

## Smart kukorica hibridek fiziológiai és termésparamétereinek elemzése intenzív csepegtető öntözéses tartamkísérletben a 2024-es tenyészévben

HADÁSZI LÁSZLÓ

KITE Zrt. Innovációs Főigazgatóság, Nádudvar

### Összefoglalás

Csepegtető öntözéses körülmények között végeztünk vizsgálatot a Magyarországon nagy területen termesztett eltérő FAO számú kukorica hibridek termésképző és növényfiziológiai paramétereit. A vizsgálat eredményei alapján a H4 hibrid kiemelkedő teljesítményt nyújtott a termés mennyisége, az egyedi szemtömeg, a csőtömeg és az ezermagtömeg tekintetében, így a legjobban teljesítő hibrid. A H6 hibrid hasonlóan jó eredményeket mutatott, különösen a szemszám, ami arra utal, hogy a termés mennyiségének növelésében is szerepet játszhat. A H5 és H3 hibridek közepes teljesítménye azt jelzi, hogy ezek potenciálisan versenyképesek. Az NDVI értékek elemzése során megfigyelt tendenciák fontos információkat nyújtanak a hibridek növekedési mintázatairól. A H1 hibrid esetében a tenyészidőszak második felében tapasztalt erőteljes csökkenés a növények stresszhelyzetére utal. A H1, H2 és H3 hibridek a V12 fenológiai fázisban optimális körülmények között fejlődtek, de a későbbi fázisokban nem tudták fenntartani a korai növekedés során elért állapotot. Ezzel szemben a hosszabb tenyészidejű H4 hibrid a V12 fázis után is képes volt fenntartani a vegetációs aktivitását. A SPAD értékek vizsgálata során a H1, H5 és H6 hibridek esetében a növekedés a V12 fázisig tartott, majd a R4 fázis után csökkenés következett be. A H4 hibrid a legmagasabb SPAD értéket mutatta az R5 fázisban, míg a H1, H5 és H6 hibridek stabilabb SPAD értékeket produkáltak, de a későbbi fázisokban csökkentek. Összességében a H4 és H6 hibridek kiemelkedő teljesítménye alapján érdemes ezeket a hibrideket előnyben részesíteni a jó termőképességű intenzív termesztési környezetben.

**Kulcsszavak:** kukorica, csepegtető öntözés, tartamkísérlet

## **Analysis of physiological and yield parameters of smart maize hybrids in an intensive drip irrigation long-term experiment in the growing year 2024**

L. HADÁSZI

KITE Zrt. Directorate-General for Innovation, Nádudvar

### **Summary**

The yield and plant physiological parameters of different FAO maize hybrids grown over a large area in Hungary were examined under drip irrigation conditions. The results of the study showed that hybrid H4 was the best performing hybrid in terms of yield, specific grain weight, ear weight and thousand kernel weight. Hybrid H6 showed similarly good results, especially in grain number, suggesting that it may also play a role in increasing yield. The medium performance of hybrids H5 and H3 indicates that they are potentially competitive. The trends observed in the analysis of NDVI values provide important information on the growth patterns of the examined hybrids. For hybrid H1, the sharp decline in the second half of the growing season is indicative of the stress situation of the plants. Hybrids H1, H2 and H3 developed under optimal conditions in the V12 phenological phase, but could not maintain the early growth stage in the later phases. In contrast, hybrid H4, which had a longer growing season, was able to maintain its vegetative activity after the V12 phase. When SPAD values were examined, the H1, H5 and H6 hybrids maintained growth until the V12 phase, then declined after the R4 phase. Hybrid H4 showed the highest SPAD values in the R5 phase, while hybrids H1, H5 and H6 showed more stable SPAD values, but decreased in the later phases. Overall, the outstanding performance of hybrids H4 and H6 suggests that these hybrids should be preferred in intensive production environments with good yield potential.

**Keywords:** maize, drip irrigation, long-term experiment

## Bevezetés

A növénytermelés hatékonyságának megőrzése napjaink legégetőbb kérdésköre, mivel egyes kultúrák termelhetőségének és profitabilitásának a változó klímát szabhat. Egyetlen megoldás az intenzifikálás és az intenzív technológiák alkalmazása, ahol kontrollált körülményi tényezők közé tartozik az öntözés. Az öntözés és annak hatékonysága, milyensége létfontosságú a napjaink időjárási szélsőségei miatt.

A kukorica valóban kulcsszerepet játszik a globális mezőgazdaságban, és a jövőbeli trendek alapján várhatóan még nagyobb jelentőséggel bír majd. Az *Erenstein et al.* (2022) által említett előrejelzések szerint a kukorica nemcsak a termelési mennyiségét tekintve, hanem a kereslet szempontjából is dominálni fog. A kukorica globális növekedése és termelése folyamatosan emelkedik (*Nagy* 2008), azonban a folyamatosan növekvő és változó élelmiszerigény kielégítése érdekében 2030-ig legalább 18–20%-kal javulnia kell a kukoricatermesztés hatékonyságának (*Listman és Ordóñez* 2019). Ez a célkitűzés hangsúlyozza a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok és innovációk fontosságát a jövőbeli élelmiszerellátás biztosítása érdekében. A *Babic et al.* (2022) által kiemelt korai érés pedig valóban kritikus tényező, mivel a terméshozam optimalizálása, a szemnedvesség kezelése és a növényesűrűség megfelelő beállítása mind hozzájárulnak a költséghatékony termesztéshez. Ezért a kukoricatermesztés fejlesztése és a megfelelő technológiák alkalmazása elengedhetetlen a jövőbeli mezőgazdasági sikerhez. A kukorica klimatikus és talajigényeinek ismerete alapvető fontosságú a bőséges és kiváló minőségű termés eléréséhez. A környezeti stresszfaktorok, mint például az aszály és a tápanyaghiány, negatív hatásait mérsékelhetjük a megfelelő tápanyagutánpótlás és öntözés önálló vagy együttes alkalmazásával (*Bennett et al.* 1989).

Egy gazdaság precíziós átállásnak mérőkövének tekinthető a precíziós öntözési megoldások alkalmazása, mint például a csepegtető öntözés. *Sedláč* és *Széles* (2014) vizsgálatai alapján hat év átlagában mindhárom tényező (vetésidő, hibrid, évjárat) megbízhatóan befolyásolta ( $P < 0,001$ ) a kukorica terméshozamát, és az évjárat hatása volt a legjelentősebb, ami azt mutatja, hogy a termés szempontjából az évjáratok nagyobb környezeti varianciát jelentettek, mint az éven belüli különböző vetésidőpontok. A termésképzéshez szükséges nitrogén mennyisége és annak mozgása a talajban nagyban függ az öntözéstől.

Száraz évben a növények vonatott fejlődése miatt és a tápanyagok fel nem vehetősége miatt megmarad a talajban, ami nem növeli a termés mennyiségét (Ványiné Széles *et al.* 2012). A vízhiány, mint abiotikus stresszfaktor, csökkentheti a tápanyagok szállítását a növényekben, ami közvetve a szerves anyagok felhalmozódásának csökkenéséhez vezethet (Cakir 2004). A kukorica optimális tápanyagellátottsága elengedhetetlen a növény növekedéséhez és fejlődéséhez, mivel a létfontosságú tápanyagok, mint például a nitrogén, foszfor, kálium, magnézium és mikroelemek, alapvető szerepet játszanak. Ezek a tápanyagok meghatározó hatással vannak az anyagcserére, a sejtosztódásra és a fotoszintézisre, így közvetlenül befolyásolják a kukorica terméshozamát és minőségét (Riedell 2010). A nitrogén (N) az egyik legfontosabb tápanyag a növények növekedéséhez. Nagy hatással van a vegetatív folyamatokra, az optimális csírázáskori tápanyag-ellátottság pozitívan befolyásolja a csírázást és a kelést, ezáltal biztonságosabb, magasabb termés (Szabó *et al.* 2022). A tavasszal alkalmazott alaptrágya, valamint a vegetációs időszak korai fejlődési fázisaiban (V6, V12) használt fejtrágya hozzájárul a termés mennyiségének növeléséhez (Horváth *et al.* 2021). Ezenkívül csökkenti a nitrogénvesztést, ami javítja a nitrogén-ellátottságot és a termelés hatékonyságát (Széles *et al.* 2019, Mousavi *et al.* 2020). Az öntözés hatékonyságának vizsgálata a tenyészidőszak során nélkülözhetetlen. A szárazanyag pozitívan korrelált a nitrogén-, kálium- és mangántartalommal, míg a szárazanyag negatívan korrelált a nikkeltartalommal. Általánosságban elmondható, hogy a maximális mennyiségi és minőségi hozam elérése érdekében a kukoricatermesztésnél 120 kg/ha N-tartalmú NPK-trágya használata ajánlott (Bojtor *et al.* 2022). Ványiné Széles (2008) vizsgálatai alapján az öntözéssel összefüggésben változott a növény állapotát indikátormutatóként használatos SPAD érték. Sojnóczki *et al.* (2024) vizsgálatai alapján a talajművelés és annak módja a talajra gyakorolt hatása befolyásolja annak nedvességtartalmát és hatást fejt ki a tenyészidőszak elraktározott nedvesség mennyiségének megőrzésére. Shojaei *et al.* (2024) vizsgálatában a hagyományos statisztikai módszereket kiegészítve megmutatta, hogy a fő komponens elemzés során számos termésképző elem nagymértékben befolyásolja a termés mennyiségét. Az öntözött területek a teljes termőterület 17%-át teszik ki a világon (Siebert és Döll 2010). Az öntözött kukorica a tenyészidő elején kisebb érzékenységet mutat a maximális hőmérsékletre, mint az esővel táplált (Grassini *et al.* 2009). Bár a világ szántóterületének csak 17%-a öntözött, ezen területek hozama adja a

világ terméshozamának több mint 40%-át. Az Európai Unióban az összes szántó kb. 13,5%-át öntözik. A kukorica vetési ideje, majd a kelési dinamika, valamint a kelés homogenitása befolyásolja a növényállomány fejlődését, valamint a terméshozamot (Nagy 2021). Nyéki *et al.* (2022) kutatása rámutatott, hogy Magyarországon a szántóföldi terméshozamok eltérései a talaj kémiai és fizikai jellemzőinek, valamint az időjárási körülmények kedvező és kedvezőtlen hatásainak eredményeként alakulnak. Ez azt jelenti, hogy a talaj minősége és a környezeti feltételek lényeges befolyással bírnak a mezőgazdasági termelésre.

### **Anyag és módszer**

A vizsgálat helyszíne a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság, Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet (DTTI), Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep (47° 83' 030" É, 21° 82' 060" K, 111 m tsz) tartamkísérletben, melyet 2018-ban Prof. Dr. Nagy János alapított annak a céljából, hogy az egyes kereskedelmi forgalomba lévő nagy termőképességű kiváló kukorica hibridek intenzív körülmények között tesztelhetők legyenek.

Az elővetemény betakarítása 2023. 09. 28-án volt, melyet a szántásos alapművelés követett 2023. 10. 03-án. A műtrágyaszórás során ősszel 300 kg/ha, NPK 4-24-24-es műtrágyakerült kijuttatásra, melynek hatóanyag-tartalma a következő képpen alakult: N 12 kg/ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 72 kg/ha, K<sub>2</sub>O 72 kg/ha. A tavaszi N-műtrágya kijuttatás során 135 kg/ha N, 35 kg CaO, 25 kg MgO mennyiségben került kijuttatásra 2024. 04. 09-én. A vetés időpontja 2024. 04. 11-én volt. A kezdeti fejlődésben történt lehülés következtében a kelés elhúzódó volt, melynek időtartam 04. 21-től 05. 03-ig tartott. A tenyészidőszakban csepegtető öntözéssel egy menetben folyékony vízben oldható műtrágya-kijuttatás is történt. A tápoldatozás 2024. 06. 20-án volt, melynek mennyisége az alábbi megoszlásban alakult: NPK 3-5-40 (8 kg/ha N, 13 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 107 kg/ha K<sub>2</sub>O).

A tenyészidőszak során 14 alkalommal összesen 254,86 mm került kijuttatásra. A betakarítás 2024. 09. 26-án volt Shampo kétsoros parcella betakarító kombájn segítségével.

1. ábra. A 2024-es tenyészidőszak során kijuttatott öntözővíz mennyisége és időpontja

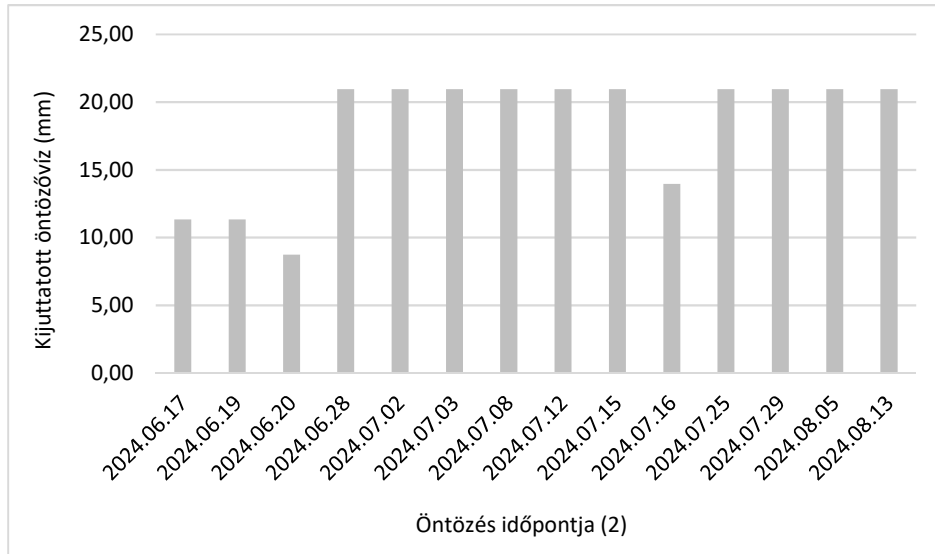


Figure 1. Amount and timing of irrigation water applied during the 2024 growing season. (1) Irrigation water (mm), (2) Date of irrigation

#### *Meteorológiai viszonyok és hatásuk*

A kukorica termesztése szempontjából kedvező, ha a tenyészidőszak előtti téli félévben a talajok mélyebb rétegei feltöltődnek vízzel. Ellenkező esetben (mint pl. 2022-ben) jelentősen megnő az aszály kockázata. A 2023/24-es téli félévben 6 hónap alatt az átlagot lényegesen meghaladó, 283 mm csapadék hullott. Ezen időszak megítélését kissé árnyalja, hogy a csapadék nagy része még december vége előtt lehullott, azt követően alapvetően száraz, enyhe időjárás uralkodott. Extrém enyhe volt a február, a mérések kezdete óta messze a legmagasabb középhőmérséklettel. A téli félév átlaga is +2,3 °C-os anomáliát mutatott (1. táblázat). A talajok felső rétegének kiszáradása már februárban elkezdődött. A tavaszi talajmunkák elvégzését nem akadályozta az időjárás.

1. táblázat. A hőmérséklet, a csapadék (Debrecen-Látókép) és a napfénytartam (Debrecen-Repülőtér, 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-Airport, 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.

Április közepéig az időjárás viszonylag enyhe volt, ezt követően azonban a hőmérséklet az átlagos szintre csökkent (2. *ábra*). Az áprilisi középhőmérséklet (+2,4 °C) a korábbi évekhez képest meghaladta a megszokott értékeket. Az eső mennyisége összesen 38 mm volt, amely megfelelő eloszlásának köszönhetően támogatta a kukorica kelését. Május elején meleg, száraz időjárás jellemezte a hónapot, de a hónap utolsó harmadában jelentős csapadék hullott. Ez a hónap az átlagosnál kissé melegebb (17,5 °C) és csapadékosabb (76 mm) volt, ami kedvezett a kukorica kezdeti fejlődésének. A napi talajhőmérséklet már április első felében tartósan elérte a 20 °C körüli értéket (a kukorica magágyában, 5 cm mélységben), és még az április közepén bekövetkezett lehűlés után is a kukorica bázishőmérséklete (10 °C) felett maradt, jellemzően 11–15 °C között (2. *ábra*). Április végére a talajhőmérséklet 20 °C-ra emelkedett, ami felgyorsította a kelési folyamatot. A levegő hőmérséklete folyamatosan a talajhőmérséklet alatt maradt, ami egyértelműen mutatja a talaj hőmérsékleti többletét ebben az időszakban.

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

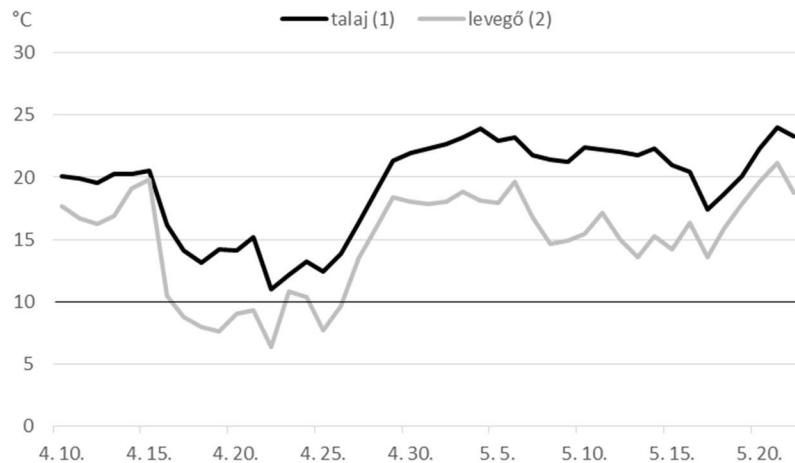


Figure 2. Daily average of soil temperature (at 5 cm depth), air temperature (2 m) and the difference of them (Debrecen-Látókép, 10 April to 22 May, 2024). (1) Soil, (2) Air

A meleg júniusi időjárás (21,9 °C) kedvezett a kukoricának, mivel nem alakult ki szélsőséges hőség, továbbá az átlagnak megfelelő mennyiségű csapadék (66 mm) még jó vízellátottságot biztosított a talaj mélyebb rétegeiben lévő talajnedvességgel együtt. A folytatásban fokozódott a meleg. 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. Augusztusi rendkívüli meleg (a hónap közepe, vége) az érési fázis lerövidülését okozta. A napsütéses órák száma is kifejezetten magas volt a nyár utolsó két hónapjában, általában kevés felhő jellemezte az időjárást. A júliusi csapadék (29 mm) 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) (3. ábra).

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

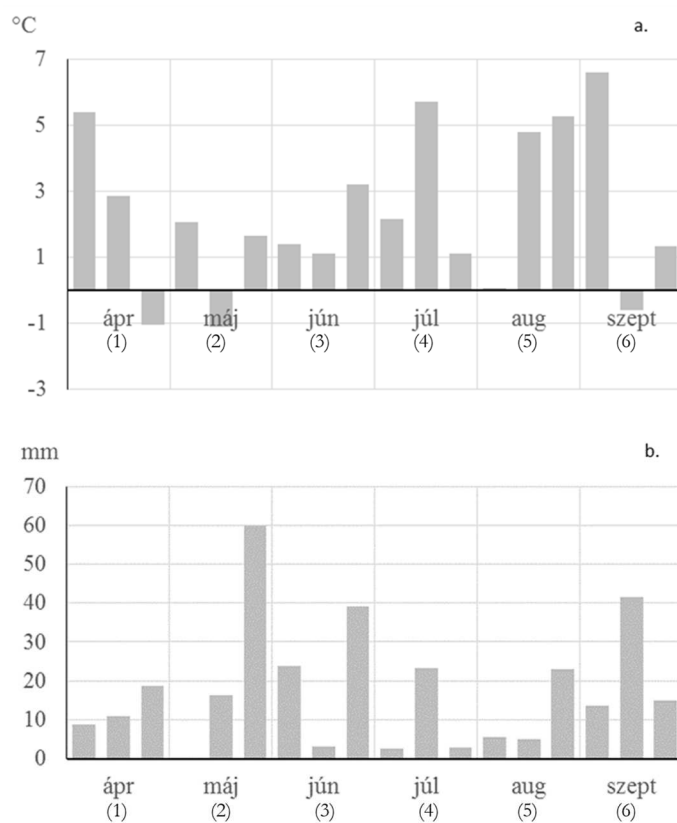


Figure 3. 10-day precipitation sums (b) and anomalies of the 10-day average air temperature values (a) in the growing season (Debrecen-Látókép, 2024). (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) September

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 terméscsökkenésben. Igen magas (51) volt a hőség napok ( $\max \geq 30^\circ\text{C}$ ) száma a nyári időszakban.

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 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.

#### *Mért paraméterek*

A vizsgálat során növényfiziológiai paraméterek és termésparaméterek elemzése történt. A növényfiziológiai mérések során a tenyészidőszakban 5 időpontban mérten Konica Minolta SPAD 502 mérőműszerrel a relatív klorofilltartalmat, illetve GrenSeeker kézi NDVI mérővel a növények egyedi NDVI értékét. A vizsgálatokat és a kézi méréseket 10 random ismétlésben végeztem parcellánként.

#### *A vizsgálatához használt hibridek leírása*

- EV4142: a FAO 300-as csoport közepén érik (FAO 330-340), átlagos növénymagassága 305,4 cm. A cső 118,5 cm-es magasságban ered a szárról, szárátmérője átlagosan 16,4 mm.
- LID 3130C: a FAO 300-as csoport végén, a FAO400-as csoport elején érik (FAO 390-420) Átlagos növénymagassága 312,9 cm. A cső 125,8 cm-es magasságban ered a szárról. Jó csöveket fejleszt, ezermagtömege 377,1 g, szárátmérője átlagosan 17,8 mm.
- P9985: a FAO 300-as csoport végén, a FAO 400-as csoport elején érik (FAO 390-420). Fenotípusát tekintve közép magas hibrid, átlagos növénymagassága 308,5 cm. A cső 131,4 cm-es magasságban ered a szárról. Szép csöveket fejleszt, ezermagtömege 420,3 g, szárátmérője átlagosan 18,3 mm.
- KWS INTELIGENS: a FAO 400-as csoport elején érik (FAO 400-450). Kompakt, stabil felépítésű hibrid, átlagos növénymagassága 314,1 cm. A cső 119,3 cm-es magasságban ered a szárról, ezermagtömege 494,9 gramm, szárátmérője átlagosan 20,5 mm.
- RGT DARKNESS: a FAO 400-as csoport végén érik (FAO 460-480). Jó fenotípusos tulajdonságokkal rendelkező hibrid, átlagos növénymagassága 314,5 cm. A cső 126,8 cm-es magasságban ered a szárról, ezermagtömege 439,9 g, szárátmérője átlagosan 19,8 mm.

- FIDENCIO: a FAO 400-as csoport végén érik (FAO 460-480). Átlagos növénymagassága 317,5 cm. A cső 128,5 cm-es magasságban ered a szárról, ezermagtömege 419,5 g volt. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 20,3 mm.

### Eredmények és értékelés

Az NDVI értékek vizsgálata során megállapításra került, hogy a rövid tenyészidejű EV4142 hibrid esetében az NDVI érték a tenyészidőszak második felében erőteljesen csökkent. A legmagasabb NDVI értéket H1 hibrid esetében a V12 fenológiai fázisban mértem 0,83 értékkel, majd ezt követően folyamatosan csökkent a tenyészidőszak második felében. Az NDVI értékek tekintetében a H2 és H3 hibrid esetében hasonló tendenciát tapasztaltam, mint a H1 esetében. Az NDVI értékek H2 és H3 hibridnél szintén V12 fenológiai fázisban voltak a legnagyobbak 0,86 értékkel, majd a V12 fenológiai fázis után fokozatosan csökkent a tenyészidőszakban. A hosszabb tenyészidejű H4 hibrid esetében a magas 0,83-as NDVI érték a V12 fenológiai fázis után is mérhető volt. H4 hibrid esetében R4 fenológiai fázisnál volt csökkenés a maximális NDVI értékhez képest. A hosszú tenyészidejű H5 hibrid esetében az NDVI érték maximuma nővirágzás fenológiai fázisban volt, majd fokozatosan csökkent, viszont R5 fenológiai fázisban is a korai érésű hibridekhez képest magasabb (0,45) NDVI értéket mértem. H6 hibridnél az NDVI érték kiegyenlített volt a tenyészidőszak jelentős részében, az értékek csökkenése csak R4 fenológiai fázis után következett be (4. ábra).

A SPAD értékek vizsgálata szerint a H1, H5 és H6 hibridnél a SPAD érték növekedése V12 fenológiai fázisig tartott, majd R4 fenológiai fázis után kezdett csökkenni. A H1, H5 és H6 hibrid rövid tenyészidejéhez képest a SPAD érték viszonylag lapos egyenletes dinamikát mutatott és kései R4 fenológiai fázis utáni csökkenést mértem. A fenológiai mérések utolsó időpontjában R5 fenológiai fázisban a H4 hibrid eredményezte a legmagasabb SPAD értéket az összes vizsgált hibrid közül 54 SPAD egységgel, amely eredmény összefüggésben lehet a H4 hibrid kimagasló termésparamétereivel (5. ábra).

4. ábra. Az NDVI értékek alakulása az eltérő mintavételi időpontokban a vizsgált hibridek esetében (Debrecen-Látókép, 2024)

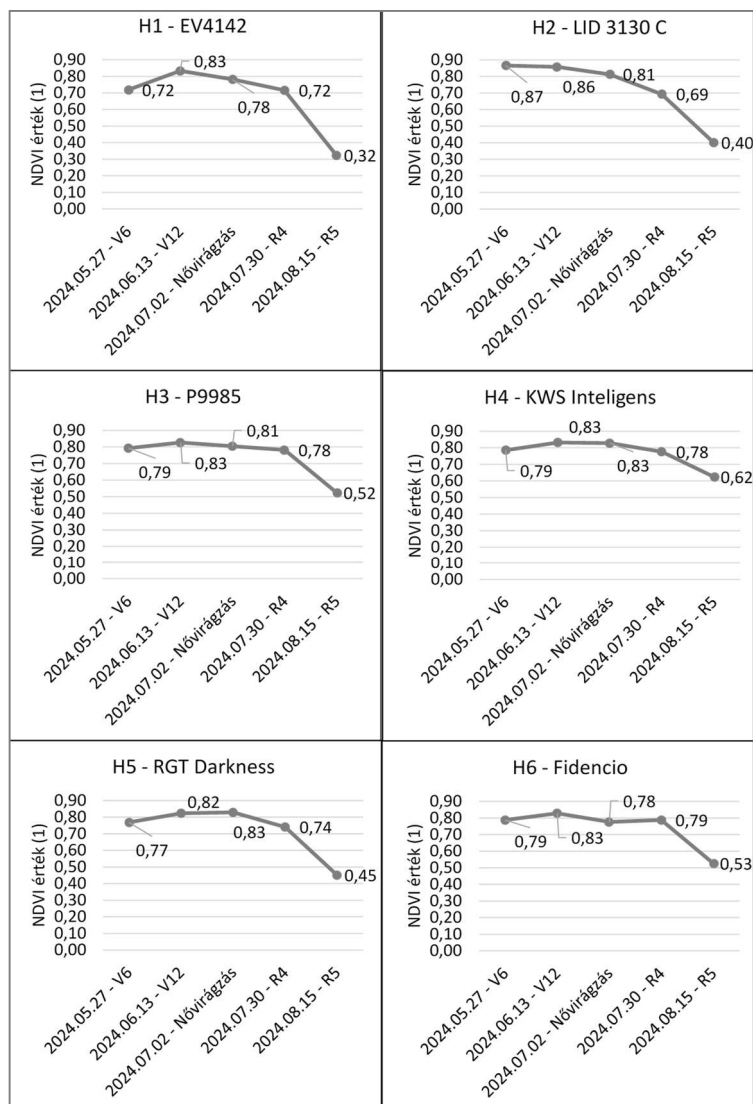


Figure 4. Changes in NDVI values at different sampling times and for different hybrids (Debrecen-Látókép, 2024). (1) NDVI values

5. ábra. A SPAD értékek alakulása az eltérő mintavételi időpontokban a vizsgált hibridek esetében (Debrecen-Látókép, 2024)

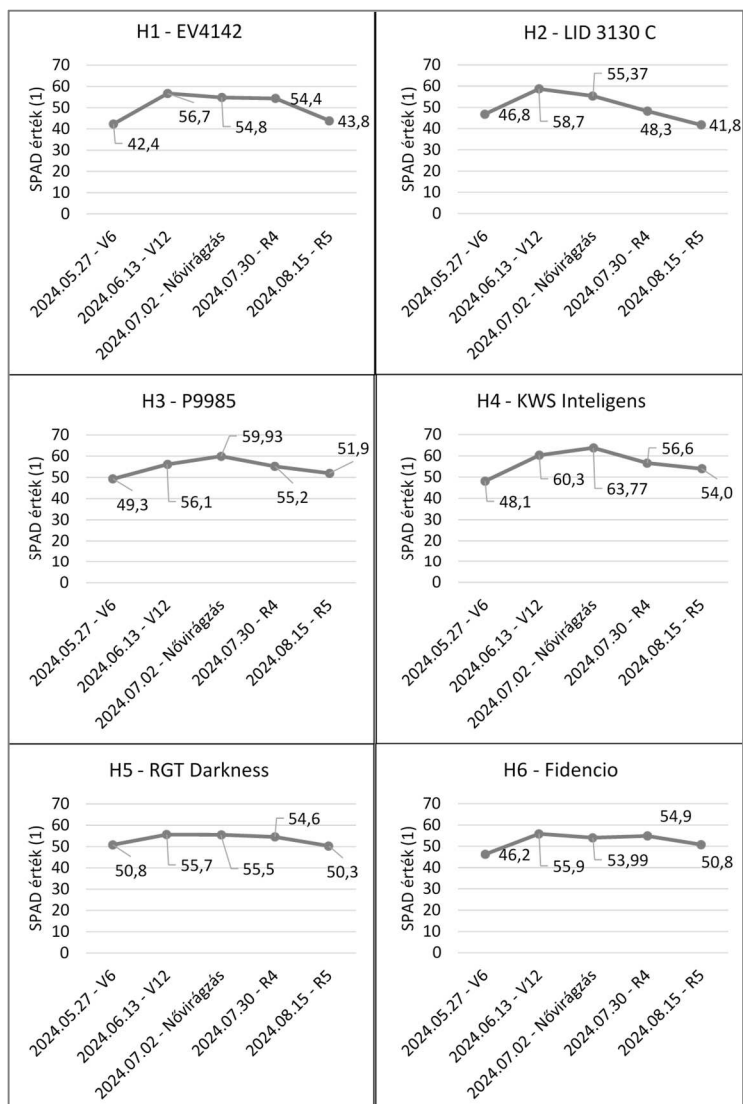
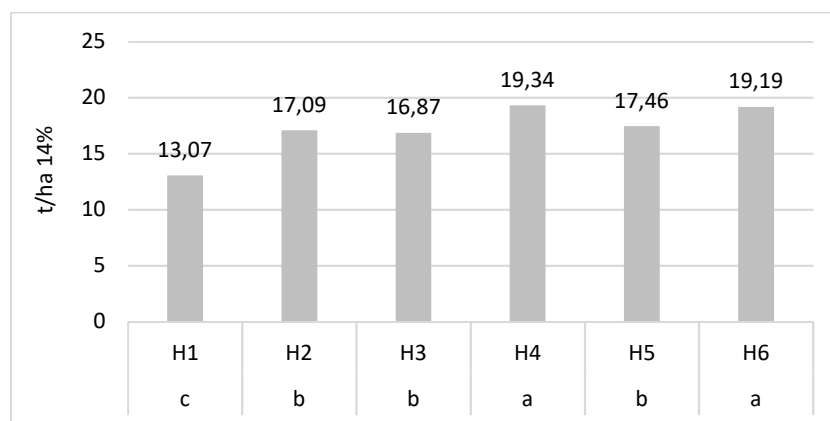


Figure 5. Changes in SPAD values at different sampling times and for different hybrids (Debrecen-Látókép, 2024). (1) SPAD readings

A termés mennyiségének vizsgálata során megállapítottam, hogy a H4 hibrid érte el a legnagyobb szemtermés értéket 19,34 t/ha értékkel 14%-os nedvességtartalom mellett. A H4 hibriddel azonos statisztikai csoportba tartozott a H6 hibrid, melynek termése 19,19 t/ha volt. A második legnagyobb statisztikailag elkülöníthető terméscsoportba a H2, H3 és H5 hibrid tartozott. A legkisebb termést a H1 hibridnél mértem 13,07 t/ha értékkel (6. ábra).

6. ábra. *Eltérő kukorica hibridek termésmennyisége*  
(Debrecen-Látókép, 2024)

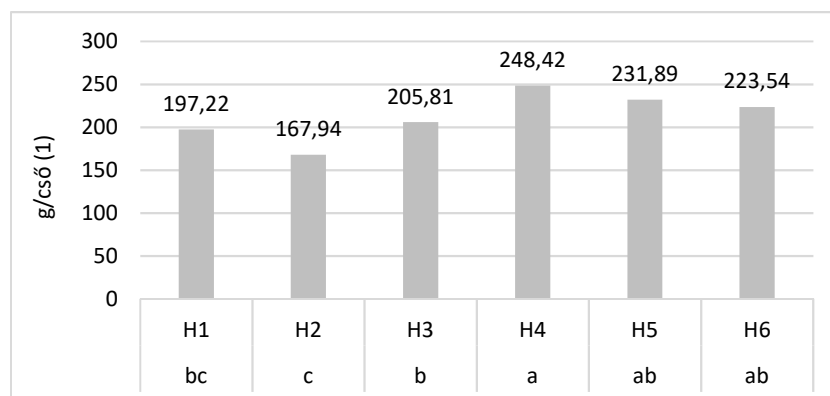


Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

*Figure 6.* Yield of different maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2024). Note: values with different lettering are significantly different from each other.

Az egyedi szemtömeg értéke vizsgálata során megállapítottam, hogy a H4-es hibrid eredményezte a legnagyobb szemtömeg értéket 248,42 g értékkel, amely elkülönülő statisztikai csoportba tartozik. Ettől kisebb értéket eredményezett a H5 hibrid 231,89 g értékkel, illetve a H6 hibrid 223,54 g értékkel, viszont statisztikailag nem térnek el teljesen a H4 hibridtől. A legkisebb értéket a H2 hibrid eredményezte a 167,94 g értékkel (7. ábra).

7. ábra. *Eltérő kukorica hibridek egyedi szemtömege*  
(Debrecen-Látókép, 2024)



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

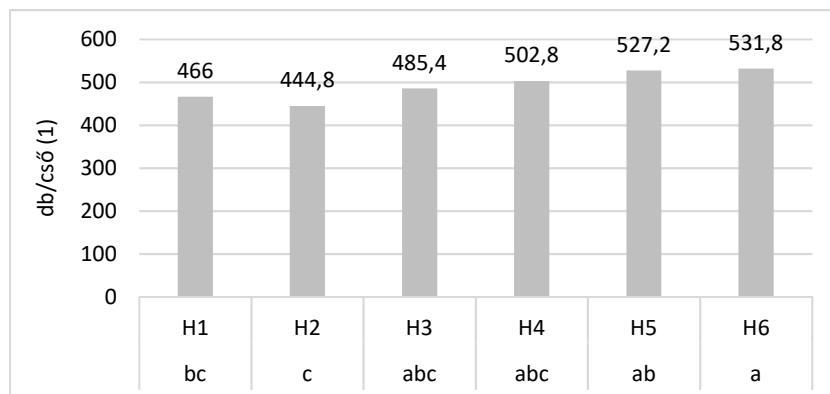
Figure 7. Specific grain weight of different maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2024). (1) g per ear, Note: values with different lettering are significantly different from each other.

A szemszám vizsgálata során megállapítottam, hogy a legnagyobb szemszám értéket a csőtömeg és az ezermagtömeg értékkel ellentétesen nem a H4 hibrid eredményezte, hanem a H6 hibrid. A H6 hibrid esetében a szemszám 531,8 volt, amely statisztikailag elkülönülő csoportba tartozik az összes többi hibridhez képest. A legkisebb szemszám értéket összhangban a csőtömeg és az ezermagtömeg értékkel a H2-es hibrid eredményezte 444,8 szemmel (8. ábra).

Az egyedi csőtömeg érték szempontjából a H4 hibridnél mértem a legnagyobb csőtömeg értéket 280,62 g értékkel, amely különböző statisztikai csoportba tartozik. Ettől kisebb értéket eredményezett a H5 és H6 hibrid, viszont teljes mértékben nem különböznek el statisztikailag a H4 hibrid értékétől. A legkisebb értéket a H2 hibrid eredményezte a 194,94 g értékkel (9. ábra).

A H4-es hibrid eredményezte a legnagyobb ezermagtömeget 494,61 g értékkel, amely statisztikailag is különböző az összes többi hibridtől. A második legnagyobb ezermagtömeg érték a H1, H5 és H6 hibridnél mértem, amely szintén különböző statisztikai csoportba tartozik. A legkisebb ezermagtömeg értéket a H2 hibridnél mértem 377,06 g értékkel (10. ábra).

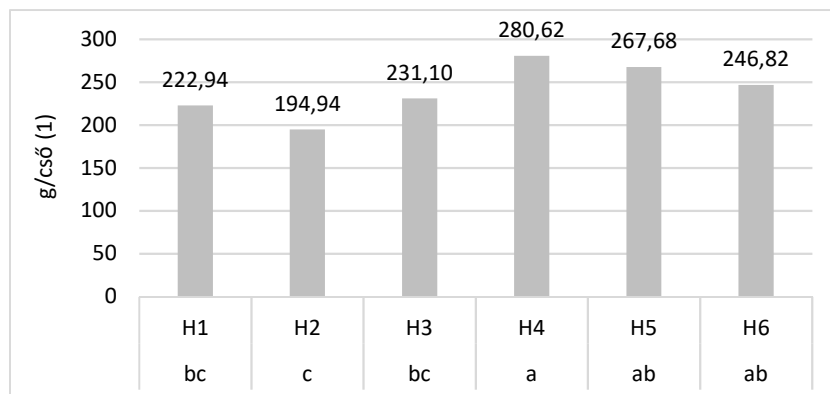
8. ábra. *Eltérő kukorica hibridek egyedi szemszáma*  
(Debrecen-Látókép, 2024)



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Figure 8. Specific grain number of different maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2024). (1) number of grains per ear, Note: values with different lettering are significantly different from each other.

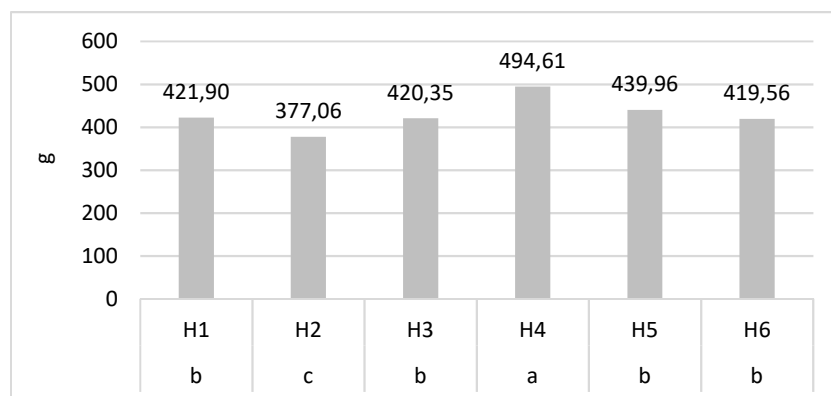
9. ábra. *Eltérő kukorica hibridek egyedi csőtömege*  
(Debrecen-Látókép, 2024)



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Figure 9. Specific grain weight of different maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2024). (1) g per maize, Note: values with different lettering are significantly different from each other.

10. ábra. *Eltérő kukorica hibridek ezermagtömege*  
(Debrecen-Látókép, 2024)



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

*Figure 10.* Thousand kernel weight of different maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2024). Note: values with different lettering are significantly different from each other.

### Következtetések

A vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a H4 hibrid kiemelkedő teljesítményt nyújtott a termés mennyisége, az egyedi szemtömeg, a csőtömeg és az ezermagtömeg tekintetében, így a legjobban teljesítő hibridnek tekinthető. A H6 hibrid szintén figyelemre méltó eredményeket mutatott, különösen a szemszám terén, ami arra utal, hogy a H6 hibrid a termés mennyiségének növelésében is szerepet játszhat. A H2 hibrid a legkisebb terméshozamot és szemtömeget produkálta, ami arra figyelmeztet, hogy ennek a hibrideknek a termesztése esetleg nem javasolt, ha a termés mennyisége és minősége a fő szempont. A H5 és H3 hibridek közepes teljesítménye azt jelzi, hogy ezek a hibridek potenciálisan versenyképesek lehetnek, de további vizsgálatok szükségesek a teljesítményük optimalizálása érdekében. Összességében a H4 és H6 hibridek kiemelkedő teljesítménye alapján érdemes lehet ezeket a fajtákat előnyben részesíteni a kukoricatermesztés során, míg a H2 hibrid esetében érdemes megfontolni a termesztés elkerülését a gyenge hozamok miatt.

Az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) értékek elemzése során megfigyelt tendenciák fontos információkat nyújtanak a különböző hibridek növekedési és fejlődési mintázatairól. Az EV4142 hibrid esetében a tenyészidőszak második felében tapasztalt erőteljes csökkenés arra utalhat, hogy a rövid tenyészidejű hibridek esetében a vegetációs időszak végén a növények stresszhelyzetbe kerülhetnek, ami befolyásolja a fotoszintézist és a biomassza termelést. A H1, H2 és H3 hibridek esetében a V12 fenológiai fázisban mért legmagasabb NDVI értékek (0,83 és 0,86) azt jelzik, hogy ezek a hibridek a vegetációs időszak korai szakaszában optimális körülmények között fejlődnek. A V12 fázis utáni fokozatos csökkenés viszont arra utalhat, hogy a növények a későbbi fázisokban nem tudják fenntartani a korai növekedés során elért állapotukat. A hosszabb tenyészidejű H4 hibrid esetében a V12 fázis utáni magas NDVI értékek azt mutatják, hogy ezek a hibridek jobban alkalmazkodnak a környezeti feltételekhez, és képesek fenntartani a vegetációs aktivitásukat a tenyészidőszak későbbi szakaszaiban is. A H5 hibrid esetében a nővirágzás fázisban mért maximális NDVI érték, valamint a R5 fázisban tapasztalt magasabb értékek (0,45) arra utalnak, hogy ez a hibrid a későbbi fenológiai fázisokban is versenyképes marad a korai érésű hibridekhez képest.

H1, H5 és H6 hibrideknél a SPAD értékek növekedése a V12 fenológiai fázisig tartott, majd a R4 fázis után kezdtek csökkenni. Ezen hibridek esetében a SPAD értékek viszonylag lapos, egyenletes dinamikát mutattak, és a csökkenés a késői R4 fázis után következett be. H4-es hibridnél a fenológiai mérések utolsó időpontjában, az R5 fázisban volt a legmagasabb SPAD érték. Összességében a H4 hibrid kiemelkedett a SPAD értékek terén, míg a H1, H5 és H6 hibridek esetében a SPAD értékek stabilabbak voltak, de a későbbi fázisokban csökkentek.

## IRODALOM

- Babic, V.–Stanisavljevic, D.–Zoric, M.–Mikic, S.–Mitrovic, B.–Andjelkovic, V.–Krvacic, N.:* 2022. Identification of New Sources for Earliness and Low Grain Moisture at Harvest through Maize Landraces' Test-Cross Performance. *Agronomy*. 12: 1939.

- Bennett, J. M.–Mutti, L. S. M.–Rao, P. S. C.–Jones, J. W.:* 1989. Interactive effects of nitrogen and water stresses on biomass accumulation, nitrogen uptake, and seed yield of maize. *Field Crops Research*. 19. 4: 297–311. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(89\)90100-7](https://doi.org/10.1016/0378-4290(89)90100-7)
- Bojtor, C.–Mousavi, S. M. N.–Illés, Á.–Golzardi, F.–Széles, A.–Szabó, A., Nagy, J.–Marton, C. L.:* 2022. Nutrient composition analysis of maize hybrids affected by different nitrogen fertilisation systems. *Plants*. 11. 12: 1593.
- Cakir, R.:* 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*. 89. 1: 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.005>
- 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.
- Grassini, P.–Yang, H.–Cassman, K. G.:* 2009. Limits to maize productivity in Western Corn-Belt: A simulation analysis for fully irrigated and rainfed conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149. 8: 1254–1265.
- Horváth, É.–Tamás, A.–Fejér, P.–Széles, A.:* 2021. Effect of different N doses on maize yield and quality. *Acta Agraria Debreceniensis*. 1: 97–101.
- Listman, M.–Ordóñez, R.:* 2019. Ten things you should know about maize and wheat. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). [www.cimmyt.org/news/ten-things-you-should-know-about-maize-and-wheat/](http://www.cimmyt.org/news/ten-things-you-should-know-about-maize-and-wheat/)
- Mousavi, S. M. N.–Illés, Á.–Bojtor, C.–Nagy, J.:* 2020. The impact of different nutritional treatments on maize hybrids morphological traits based on stability statistical methods. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 32. 9: 666–672.
- Nagy, J.:* 2008. Maize production: Food, bioenergy, forage. Akadémiai Kiadó. Budapest. 391.
- Nagy J.:* 2021. Kukorica: a nemzet aranya : élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó Ház Rt. Budapest. 516. ISBN: 9789635750023
- 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.
- Riedell, W. E.:* 2010. Mineral-nutrient synergism and dilution responses to nitrogen fertilizer in field-grown maize. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 173. 6: 869–874. <https://doi.org/10.1002/jpln.200900218>
- Sedláč, G.–Széles, A.:* 2014. Effects of different crop years and sowing date on maize yield. *Acta Agraria Debreceniensis*. 59: 93–96.
- Shojaei, S. H.–Mostafavi, K.–Bihamta, M.–Omrani, A.–Bojtor, C.–Illés, A.–Szabó, A.–Vad, A.–Nagy, J.–Harsányi, E.–Mousavi, S. M. N.:* 2023. Selection of maize hybrids based on genotype× yield× trait (GYT) in different environments. *Brazilian Journal of Biology*. 84, e272093. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.272093>

- Siebert, S.-Döll, P.:* 2010. Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. *Journal of Hydrology*. 384. 3-4: 198-217.
- Sojnoczki, I.-Nagy, J.-Illés, Á.-Kecskés, I.-Bojtor, C.:* 2024. Comparative Analysis of Drought Effects on the Soil Moisture Level and Penetration Resistance in Conventional and Non-Conventional Tillage Systems in Maize Production. *Agriculture*. 14. 7: 1000.
- Szabó, A.-Széles, A.-Illés, Á.-Bojtor, C.-Mousavi, S. M. N.-Radócz, L.-Nagy, J.:* 2022a. Effect of different nitrogen supply on maize emergence dynamics, evaluation of yield parameters of different híbrids in long-term field experiments. *Agronomy*. 12. 284: 1-13.
- Széles, A.-Kovács, K.-Ferencsik, S.:* 2019. The effect of crop years and nitrogen basal and top dressing on the yield of different maize genotypes and marginal revenue. *Időjárás. Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. 123. 3: 265-278.
- Ványiné Széles, A.:* 2008. The effect of crop year and fertilization on the interaction between the spad value and yield of maize (*Zea mays* L.) within non-irrigated conditions. *Cereal Res. Commun.* 36: 1367-1370.
- Ványiné Széles, A.-Megyes, A.-Nagy, J.:* 2012. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management*. 107: 133-144.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

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