

Eltérő FAO számú kukorica hibridek szárazanyag-beépülési és vízleadási dinamikája

^{1,2}HARSÁNYI ENDRE – ²ERDŐS ZSUZSA – ¹NAGY JÁNOS

Debreceni Egyetem

¹MÉK Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

²AKIT, Debrecen

Összefoglalás

A szántóföldi tartamkísérleteink eredményei alapján értékeltük négy eltérő FAO számú kukorica hibrid legfontosabb értékeit, paramétereit. A hibridek teljesítményének és minőségének értékeléséhez újszerűen a fejlődési fázisokhoz felhasznált hasznos hőösszeg (HU) értékeket használtuk.

Mind a négy eltérő FAO számú hibridnél újszerűen és egyedülálló módon vizsgáltuk a szárazanyag-beépülési és vízleadási dinamikát megelőző legfontosabb fenofázisokban a kukorica hibridek hasznos hőösszeg-igényét. Az egyes fenofázisokban rögzítettük a keléstől eltelt napok számát is, lehetőséget adva az irodalmi adatokkal való összevetésre. A szárazanyag-beépülést vizsgáltuk az R2, az R4 (viaszérés) és a fiziológiai érés állapotában, valamint a betakarítás időpontjában. A szárazanyag-beépülési dinamikai vizsgálatát 2023. 07. 31-én kezdtük meg a négy eltérő FAO számú hibridnél, a megbízható összehasonlítás követelményének megfelelően.

A megbízható mintavételi adatok lehetővé tették a vízleadási dinamika elemzését a hőenergia felhasználásának tükrében. A négy mintavételi időpont között három vízleadási intervallumot értékeltünk.

A négy eltérő FAO számú kukorica hibrid terméseredményei szignifikánsan különböztek. A legnagyobb terméseredményt a FAO 480 (19,53 t/ha) kiváló képességű hibrid érte el.

A vizsgált kukorica hibridek betakarításkori szemnedvesség-tartalma minden esetben szoros összefüggést mutatott a tenyészidőszak hosszával. A hibridek szemnedvesség-tartalma szignifikánsan különbözött a betakarítás idején.

A keményítőtartalom szorosan összefüggött a termés eredménnyel, a FAO 480 hibrid a legnagyobb termés eredményt és a legmagasabb keményítő tartalmat érte el, ugyanakkor a legkisebb termést és legkisebb keményítőtartalmat a FAO 350 hibrid mutatta. A fajlagos fehérjetartalom szoros, fordított összefüggést mutatott a termés eredménnyel. A FAO 350 hibrid a legkisebb termés eredményt (13,62 t/ha) és a legmagasabb (7,69%) fehérjetartalmat, a FAO 480 hibrid a legnagyobb termés eredményt (19,53 t/ha) és a legalacsonyabb (5,78%) fehérjetartalmat érte el. A vizsgált kukorica hibridek olajtartalma szoros összefüggést mutatott minden esetben a termés mennyiséggel. A hibridek olajtartalmai szignifikánsan eltérőek voltak.

Az új kutatási eredmények szoros összefüggésre utalnak az olajsintézis és a hektáronkénti termés eredmények között, ezek igazolására további szántóföldi kísérletek és laborvizsgálatok szükségesek.

Kulcsszavak: kukorica hibrid, FAO szám, szárazanyag-beépülés, vízleadási dinamika

Dry matter incorporation and water loss dynamics of different FAO maize hybrids

^{1,2}E. HARSÁNYI – ²ZS. ERDŐS – ¹J. NAGY

University of Debrecen

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

²Institutes for Agricultural Research and Educational Farm, Debrecen

Summary

Based on the results of our field experiments, we evaluated the most important values and parameters of four different FAO maize hybrids. For the evaluation of the performance and quality of the hybrids, we used the useful heat sum (HU) values for the developmental stages as a novel approach.

For each of the four different FAO hybrids, we investigated in a novel and unique way the useful heat sum requirement of maize hybrids in the most important phenophases preceding dry matter incorporation and water loss dynamics. We also recorded the number of days from emergence at each phenophase, allowing comparison with literature data. Dry matter incorporation was assessed at R2, R4

(wax maturity) and physiological maturity, and at harvest. The dry matter incorporation dynamics study was started on 31/07/2023 for the four different FAO hybrids to meet the requirement of a reliable comparison.

The reliable sampling data allowed the analysis of the water release dynamics in the light of thermal energy use. Three water discharge intervals were evaluated between the four sampling dates.

The yields of four maize hybrids with different FAO numbers were significantly different. The highest yields were obtained by the hybrid with excellent ability FAO 480 (19.53 t/ha).

In all cases, the grain moisture content at harvest of the maize hybrids tested was closely related to the length of the growing season. The grain moisture content of the hybrids differed significantly at harvest.

Starch content was closely related to yield, with the FAO 480 hybrid having the highest yield and starch content, while the FAO 350 hybrid had the lowest yield and starch content. Specific protein content showed a strong inverse correlation with yield. The FAO 350 hybrid had the lowest yield (13.62 t/ha) and the highest protein content (7.69%), while the FAO 480 hybrid had the highest yield (19.53 t/ha) and the lowest protein content (5.78%). In all cases, the oil content of the maize hybrids tested showed a strong correlation with yield. The oil contents of the hybrids were significantly different.

The new research results suggest a strong correlation between oil synthesis and yield per hectare, but further field experiments and laboratory tests are needed to confirm this.

Keywords: maize hybrid, FAO number, dry matter incorporation, water release dynamics

Bevezetés

A klimatikus tényezőktől nagymérték függ a vízleadás dinamikája és időtartama. A hőmérséklet a kukorica fejlődése és növekedése, valamint a termés minősége szempontjából meghatározó tényező (*Block és Gouet 1974, Crasta 1996, Farnham 1996*). Az effektív hőösszeg és a csapadék aránya kiemelten fontos, a mérések szerint a legoptimálisabb érték a 2,5 °C effektív hőösszeg/mm (*Menyhért et al. 1984, Széles et al. 2023*). Ha a magas hőmérséklet vízhiánnyal következik be, csökken a kukoricaszem nyersfehérje- és szárazanyag-tartalma, a nettó asszimilációs ráta és a szemtermés. A hő- és vízstressz a különböző kukorica genotípusokat eltérően érinti (*Kovács et al. 1984, Máthéné et al. 1985*).

A víz a kukoricaszem természetes összetevője, mely meghatározó az élettani folyamatokban, valamint befolyásolja a szem minőségét és így jövedelemtermelő képességét egyaránt. A kukorica optimális szemnedvessége betakarításkor 23–24%, de ha ettől alacsonyabb még kedvezőbb, mivel a szárítás miatt költségcsökkentő (Bocz 1992). Ha a nedvességtartalom 23%-nál alacsonyabb tárolásra alkalmas (Mousavi et al. 2018). A kukoricaszem nedvességtartalma az érettség megbízható mutatója (Hallauer és Russell 1962).

A FAO számnak megfelelően minden kukorica hibridnél a vegetatív és generatív növekedési szakaszokban eltérő hőösszeg mennyiséget igényel (Horváth et al. 2021). A vizsgálatok azt mutatták, hogy a szemtermés víztartalma és a levegő hőmérséklete között szoros korreláció figyelhető meg (Nagy 2021). Vizsgálatok azt mutatták, hogy a száraz meleg időjárás kedvezően, míg a hűvös csapadékos időjárás kedvezőtlenül hat a kukoricaszemek vízleadásában (Nagy és Zeke 1982, Szlovák 1983).

Szabó et al. (2022) bebizonyították, hogy a különböző kukorica hibridek szárazanyag-beépülése, vízleadási dinamikája, termésmennyisége, betakarításkori szemnedvessége és szárítási költsége között eltérések figyelhetők meg.

Vizsgálatok azt mutatták, hogy a minél rövidebb tenyészidővel rendelkezik egy kukorica, annál nagyobb a vízleadási dinamikája, valamint hogy vízleadás szempontjából a 75 cm-es sortávolság a megfelelő, ennél kisebb sortávolság negatívan befolyásolta a vízleadási folyamatokat (Egriné és Sárvári 2015). A kukoricaszemek víztartalmának változása megosztott, miszerint a szem fejlődése során fiziológiai tevékenységek zajlanak, addig a fiziológiai érettség után passzív száradási folyamat figyelhető meg (Schmidt és Hallauer 1966). A hőmérséklet és a víztartalom közötti negatív korreláción 75–50% és 50–30% intervallumokban szignifikáns, a következő időszakban (30% víztartalom alatt) a hőmérséklettől eltérő időjárási viszonyok (pl. levegő relatív páratartalma) a fontosak. A fiziológiai érettség után az időjárás a legfontosabb körülmény (Aldrich et al. 1972).

A vízvesztesség mértéke függ a mag típusától (Derieu, 1975), a magháj vastagságától (Purdy és Crane 1967) valamint a héjak számától és minőségétől. A meghéjnak döntő szerepe van a vízvesztésben. Megállapítható, hogy a legtöbb természetstechnológiai elem optimális szintje (növényesűrűség, trágyázás) nemcsak a termést növeli, de javítja a növények vízhasznosítását (Nagy és Zeke 1981, Kovács 1982, Németh és Búzás 1991, Nagy 1996). A szem nedvességtartalma a fiziológiás éréskor a műtrágyázás hatására csökkent (Dobos 2005). A műtrágyázás a termés és nyersfehérje-tartalom növekedését, valamint a szem nedvességtartalmának csökkenését

eredményezte (Gotlin és Pucoric 1977, Nagy és Zeke 1982). Az öntözés a kukorica hibridek szemnedvesség-tartalmát jelentősen növelte, különösen alacsony tápanyagellátás esetén (Nagy és Zeke 1981). A betakarítási időszak terméspotenciálját korlátozó növényi korlátok ismerete szükséges a betakarítható hozamok növelését célzó nemesítési és gazdálkodási stratégiák kidolgozásához (Borrás et al. 2004).

Anyag és módszer

Klimatikus viszonyok

A meteorológiai méréseinket és értékeléseinket a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepe (N 47°33', E 21°27', 120 m Bf.), a szántóföldi kísérleti parcellák közelében működő automata meteorológiai állomás hőmérséklet- és csapadékadatai alapján végeztük, így reprezentatív információt kapva a környező mezőgazdasági területekről (Gombos és Nagy 2023). A sokévi átlagtól való eltérések vizsgálatához referenciaként az Országos Meteorológiai Szolgálat Debrecen-Repülőtér állomásának 1981–2010-es klímaadatai szolgáltak. A talajhőmérséklet mérése szántásos alapművelésű parcellákban, a kukorica vetőágyba telepített HOBO UA-002 Pendant hőmérsékleti adatgyűjtőkkel történt 5 cm mélységben. A vizsgálataink módszertana a 2022-es évre vonatkozó elemzésünk módszertanával (Gombos és Nagy 2022, 2023). A tenyészidőszakban elsődlegesen havi, majd dekád bontásban értékeltük a hőmérsékleti, a csapadék és a napsugárzási viszonyokat. A dekadhőmérséklet esetében elsődlegesen az anomáliát, a csapadék esetében a tényleges értékeket vizsgáltuk. A 2023-as tenyészév agrometeorológiai jellemzőit a kukorica vonatkozásában elemeztük. Az eredményeink Debrecen tágabb térségére is érvényesek, mivel a vizsgált évben a csapadékban általában nem voltak a növény vízellátottságát meghatározó módon befolyásoló területi eltérések.

Az előző 2022-es tenyészidőszakban rendkívüli aszály volt a térségben és augusztusra a talajok vízkészlete a mélyebb rétegekben is a holtvíztartalom-érték közelébe csökkent. Ezt követően szeptemberben viszont rekordközele (152 mm) csapadék hullott, így a szokásosnál korábban és jelentős mértékben megindult a talajok vízzel való feltöltődése. Ez a kedvező folyamat folytatódott a téli félévben. A hat hónap alatt összesen lehullott csapadék mennyisége 334 mm volt, ez 120 mm-rel meghaladta a sokévi átlagot (összehasonlításként érdemes megemlíteni, hogy

a 2021/2022-es téli félévben mindössze 144 mm csapadék hullott). Ez - a szeptemberi csapadékkal együtt 486 mm-nyi vízmennyiség, amiből természetesen volt párolgási veszteség is - elegendő volt a talajok szántóföldi vízkapacitásig történő telítődéséhez. A félév középhőmérséklete 5,5 °C, ami 1,3 °C-kal meghaladja a sokévi átlagot. A napsugárzási viszonyok átlagosnak tekinthetők a 694 órás féléves napfénytartammal (1. táblázat).

1. táblázat. A hőmérséklet, a csapadék (Debrecen-Látókép) és a napfénytartam (Debrecen-Repülőtér, OMSZ) havi és féléves jellemzői 2023-ban

Időszak (1)	Középhőmérséklet (°C) (2)	Csapadék (mm) (3)	Napfénytartam (óra) (4)
Téli félév (X-III.) (5)	5,5 (+1,3)	334 (+120)	694 (+22)
Nyári félév (IV-IX.) (6)	18,4 (+0,9)	336 (-10)	1512 (+28)
Április (7)	9,3,3 (-1,9)	48 (-5)	151 (-64)
Május (8)	16,5 (-0,1)	33 (-31)	247 (+3)
Június (9)	19,5 (+0,2)	82 (+16)	275 (+13)
Július (10)	22,5 (+1,2)	46 (-20)	306 (+28)
Augusztus (11)	22,8 (+2,0)	86 (+37)	286 (+4)
Szeptember (12)	20,0 (+3,8)	41 (-7)	247 (+44)

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 2023. (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.

Februárban és márciusban száraz volt az időjárás, a talaj felső rétegének csökkenő nedvességtartalma lehetővé tette a kora tavaszi talajelőkészítő munkákat. Március végétől április közepéig gyakran csapadékos, kifejezetten hűvös időjárás uralkodott.

Április 7-én 5 cm feletti hótakaró borította a tájat Debrecen környékén. Mindezt jól mutatja április első dekádjának 5 °C-os negatív hőmérsékleti anomáliája és az ezidőszakban lehullott 30 mm feletti csapadék (2. ábra). 2023-ban korai, április első felében történő vetésre lényegében nem volt

lehetőség. Az április összességében (az elmúlt két évhez hasonlóan) a szokásosnál hűvösebb volt, a 9,3 °C-os középhőmérséklete 1,9 °C-kal maradt el az átlagostól. A gyakran felhős időre utal a napsütéses órák alacsony száma (151 óra). A havi csapadékösszeg lényegében megfelel az éghajlati normának (48 mm). A vetésmélységben több fokkal a bázishőmérséklet felett alakult a talajhőmérséklet napi átlaga, még a hónap végi és a májusi átmeneti lehűlések idején is (1. ábra). Ez kedvezett a kelési folyamatnak és a kezdeti vegetatív fejlődésnek.

1. ábra. A talajhőmérséklet (5 cm, szántásos alapművelés) és a léghőmérséklet (2 m) alakulása (Debrecen-Látókép, 2023. április 19.–június 18.)

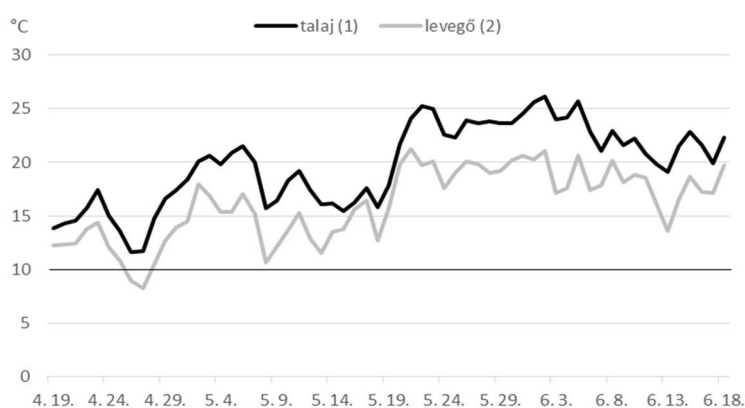


Figure 1. Daily average of soil temperature (at 5 cm depth), air temperature (2 m) and the difference of them (Debrecen-Látókép, 19 April to 18 June, 2023). (1) Soil, (2) Air

A május a hőmérséklet (16,5 °C) és a napfénytartam (247 óra) vonatkozásában teljesen átlagosan alakult. A havi csapadékösszeg (33 mm) ugyanakkor csupán a sokévi átlag felét érte el. Vízhány jelei nem mutatkoztak a talaj megfelelő nedvességtartalma következtében.

Júniusban folytatódott a szélsőségektől mentes, kiegyenlített, mérsékelt meleg, a sokévi átlagnak megfelelő hőmérsékletű időjárás (2. ábra). A csapadékviszonyok kedvezően alakultak, a 82 mm-es havi összeg nagy része az első és az utolsó dekádban hullott le. A napfénytartam (275 óra) kevéssel átlag felett alakult.

2. ábra. A dekád középhőmérsékletek eltérése a sokévi átlagtól (a) és a csapadékösszegek (b) 2023 tenyészidőszakában (Debrecen-Látókép, 2023)

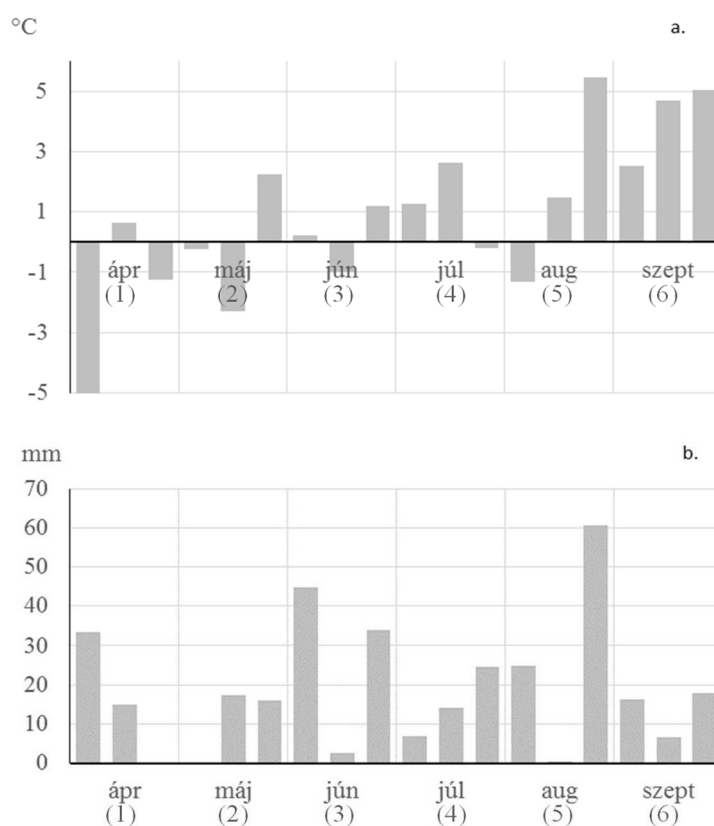


Figure 2. 10-day precipitation sums (b) and anomalies of the 10-day average air temperature values (a) in the growing season (Debrecen-Látókép, 2023). (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) September

A júliusi középhőmérséklet (22,5 °C) a szokásosnál magasabb, de ez az érték 1–2 °C-kal elmarad az utóbbi nyarak legmelegebb hónapjainak középhőmérsékletétől. A hónapot kevés felhő, sok napsütés (306 óra) jellemezte. A hónap közepe volt a legmelegebb, de szélsőséges hőhullám ekkor sem alakult ki, a hőmérséklet csupán két napon érte el a 34–35 °C-ot. Július utolsó dekádjára a hőmérséklet visszaállt a sokévi átlagnak megfelelő szintre (2. ábra). A

kukorica vízigénye a virágzás-termés kezdeti fejlődése időszakban a legnagyobb. Ez a fenológiai szakasz idén is döntően júliusra esett. A csapadék 46 mm-es havi összege (20 mm-rel az átlag alatt) nem volt elegendő az optimális vízellátottság biztosításához, de a térség jó vízgazdálkodási tulajdonságú talajain nem alakult ki lényeges vízhiány-stressz.

Az augusztus első dekádjának kissé hűvös és mérsékelt csapadékos időjárása kedvező hatást gyakorolt a termés fejlődésére, a szemek növekedésére. A hónap közepén igen meleg, csapadékmentes periódus kezdődött, ami 27-28-án 37 °C-os maximumokkal tetőzött. A tenyészidőszak legnagyobb pozitív hőmérsékleti anomáliája augusztus utolsó dekádjában alakult ki. Ennek hatására az érési folyamat látványosan felgyorsult. Augusztus összességében az átlagosnál lényegesen melegebb és csapadékosabb volt. A havi 86 mm-es összeg azonban annyiban félrevezető, hogy a döntő része (60 mm) a hónap végén egyetlen napon hullott le, addig kifejezetten száraz időjárás uralkodott.

A szeptember rekord meleg volt, a mérések kezdete óta nem fordult elő az ideai középhőmérsékletnél (20,0 °C) nagyobb érték Debrecenben. Mindhárom dekádot a szokásosnál lényegesen melegebb időjárás jellemezte, összességében 3,8 °C-os pozitív hőmérsékleti anomália alakult ki. A napi hőmérsékleti maximumok többnyire a 25-30 °C-os tartományban mozogtak. A csapadék (41 mm) megközelítette a sokévi átlagot, a napfénytartam (247 mm) pedig lényegesen meghaladta azt. A szeptemberi időjárás kedvezett a szemek vízleadásának és nem hátráltatta a betakarítást (*Gombos és Nagy 2024*).

Eltérő FAO számú kukorica hibridek

- Mv 352 (FAO 350) fenotípusát tekintve tetszetős hibrid, kompakt felépítésű, átlagos növénymagassága 327 cm. A cső átlagosan 156 cm-es magasságban ered a szárról. Szép, telt csöveket fejleszt, ezermagtömege 504 g, szárátmérője átlagosan 20 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Biológiai érettségét korán, szeptember 5-én érte el. Átlagos csőhossza 18,2 cm; átlagos csőátmérője 49,9 mm. Betakarításkori szemnedvesség-tartalma 15,94%. Sorok száma 16, 409 szem/cső.
- OBISPO (FAO 430) termetét tekintve magas hibrid, átlagos növénymagassága 321 cm. A cső 131,2 cm-es magasságban ered a szárról. Szép csöveket fejleszt,

ezermagtömege 484 g. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 19 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szár szilárdsága is jó. Biológiai érettségét korán, szeptember elején érte el. Átlagos csőhossza: 19 cm; átlagos csőátmérője 54 mm. Sorok száma 19, 507 szem/cső.

- Kabardi (FAO 480) termetét tekintve tetszetős hibrid, átlagos növénymagassága 325 cm. A cső 137 cm-es magasságban ered a szárról. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 21 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Biológiai érettségét szeptember elején (09. 08.) érte el. Szép csöveket fejleszt, ezermagtömege 493 g. Átlagos csőhossza 18 cm, átlagos csőátmérője 52 mm. Sorok száma 18, 452 szem/cső.
- Mv 501 (FAO 510) termetét tekintve magas hibrid, átlagos növénymagassága 353 cm. A cső 164 cm-es magasságban ered a szárról. Szép csöveket fejleszt, ezermagtömege 630 g. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 22 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Biológiai érettségét szeptember 10-én érte el. Átlagos csőhossza 21 cm; átlagos csőátmérője 49 mm. Sorok száma 13, 412 szem/cső.

Agrotechnikai adatok (Debrecen-Látókép, 2023)

- Elővetemény betakarítás: 2022. 10. 10.
- Talajelőkészítés:
 - Szántás: 2022. 10. 17.; Szántás lezárás: 2023. 02. 02.; Műtrágyaszórás (500 kg/ha Pétisó - 39%; 27-7-5) + kombinátor: 2023. 04. 17.
- Vetés: 2023. 04. 20.
- Kelés: 2023. 05. 02-08.
- Öntözés: 2023. 06. 18.-2023. 08. 10. (12 alkalommal)
 - Kijuttatott vízmennyiség a tenyészidőszak során 374 mm.
- Tápoldatozás: 2023. 07. 10.
 - Megasol narancssárga (25 kg műtrágya) NPK 3-5-40 (0,875 kg N, 1,25 kg P₂O₅, 10 kg K₂O)
- Betakarítás: 2023. 09. 28.

Statisztikai módszerek

A terméseredmények adatainak statisztikai elemzéshez a Microsoft Office Excel és a Windows SPSS 29.0.0 programot használtam. A statisztikai megbízhatósági vizsgálatokhoz 5%-os szignifikancia szintet határoztunk meg.

Eredmények és következtetések

A szántóföldi tartamkísérleteink eredményei alapján értékeltük négy eltérő FAO számú kukorica hibrid legfontosabb értékeit, paramétereit. A hibridek teljesítményének és minőségének értékeléséhez újszerűen a fejlődési fázisokhoz felhasznált hasznos hőösszeg (HU) értékeket használtuk.

A FAO 350 kukorica hibrid agronómiai tulajdonságai kedvezőek. 2023-ban az eltérő FAO számú kukoricahibridek vetését egy időben (2023. 04. 20.) végeztük, a megbízható energia, hőösszeg elemzések érdekében. A FAO 350 hibrid kelése egyöntetű, gyors volt. A kelés ideje (2023. 05. 03.) egy nappal korábbi volt a három másik hibrid keléséhez (2023. 05. 04.) viszonyítva. Mind a négy eltérő FAO számú hibridnél vizsgáltuk a szárazanyag-beépülési és vízleadási dinamikát megelőző legfontosabb fenofázisokban újszerűen és egyedülálló módon a kukorica hibridek hasznos hőösszeg-igényét. Az egyes fenofázisokban rögzítettük a keléstől eltelt napok számát is, lehetőséget adva az irodalmi adatokkal való összevetésre. A FAO 350 hibrid a 12 leveles korig 362 HU, a nővirágzásig 572 HU mennyiséget hasznosított. A szárazanyag-beépülést vizsgáltuk az R2, az R4 (viaszérés) és a fiziológiai érés állapotában, valamint a betakarítás időpontjában. A szárazanyag-beépülés dinamikai vizsgálatát 2023. 07. 31-én kezdtük meg a négy eltérő FAO számú hibridnél, a megbízható összehasonlítás követelményének megfelelően. A FAO 350 hibrid szemmintáinak szárazanyag-tartalma az első mintavételkor 36,7% volt. Ezt a fenofázist 848 HU energiamennyiséggel érte el a keléstől számítva. A második mintavételkor 13,8%-kal (51,4%) nagyobb szárazanyag-termelést mértünk, a keléstől számítva a HU felhasználása 1002 volt (R4 fázis). A harmadik mintavétel a fiziológiai érést közvetlenül megelőző időszakban volt, 125 nappal a kelés után. A szárazanyag-tartalom 68,9% volt, 1283 HU felhasználásával. Az utolsó mintavétel a betakarítást megelőzően volt, 82,7% szárazanyag-tartalommal, a felhasznált energia mennyisége 1531 HU (3. ábra).

3. ábra. FAO 350 hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg függvényében (HU) (Debrecen-Látókép, 2023)

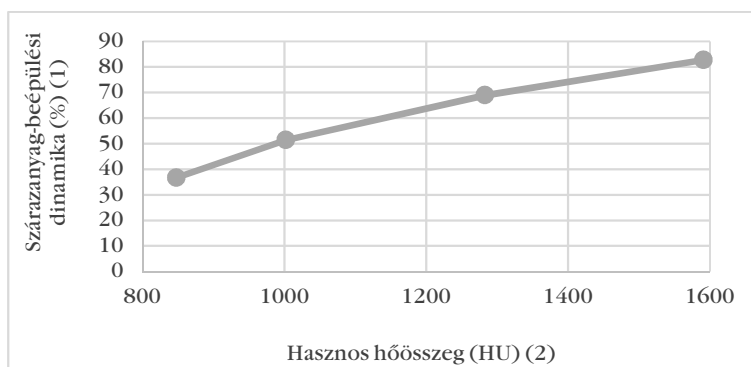


Figure 3. FAO 350 hybrid dry matter incorporation dynamics (%) as a function of useful heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

A megbízható mintavételi adatok lehetővé tették a vízleadási dinamika elemzését a hőenergia felhasználásának tükrében. A négy mintavételi időpont között három vízleadási intervallumot értékeltünk. Az első két mintavételi időpont között eltelt 14 napos időszakot kedvező vízleadási dinamika jellemezte, 10% vízleadáshoz 17 HU volt szükséges, a napi vízleadás értéke 0,9% volt. A második (R4) és harmadik (fiziológiai érés) hosszabb időszakot (31 napos) intenzív vízleadási szakaszként értékeltük, 1% vízleadáshoz 16 HU energiát használt fel, a vízleadás átlagos értéke naponta 0,6% volt. A harmadik szakaszban a vízleadás lelassult, 1% víztartalom csökkenéshez kétszer annyi, 35 HU-ra volt szükség, a napi vízleadás 0,5% alá csökkent (3. ábra).

A FAO 430 kukorica hibrid jó agronómiai tulajdonságokkal rendelkezik. A FAO 350-hez viszonyítva egy nappal később kelt (2023. 05. 04.) a növényállomány. A FAO 430 hibrid 12 leveles korig (47 nap) 355 HU, a nővirágzásig (64 nap) 544 HU energiamennyiséget hasznosított. A hibrid szemmintáinak szárazanyag-tartalma az első mintavételkor 33,2% volt. Ezt a fenológiai állapotot 840 HU energiamennyiséggel érte el a keléstől számítva. A R4 fenofázisban 19%-kal (52,2%) nagyobb szárazanyag-tömeget mértünk. HU felhasználása kedvező volt, 994 HU. A fiziológiai érettséget egy nappal korábban érte el 1276 HU-val. A szárazanyag-tartalom 73,7% volt. Az utolsó mintavételkor a szárazanyag-tartalom

81,7%, a felhasznált energia 1523 HU volt. Az első két mintavételi időpont között 1% vízleadáshoz 8 HU volt szükséges. A második vízleadási szakaszban 13 HU/1% víztartalom csökkenést mértünk. A harmadik szakaszban a fizikai vízvesztéshez (8%) lényegesen nagyobb energiamennyiséget (247 HU) használt a hibrid, a napi vízleadás 0,39% volt (4. ábra).

4. ábra. FAO 430 hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2023)

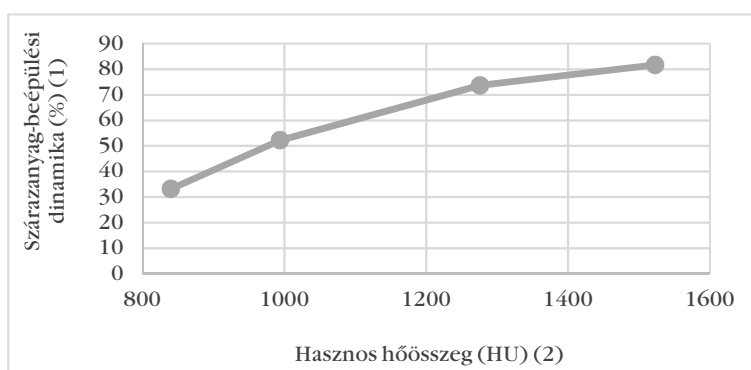


Figure 4. FAO 430 hybrid dry matter incorporation dynamics (%) as a function of useful heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

A FAO 470 kukorica hibrid is kiváló agronómiai tulajdonságokkal rendelkezik. Kelési eréje jó, korai fejlődése, szárszilárdsága, termőképessége (19,474 t/ha) kiváló volt. A hibrid 12 leveles fejlettségi állapot elérését kedvező hőmennyiséggel (335 HU), 47 nap alatt érte el. A nővirágzásig 64 nap telt el 554 HU mellett. A hibrid szemmintáinak szárazanyag-tartalma az első mintavételkor 31,5% volt. Ezt a fenológiai állapotot 838 HU energiamennyiséggel érte el, a keléstől eltelt napok száma 88. A fiziológiai érettséghez 1326 HU volt szükséges a keléstől számított 127 napon. Az utolsó mintavételkor a szárazanyag-tartalom 79,9% volt. Az első két mintavételi időpont között a szárazanyag-gyarapodás dinamikája nagyon kedvező volt, 18,7%. Az energiafelhasználás 156 HU, a vízleadás dinamikája kiváló, 1,1%/nap volt. A második időszakban a szárazanyag-gyarapodás 21,7%, az energia felhasználás 332 HU, a napi vízleadás üteme 0,6% volt. A harmadik

fiziológiai szakaszban a szárazanyag-gyarapodás 8%, a felhasznált energia 197 HU, a napi vízvesztés mindösszesen 0,34% volt (5. ábra).

5. ábra. FAO 470 hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2023)

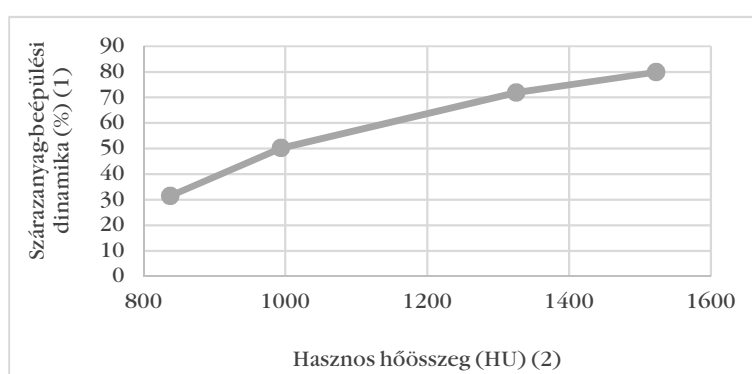


Figure 5. FAO 470 hybrid dry matter incorporation dynamics (%) as a function of useful heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

A FAO 510 hibrid agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési ereje, fejlődése jó. Termétét tekintve magas (353 cm) hibrid, termőképessége kiemelkedő. A vizsgált hibridek közül a tenyészideje a leghosszabb, betakarításkori szemnedvessége a legnagyobb 20,1%. A hibrid 12 leveles fejlettségét 355 HU hőegységgel, 47 nap alatt érte el. A nővirágzásig a keléstől 66 nap telt el 575 HU mellett. A hibrid szemmintáinak szárazanyag-tartalma 31,5% 838 HU mellett. A fiziológiai éréshez 1348 HU-ra volt szükség, a keléstől eltelt napok száma 129 nap volt. Az első két mintavételi időpont között a szárazanyag-gyarapodás 18,3%, ami kiváló, az energiafelhasználás hatékony volt. 156 HU mellett a vízleadási dinamikája kedvezően alakult, naponta átlagosan 1%. A második időszakban a szárazanyag-gyarapodás 22,1%, az energia felhasználás 282 HU, a napi vízleadás üteme 0,8% volt. A harmadik fiziológiai szakaszban a szárazanyag-gyarapodás 7,9%, az energiafelhasználás 198 HU, a napi vízleadás közepes 0,41% volt (6. ábra).

A különböző FAO számúhibridek szárazanyag- és vízleadási dinamika vizsgálataihoz fontos fenofázisban SPAD (7–10. ábra) és NDVI (11–14. ábra)

értékeket mértünk. Az értékek jól jellemzik a hibridek fejlődését a vegetáció során, ezt követően vizsgáltuk a beépülő szárazanyag-mennyiséget.

6. ábra. FAO 510 hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2023)

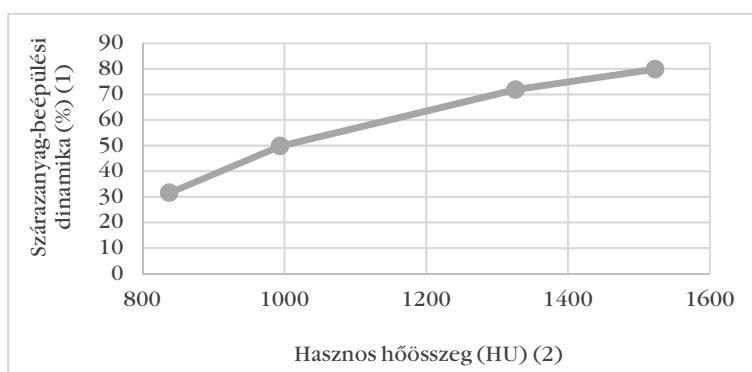


Figure 6. FAO 510 hybrid dry matter incorporation dynamics (%) as a function of useful heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

7. ábra. FAO 350 hibrid SPAD értékei (Debrecen-Látókép, 2023)

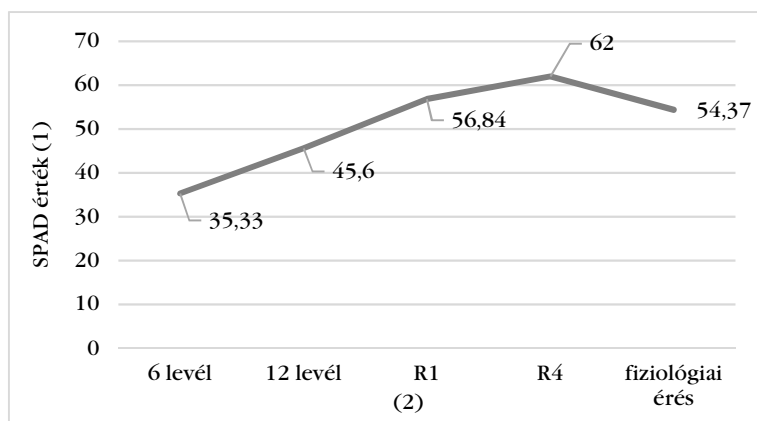


Figure 7. SPAD readings of FAO 350 hybrid (Debrecen-Látókép, 2023). (1) SPAD readings, (2) 6-leaf stage, 12-leaf stage, R1, R4, physiological maturation

8. ábra. FAO 430 hibrid SPAD értékei (Debrecen-Látókép, 2023)

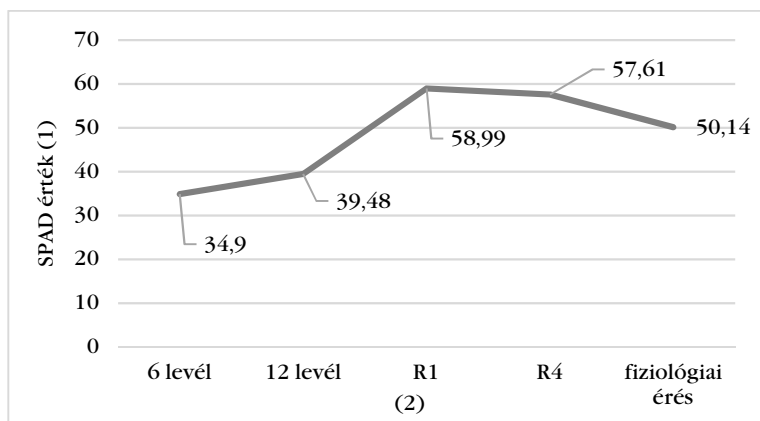


Figure 8. SPAD readings of FAO 430 hybrid (Debrecen-Látókép, 2023). (1) SPAD readings, (2) 6-leaf stage, 12-leaf stage, R1, R4, physiological maturation

9. ábra. FAO 480 hibrid SPAD értékei (Debrecen-Látókép, 2023)

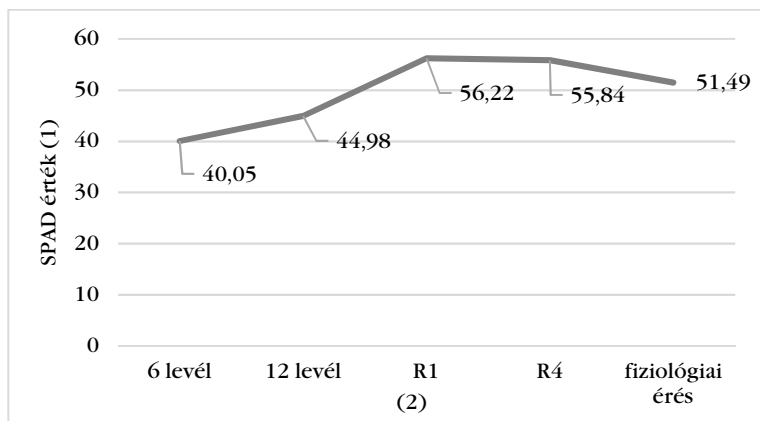


Figure 9. SPAD readings of FAO 480 hybrid (Debrecen-Látókép, 2023). (1) SPAD readings, (2) 6-leaf stage, 12-leaf stage, R1, R4, physiological maturation

10. ábra. FAO 510 hibrid SPAD értékei (Debrecen-Látókép, 2023)

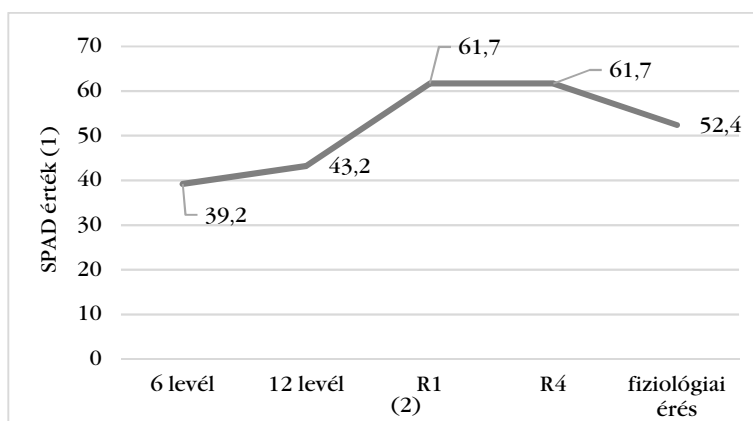


Figure 10. SPAD readings of FAO 510 hybrid (Debrecen-Látókép, 2023). (1) SPAD readings, (2) 6-leaf stage, 12-leaf stage, R1, R4, physiological maturation

11. ábra. FAO 350 hibrid NDVI értékei (Debrecen-Látókép, 2023)

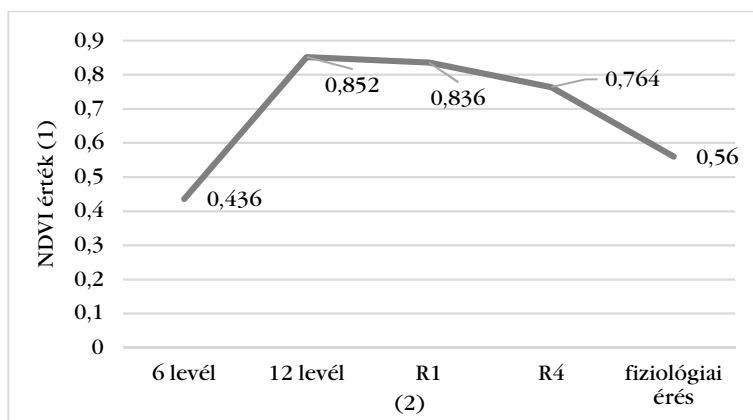


Figure 11. FAO 350 hibrid NDVI értékei (Debrecen-Látókép, 2023). (1) NDVI érték, (2) 6 levél, 12 levél, R1, R4, fizioológiai érés

12. ábra. FAO 430 hibrid NDVI értékei (Debrecen-Látókép, 2023)

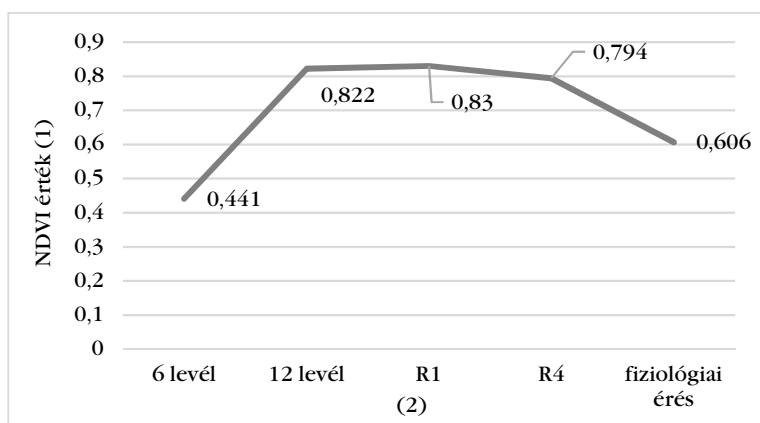


Figure 12. NDVI values of FAO 430 hybrid (Debrecen-Látókép, 2023) (1) NDVI values, (2) 6-leaf stage, 12-leaf stage, R1, R4, physiological maturation

13. ábra. FAO 480 hibrid NDVI értékei (Debrecen-Látókép, 2023)

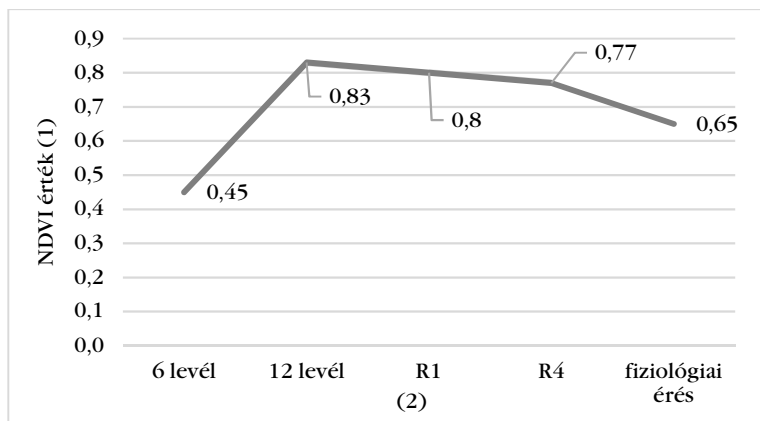


Figure 13. NDVI values of FAO 480 hybrid (Debrecen-Látókép, 2023) (1) NDVI values, (2) 6-leaf stage, 12-leaf stage, R1, R4, physiological maturation

14. ábra. FAO 510 hibrid NDVI értékei (Debrecen-Látókép, 2023)

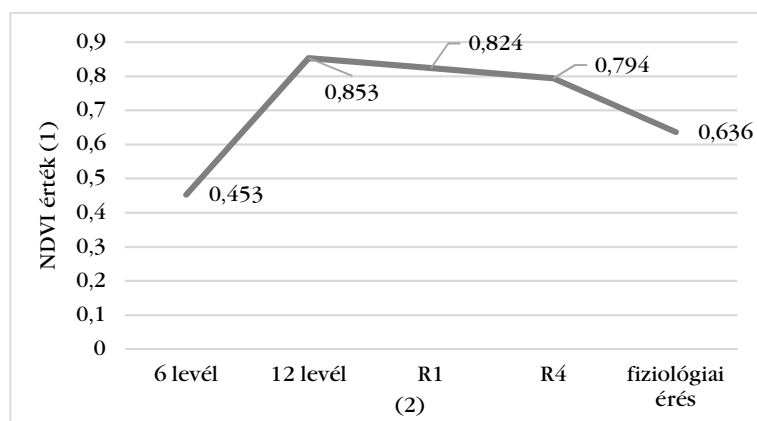


Figure 14. NDVI values of FAO 510 hybrid (Debrecen-Látókép, 2023) (1) NDVI values, (2) 6-leaf stage, 12-leaf stage, R1, R4, physiological maturation

A négy eltérő FAO számú kukorica hibrid terméseredményei szignifikánsan különböztek. A legnagyobb terméseredményt a FAO 480 (19,53 t/ha) kiváló képességű hibrid érte el. A legkisebb FAO számú hibrid (FAO 350) terméseredménye hektáronként közel 6 tonnával volt alacsonyabb. A FAO 430 és FAO 510 hibridek jó szinten teljesítettek (15. ábra).

A vizsgált kukorica hibridek betakarításkori szemnedvesség tartalma szoros összefüggést mutatott minden esetben a tenyészidőszak hosszával. Legalacsonyabb szemnedvesség tartalom (a) a FAO 350 hibridnek (17,1%), a legmagasabb a FAO 510 hibridnek (20,25%) volt. A hibridek szemnedvesség tartalma szignifikánsan különbözött a betakarítás idején (16. ábra).

A négy eltérő FAO számú kukorica hibrid keményítőtartalom vizsgálati eredményeit értékelve megállapítottuk, hogy két hibrid (FAO 430 és FAO 510) esetében szignifikánsan nem különböztek (75,75% és 76,38%). A keményítőtartalom szorosan összefüggött a terméseredménnyel, a FAO 480 hibrid a legnagyobb terméseredményt és a legmagasabb keményítőtartalmat érte el, ugyanakkor a legkisebb termést és legkisebb keményítőtartalmat a FAO 350 hibrid mutatta (17. ábra).

Négy eltérő FAO számú kukorica hibrid fehérjetartalma két hibrid (FAO 430 és FAO 510) esetében szignifikánsan nem különbözött (6,29% és 6,66%). A fajlagos

fehérjeteralom szoros, fordított összefüggést mutatott a termés eredménnyel. A FAO 350 hibrid a legkisebb termés eredménnyel (13,62 t/ha) és a legmagasabb (7,69%) fehérjeteralmat, a FAO 480 hibrid a legnagyobb termés eredménnyel (19,53 t/ha) és a legalacsonyabb (5,78%) fehérjeteralmat érte el (18. ábra).

15. ábra. *Eltérő FAO számú kukorica hibridek termés mennyisége (t/ha)*
(Debrecen-Látókép, 2023)

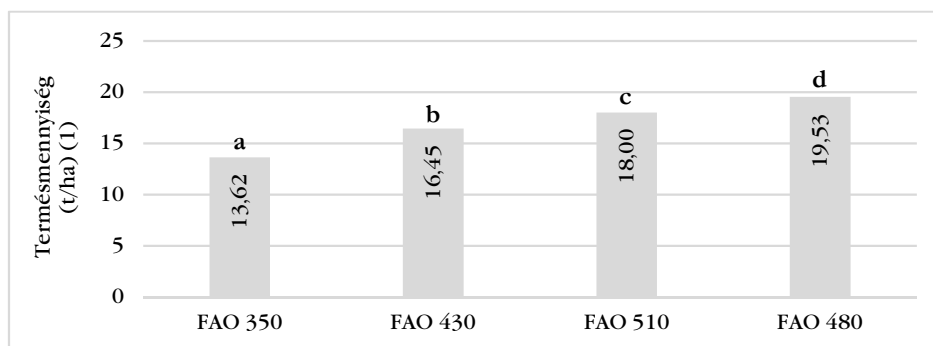


Figure 15. Yields of maize hybrids with different FAO numbers (t/ha) (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Yield (t/ha)

16. ábra. *Eltérő FAO számú kukorica hibridek betakarításkori szemnedvessége (%)*
(Debrecen-Látókép, 2023)

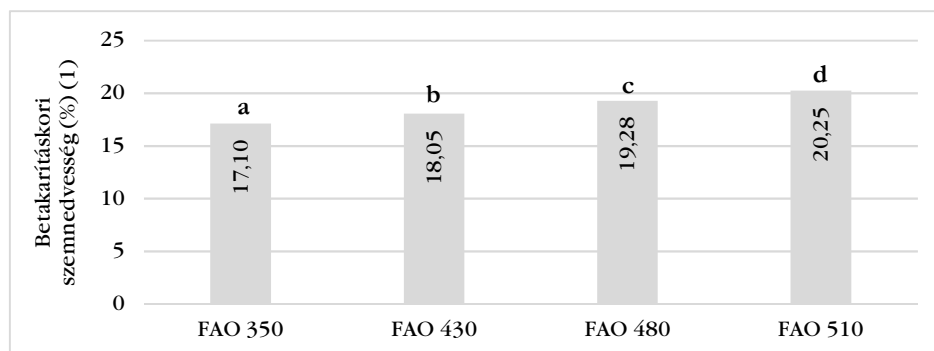


Figure 16. Grain moisture at harvest of maize hybrids with different FAO numbers (%) (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Grain moisture at harvest (%)

17. ábra. *Eltérő FAO számú kukorica hibridek keményítőtartalma (g/100 g)*
(Debrecen-Látókép, 2023)

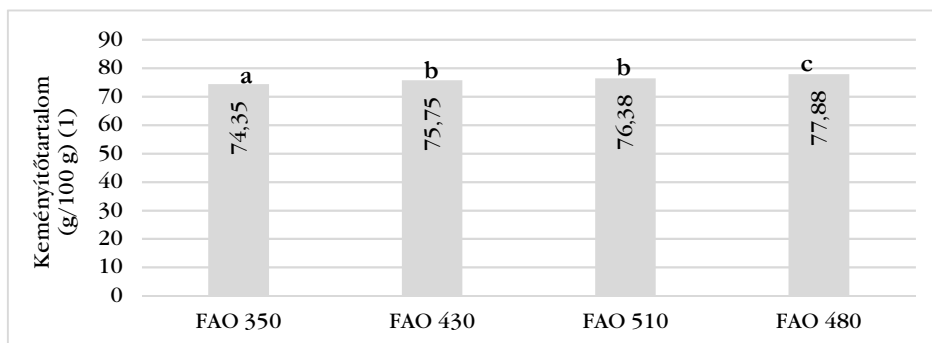


Figure 17. Starch content of different FAO maize hybrids (g/100 g) (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Starch content (g/100 g)

18. ábra. *Eltérő FAO számú kukorica hibridek fehérjetartalma (%)*
(Debrecen-Látókép, 2023)

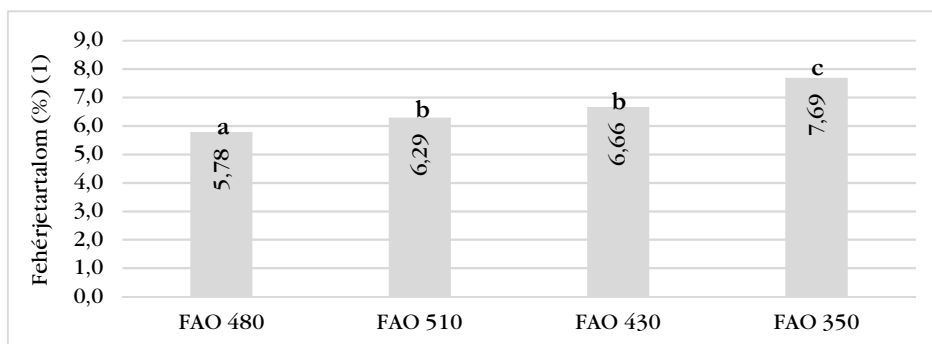


Figure 18. Protein content of maize hybrids with different FAO numbers (%) (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Protein content (%)

A vizsgált kukorica hibridek olajtartalma szoros összefüggést mutatott minden esetben a termésmennyiséggel. A hibridek olajtartalmai szignifikánsan eltérőek voltak, a legnagyobb (3,92%) olajtartalommal a FAO 480 hibrid, a legalacsonyabbal (3,16%) a FAO 350 hibrid (19. ábra).

19. ábra. *Eltérő FAO számú kukorica hibridek olajtartalma (%)*
(Debrecen-Látókép, 2023)

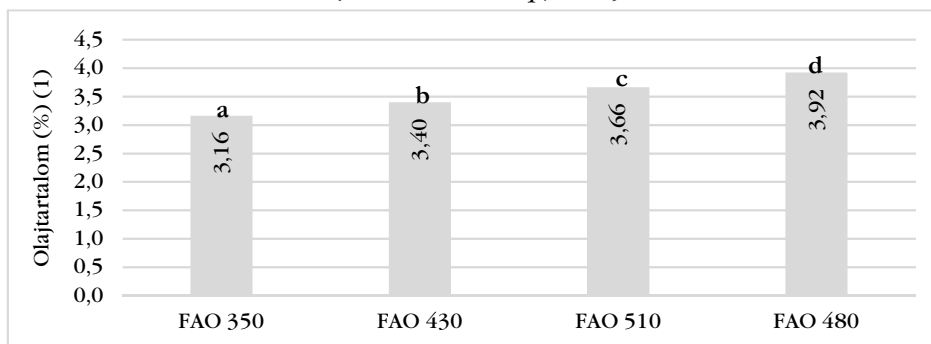


Figure 19. Oil content of maize hybrids with different FAO numbers (%) (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Oil content (%)

Az új kutatási eredmények szoros összefüggésre utalnak az olajsintézis és a hektáronkénti terméseredmények között, ezek igazolására további szántóföldi kísérletek és laborvizsgálatok szükségesek.

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 finanszírozásából valósult meg.

IRODALOM

- Aldrich, S. R.-Leng, E. R.:* 1972. Modern maize production. Fand w publishing crop. Illinios. USA. 8-15.
- Bloc, D.-Gouet, J. P.:* 1974. Influence des sommes de temperature sur la date de florasion et l evolution de lumidite du grain chez le mias. AGPM-ITCF.
- Bocz, E.:* 1992. Maize - Field Crop Production. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Borrás, L.-Slafer, G. A.-Otegui, M. E.:* 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. Field Crops Research. 86: 131-146.
- Crasta, O. R.:* 1996. Temperature and soil water effects on maize growth, development, yield and forage quality. Crop Science. 36. 2: 341-348.

- Derieux, M.*: 1975. La precocite du maïs. EUCARPIA 8. Congress international de la section maïs-sorgho. Paris-Versailles. 128-160.
- Dobos, A. C.*: 2005. Analysis of the ripening dynamics of maize hybrids on chernozem soil with lime deposits. Acta Agronomica Hungarica. 53. 1: 47-52.
- Egriné Becze Zs. J.-Sárvári M.*: 2015. A tápanyagellátás és különböző genetikai alapú kukorica hibridek termése közötti összefüggés csernozjom talajon eltérő évjáratokban. Agrártudományi Közlemények. 64: 27-31.
- Farnham, D. E.*: 1996. Drier conditions may slow corn growth. Iowa State Univ.
- Gombos, B.-Nagy, J.*: 2024. An empirical and a dynamic-empirical model for the estimation of maize seedbed temperature. Időjárás / Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service. 128. 1: 41-57.
- 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.
- Gotlin, J.-Pucoric, A.*: 1977. Znacenje agrotehnickih mjera za prinos i kvalitetu zrna hibrida kukuruza u Jugoslaviji. Krimiva. Zagreb. 19. 3: 49-55.
- Hallauer, A. R.-Russell, W. A.*: 1962. Estimates of maturity and its inheritance in maize. Crop Science. 2: 289-294.
- Helm, J. L.-Zuber, M. S.*: 1969. Pericarp thickness of dent maize inbred line. Crop Science. 9: 803-804.
- Horváth, É.-Gombos, B.-Széles, A.*: 2021. Evaluation phenology, yield and quality of maize genotypes in drought stress and non-stress environments. Agronomy Research. 19. 2: 408-422.
- Kovács G. J.*: 1982. A kukorica víz- és tápanyag-dinamikájának kritikus ökológiai kapcsolata. Növénytermelés. 31. 3: 355-365.
- Kovács, G. J.-Máthéné, G. G.-Máthé, P.*: 1984. Interaction between maize genotypes, soil nitrogen and water regime. CIEC 9th Congress. 11-16 June 1984. Budapest. 2: 176-180.
- Máthéné G. G.-Máthé P.-Kovácsné Sch. M.*: 1985. Kedvezőtlen időjárási tényezők hatása néhány kukorica genotípus produkciójára és növekedési mutatóira. Botanikai Közlemények. 72: 271.
- Menyhért Z.-Ángyán J.-Jeney Cs.-Varga A.*: 1984. Kukorica klimatikus igényeinek biometria elemzése. Növénytermelés. 33. 4: 385-396.
- Nagy J.*: 1996. A növényszám és a talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. Növénytermelés. 35. 3: 255-365.
- Nagy J.*: 2021. Kukorica. A nemzet aranya. Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó. Budapest. 92-95.
- Nagy J.-Zeke É.*: 1981. A kukoricaszemek vízleadásának vizsgálata I. - A műtrágyázás hatása a szemnedvességre. Növénytermelés. 30. 4: 529-538.
- Nagy J.-Zeke É.*: 1982. A kukoricaszemek vízleadásának vizsgálata II. Növénytermelés. 2. 31: 119-124.

- Németh T.–Búzás I.*: 1991. Nitrogéntrágyázási tartamkísérlet humuszos homok- és mészlepedékes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 40: 399–408.
- Purdy, I. L.–Crane, P. L.*: 1967. Influence of pericarp on different drying rate in mature maize (*Zea mays* L.). *Crop Science*. 7: 379–381.
- Schmidt, T. L.–Hallauer, A. R.*: 1966. Estimating harvest date of maize in the field. *Crop Science*. 6: 227–231.
- Mousavi, S. M. N.–Bodnár, K. B.–Nagy, J.*: 2018. Evaluation of decreasing moisture content of different maize genotypes. *Acta Agraria Debreceniensis*. 74: 147–151.
- Szabó A.–Balaout, I.–Zelenák A.*: 2022. Eltérő genotípusú kukorica hibridek szárazanyag-beépülési és vízleadási dinamikájának vizsgálata. *Növénytermelés*. 2. 71: 93–100.
- Széles, A.–Horváth, É.–Simon, K.–Zagy, P.–Huzsvai, L.*: 2023. Maize production under drought stress: nutrient supply, yield prediction. *Plants*. 12. 18: 3301.
- Szlovák, S.*: 1983. The effect of increasing nitrogen doses upon dry matter production, transpiration and water utilization of maize plants. *Acta Botanica Hungarica*. 29. 1–4: 293–306.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Harsányi Endre – Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
HU-4032
*harsanyie@agr.unideb.hu

Dr. Harsányi Endre – Dr. Erdős Zsuzsa
Debreceni Egyetem
Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság
Debrecen
Böszörményi út 138.
HU-4032