál nagyobb csapadékmennyiséget mértünk.

4. ábra. A csapadékmennyiségek eloszlása a tenyészidőszakban (2020–2021, Nádudvar)

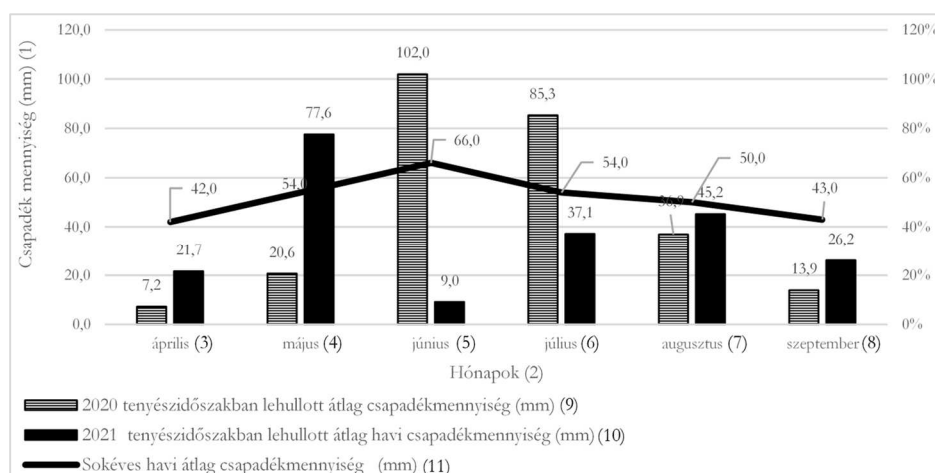


Figure 4. Distribution of rainfall before the growing seasons (2020-2021, Nádudvar). (1) Rainfall (mm), (2) Months, (3) October, (4) November, (5) December, (6) January, (7) February, (8) March, (9) Nádudvar, monthly amount of precipitation for the growing season of 2019/2020 (mm), (10) Nádudvar, monthly amount of precipitation for the growing season of 2020/2021 (mm), (11) Nádudvar, multi-year amount of precipitation (mm)

A tenyészidőszakban lehullott csapadékmennyiségből látható, hogy a két termesztési szezon teljesen eltérő volt. Míg a 30 éves átlag a kísérlet helyszínén 309 mm, addig a 2020-as termesztési szezonban 265 mm és a 2021-es termesztési szezonban 216 mm volt. Nem csak az szembetűnő, hogy átlag alatti csapadékmennyiségek hullottak le, hanem a csapadékeloszlás is különböző volt. 2020-ban szárazabb periódusban zajlott a kukorica vetése és korai fejlődése.

2021-ben a korai időszakban volt inkább kedvezőbb a csapadékellátás, majd a tenyészidőszak későbbi részén elmaradt a csapadék mennyisége a sok éves átlagtól. Különösen a június volt extrém száraz, a sok éves átlag 66 mm és csak 9 mm hullott.

Kiemelkedő gyakorlati jelentősége a bázishőmérsékletnek van. Ez az a minimum hőmérséklet, amely felett a kukorica növény fejlődik, növekszik, illetve amely alatt a növény fejlődési sebessége nullának tekinthető (Narwal et al. 1986, Gregory 1997). A csírázásra vonatkozó vizsgálatoknál a bázishőmérsékletre 8–10 °C (Alessi és Power 1979, Reed et al. 2019). Növekvő hőmérséklet mellett a kukorica egyre gyorsabban csírázik, leggyorsabban az optimális 31–35 °C-os tartományban. Ezekből az értékekből kalkulált hasznos hőösszeg esetében látható, hogy a 2020-as tenyészidőszak inkább melegebb volt a korai fejlődési periódusban, a 2021-es pedig hűvösebb volt a tenyészidőszak első részében, majd melegebb lett későbbiekben (5. ábra).

5. ábra. Hasznos hőösszegek a tenyészidő során
(2020–2021, Nádudvar)

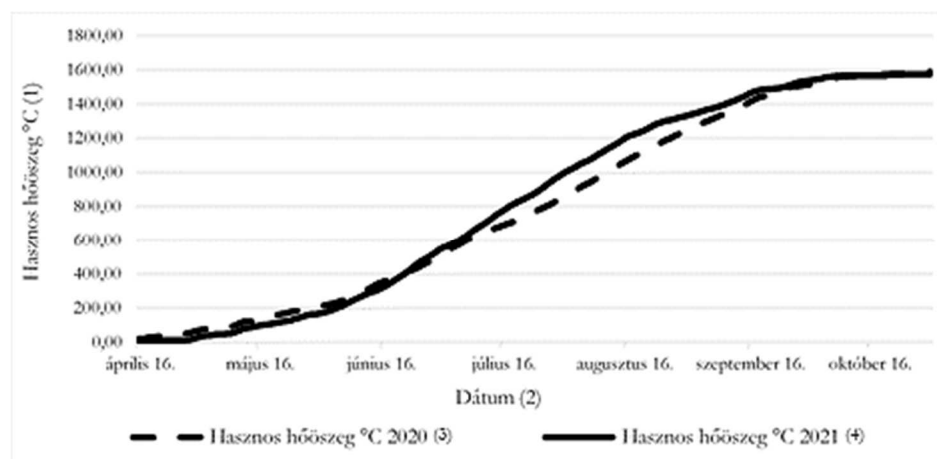


Figure 5. Heat units during the growing season (2020–2021, Nádudvar). (1) Heat units °C, (2) Date, (3) Heat units °C, 2020, (4) Heat units °C, 2021

A mért adatokból látható, hogy a 2020-as és a 2021-es évben eltérő klimatikus viszonyok voltak a tenyészidőszakokban.

A képződött termések mérési módszerei hasonlóak voltak a két évjáratban így ezeket együtt ábrázoljuk a következőkben. A 6. ábrán a négy különböző talajművelési rendszer átlagában mutatjuk be az egyes kelési napokhoz tartozó egyedi potenciálokat.

6. ábra. Kukorica cső súly a kelési idő függvényében két évjáratban (2020–2021, Nádudvar)

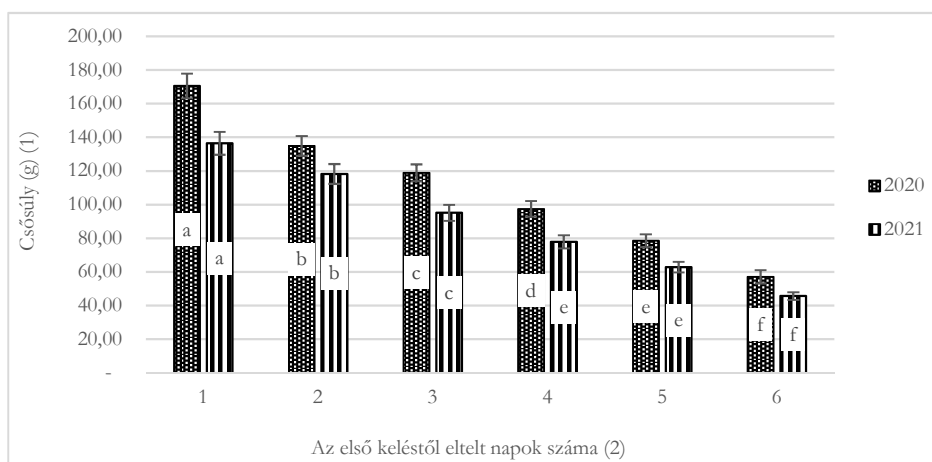


Figure 6. Maize ear weight as a function of emergence time in two crop years (2020–2021, Nádudvar). (1) Ear weight (g), (2) Number of days since the first emergence

A statisztikai elemzés az egyes éveken belül történt mérések eredményeit hasonlítja egymáshoz (az azonos betűvel jelölt átlagok $p=5\%$ -os valószínűségi szinten nem különböznek egymástól). A kapott eredmények alapján szignifikáns különbséget tapasztaltunk mindkét évjáratban a csősúlyok között.

A vizsgált minták vonatkozásában a csőátmérőket is mértük. Ennek eredményeit a 7. ábrán mutatjuk be. Ebben a vizsgált paraméterben kevésbé szoros összefüggést találtunk. A csapadékosabb 2020-as tenyészidőszakban az első kelési napon kelt egyedek termései szignifikánsan nagyobb átmérővel rendelkeztek, mint az azt követő három nap kukoricacsövei. Ezekről viszont mind az 5. mind a 6. napon kelt egyedek kukoricacsövei szignifikánsan kisebbek voltak. A szárazabb 2021-es évjáratban az első két kelési nap, majd a második két kelési nap, majd a harmadik két kelési nap kukorica csőátmérők tértek el egymástól statisztikailag igazolható módon.

7. ábra. Kukorica csőátmérő a kelési dinamika függvényében két évjáratban (2020–2021, Nádudvar)

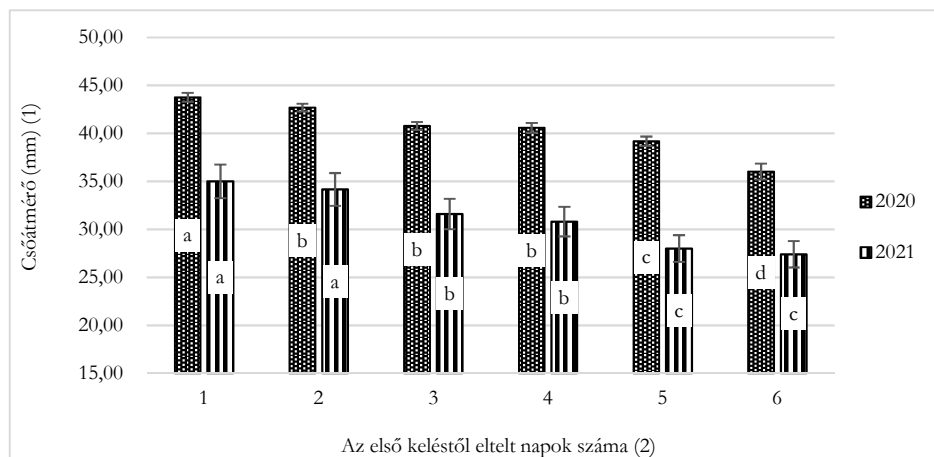


Figure 7. Maize ear diameter as a function of emergence dynamics in two crop years (2020–2021, Nádudvar). (1) Ear diameter (g), (2) Number of days since the first emergence

A kukorica termésképző elemeinek még hasonló fontos paramétere a csőhossz. Ennek mérési eredményeit a 8. ábrán mutatjuk be. Az eredményekből látható, hogy a 2020-as évjáratban az összes kelési naphoz tartozó termés ebben a kritériumban szignifikánsan különbözik egymástól. Látható, hogy a minél később kelő egyedek a korábbiakhoz képest egyértelműen rövidebb csöveket neveltek azonos körülmények között. A 2021-es évjáratban az első és a második napon kelt egyedek csőhosszai szignifikánsan nagyobbak, mint a 3. 4. és 5. napon kelt egyedeké. A 6. napon kelt növények csövei statisztikailag is a legrövidebbek.

A valódi termelési cél a kukorica szemtermése. Ennek a paraméternek a mérési eredményeit a 9. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy mindkét évjáratban eltérő termésszint mellett a szemtermések szignifikánsan különböztek a kelési napok függvényében.

8. ábra. Kukorica csőhossz a kelési dinamika függvényében két évjáratban (2020–2021, Nádudvar)

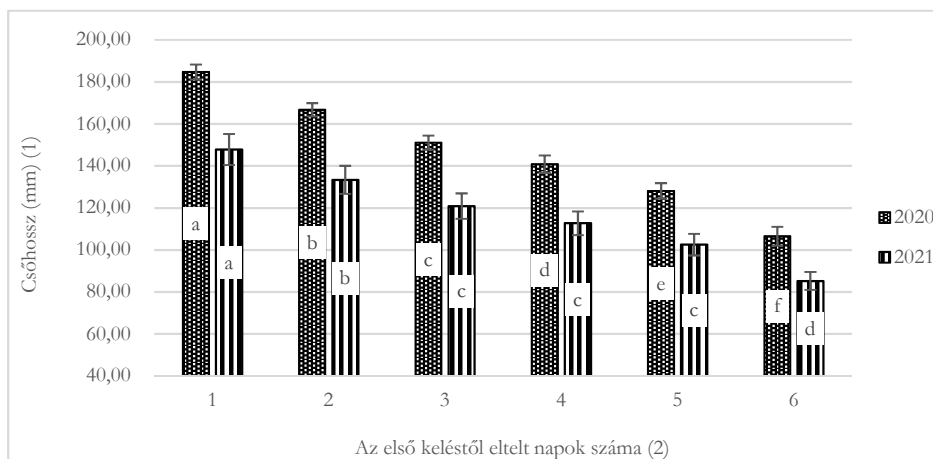


Figure 8. Maize ear length as a function of emergence dynamics in two crop years (2020–2021, Nádudvar). (1) Ear length (mm), (2) Number of days since the first emergence

9. ábra. Kukoricacső szemtömeg a kelési dinamika függvényében két évjáratban (2020–2021, Nádudvar)

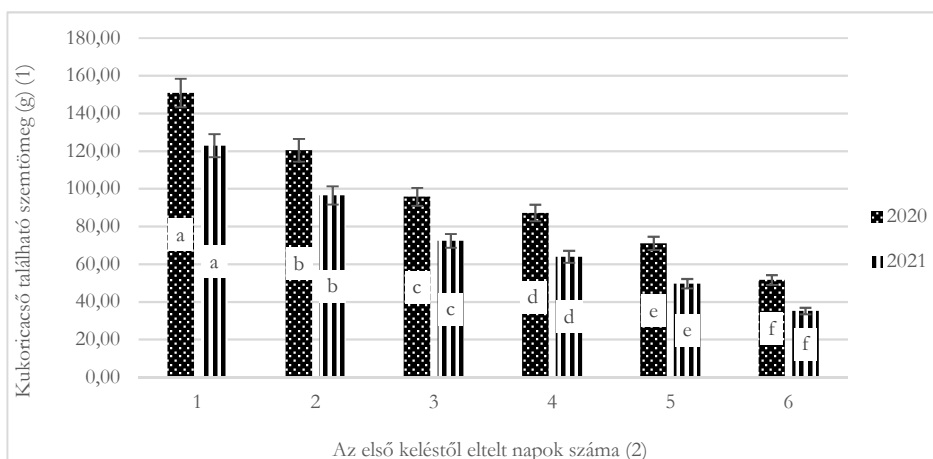


Figure 9. Grain weight of maize cobs as a function of ear dynamics in two crop years (2020–2021, Nádudvar). (1) Grain mass in the ear (g), (2) Number of days since the first emergence

Ha az előző eredményt az elérhető terméspotenciál szemszögéből elemezzük, akkor a 10. ábrának megfelelő összefüggést kapunk. Az első kelési napon kikelt növények hozták a legnagyobb potenciált mindkét évjáratban. Azután minél később kelt ki egy növény az elsőhöz képest, annál kevesebb terméssel lehetett számolni. A két évjárat eltérő trenddel rendelkezik. A szárazabb évjáratban nagyobb mértékű a terméseszkökenés.

10. ábra. Kukorica terméspotenciál a kelési dinamika függvényében két évjáratban (2020–2021, Nádudvar)

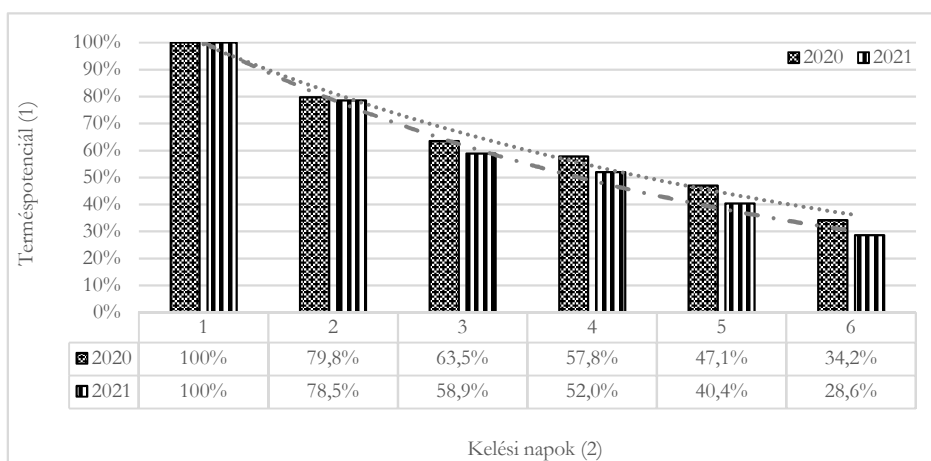


Figure 10. Maize yield potential as a function of emergence dynamics in two crop years (2020–2021, Nádudvar). (1) Yield potential, (2) Days of emergence

Az egyedeti termést az ezerszem tömeg alapján a 11. ábrán mutatjuk be. Az összefüggésből látható, hogy az első két kelési nap esetében volt szignifikánsan eltérő ezerszem tömeg. Majd kevésbé szoros az összefüggés a későbbi napok esetében.

Az egyedi termést az egy csövön található szemek száma alapján a 12. ábrán mutatjuk be. Ez a paraméter mind két évjárat esetén szoros összefüggést mutatott a kelési napok számával. A különböző napon kelt növények statisztikailag eltérő mennyiségű szemszámmal rendelkeztek. A kelési napok számának növekedésével egyre kevesebb szem fejlődött a kukoricacsöveken.

11. ábra. Kukoricacső ezermag tömege a kelési dinamika függvényében két évjáratban (2020–2021, Nádudvar)

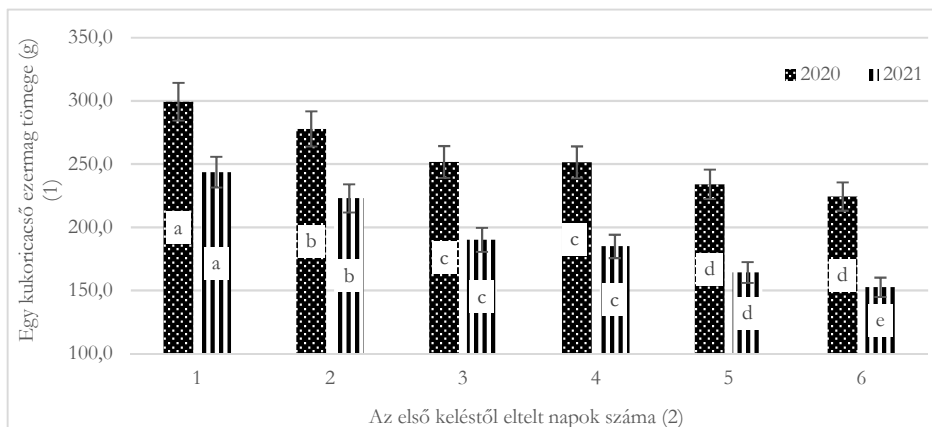


Figure 11. Maize ear kernel weight as a function of the emergence dynamics in two crop years (2020–2021, Nádudvar). (1) Thousand grain weight of one maize ear (g), (2) Number of days since the first emergence

12. ábra. Kukoricacső szemszáma a kelési dinamika függvényében két évjáratban (2020–2021, Nádudvar)

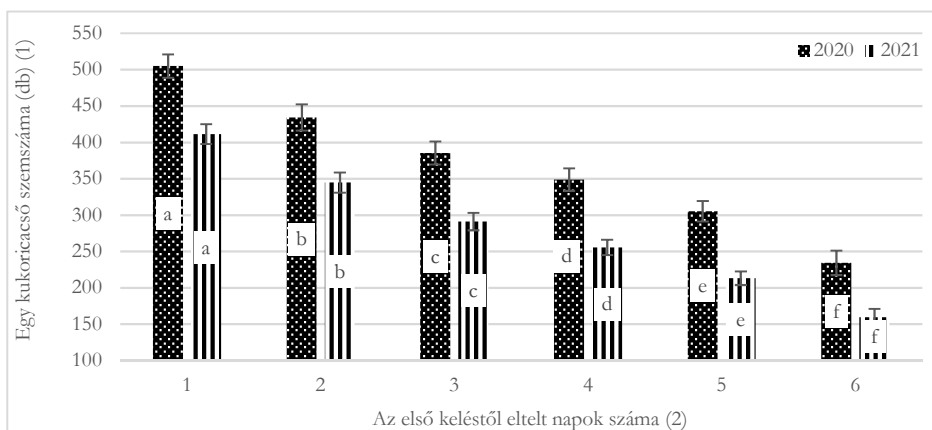


Figure 12. Grain number of maize ears as a function of emergence dynamics in two crop years (2020–2021, Nádudvar). (1) Grain number of one ear (g), (2) Number of days since the first emergence

Következtetések

A vizsgált két évjárat esetében a kukorica termését meghatározó két fontos környezeti feltétel eltért egymástól. Az évjáratok különböztek a lehullott csapadék és a hőösszegek tekintetében. Ennek megfelelően a két vizsgált periódusban eltérő terméspotenciálok és ennek megfelelően eltérő egyedei produktumok fejlődtek a vizsgált növényeken. A vizsgált növények esetében látható volt, hogy hatással van a kelési idő az egyes növények egyedi produktumára. Ez a hatás a 2021-es évjáratban – amikor kevesebb víz és hő állt rendelkezésre – nagyobb mértékű volt, mint a 2020-as tenyészidőszakban. Szignifikánsan csökkenő összefüggést tapasztaltunk a csőhossz és a szemszám tekintetében a kelési napok számával. Minél később kelt egy növény az elsőhöz képest, annál kisebb értéket produkált az említett paraméterekből. A csóátmérő esetében már nem volt ilyen erős az összefüggés.

Az egyedi szemtermés vizsgálata esetében az egy csőről származó szemek tömege és az egy csövön képződött szemek száma statisztikailag igazolható módon összefüggött a kelési napok számával. Az első kelési naphoz képest minél később kelt egy növény, egyre kevesebb tömegű termést és egyre kevesebb szemet fejlesztett.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Kooperatív Doktori Program KDP-2020 támogatta.

IRODALOM

- Alessi, J.–Power J. F.*: 1979. Corn Emergence in Relation to Soil Temperature and Seeding Depth. *Agronomy Journal*. 63. 5: 717–719.
- Cassman, K. G.–Dobermann, A.–Walters, D. T.–Yang, H. S.*: 2003. Yang meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 28: 315–358.
- Hanna, H. M.–Steward, B. L.–Aldinger, L.*: 2010. Soil loading effects of planter depth-gauge wheels on early corn growth. *Applied Engineering in Agriculture*. 26. 4: 551–556.
- Hunter, J. R.–Erickson, A. E.*: 1952. Relation of seed germination to soil moisture tension. *Agronomy Journal*. 44. 1: 340–361.
- Ignacio, A.–Ciampitti, T. J.*: 2014. Understanding Global and Historical Nutrient Use Efficiencies for Closing Maize Yield Gaps. 106. 6: 2107–2117.

- Knappenberger, T.-Koller, K.*: 2011. Spatial assessment of the correlation of seeding depth with emergence and yield of corn. *Precision Agriculture*. 13. 2: 163–180.
- Lawles, K.-Raun, W.-Desta, K.-Freeman, K.*: 2012. Effect of delayed emergence on corn grain yields. *Journal of Plant Nutrition*. 35. 3: 480–496.
- Liu, W.-Tollenaar, M.-Stewart, G.-Deen, W.*: 2004. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. *Agronomy Journal*. 96. 6: 1668–1672.
- Morrison, J. E.-Gerik, T. J.*: 1983. Wide beds with conservation tillage. *Journal of Soil and Water Conservation*. 38. 3: 231–232.
- Narwal, S. S.-Poonia, S.-Singh, G.-Malik, D. S.*: 1986. Influence of sowing dates on the growing degree days and phenology of winter maize. *Agricultural and Forest Meteorology*. 38. 1–3: 47–57.
- Nielsen, R. L.*: 2015. Requirements for uniform germination and emergence of corn. Agronomy Department. Purdue University. 5: 47907–52054.
- Raghavan, G. S. V.-McKyes, E.-Gendron, G.-Borlum, B.-Le, H. H.*: 1978. Effects of soil compaction on development and yield of corn (maize). *Canadian Journal of Plant Science*. 58. 2: 435–443.
- Ray, D. K.-Mueller, N. D.-West, P. C.-Foley, J. A.*: 2013. Crop yield trends are insufficient to double global food production by 2050. *PLoS ONE*. 8: e66428.
- Read, D. B.-Gregory, P. J.*: 1997. Surface tension and viscosity of axenic maize and lupin root mucilages. *The New Phytologist*. 137. 4: 623–628.
- Reed, H. K.-Heather, D. K.-Curran, W. S.-Tooker, J. F.-Duiker, S. W.*: 2019. Planting Green Effects on Corn and Soybean Production. *Agronomy Journal*. 111. 5: 2314–2325.
- Thomison, P.-Jeschke, M.-Butzen, S.*: 2012. Planting depth effects on corn stand and grain yield. https://www.pioneer.com/us/agronomy/planting_depth_effects_corn_stand.html
- Tilman, D.-Balzer, C.-Hill, J. B.*: 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108: 20260–20264.
- Virk, S. S.-Porter, W. M.-Li, C.*: 2011. On-farm evaluation of planter downforce in varying soil textures within grower fields. *Precision Agric.* 22: 777–799.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Sojnóczki István – Dr. Nagy János – Kecskés István
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4302
*sojni@kite.hu

Eltérő FAO-számú kukorica hibridek (*Zea mays* L.) minőségelemzése öntözött termesztésben

ZELENÁK ANNABELLA – NAGY JÁNOS – SZÉLES ADRIENN

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A Debreceni Egyetem Látképi Szántóföldi Kísérleti Telepén vizsgáltunk három eltérő tenyészidejű, FAO-számú (350, 450 és 550) kukorica hibridet. A meglehetősen aszályos 2022. évjáratban a csapadékhiányt öntözéssel pótoltuk.

A kukorica hibridek terméseredményét értékelve megállapítottuk, hogy a nagyobb FAO számú hibridek több termést produkáltak. A FAO 350 hibrid terméseredményéhez viszonyítva (14,241 t/ha) a FAO 450 hibrid 12%-kal, a FAO 550 hibrid 13,3%-kal szignifikánsan többet termelt.

A szemnedvesség értékeket elemezve hasonló összefüggést mutattunk ki, a magasabb terméshez magasabb szemnedvesség tartozott. Megállapítottuk, hogy a FAO 350 hibrid szemnedvességéhez képest (15,1%) a FAO 450 hibrid 7%-kal, a FAO 550 hibrid 29%-kal szignifikánsan magasabb értékeket mutatott.

A kukoricaszemek minőségvizsgálata alapján megállapítottuk, hogy a fehérjetartalom – szemben a terméseredményekkel és a szemnedvesség értékekkel – a FAO számok növekedésével megbízhatóan alacsonyabb volt. A FAO 350 hibrid fehérjetartalmához képest (7,27%) a FAO 450 hibrid 14%-kal, a FAO 550 hibrid 18%-kal kevesebb értéket ért el. Az olajtartalom nem különbözött megbízhatóan az eltérő FAO számú hibridek esetében (3,82; 3,54 és 3,14%) A keményítőtartalom a nagyobb FAO szám hibrideknél 2-3%-kal magasabb volt, de a különbség nem szignifikáns.

Kulcsszavak: kukorica hibridek, FAO szám, fehérje, olajtartalom, öntözés

Quality analysis of different FAO number maize hybrids (*Zea mays* L.) in irrigated production

A. ZELENÁK – J. NAGY – A. SZÉLES

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

Summary

Three maize hybrids of different ripening periods and FAO numbers (350, 450 and 550) were examined at the Látókép Experiment Site of the University of Debrecen. The precipitation deficit was compensated by irrigation in the extremely drought year of 2022.

When evaluating the yield of the maize hybrids, it was found that the hybrids with higher FAO number produced more yield. Compared to the yield of the FAO 350 hybrid (14.241 t ha⁻¹), the FAO 450 hybrid yielded 12% more and the FAO 550 hybrid 13.3% more significantly.

When grain moisture values were analysed, a similar correlation was found, with higher grain moisture associated with higher yields. It was found that, compared to the grain moisture of the FAO 350 hybrid (15.1%), the FAO 450 hybrid showed significantly higher values by 7% and the FAO 550 hybrid by 29%.

Based on the quality analysis of maize grain, it was found that the protein content, in contrast to yield and grain moisture values, was reliably lower as the FAO numbers increased. Compared to the protein content of the FAO 350 hybrid (7.27%), the FAO 450 hybrid achieved 14% and the FAO 550 hybrid 18% lower values. Oil content did not differ significantly between hybrids with different FAO numbers (3.82; 3.54 and 3.14%). Starch content was 2–3% higher in the higher FAO hybrids, but the difference was not significant.

Keywords: maize hybrids, FAO number, protein, oil content, irrigation

Bevezetés

A globális kukoricatermelés megugrott az elmúlt néhány évtizedben, amit a növekvő kereslet, valamint a technológiai fejlődés, a termésnövekedés és a területbővítés kombinációja hajtott. A kukorica már most is a vezető gabonafélék közé tartozik a termelési mennyiséget tekintve, és a következő évtizedben a legszélesebb körben termesztett és legkeresettebb növény lesz (Erenstein et al. 2022). A kukorica korai érése rendkívül fontos tényező a terméshez, a szemnedvesség és a növényesűrűség közötti összefüggés kapcsán, amely hozzájárul a költséghatékony kukoricatermesztéshez (Babic et al. 2022). A betakarításkori szemnedvesség csökkentése egyre fontosabb céllá válik, különösen a mérsékelt övi kukorica nemesítésében (Li et al. 2021). A betakarításkori szemnedvességet leginkább az éréskori szemnedvesség és a szántóföldön való száradási arány határozza meg. Előbbit főként genetikai tényezők szabályozzák (De-Jager et al. 2004, Wang et al. 2019), míg a szemek száradási sebességét elsősorban a környezeti tényezők, a hőmérséklet és relatív páratartalom befolyásolja (Martinez-Feria et al. 2019). Az időjárási feltételeket hazánkban a kontinentális és gyakran szélsőséges viszonyok jellemzik. Különösen megfigyelhető ez a lehulló csapadék mennyiségében és annak eloszlásában, de szélsőséges viszonyok tapasztalhatók a hőmérsékleti értékek alakulásában (Gombos és Nagy 2019). Nyéki et al. (2022) kutatási eredményei azt bizonyították, hogy Magyarországon a szántóföldi és a szántóföldön belüli eltérő terméshozamok a talaj kémiai és fizikai tényezőinek, illetve az időjárási viszonyok pozitív és negatív hatásainak köszönhetők. Az időjárási viszonyok (hőmérséklet és sugárzás) változása a virágzástól az érésig jelentősen befolyásolja a kukorica növény növekedési ütemét, befolyásolja a virágzás utáni szárazanyag-beépülést és a szemtermést (Zhou et al. 2016). Széles et al. (2019a) hároméves kísérleti eredményeik átlagában a varianciaanalízis eredménye szerint a fehérje- és olajtartalomra mindhárom fő tényező (vetésidő, genotípus, évjárat) szignifikáns ($P < 0,001$) hatással volt. A nagyon korai (FAO 290, $P < 0,05$) és korai (FAO 350, $P < 0,05$) érésű hibrideknél a szemek fehérjetartalmát az időjárás befolyásolta, míg nem volt kimutatható ilyen különbség a középérésű (FAO 420) hibridek esetében. Széles et al. (2019b) kutatásaikban bizonyítást nyert, hogy a műtrágyakezelések növelik a fehérjetartalmat, a fehérjetartalom azonban magasabb volt a jobb vízellátottságú évben, mint a száraz évben. Fejér et al. (2022) megállapították, hogy az egymással negatívan korreláló keményítő- és fehérjetartalmat jelentősen befolyásolják a műtrágyaadagok. Kutatásukban a

műtrágyázási kezelések tekintetében a legmagasabb (64,42%) kukoricakeményítő-tartalmat a kontroll kezelésnél, míg a legalacsonyabb keményítőtartalmat a 160 kg N/ha kezelésnél mérték (62,62%).

Anyag és módszer

A vizsgálatot a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén végeztük 2022-ben. A kísérleti telep területe a termőtalajt tekintve talajgenetikailag mészlepedékes csernozjom típusba sorolható.

A 2022-es aszályos évben rendkívüli mértékben szerepet játszott az előző év aszályossága. Az igen száraz 2021-es tenyészidőszakot követő téli félévben is kevés csapadék hullott Debrecen térségében. A Látóképi Kísérleti Telepen hat hónap alatt lehullott 144 mm csapadék 70 mm-rel kevesebb a sokévi átlagnál. Az időszak kissé hidegebb, de napfényben lényegesen gazdagabb volt a szokásosnál (1. táblázat).

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

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

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

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

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

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

A talaj hőmérséklete néhány nap kivételével több fokkal meghaladta a léghőmérsékletet, az áprilisi időszakban átlagosan 2,1 °C, májusban 4,1 °C volt a hőmérsékleti többlet. Ez kedvező, mert hatleveles állapotig a kukorica tenyészőcsúcsa a talajfelszín alatt található, tehát a fejlődési sebességet közvetlenül a talaj hőmérséklete határozza meg, a léghőmérséklet hatása közvetve érvényesül.

A teljes nyári időszak igen meleg és rendkívül száraz volt. A dekádonkénti adatok (1. ábra) mutatják, hogy a száraz periódus már május elején elkezdődött és csak augusztus végén ért véget. Az átlagosnál lényegesen melegebb időszak június elejétől szeptember első dekádjáig tartott, a hőmérséklet csupán átmenetileg július közepén mérséklődött kissé. A havi középhőmérsékletek mindhárom nyári hónapban egységesen 2–3 °C-kal haladták meg az átlagot. A napsütéses órák száma is magas volt, általában kevés felhő jellemezte az időjárást. Nyári teljes csapadékösszeg mindössze 56 mm, ami még a 2021-es 72 mm-es igen alacsony értéktől is elmarad, és csupán egy alkalommal volt ennél kisebb nyári csapadékösszeg 1951 óta (1962-ben 55 mm). Mindössze két alkalommal hullott 10 mm feletti napi csapadék (június 4.: 11,5 mm, július 31.: 12 mm), de ezek a levegő magas hőmérséklet miatt nem tudtak érdemben hozzájárulni a kukorica vízellátásához. A napsütéses órák száma mindhárom hónapban meghaladta a sokévi átlagot, a napfényben leggazdagabb hónap a június volt (368 óra). A jellemző anticiklonális helyzet, a kevés felhő és száraz levegő miatt nagy volt a napi hőingadozás. Az éjszakai órákban általában 20 °C

alá hűlt a levegő, viszont igen magas (44) volt a hőség napok ($\text{max} \geq 30 \text{ } ^\circ\text{C}$) száma a nyári időszakban.

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

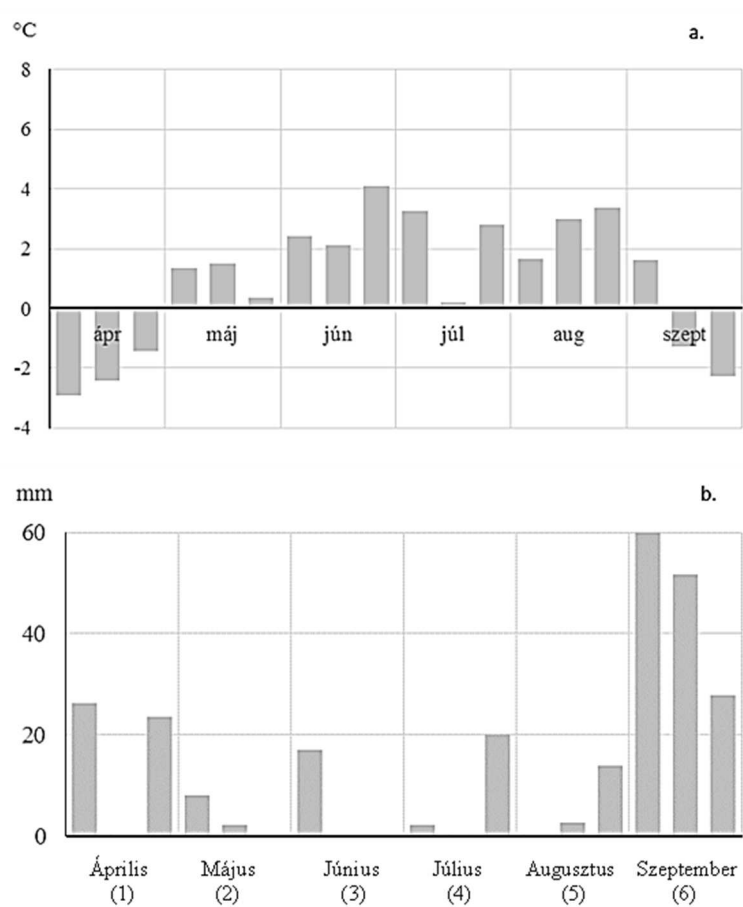


Figure 1. 10-day precipitation sums (b) and anomalies of the 10-day average air temperature values (a) in the growing season (Debrecen-Látókép, 2022). (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) September

A nyár folyamán rendkívül súlyos aszály alakult ki Debrecen térségében, illetve Magyarország jelentős részén. A talaj mélyebb rétegei nem tudtak feltöltődni vízzel a téli félévben, az induló vízkészlet a szokásosnál lényegesen kisebb volt. A tavasszal lehullott csapadék csak rövid ideig biztosította a kukorica megfelelő vízellátottságát, májusban már gyorsan csökkent a talaj nedvességtartalma. Nyár elejétől a talaj nedvességtartalma nagymértékben korlátozta a vízfelvételt, illetve a transzspirációt. Jól megfigyelhető volt a növények gyenge fejlődése mind a tömeggyarapodás, mind a magassági növekedés tekintetében. Ez – a mértéke miatt – már önmagában is terméscsökkenést eredményezett volna, annak ellenére, hogy a vegetatív fejlődés időszakában a kukorica még kis mértékben érzékeny a vízhiányra. Az időjárás jellege azonban később sem változott, a magas hőmérséklet mellett csapadék lényegében nem esett. A talaj nedvességtartalmának további csökkenése mellett légköri aszály is kialakult a napok nagy részében. Mindez a kritikus fenológiai fázisokban (virágzás, terméskötés) több helyen teljesen megakadályozta a termésképződést. A térség kiváló minőségű és vízgazdálkodású csernozjom talajain nagy területet érintően a kukorica nem hozott érdemleges termést.

Szeptemberben jelentős fordulat következett be az időjárásban. Igen nagy mennyiségű csapadék hullott. A havi 152 mm-es érték több mint háromszorosa volt a sokévi átlagnak, illetve meghaladta a 2022 január és augusztus közötti nyolc hónap teljes csapadékösszegét. Ez azonban már túl későn érkezett a kukoricának. A hónap eleje még meleg, de nagyobb része már hűvös volt. A többhetes esős, hűvös időben a kukorica termésének vízleadása vontatottan történt. A talaj nedvességi állapota is akadályozta a betakarítást, amire több helyen csak októberben kerülhetett sor.

Az igen meleg – a meghatározó időszakokban lényegében csapadékmentes – nyári időjárás, továbbá a talajok nagyon alacsony induló vízkészlete együttesen súlyos aszályt eredményezett. A 2022-es aszály rendkívüliségét leginkább az bizonyítja, hogy a nagyüzemi kukoricatermesztés kezdete óta nem volt az ideihez hasonló mértékű terméskiesés (*Gombos és Nagy 2023*).

A kísérlet talajelőkészítéskor az őszi hónapokban 24 kg N, 72 kg P₂O₅ és 72 kg K₂O, tavasszal 135 kg N, 35 kg CaO, 25 kg MgO lett kijuttatva hektáronként. A vetés április 26-án történt 84 000 darab hektáronkénti tőszámmal. A csepegtető csöves berendezéssel történő öntözés 2022. 05. 27.-

től 08. 11-ig tartott, összesen 28 alkalommal, 456,8 mm kijuttatott vízmennyiséggel. Két alkalommal Megasol tápoldatot juttattunk ki - 5,25 kg N, 7,5 kg P₂O₅, 60k g K₂O mennyiségben. A fiziológiai érettség - amely a hibridek esetében augusztus 24. és szeptember 8. között volt megfigyelhető - időszakát követően a betakarítást 2022. 10. 10-én végeztük el. A terméseredményeket egységesen 14%-os nedvességtartalomra átszámoltuk, majd a kukoricaszemek beltartalmi értékeinek pontos meghatározásához a Perten laboratóriumi mérőműszert használtuk.

Eredmények

Kutatásunkban megvizsgáltuk a három FAO csoport (350, 450 és 550) terméseredményeit (t/ha) és a hozzá tartozó betakarításkori szemnedvességtartalmát (%) (2. ábra).

2. ábra. A kukorica hibridek termésmennyisége és betakarításkori szemnedvesség tartalma (Debrecen-Látókép, 2022)

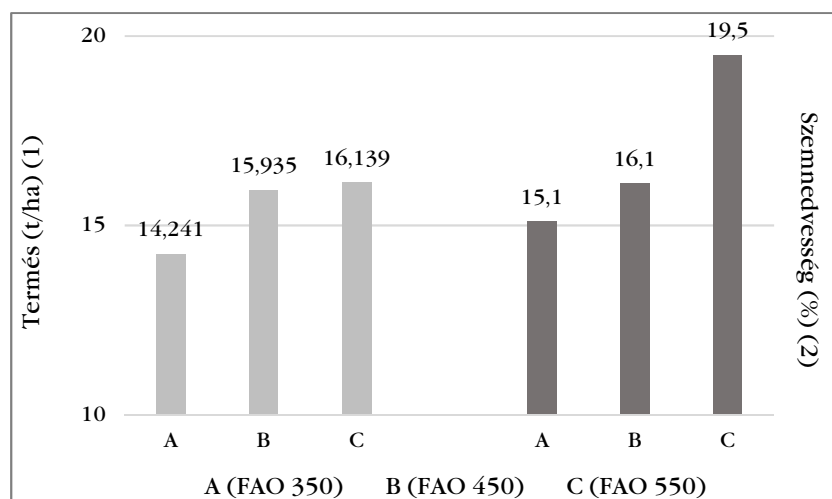


Figure 2. Yield and grain moisture content of maize hybrids at harvest (Debrecen-Látókép, 2022), (1) Yield, (2) Grain moisture,

A terméseredmények a FAO értékekkel párhuzamosan növekedtek, a legnagyobb termést a FAO 550 csoportnál mértük, több mint 16 tonnás hektáronkénti átlaggal. A betakarításkori szemnedvességtartalom a termésmennyiség emelkedésével megegyezően alakult. A magasabb termés magasabb szemnedvességgel társult.

A legmagasabb fehérjetartalmat (7,27%) és legmagasabb olajtartalmat (3,82%) is a kisebb FAO számú hibridek esetében mértük (3. ábra 3. ábra). A legalacsonyabb mért értékeket a FAO 550 csoportnál kaptuk (5,95% fehérje, 3,14% olaj).

3. ábra. A kukorica hibridek fehérje- és olajtartalma
(Debrecen-Látókép, 2022)

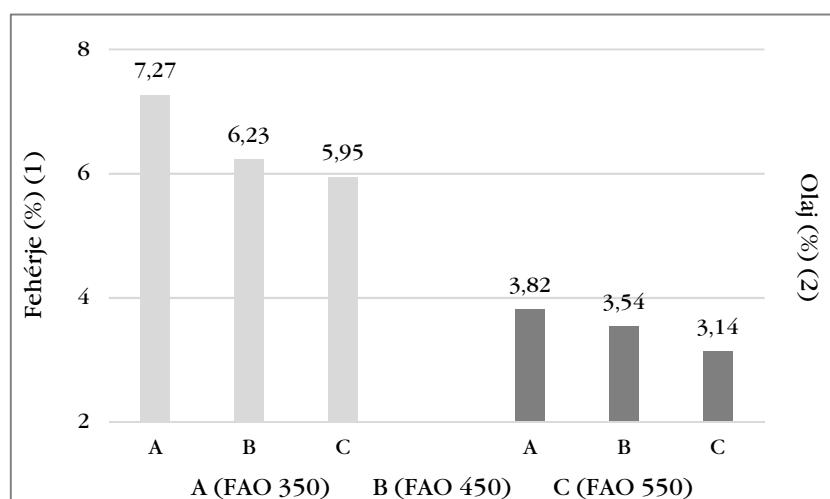


Figure 3. Protein and oil content of maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2022), (1) Protein, (2) Oil

A keményítőtartalom a FAO szám növekedésével megegyezően emelkedett. A legalacsonyabb értéket a FAO 350 tenyésztéjű hibrideknél mértük (72,1%), a legmagasabb értéket a FAO 550 tenyésztéjű hibrideknél (74,4%) (4. ábra).

4. ábra. A kukorica hibridek keményítőtartalma
(Debrecen-Látókép, 2022)

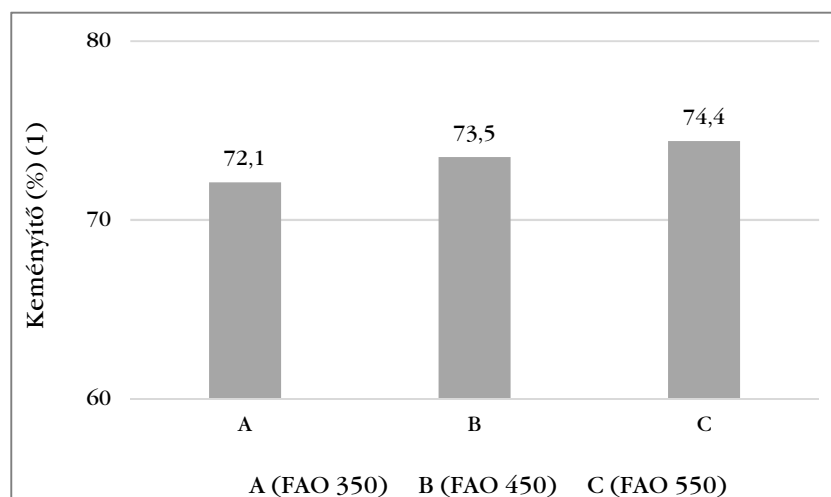


Figure 4. Starch content of maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2022). (1) Starch

Következtetések

A kedvezőtlen időjárási viszonyok következtében kialakuló termés kiesést öntözéssel kiküszöbölhetjük. A kukorica hibridek terméseredményét értékelve megállapítottuk, hogy a nagyobb FAO számú hibridek többet teremtek. A szemnedvesség értékeket elemezve hasonló összefüggést mutattunk ki, a magasabb terméshez magasabb szemnedvesség tartozott. A kukoricaszemek minőségvizsgálata alapján megállapítottuk, hogy a fehérjetartalom – szemben a terméseredményekkel és a szemnedvesség értékekkel – a FAO számok növekedésével megbízhatóan alacsonyabb volt.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- Babic, V.-Stanisavljevic, D.-Zoric, M.-Mikic, S.-Mitrovic, B.-Andjelkovic, V.-Kravic, N.:* 2022. Identification of New Sources for Earliness and Low Grain Moisture at Harvest through Maize Landraces' Test-Cross Performance. *Agronomy*. 12: 1939.
- De-Jager, B.-Roux, C. Z.-Kühn, H. C.:* 2004. An evaluation of two collections of south african maize (*Zea mays* L.) germplasm: 2. the genetic basis of dry-down rate. *S. Afr. J. Plant Soil*. 21: 120-122.
- Erenstein, O.-Jaleta, M.-Sonder, K.-Mottaleb K.-Prasanna, B. M.:* 2022. Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Sec*. 14: 1295-1319.
- Fejér, P.-Széles, A.-Horváth, É.-Rátonyi, T.-Ragán, P.:* 2022. Effects of some agronomic practices on the quality of starch content of maize grains. *Agron. Res*. 20. 1: 124-133.
- Gombos B.-Nagy J.:* 2019. Az időjárás értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletek eredményei alapján. *Növénytermelés*. 68. 2: 5-24.
- Gombos B.-Nagy J.:* 2023. A 2022-es rendkívüli aszály agrometeorológiai jellemzői Debrecen-Látóképen. *Növénytermelés*. 72. 1: 5-18.
- Li, W.-Yu, Y.-Wang, L.-Luo, Y.-Peng, Y.-Xu, Y.-Liu, X.-Wu, S.-Jian, L.-Xu, J.-Xiao, Y.-Yan, J.:* 2021. The genetic architecture of the dynamic changes in grain moisture in maize. *Plant Biotechnol. J*. 19: 1195-1205.
- Martinez-Feria, R. A.-Licht, M. A.-Ordóñez, R. A.-Hatfield, J. L.-Coulter, J. A.-Archontoulis, S. V.:* 2019. Evaluating maize and soybean grain dry-down in the field with predictive algorithms and genotype-by-environment analysis. *Sci. Rep*. 2019. 9: 7167.
- Nyéki, A.-Daróczy, B.-Kerepesi, C.-Neményi, M.-Kovács, A. J.:* 2022. Spatial Variability of Soil Properties and Its Effect on Maize Yields within Field - A Case Study in Hungary. *Agronomy*. 12. 2: 395.
- Széles, A.-Fejér, P.-Harsányi, E.-Huzsvai, L.:* 2019a. Evaluation of Changes Caused by Genotypes and Weather on the Protein and Oil Content of Maize Grains in the Continental Climate of Centreal European Hungary. *Journal of Agriculture Food and Development*. 5: 22-32.
- Széles, A.-Nagy, J.-Rátonyi, T.-Harsányi, E.:* 2019b. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. *Maydica*. 64. 2: 14.
- Wang, X.-Wang, X.-Xu, C.-Tan, W.-Wang, P.-Meng, Q.:* 2019. Decreased kernel moisture in medium-maturing maize hybrids with high yield for mechanized grain harvest. *Crop Sci*. 59: 2794-2805.

Zhou, B.-Yue, Y.-Sun, X.-Wang, X.-Wang, Z.-Ma, W.-Zhao, M.: 2016. Maize Grain Yield and Dry Matter Production Responses to Variations in Weather Conditions. *Agronomy Journal*. 108: 196-204.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

*Zelenák Annabella - Dr. Nagy János - Dr. Kakuszi-Széles Adrienn
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*zelenak@agr.unideb.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

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

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

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

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

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

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

ISSN 0546-8191
Növényterm 72 (2023) 4
Printed in Hungary



NAGY JÁNOS főszerkesztő

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