

A kukorica (*Zea mays L.*) paramétereinek értékelése a fenofázisokban – a hőösszegek függvényében – öntözéses termesztésben

KALINA HELLA - NAGY JÁNOS

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Magyarországon a kukorica az egyik legnagyobb területen termesztett kultúrnövény, vetésterülete stabil, 0,8-1 millió hektár. Ennek oka a növény rendkívüli terméshozama, amely lehetővé teszi, hogy egységnyi területen jelentős mennyiségű értéket állítsunk elő. A hazai termelés elsősorban takarmányozási célt szolgál – különösen a baromfi- és sertéságazatban, valamint kérődző állatok etetésére. Felhasználása nemcsak élelmiszer formájában vagy takarmánynövényként történik, hanem olaj, bioetanol és energia-előállításában is egyre nagyobb szerepet kap. A kukorica beltartalmi értékei – fehérje-, keményítő- és olajtartalom – meghatározó szerepet játszanak az ipari, a takarmány és az élelmiszeripari felhasználásában. A kukorica tápanyag-ellátása elengedhetetlen a növényfejlődés biztosításához. A megfelelő tápanyag-pótlás igen fontos a fenntartható gazdálkodás és a magas terméshozamok biztosításához. Az alkalmazott tápanyag-adagokat úgy kell a növény igényeihez igazítani, hogy a hibridek jól tolerálják az évjáráthatások okozta stresszt, és a termésbiztonság fenntartható maradjon.

A vízhiány az egyik legkomolyabb abiotikus stressz, amely negatívan befolyásolja a növények növekedését, fejlődését és terméshozamát. Az extrém időjárási viszonyok csökkentik a terméshozamot és veszélyeztetik a termelés stabilitását. A kukorica beltartalmi értékei, minősége és ipari felhasználása szorosan összefügg a genetikai, ökológiai és agrotechnikai tényezőkkel. A megfelelő hibrid kiválasztásával és az ehhez alkalmazkodó termesztéstechnológia alkalmazásával a beltartalmi mutatók a különböző célokhoz illeszthetők. A 2024-es évre vonatkozó agrotechnikai vizsgálatok

során elemeztük a fő termés meghatározó tényezőket, az egyes agrotechnikai elemek, illetve fenofázisok vonatkozásában értékeltük az időjárást is. A kutatás elsősorban a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén folyó meteorológiai mérések adatain alapulnak. A 2023/24-es téli félévben 6 hónap alatt 283 mm csapadék hullott, ami 69 mm-rel meghaladja a sokéves átlagot. Júniusban a szélsőségektől mentes, kiegyenlített, de a sokévi átlagnál magasabb hőmérsékletű időjárás volt. Az átlagnak megfelelő mennyiségű csapadék (66 mm), a talaj mélyebb rétegeiben lévő talajnedvességgel együtt jó vízellátottságot biztosított.

Mind a júliusi, mind az augusztusi középhőmérséklet rekord közelében alakult (24,2 °C). Az augusztusi rendkívüli meleg (a hónap közepe, vége) elsősorban az érési fázis lerövidülésében nyilvánult meg. A júliusi 29 mm-nyi csapadék nem érte el a sokévi átlag felét és az ezt követő augusztus hónap is száraz volt (33 mm). A nyári teljes csapadékösszeg 128 mm volt. Szeptember elején folytatódott az évszakhoz képest rendkívül meleg idő, az első dekád közel 7 °C-os pozitív anomáliát mutatott. A kukorica fiziológiai érettsége és gyors vízleadása, száradása lehetővé tette a korai betakarítást. A 2024-es évet a kukoricatermesztés szempontjából határozott kettősség jellemezte.

Szántóföldi kukorica tartamkísérleteink lehetővé tették a teljes tenyészidőszak alatt a növények fenofázisainak felvételezését (Hanway-skála). Új eredménynek számít, hogy elemzéseink szerint – különösen a generatív szakaszban – pontosabb adatokat kaptunk a hasznos hőösszeg (HU) számításokat figyelembe véve. A keléstől a nővirágzásig 60 nap telt el 545 HU hőösszeg felhasználásával. A nővirágzástól a viaszérésig (R4) 32 napra és 422 HU-ra volt szükség. Megállapítottuk, hogy a nővirágzástól a fiziológiai érésig a genotípusra jellemzően, 815 HU-ra volt szükség. A H470-es kukorica hibrid termőképessége öntözéssel termesztésben kiváló (20,76 t/ha). A hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája kiemelkedő. Hetente mértük a szárazanyag-gyarapodást. A fiziológiai érés fenofázisban (2024. augusztus 30.) 1360 HU felhasználásával a szárazanyag-tartalom 77,1% volt. A szárazanyag-tartalom mérések lehetővé tették a kiváló termőképességű kukorica hibrid vízleadási dinamikájának értékelését. A méréseket, elemzéseket hétnaponta végeztük. A vízleadás mértéke az első héten 5,5%, a második héten 5,8%, a harmadik héten 4,6%, a negyedik héten 6,9% volt. A fiziológiai éréskor a szemnedvesség kedvező értéket mutatott (22,9%). A fiziológiai érést követően a 21 napos időszak alatt a napi vízleadás 0,23% volt.

Kulcsszavak: kukorica, szárazanyag-beépülés, vízleadási dinamika, fenofázisok

Evaluation of maize (*Zea mays L.*) parameters in different phenophases as a function of heat sums in irrigated production

H. KALINA - 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

In Hungary, maize is one of the most widely grown crops, with a stable area of 0.8–1 million hectares. The reason for this is the exceptional yield of the crop, which allows a significant amount of value to be produced per unit area. Domestic production is mainly used for animal feed, particularly in the poultry and pig sectors, and for feeding ruminants. Its use is not only as food or fodder crops, but is also increasingly important for the production of oil, bioethanol and energy. The intrinsic values of maize – protein, starch and oil – are crucial for its use in industry, feed and food. The nutrient supply of maize is essential to ensure plant development. Adequate nutrient supply is essential to ensure sustainable farming and high yields. The nutrient rates applied must be adapted to the needs of the crop so that the hybrids tolerate stress caused by seasonal effects well and yield security is maintained.

Water deficit is one of the most serious abiotic stresses that negatively affect plant growth, development and yield. Extreme weather conditions reduce yields and threaten stable production. The content, quality and industrial use of maize are closely linked to genetic, ecological and agrotechnical factors. By selecting the appropriate hybrid and applying the appropriate cultivation technology, yield indicators can be adapted to different purposes. In the agrotechnical studies for 2024, the main yield determinants were analysed, and weather was evaluated for each agrotechnical element and phenophase. The research is mainly based on meteorological measurements at the Látókép Experimental Station of the University of Debrecen. In the winter period 2023/24, 283 mm of precipitation fell in 6 months, 69 mm above the long-term average. In June, the weather was free of extremes, with evenly distributed temperatures, but above the multi-year average. The above average

rainfall (66 mm), combined with soil moisture in the deeper layers of the soil, ensured a good water supply.

The average temperatures in both July and August were close to record highs (24.2 °C). The exceptional warmth in August (mid to late August) was mainly due to the shortening of the ripening phase. The 29 mm of precipitation in July was less than half the multi-year average and the following month of August was also dry (33 mm). The summer total was 128 mm. In early September, the unseasonably warm weather continued, with the first decade showing a positive anomaly of nearly 7 °C. The physiological maturity of the maize and its rapid drainage and drying allowed early harvesting. The year 2024 was marked by a marked dichotomy in terms of maize production.

Our field maize experiments allowed us to record the phenophases of the plants throughout the growing season (Hanway scale). As a new result, our analyses showed that, especially in the generative phase, more accurate data were obtained when taking into account the useful heat sum (HU) calculations. From emergence to silking, 60 days passed using 545 HU of heat sum. From silking to waxy maturation (R4) 32 days and 422 HU were needed. It was found that from silking to physiological maturation, typical of the genotype, 815 HU were required. The yield of maize hybrid H470 under irrigation is excellent (20.76 t/ha). The dry matter incorporation dynamics of the hybrid is outstanding. Dry matter gain was measured weekly. At the physiological maturation phenophase (30 August 2024), using 1360 HU, the dry matter content was 77.1%. The dry matter measurements allowed the evaluation of the water loss dynamics of a maize hybrid with excellent yield potential. Measurements and analyses were performed every seven days. The water loss rate was 5.5% in the first week, 5.8% in the second week, 4.6% in the third week and 6.9% in the fourth week. At physiological maturation, grain moisture showed a favourable value (22.9%). After physiological maturation, the daily water loss was 0.23% during the 21-day period.

Keywords: maize, dry matter incorporation, water release dynamics, phenophases

Bevezetés

A gazdasági és társadalmi jelentőségén kívül, a kukorica kulturális, szimbolikus és mitológiai háttérrel is rendelkezik. A közép- és dél-amerikai civilizációk, különösen az aztékok mitológiájában a kukorica szent

növényként jelenik meg (Jolánkai *et al.* 2023). Ez a szimbolika nemcsak a növény tiszteletét hangsúlyozza, hanem az ökológiai egyensúly és a környezeti fenntarthatóság fontosságára is rámutat. A kukorica eredete és vadon élő formája még mindig nem teljesen ismert. Sok kutató szerint a kukorica az amerikai kontinens őshonos növénye, amelyet Kolumbusz Kristóf hozott Európába az 1490-es években (Bocz és Késmárki 1992). Az afrikai terjedés két fő útvonalat követett (Badu-Apraku és Fakorede 2017). A kukorica világszerte elterjedtté vált, és a világ második-harmadik legnagyobb termesztett növénye lett (Walne és Reddy 2022). A nevét (*Zea mays* L.) az indián 'mahiz' szóösszetételből alkották meg (Pepó és Sárvári 2011). A régészeti leletek szerint a kukorica Mexikó középső hegyvidékén körülbelül 9000 évvel ezelőtt fejlődhetett ki (Piperno *et al.* 2001). A genetikai vizsgálatok azt mutatják, hogy valószínűleg a teosinte (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) az egyetlen ismert őse (Benz 2001, Doebley *et al.* 2006). Ezt a megállapítást több genetikai tanulmány is alátámasztja (Matsuoka *et al.* 2002). Magyarországon a kukorica az egyik legnagyobb területen termesztett kultúrnövény, vetésterülete stabil, 0,8-1 millió hektár (Nagy 2010). Ennek oka a növény rendkívüli terméshozama, amely lehetővé teszi, hogy egységnyi területen jelentős mennyiségű értéket állítsunk elő (Herman Ottó Intézet 2022). A hazai termelés elsősorban takarmányozási célt szolgál – különösen a baromfi- és sertéságazatban, valamint a kérődző állatok etetésére. Felhasználása nemcsak élelmiszer formájában vagy takarmánynövényként történik, hanem olaj, bioetanol, és energia-előállításában is egyre nagyobb szerepet kap (Ványiné *et al.* 2010). A kukorica beltartalmi értékei – fehérje-, keményítő- és olajtartalom – meghatározó szerepet játszanak az ipari, takarmány és élelmiszeripari felhasználásában. A beltartalmi jellemzők alakulását számos tényező befolyásolja, így a genetikai háttér, az agrotechnikai tényezők és az ökológiai környezet (Nagy 2009). Kutatások igazolják, hogy a trágyázásnak 39%, a vetésváltásnak 28%, az öntözésnek 14%, a tőszámának 7% befolyásoló hatása van a termésmennyiség növekedése tekintetében (Pepó és Csajbók 2014). A tartamkísérletekben a vizsgált agrotechnikai elemek közül a kukorica fehérjetartalmára a trágyázás, elsősorban a nitrogén gyakorolta a legnagyobb hatást. A mikroelemek is nélkülözhetetlenek a növények növekedéséhez, de mennyiségileg sokkal kevesebb szükséges, mint az alapvető tápanyagokból, melyek a nitrogén, a

foszfor, a kén és a kálium (Bojtor *et al.* 2022). A növekvő trágyaadagok nagyobb fehérjetartalomra eredményeztek (Pepó és Nyandi 2024). Ugyanakkor a műtrágyák túlzott használata rontja a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait (Bojtor *et al.* 2021a). A kukorica tápanyag-ellátása elengedhetetlen a növényfejlődés biztosításához. A megfelelő tápanyag-pótlás igen fontos a fenntartható gazdálkodás és a magas terméshozamok biztosításához (Lajos 2021). A kukorica genetikai terméspotenciálja jelentősen nőtt a nemesítés eredményeként (Pepó 2022). Magyarországon a martonvásári hibridnemesítés nagy sikereket ért el. A kukorica nemesítés tudományos és gyakorlati eredményein kívül Martonvásár a természetben meghatározó agrotechnika területén is maradandót alkotott (Marton és Spitzkó 2013).

A kukorica hibridek sikeres termesztésének kulcsa a korszerű tápanyag-ellátási technológiák alkalmazása (Kovács 2013). A különböző nitrogén-műtrágyázási szintek jelentős hatást gyakorolnak a szemtermésre, a fehérje-, olaj- és nedvességtartalomra (Bojtor *et al.* 2021b). Az alkalmazott tápanyag-adagokat úgy kell a növény igényeihez igazítani, hogy a hibridek jól tolerálják az évjáráthasok okozta stresszt, és a termésbiztonság fenntartható maradjon (Lajos 2021).

A vízhiány az egyik legkomolyabb abiotikus stressz, amely negatívan befolyásolja a növények növekedését, fejlődését és terméshozamát (Abou-Elwafa *et al.* 2021). Az éghajlatváltozás egyre nagyobb kihívások elé állítja a kukoricatermesztést. Az extrém időjárási viszonyok, mint például az elhúzódozó aszályok és a heves esőzések, csökkentik a terméshozamot és veszélyeztetik a termelés stabilitását (Holló és Pekár 2021). A klímaváltozás növényekre gyakorolt hatásainak értékelésekor a kukorica a leginkább negatívan érintett növény (Tebaldi és Lobell 2018). A kukorica beltartalmi értékei, minősége és ipari felhasználása szorosan összefügg a genetikai, ökológiai és agrotechnikai tényezőkkel. A megfelelő hibrid kiválasztásával és az ehhez alkalmazkodó termesztéstechnológia alkalmazásával a beltartalmi mutatók a különböző célokhoz illeszthetők. A modern kukorica hibridek termésnövekedése folyamatosan javuló tendenciát mutat. Ez egyrészt függ a növény egyedi terméspotenciáljától, másrészt a növényállomány növekvő homogenitása következtében az egyes növények egységes magasságától is (Illés *et al.* 2021).

A Debreceni Egyetem látóképi 40 éves polifaktoriális szántóföldi kukorica tartamkísérlet eredményei szerint a termés mennyisége függ a tápanyag-ellátottságtól, a talajművelés módjától, a növény számtól, a genotípustól és az öntözéstől (Nagy 2012, 2021; Széles *et al.* 2019, 2023; Tamás *et al.* 2022). Összességében elmondható, hogy az agrotechnikai támogatás mértéke eltérő hatást válthat ki a kukorica élettani paramétereire, így a technológia tervezésénél ezt is figyelembe kell venni (Illés *et al.* 2021).

Anyag és módszer

A 2024-es évre vonatkozó agrotechnikai vizsgálatok során elemeztük a fő termés meghatározó tényezőket, az egyes agrotechnikai elemek, illetve fenofázisok vonatkozásában értékeltük az időjárást is. A kutatás elsősorban a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén folyó meteorológiai mérések adatain alapulnak.

Klimatikus viszonyok

A meteorológiai méréseink helyszíne a Debreceni Egyetem MÉK Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepe (N 47°33', E 21°27', 120 m Bf.), ami Debrecentől mintegy 10 km-rel nyugatra található. A terület éghajlati és talajadottságok tekintetében jól reprezentálja hazánk egyik legfontosabb kukorica termőterét, a Hajdúsági löszhátat. Az időjárás értékelését a szántóföldi kísérleti parcellák közelében működő automata meteorológiai állomás hőmérséklet és csapadék adatai alapján végeztük el. A sokévi átlagtól való eltérések vizsgálatához referenciaként a HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. Debrecen-Repülőtér állomásának 1981–2010-es klímaadatait szolgálták (*Net1*). Már rendelkezésre állnak az újabb, 1991–2020 közötti 30 év adatai is, azonban egyelőre maradtunk a korábbi éghajlati normálértékek használatánál. Így tudjuk biztosítani, hogy módszertani szempontból ne legyen eltérés a korábbi évek agrometeorológia elemzéseikhez képest (Gombos és Nagy 2022, 2023, 2024). A napsugárzási viszonyokat a napsütéses órák számával (globálsugárzásból számított adatok) mutattuk be, melyek a szervezet honlapján elérhetők (*Net2*). A talajhőmérséklet mérése 3 db HOBO UA-002 Pendant hőmérsékleti adatgyűjtővel történt. A mérőeszközöket 2024. április 10-én a legkorábbi

vetésű szántásos alpművelésű parcellában, pontosan a kukorica vetőágyába 5 cm mélységbe helyeztük el.

A korábbi vizsgálatainkkal megegyező módon a tenyészidőszakban elsődlegesen havi és dekád bontásban értékeltük a hőmérsékleti és csapadékviszonyokat, tekintettel a kukorica fenológiai fázisonként eltérő igényére, illetve érzékenységére (Gombos és Nagy 2024). Az értékelés teljesebbé tételéhez áttekintettük a havi napsugárzási adatokat, valamint a talajhőmérséklet április 10. és május 22. közötti napi értékeit is (reprezentálva a kelés-kezdeti fejlődés időszakát, amikor a talajhőmérséklet szerepe elsődleges).

A 2023/24-es téli félévben 6 hónap alatt 283 mm csapadék hullott, ez 69 mm-rel meghaladja a sokéves átlagot. A csapadék nagy része még december vége előtt lehullott, melynek következtében a talajok jelentős mértékben feltöltődtek vízzel, ami mindenképpen csökkentette a tenyészidőszak aszálykockázatát. Januártól alapvetően száraz, enyhe időjárás uralkodott. Extrém enyhe volt a február, a mérések kezdete óta messze a legmagasabb középhőmérséklettel (7,5 °C), melynél még a márciusi időjárás is hidegebb szokott lenni az évek többségében. A téli félév átlaga +2,3 °C-os anomáliát mutatott (1. táblázat). A 686 órás napfénytartam kevéssel átlag feletti, egyértelműen az időszak második fele volt a naposabb. A talajok felső rétegének kiszáradása már februárban elkezdődött. Az időjárás nem akadályozta a kora tavaszi talajelőkészítő munkák elvégzését (1. táblázat).

Az utóbbi évek (2021, 2022, 2023) hűvös áprilisi után, idén a tavasz középső hónapját kifejezetten enyhe/meleg időjárás jellemezte. Az áprilisi középhőmérséklet (13,6 °C) 2,4 °C-kal meghaladta a szokásosat. Április közepéig még igen enyhe időjárás uralkodott, aztán az átlagos közelébe esett vissza a hőmérséklet (2. ábra). Összesen 38 mm eső esett, ami elmarad a sokévi átlagtól, de a megfelelő eloszlása révén biztosította az elvetett kukorica kelését. A május meleg, száraz idővel indult, majd elsősorban a hónap utolsó dekádjában már jelentős mennyiségű csapadék hullott. Ez a hónap az átlagosnál kissé melegebb (17,5 °C) és csapadékosabb (76 mm) lett, mindemellett a szokásosnál nagyobb volt a napsütéses órák, azaz kedvezően alakult az időjárás a kukorica kezdeti fejlődési időszakában.

1. táblázat. A hőmérséklet, a csapadék (Debrecen-Látókép) és a napfénytartam (Debrecen, OMSZ) havi és féléves jellemzői 2024-ben

Időszak (1)	Középhőmérséklet (°C) (2)	Csapadék (mm) (3)	Napfénytartam (óra) (4)
Téli félév (X-III.) (5)	6,5 (+2,3)	283 (+69)	686 (+29)
Nyári félév (IV-IX.) (6)	19,9 (+2,4)	312 (-34)	1602 (+128)
Április (7)	13,6 (+2,4)	38 (-15)	233 (+25)
Május (8)	17,5 (+0,9)	76 (+12)	266 (+25)
Június (9)	21,2 (+1,9)	66 (0)	258 (-4)
Július (10)	24,2 (+2,9)	29 (-37)	330 (+51)
Augusztus (11)	24,2 (+3,4)	33 (-16)	321 (+39)
Szeptember (12)	18,4 (+2,2)	70 (+22)	194 (-8)

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, HMS) in 2024. (1) Period, (2) Mean temperature (°C), (3) Precipitation (mm), (4) Sunshine duration (hours), (5) Winter period, (6) Summer period, (7) April, (8) May, (9) June, (10) July, (11) August, (12) September, Note: in brackets the differences from the climatic normal values of 1981–2010.

A napi talajhőmérsékleti középérték szokatlan módon már április első felében tartósan elérte a 20 °C körüli értéket (a kukorica magágyában, 5 cm mélységben), még az április közepén kezdődött tartósabb lehűlés után is végig a kukorica bázishőmérséklete (10 °C) felett maradt, jellemzően 11–15 °C között (1. *ábra*). Április végétől 20 °C felé melegedett a talaj, amelyben már gyors a kelési folyamat. A levegő hőmérséklete minden nap a talajhőmérséklet alatt maradt, a talaj hőmérsékleti többlete egyértelmű ebben az időszakban.

Júniusban a szélsőségektől mentes, kiegyenlített, de a sokévi átlagnál magasabb hőmérsékletű időjárás volt (2. *ábra*). Nem alakult ki szélsőséges hőség. A 21,2 °C-os középhőmérséklet 1,9 °C-os pozitív anomáliát jelent. Az átlagnak megfelelő mennyiségű csapadék (66 mm), a talaj mélyebb rétegeiben lévő talajnedvességgel együtt jó vízellátottságot biztosított. A napfénytartam (258 óra) átlagosan alakult. A kukorica vegetatív fejlődése kedvező meteorológiai viszonyok mellett folytatódott ebben a hónapban.

1. ábra. A talajhőmérséklet (5 cm, szántásos alapművelés) és a léghőmérséklet (2 m) menete (Debrecen-Látókép, 2024. április 10.–2024. május 22.)

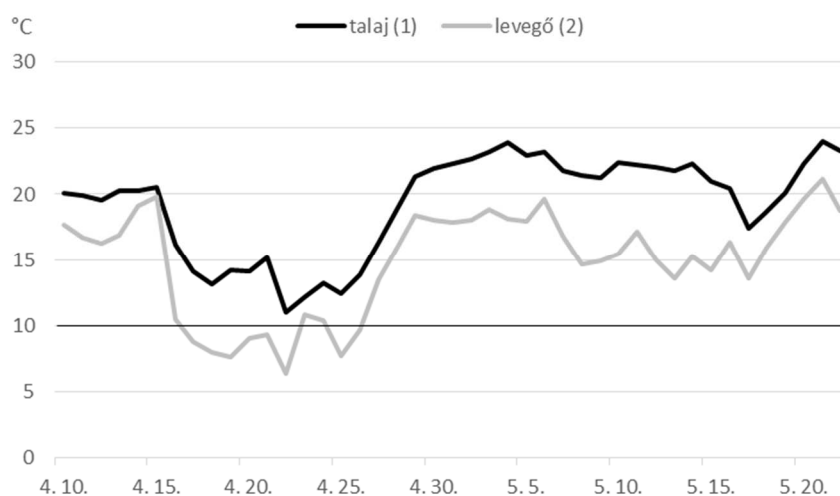


Figure 1. Daily average of soil temperature (at 5 cm depth), air temperature (2 m) and the difference of them (Debrecen-Látókép, 10 April to 22 May, 2024). (1) Soil, (2) Air

Mind a júliusi, mind az augusztusi középhőmérséklet rekord közelében alakult (24,2 °C). A kánikula egyik csúcspontja július közepén volt, ami több helyen egybeesett a kukorica hőstresszre legérzékenyebb, virágzás-terméskötés fenofázisával. A hónap középső dekádjában a hőmérsékleti maximum 6 napon haladta meg a 35 °C-ot, 16-án elérte a 38 °C-ot (ez volt a legmagasabb 2024-es érték).

Augusztusi rendkívüli meleg (a hónap közepe, vége) elsősorban az érési fázis lerövidülésében nyilvánult meg. A nyár utolsó két hónapjában általában kevés felhő jellemezte az időjárást, kifejezetten magas volt a napsütéses órák száma (július 330 óra, augusztus 321 óra). A júliusi 29 mm-nyi csapadék nem érte el a sokévi átlag felét, az augusztus is száraz volt (33 mm). Nyári teljes csapadékösszeg 128 mm, aminél lényegesen kisebb értékek is előfordultak az utóbbi években is (pl. 2021: 72 mm, 2022: 56 mm). A 2024-es tenyészév termésdepressziójáért elsősorban a nyári tartós, szélsőségesen meleg időjárás volt a felelős. Az átlagosnál kevesebb csapadékkal párosulva jelentős

talajaszály alakult ki. Valószínűsíthető, hogy a légköri aszály, illetve a magas léghőmérséklet károsító hatása is jelentős szerepet játszott a termésnövekedésben. Igen magas (51) volt a hőség napok ($\max \geq 30^\circ\text{C}$) száma a nyári időszakban.

2. ábra. A dekád középhőmérsékletek eltérése a sokévi átlagtól (a) és a csapadékösszegek (b) 2024 tenyészidőszakában (Debrecen-Látókép, 2024)

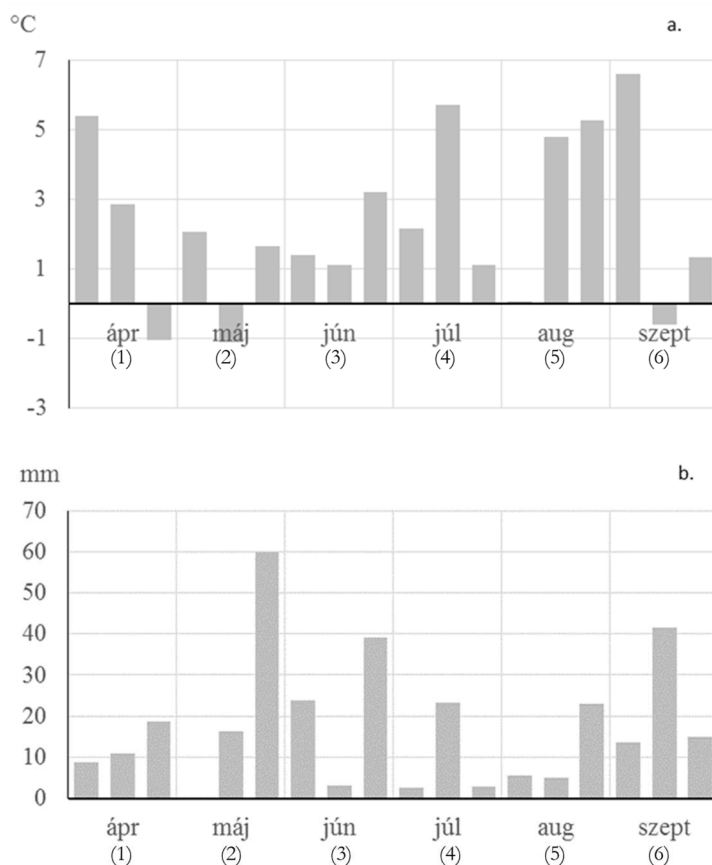


Figure 2. 10-day precipitation sums (b) and anomalies of the 10-day average air temperature values (a) in the growing season (Debrecen-Látókép, 2024). (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) September

Szeptember elején folytatódott az évszakhoz képest rendkívül meleg idő, az első dekád közel 7 °C-os pozitív anomáliát mutatott. A hónap közepén megérkezett a lehűlés, jelentős mennyiségű csapadékkal. A hónap hátralévő részében sem tért már vissza a száraz, meleg idő. A szeptember összességében az átlagosnál melegebb (18,4 °C) és csapadékosabb (70 mm) volt, a napfénytartam kevéssel a sokévi átlagos érték alatt alakult. A kukorica fiziológiai érettsége és gyors vízleadása, száradása lehetővé tette a korai betakarítást. A hónap közepén viszont az esős időjárás átmenetileg tartósabban is akadályozta az aratási munkákat.

A 2024-es évet a kukoricatermesztés szempontjából határozott kettősség jellemezte. Júniusig kifejezetten kedvezően alakult az időjárás a kukorica számára (*Gombos és Nagy 2024*).

Agrotechnikai jellemzők

Elővetemény betakarítás: 2023. 09. 28.

Talajelőkészítés-tápanyagutánpótlás: 2023. 10. 03.

Műtrágyaszórás 300 kg/ha, NPK 4-24-24: 2023. 10. 11.

Szántás: 2024.02.22.

Szántás lezárás + kombinátor: 2024. 04. 09.

Műtrágyázás + kombinátor: 500 kg/ha pétisó (39%; 27-7-5)

Vetés: 2024. 04. 11.

Kelés: 2024. 04. 21.-05. 03.

Gyomirtás: 2024. 05. 07.

Sorközművelés: 2024. 05. 13.

Öntözés

2024. 06. 17-től 08. 13-ig (14 alkalommal), a kijuttatott vízmennyiség összesen 254,86 mm volt.

Tápoldatozás

2024. 06. 20-án tápoldatozás, Megasol narancssárga (25 kg műtrágya) NPK 3-5-40 (8 kg N, 13 kg P₂O₅, 107 kg K₂O), 2024. 09. 26-án betakarítás.

Az öntözés dátumai	Víz mennyiség (mm)	Időtartam (perc)
2024. 06. 17.	11,34	65
2024. 06. 19.	11,34	65
2024. 06. 20.	8,72	50
2024. 06. 28.	20,95	120
2024. 07. 02.	20,95	120
2024. 07. 23.	20,95	120
2024. 07. 08.	20,95	120
2024. 07. 12.	20,95	120
2024. 07. 15.	20,85	120
2024. 07. 16.	13,96	80
2024. 07. 25.	20,95	120
2024. 07. 29.	20,95	120
2024. 08. 05.	20,95	120
2024. 08. 13.	20,95	120

Eredmények és következtetések

Szántóföldi tartamkísérleteink eredménye alapján a H470-es (FAO 470) kukorica hibrid magas, stabil felépítésű hibrid, mely széles körben elterjedt a közép-európai régióban, kiváló terméshozamot biztosít. Jól alkalmazkodik a különböző talajtípusokhoz és éghajlati viszonyokhoz, még a változó körülmények között is. A kukoricabetegségekkel szemben erős ellenálló képességű, stressztoleranciája magas. Átlagos növénymagassága 342 cm, a cső 148 cm-es magasságban ered a szárról. Tetszetős csöveket fejleszt, ezermag tömege 430 gramm. Szemminősége kiváló, ezért jól használható mind takarmányozási, mind ipari célokra. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, a szár átmérője átlagosan 23 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Biológiai érettségét augusztus 30-án érte el, amikor az átlagos csőhossza: 19 cm, átlagos cső átmérője 48 mm. Átlagos csősúly 258 g, átlagos szemsúly 230 g. Sorok száma: 13, 504 szem/cső. Terméseredménye: 20,76 t/ha. Betakarítás kori szemnedvesség-tartalma: 13,42% volt. Levélfelület indexe (LAI érték) átlagosan: 2024. 06. 13-án 4,21; 07. 02-án 5,75; 07. 30-án 5,33; 08. 15-én 4,61 volt. A H470 hibrid szemnedvesség- és beltartalmi értékei: olajtartalom 3,18%,

fehérjetartalom 6,67%, nedvességtartalom 13,42%, keményítőtartalom 63,10% a mérések átlaga alapján.

Szántóföldi kukorica tartamkísérleteink lehetővé tették a teljes tenyészidőszak alatt a növények fenofázisainak felvételezését (Hanway-skála). A kutatók széles körben használják a fenofázisok elemzéséhez a keléstől eltelt napok számát. Új eredménynek számít, hogy elemzéseink szerint – különösen a generatív szakaszban – pontosabb adatokat kaptunk a hasznos hőösszeg (HU) számításokat figyelembe véve (3. ábra).

3. ábra. A H470 kukorica hibrid fenofázisai (Hanway-skála)
(Látókép, 2024)

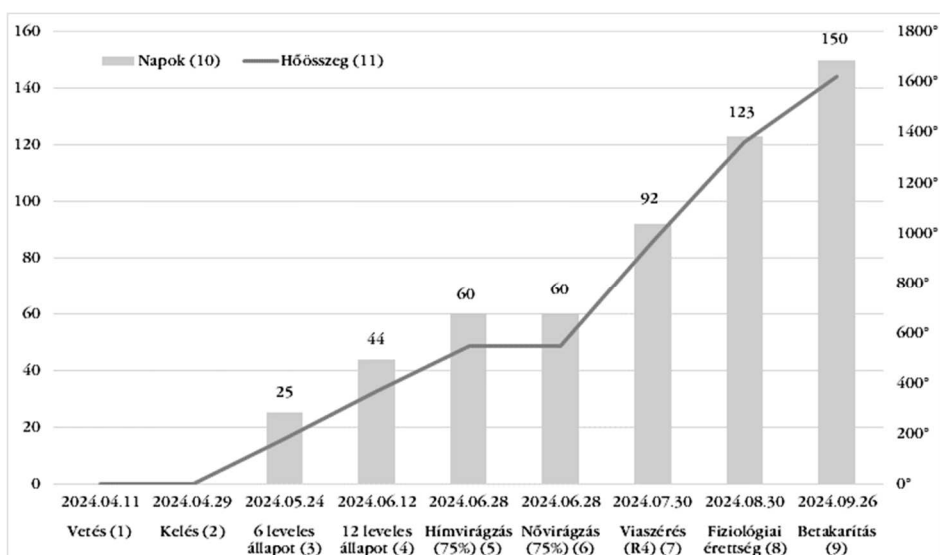


Figure 3. Phenophases of the maize hybrid H470 (Hanway scale) (Látókép, 2024). (1) Sowing, (2) Emergence, (3) 6-leaf stage, (4) 12-leaf stage, (5) Tasseling (75%), (6) Silking (75%), (7) Waxy maturation (R4), (8) Physiological maturation, (9) Harvesting, (10) Number of days, (11) Heat sum

A keléstől a nővirágzásig 60 nap telt el, 545 HU hőösszeg felhasználásával. A nővirágzástól a viaszérésig (R4) 32 napra és 422 HU-ra volt szükség. A legfontosabb összefüggéseket a viaszéréstől a fiziológiai érés kialakulásáig tartó fenológiai szakaszban állapítottuk meg. Megállapítottuk, hogy a nővirágzástól a fiziológiai érésig a genotípusra jellemzően, 815 HU-ra volt

szükség. Ez a fenológiai szakasz a terméseredmény szempontjából a legfontosabb, mert a szárazanyag beépülés intenzitása a hibrid fontos értékmérője. A genotípusok jellemzésére és a gyakorlati termesztés során a kukorica növényállományok fejlettségére az egyes fenofázisok kontrollálására alkalmas a keléstől eltelt napok számának a figyelembevétele, de szorosabb az összefüggés a generatív szakaszban a HU energia szükséglettel (4. ábra).

4. ábra. Hőösszegek és a keléstől eltelt napok száma a fenofázisokban a FAO 470-es kukorica hibridnél (Látókép, 2024)

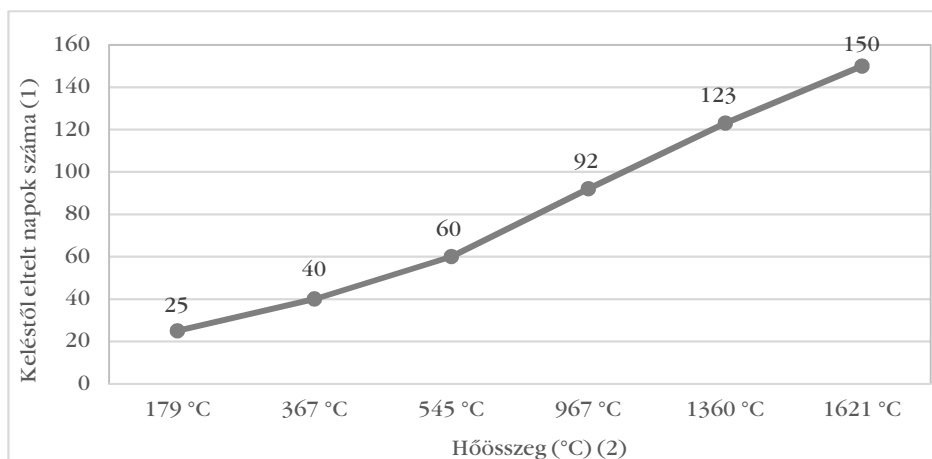


Figure 4. Heat amounts and number of days to emergence in phenophases in the FAO maize hybrid 470 (Látókép, 2024). (1) Number of days since emergence, (2) Heat sum (°C)

A H470-es kukorica hibrid termőképessége öntözéses termesztésben (20,76 t/ha) kiváló. A hibrid szárazanyagbeépülési dinamikája kiemelkedő. A tenyészidőszakban 10 minta vételi időpontban elemeztük a szárazanyagbeépülés ütemét. Az első mintavételezéskor a viaszérésben (R4) a kukoricaszemek szárazanyagtartalom, átlagosan 48,3 % volt. Hetente mértük a szárazanyaggyarapodást. Méréseink szerint az első héten 53,8%, a második héten 59,6%, a harmadik héten 65,1%, a negyedik héten 71,9% volt a szárazanyagtartalom. A fiziológiai érés fenofázisban (08.30.) 1360 HU felhasználásával a szárazanyagtartalom 77,1% volt (5. ábra).

5. ábra. A H470-es kukorica hibrid vízleadás dinamikája (%)
(Látókép, 2024)

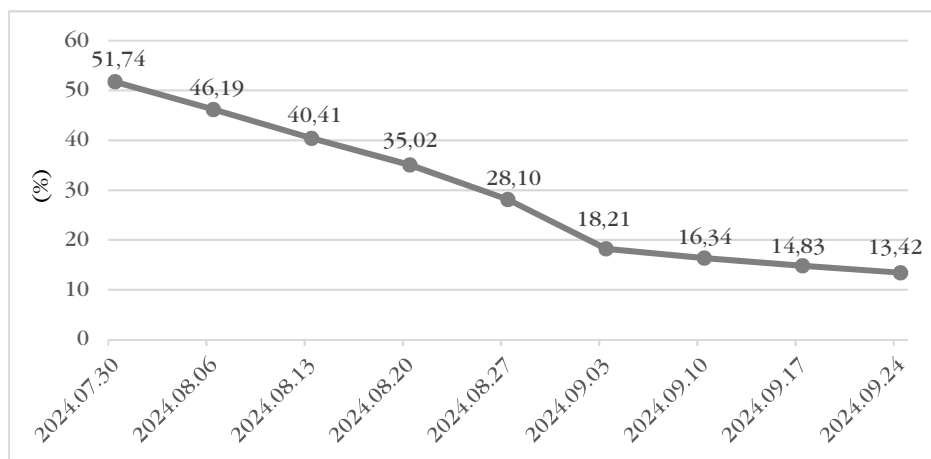


Figure 5. Dynamics of water release in the maize hybrid H470 (%) (Látókép, 2024).

A szárazanyag-tartalom mérések lehetővé tették a kiváló termőképességű kukorica hibrid vízleadási dinamikájának értékelését. A vízleadási dinamika eredményei hasonlóak, mint a *Harsányi et al.* (2024) által megállapított összefüggések. Az első mérés (R4 fenofázis) idején a kukoricaszemek víztartalma 51,7% volt. A méréseket, elemzéseket 7 naponta végeztük. A vízleadás mértéke az első héten 5,5%, a második héten 5,8%, a harmadik héten 4,6%, a negyedik héten 6,9% volt. A fiziológiai éréskor a szemnedvesség kedvező értéket mutatott (22,9%). A fiziológiai érést követően 09.03-tól elemeztük a fizikai vízleadás dinamikáját (18,2%). A betakarítás idejéig 7 naponta háromszor vettünk mintát. A 21 napos időszak alatt a napi vízleadás 0,23% volt. A betakarításkor a szemnedvesség nagyon kedvező volt, 13,4%.

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.

IRODALOM

- Abou-Elwafa, S. F.–Shehzad, T.*: 2021. Genetic diversity, GWAS and prediction for drought and terminal heat stress tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*. 67. 3: 711–728. DOI: 10.1007/s10722-020-01018-y
- Badu-Apraku, B.–Fakorede, M. A. B.*: 2017. Morphology and physiology of maize. [In: *Advances in Genetic Enhancement of Early and Extra-Early Maize for Sub-Saharan Africa.*] 33–53.
- Benz, B. F.*: 2001. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 98. 4: 2104–2106.
- Bocz E.–Késmárki L.*: 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó.
- Bojtor, C.–Illés, Á.–Horváth, É.–Nagy, J.–Marton, L. C.*: 2021a. Hybridspecific nutrient interactions and their role in maize yield quality. *Agronomy Research*. 19. 4: 1698–1710.
- Bojtor, C.–Mousavi, S. M. N.–Illés, Á.–Széles, A.–Nagy, J.–Marton, L. C.*: 2021b. Stability and Adaptability of Maize Hybrids for Precision Crop Production in a Long-Term Field Experiment in Hungary. *Agronomy (Basel)*. 11. 11: 2167.
- Bojtor, C.–Mousavi, S. M. N.–Illés, Á.–Farid, G.–Széles, A.–Szabó, A.–Nagy, J.–Marton, Cs. L.*: 2022. Nutrient Composition Analysis of Maize Hybrids Affected by Different Nitrogen Fertilisation Systems. *Plants (Basel)*. 11. 12: 1593.
- Doebley, J. F.–Gaut, B. S.–Smith, B. D.*: 2006. The molecular genetics of crop domestication. *Cell*. 127. 7: 1309–1321.
- Gombos B.–Nagy J.*: 2022. A látóképi kukorica tartamkísérlet 2021-es tenyészdőszakának agrometeorológiai jellemzőinek elemzése. *Növénytermelés*. 71. 1: 7–20.
- Gombos B.–Nagy J.*: 2023. A 2022-es rendkívüli aszály agrometeorológiai jellemzői Debrecen-Látóképen. *Növénytermelés*. 72. 1: 1–14.
- Gombos B.–Nagy J.*: 2024. A 2024-es kukorica tenyészdőszak agrometeorológiai jellemzői Debrecen-Látóképen. *Növénytermelés*. 73. 4: 67–78.
- Gombos, B.–Nagy, Z.–Hajdu, A.–Nagy, J.*: 2023. Climate change in the Debrecen area in the last 50 years and its impact on maize production. *Időjárás / Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. 127. 4: 485–504.
- Gombos B.–Nagy J.*: 2024. A 2024-es kukorica tenyészdőszak agrometeorológiai jellemzői Debrecen-Látóképen. *Növénytermelés*. 73. 4: 67–78.
- Harsányi E.–Erdős Zs.–Nagy J.*: 2024. Eltérő FAO számú kukoricahibridek szárazanyag-beépülési és vízleadási dinamikája. *Növénytermelés*. 73. 4: 79–102.
- Herman Ottó Intézet*: 2022. A növénytermesztés gyakorlata. Herman Ottó Intézet. Budapest.

- Holló G.–Pekár A.*: 2021. Éghajlatváltozás az agráriumban: Kihívások és megoldások. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Net1*: HungaroMet Nonprofit Zrt. Meteorológiai Adattár (odp.met.hu)
- Net2*: HungaroMet Nonprofit Zrt. Napfénytartam (met.hu)
- Illés, Á.–Bojtor, C.–Széles, A.–Mousavi, S. M. N.–Tóth, B.–Nagy, J.*: 2021. Analyzing the Effect of Intensive and Low-Input Agrotechnical Support for the Physiological, Phenometric, and Yield Parameters of Different Maize Hybrids Using Multivariate Statistical Methods. *International Journal of Agronomy* 2021. 6682573.
- Jolánkai M.–Farkas I.–Pósa B.–Tarnawa Á.*: 2023. 60 éves a magyar hibridkukorica: Fragmensek a kukorica mitológiából. *Agrártörténeti Közlemények*.
- Kovács P.*: 2013. Az NPK tápanyagellátás és a tőszám hatása a kukorica hibridek termesztésére. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem. Debrecen.
- Lajos M.*: 2021. A kukorica tápanyag ellátásáról - az eredmények tükrében. *Agrofórum online*. <https://agroforum.hu/szakcikkek/novenytermesztes-szakcikkek/a-kukorica-tapananyag-ellatasarol-az-eredmenyek-tukreben-maskent/>
- Marton L.–Spitkó T.*: 2013. Hibridkukorica konferencia. MTA Agrártudományi Kutatóközpont. ISBN 978-963-89129-3-0. 9–13.
- Matsuoka, Y.–Vigouroux, Y.–Goodman, M. M.*: 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 99. 9: 6080–6084.
- Nagy J.*: 2009. A vetésidő hatása a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek terméshozamára és minőségére. *Növénytermelés*. 58. 2: 85–105.
- Nagy J.*: 2010. A kukoricatermesztés jelene és jövője. *Növénytermelés*. 59: 85–111
- Nagy J.*: 2012. Versenyképes kukoricatermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- 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. Budapest.
- Nielsen, D. C.–Halvorson, A. D.–Vigil, M. F.*: 2010. Critical precipitation period for dryland maize production. *Field Crops Research*. 118: 259–263.
- Pepó P.*: 2022. A 40 éves debreceni tartamkísérletek néhány fontosabb eredménye. *Növénytermelés*. 71. 3–4: 159–182.
- Pepó P.–Csajbók J.*: 2014. Agrotechnikai tényezők szerepe a kukorica (*Zea mays* L.) termesztésében. *Növénytermelés*. 63. 2: 45–68.
- Pepó P.–Nyandi, M. S.*: 2024. Néhány agrotechnikai tényező hatása a kukorica (*Zea mays* L.) szemtermésének kémiai összetételére. *Növénytermelés*. 73. 1: 109–120.
- Pepó P.–Sárvári M.*: 2011. Gabonanövények termesztése. TÁMOP kiadvány.

- Piperno, D. R.–Flannery, K. V.:* 2001. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 98. 4: 2101–2103.
- Smith, W. C.–Betran, J.–Runge, E. C. A. (eds):* 2004. *Corn. Origin, History, Technology, and Production*. Hoboken. NJ. John Wiley. 949.
- Széles, A.–Kovács, K.–Ferencsik, S.:* 2019. The effect of crop years and nitrogen basal and top dressing on the yield of different maize genotypes and marginal revenue. *Időjárás*. 123: 265–278.
- Széles A.–Horváth É.–Simon K.–Zagyi P.:* 2023. Az öntözés és az alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica hibridek klorofil-koncentrációjára és termésére extra száraz évben. *Növénytermelés*. 72. 2: 7–30.
- Tamás A.–Radócz L.–Horváth É.–Zagyi P.–Ragán P.:* 2022. A termesztéstechnológiai tényezők hatása a kukorica (*Zea mays* L.) terméseredményeire polifaktoriális tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 71. 3: 67–80.
- Tebaldi, C.–Lobell, D.:* 2018. Differences, or lack thereof, in wheat and maize yields under three low-warming scenarios. *Environmental Research Letters*. 13. doi: 10.1088/1748-9326/aaba48
- Ványiné Széles A.–Megyes A.–Nagy J.:* 2010. Vetésidő és az évjárat hatása a kukorica hibridek terméshozamára és a minőségre. *Növénytermelés*. 59. 4: 63–70.
- Walne, C. H.–Reddy, K. R.:* 2022. Temperature effects on the shoot and root growth, development, and biomass accumulation of corn (*Zea mays* L.). *Agriculture*. 12. 4: 443.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Kalina Hella – Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*kalina.hella@agr.unideb.hu

