

Eltérő genotípusú kukorica hibridek (*Zea mays L.*) smart paramétereinek értékelése

¹LOVÁSZ ÁGOTA – ²NAGY JÁNOS

¹Saaten-Union Hungária Kft., Lepsény

²Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A 2024-es tenyésztésben végzett szántóföldi tartamkísérlet során öt különböző genotípusú kukorica hibrid smart paramétereit vizsgáltuk. A kutatás középpontjában a kelési dinamika, a szárazanyag-beépülés a hasznos hőösszeg függvényében, valamint a növények egyedi NDVI és SPAD értékeinek elemzése állt.

A vetés utáni két hétben tapasztalt lehűlés kihívások elé állította a hibrideket, mégis jól megfigyelhetők voltak az eltérő genotípusok alkalmazkodási stratégiái. A kelés dinamikája és a szárazanyag-felhalmozás üteme rámutatott a genotípusok sokszínűségére, amely a terméshozam és a betakarítás időzítése szempontjából is jelentős lehetőségeket kínál.

A Kabanero hibrid kiemelkedően teljesített, mivel a legkorábban kelt ki és érte el a legmagasabb végső szárazanyag-tartalmat. A Synopsis hibrid dinamikus alkalmazkodott, bár kezdetben lassabb kelést mutatott, később gyors növekedésbe kezdett, kiegyensúlyozott szárazanyag-beépüléssel. A Dueling hibrid egyöntetű kelése és a legnagyobb kikelt növényszám mellett folyamatosan növelte szárazanyag-tartalmát, ami stabil fejlődési pályát eredményezett. Az Indem1012 hibrid érzékenyen reagált a hőmérséklet csökkenésére, azonban a késleltetett kelés ellenére is jelentős szárazanyag-gyarapodást ért el. A Kabaretto hibrid egységesen kelt, és bár a fiziológiai érettségig alacsonyabb szárazanyag-tartalmat mutatott, mégis a legmagasabb termésátlagot produkálta, bizonyítva kiváló terméspotenciálját.

Az NDVI elemzés rávilágított arra, hogy minden hibrid esetében a V12 fenológiai fázisban mértük a legmagasabb értékeket, ami a növények egészséges fejlődését

tükrözi. A SPAD értékek vizsgálata során a Kabanero, Synopsis és Dueling hibridek hasonló mintázatot mutattak, a legkiemelkedőbb értékeket a V12, nővirágzás és R4 fázisokban érve el. Az Indem1012 és Kabaretto hibrideknél a V12 szakaszban tapasztalt magas SPAD értékek után a nővirágzáskor csökkenés következett, majd az R4 fázisban ismét emelkedést mutattak, jelezve a hibridek alkalmazkodóképességét.

Összességében a vizsgált kukorica hibridek változatos teljesítménye értékes információkat szolgáltatott a kelési dinamika, a szárazanyag-felhalmozás és a fiziológiai fejlődés közötti összefüggésekről, kiemelve a genetikai sokféleségben rejlő potenciált.

Kulcsszavak: kukorica, kelési dinamika, hőösszeg, szárazanyag-beépülés, NDVI, SPAD

Evaluation of smart parameters of maize (*Zea mays L.*) hybrids with different genotypes

¹Á. LOVÁSZ – ²J. NAGY

¹Saaten-Union Hungary Ltd., Lepsény

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

Summary

In the 2024 growing season, I examined the smart parameters of five different genotypes of maize hybrids within the framework of a long-term field experiment. The research focused on the germination dynamics, dry matter accumulation in relation to the useful heat units, and the analysis of individual NDVI and SPAD values of the plants.

The cooling that occurred during the two weeks following sowing posed challenges for the hybrids, yet the adaptive strategies of the different genotypes were clearly observable. The dynamics of germination and the rate of dry matter accumulation highlighted the diversity among the genotypes, offering significant potential in terms of yield and harvest timing.

The Kabanero hybrid performed exceptionally well, emerging the earliest and reaching the highest final dry matter content. The Synopsis hybrid showed dynamic adaptation: although its initial germination was slower, it later accelerated, resulting in balanced dry matter accumulation. Dueling hybrid exhibited the most equal germination and the highest number of emerged plants, coupled with a continuous increase in dry matter content, leading to stable growth. Indem1012 hybrid was sensitive to the drop in temperature, resulting in delayed germination, yet it still achieved significant dry matter accumulation. Kabaretto hybrid emergence equal and although it maintained a lower dry matter content until physiological maturity, it produced the highest average yield, demonstrating its excellent yield potential.

NDVI analysis revealed that all hybrids reached their highest values during the V12 phenological stage, reflecting healthy plant development. The SPAD value analysis showed similar patterns for the Kabanero, Synopsis, and Dueling hybrids, with peak values measured at the V12, silking, and R4 stages. In the Indem1012 and Kabaretto hybrids, high SPAD values were recorded during the V12 stage, followed by a decrease during silking, and a subsequent increase at the R4 stage, indicating the hybrids' adaptability.

Overall, the diverse performance of the studied maize hybrids provided valuable insights into the relationships between germination dynamics, dry matter accumulation, and physiological development, highlighting the potential inherent in genetic diversity.

Keywords: maize, emergence dynamics, maize, useful heat units, dry matter accumulation, NDVI, SPAD

Bevezetés

Az elmúlt időszakban óriási változások következtek be a hazai szántóföldi növénytermesztésben, melyek megrendítették ennek a viszonylag megfelelő jövedelemtermelő ágazatnak a helyzetét. A növénytermesztési ágazatok versenyképességének fenntartásához és növeléséhez már nem lesznek elegendők az elmúlt évek, évtizedek inkább lassúnak és fokozatosnak mondható technológiai fejlesztései. Innovatív gondolkodásra és új, precízebb agrotechnikai megoldásokra van szükség, amennyiben hazai és

külföldi piaci pozícionkat meg kívánjuk tartani, sőt még inkább, ha kiterjeszteni szeretnénk. Kiemelt figyelmet kell fordítanunk a kukoricára, amely meghatározó szereplője a hazai szántóföldi növénytermesztés szerkezetének. A klímaváltozás hatásainak nagymértékű érvényesülése volt tapasztalható a 2024-es és az azt megelőző években. Ennek eredményeképpen látványos mértékben csökkent a kukorica vetésterülete az elmúlt időszakban. A szemes kukoricát korábban több mint 1 millió hektáron termesztették, mostanra ez a szám 800 ezer ha-ra csökkent (Pepó *et al.* 2025)

A kukorica hőmérsékleti kardinális pontjai azok a meghatározó hőmérsékleti értékek, amelyek elérésekor jelentős és jól megfigyelhető változások következnek be a növény életfolyamataiban (Mederski *et al.* 1973, Kovács 1982). Gyakorlati szempontból az egyik legfontosabb a bázishőmérséklet, vagy más néven minimum hőmérséklet, amely fölött a kukorica növekedése és fejlődése megindul. E hőmérsékleti szint alatt a növény fejlődési sebessége gyakorlatilag leáll és nullának tekinthető (Narwal *et al.* 1986, Kirby 1995). A csírázással kapcsolatos vizsgálatok többsége alapján a bázishőmérséklet értéke 8–10 °C közé tehető, amely alatt a kukorica csírázása nem indul meg (Hanway 1963, Varga-Haszonits *et al.* 2006). Magyarországon a kukorica tenyészidőszakának kezdetén (április-május) gyakran előfordulnak olyan időszakok, amikor a hőmérséklet a bázishőmérséklet közelében marad vagy az alá csökken. Ilyenkor a kukorica fejlődése lelassul vagy teljesen leáll (Láng 1976). A kelés elhúzódása, a lassú kezdeti fejlődés és a fejlődésben való lemaradás akár a tenyészidőszak végéig is megmaradhat. Ez nemcsak az érés időszakának későbbre tolódását eredményezheti, hanem növeli a talajlakó kártevők és a vadak által okozott tőpusztulás kockázatát is (Nagy 2021). A kukorica csírázása és kelése olyan kritikus fenológiai fázis, amely alapvetően meghatározza a terméshozamot és a termés minőségét. Ebben az időszakban dől el a növényállomány egységessége és fejlődési potenciálja (Zagyi *et al.* 2024).

A Magyarországon jellemzően termesztett kukorica hibridek effektív hőösszegigénye – 10 °C-os bázishőmérséklettel számolva – általában 1100 és 1400 °C között mozog. Ez az érték biztosítja a növények megfelelő fejlődését és érését a hazai termesztési körülmények között. (Láng 1976). Ezen érécsoportba tartozó hibridek tenyészideje 130–160 nap között alakul (Antal és Jolánkai 2005). A 2024-es évben a kukorica 110–132 nap alatt érte el a

szükséges 1100–1400 °C effektív hőösszeget. A kukorica termesztésére nem alkalmasak azok a területek, ahol a nyári átlaghőmérséklet meghaladja a 19 °C-ot, illetve ahol az éjszakai hőmérséklet tartósan 13 °C alá csökken, mivel ezek a feltételek akadályozzák a megfelelő fejlődést és termés hozamot (Bocz 1992). Magyarországon az 1981–2010 közötti referenciaidőszak adatai alapján – a hegyvidéki területek kivételével – az ország szinte minden részén a nyári átlaghőmérséklet meghaladja a kukorica termesztéséhez szükséges kritikus értéket.

Az éghajlatváltozási trendek ismeretében egyre inkább számolni kell a magas hőmérsékletből adódó problémák megjelenésével (Horváth *et al.* 2021). Az elmúlt egy-két évtizedben egyre gyakoribbá váltak a rendkívül meleg nyarak és a szélsőségesen forró időszakok, amelyek a termelői tapasztalatok szerint káros hatással vannak a kukoricára. Nemzetközi kutatások is alátámasztja, hogy még a rövid ideig tartó hőhullámok is jelentős terméscsökkenést okozhatnak (Schlenker és Roberts 2009).

A vízellátás és a szemteli tődés egymással szorosan összefüggő folyamatait számos tényező befolyásolja (Harsányi *et al.* 2024). A szemteli tődés időszakában a hőmérséklet és a vízellátottság kiemelkedő szerepet játszanak, mivel ezek jelentősen befolyásolják a szemek fejlődését és a termés minőségét (Kiesselbach 1950). A kukoricaszem a szárazanyag-tartalom legmagasabb értékét a fekete réteg kialakulásának kezdetén éri el, amely a fiziológiai érés egyik legfontosabb jelzője. Ez a folyamat azt jelzi, hogy a szemek tápanyagfelvétele lezárult, és a termés elérte végleges szárazanyag-tartalmát (Carter és Poneleit 1973). Ha a szárazanyag-beépülés időszakában a hőmérséklet tartósan magas, a kukoricaszemek alacsonyabb szárazanyag-maximumot érnek el, miközben a fekete réteg kialakulásakor a szemek víztartalma magasabb marad. Ez kedvezőtlenül befolyásolja a termés minőségét és a betakarításkori szemnedvességet is, ami további szárítási költségeket eredményezhet (Afuakwa *et al.* 1984, Hanft *et al.* 1986). Kedvezőtlen vízellátottság esetén a kukoricaszemekben tovább csökkenhet a szárazanyag-beépülés mértéke. A vízhiány miatt a tápanyagok szállítása és beépülése lelassul, ami kisebb szemméretet és alacsonyabb termés hozamot eredményez. Ez különösen kritikus a szemteli tődés időszakában, amikor a megfelelő vízellátás kulcsfontosságú a szemek fejlődése szempontjából. (Quattar *et al.* 1987ab).

A különböző kukorica hibridek között jelentős eltérések tapasztalhatók a szárazanyag-beépülés, a vízleadási dinamika, a termésmennyiség, a betakarítási szemnedvesség és a szárítási költségek tekintetében. Ezek a különbségek meghatározzák a hibridek alkalmazkodóképességét a különböző termesztési körülményekhez, valamint befolyásolják a betakarítás és a tárolás gazdaságosságát is (Szabó *et al.* 2022). A hő- és vízstressz hatásai a különböző kukorica genotípusokat eltérő mértékben érintik. Egyes hibridek jobban alkalmazkodnak a kedvezőtlen környezeti feltételekhez, míg mások érzékenyebben reagálnak, ami jelentős különbségeket eredményezhet a termésmennyiségben, a szárazanyag-beépülésben és a vízleadás dinamikájában (Nagy és Zeke 1981, 1982). A genotípusok közötti eltérések figyelembevétele kulcsfontosságú a megfelelő hibrid kiválasztásához, különösen szélsőséges időjárási körülmények között (Máthéné *et al.* 1985).

Anyag és módszer

Agrotechnikai adatok

A vizsgálat helyszíne a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep (47°83'030" É, 21°82'060" K, 111 m tsz) tartományában, melyet 2018-ban Prof. Dr. Nagy János alapított annak a céljából, hogy az egyes kereskedelmi forgalomban 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 összesen 300 kg/ha, NPK 4-24-24-es műtrágya került kijuttatásra, melynek hatóanyag-tartalma a következőképpen alakult: N 12 kg/ha, P₂O₅ 72 kg/ha, K₂O 72 kg/ha. A tavaszi N-műtrágya kijuttatása 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 lehűlés következtében a kelés elhúzódó volt, melynek időtartama 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 P₂O₅, 107 kg/ha K₂O).

A tenyészedőszak során 14 alkalommal összesen 254,86 mm került kijuttatásra (1. ábra). A betakarítást 2024. 09. 26-án volt Sampo 2010 kétsoros parcella betakarítási kombájn segítségével (Hadászi 2024).

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

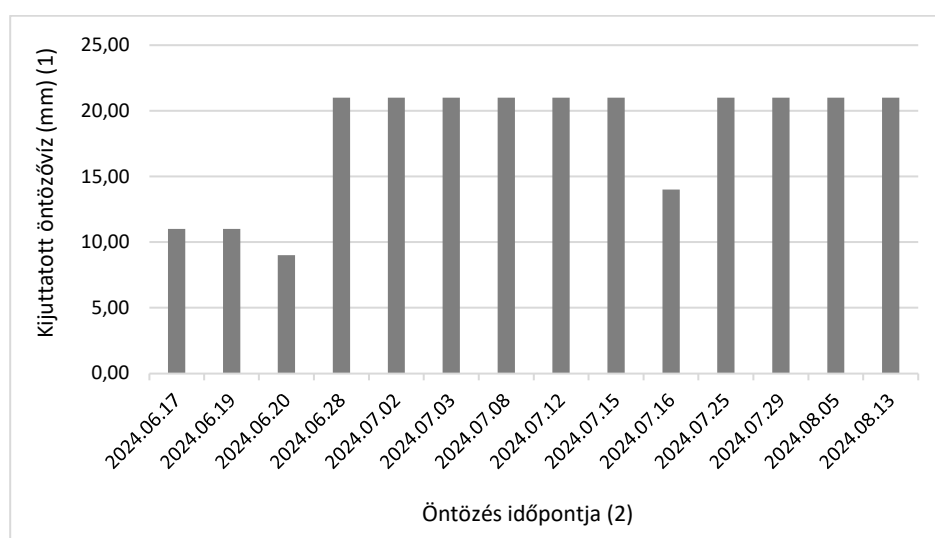


Figure 1. Amount and timing of irrigation water applied during the 2024 growing season. (1) Irrigation water (mm), (2) Date of irrigation

Meteorológiai viszonyok és hatásuk

A kukorica termesztése szempontjából kedvező, ha a tenyészedőszak 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 hat hónap alatt az átlagosan 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-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, 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.

Április közepéig még igen enyhe időjárás uralkodott, aztán az átlagos közelébe esett vissza a hőmérséklet (2. ábra). A korábbi néhány évtől eltérően az áprilisi középhőmérséklet meghaladta (+2,4 °C) a 30 év átlagát. Összesen 38 mm eső esett, ami 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, azaz kedvezően alakult az időjárás a kukorica kezdeti fejlődési időszakában. 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 (2. ábra). Április végétől 20 °C felé melegedett a talaj, melyben már gyors a kelési folyamat. A levegő hőmérséklete minden nap a talajhőmérséklet alatt maradt, egyértelmű a talaj hőmérsékleti többlete 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.)

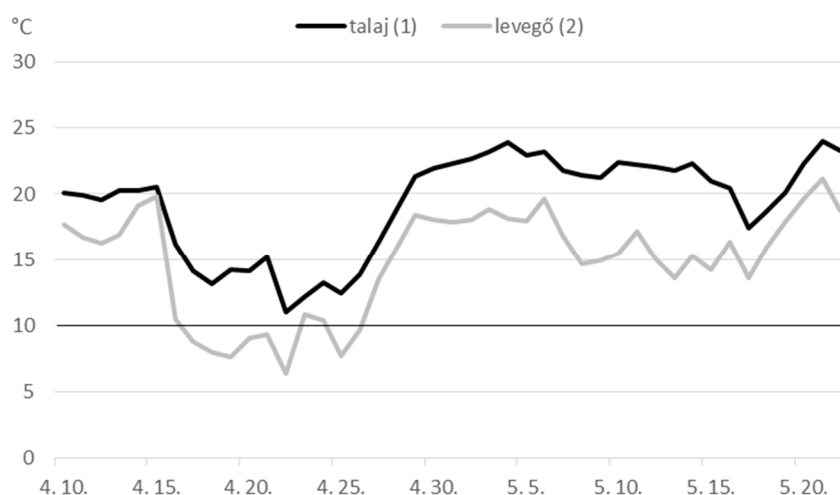


Figure 2. Daily average of soil temperature (at 5 cm depth), air temperature (2 m) and the difference of them (Debrecen-Látókép, 10 April to 22 May, 2024). (1) Soil, (2) Air

A meleg júniusi időjárás (21,9 °C) kedvezett a kukoricának, mivel nem alakult ki szélsőséges hőség, továbbá az átlagnak megfelelő mennyiségű csapadék (66 mm) 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. Az 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 (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)

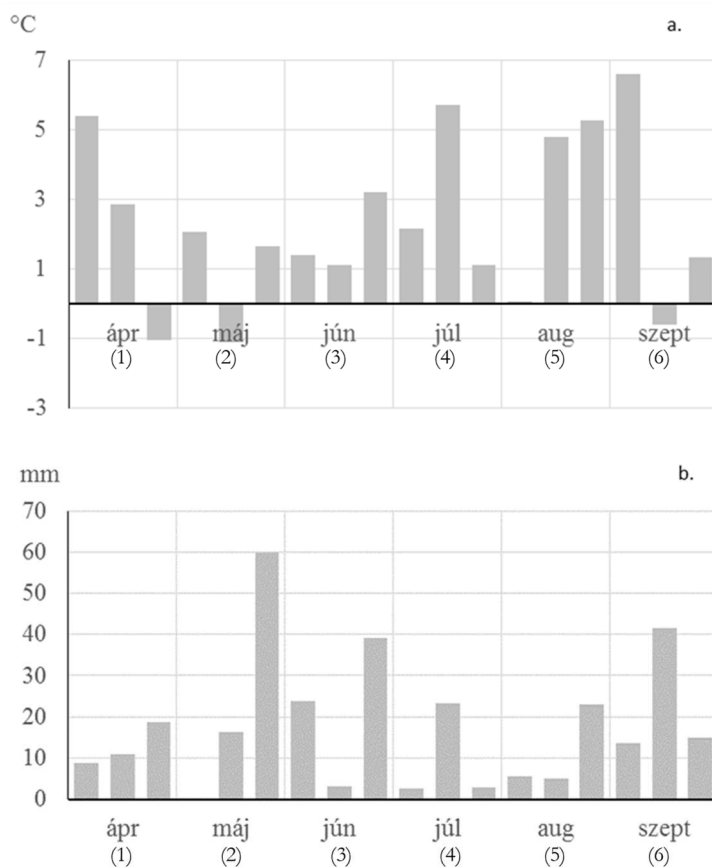


Figure 3. 10-day precipitation sums (b) and anomalies of the 10-day average air temperature values (a) in the growing season (Debrecen-Látókép, 2024). (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) September

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

Szeptember elején folytatódott az évszakhoz képest rendkívül meleg idő, az első dekád közel $7 \text{ }^\circ\text{C}$ -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 vízfelvétele, száradása lehetővé tette a korai betakarítást. A hónap közepén viszont az esős időjárás átmenetileg tartósabban is akadályozta az aratási munkákat (Gombos és Nagy 2024).

Mért paraméterek

A vizsgálat során elemeztük a kukorica hibridek kelésdinamikáját a vetés utáni felvételezési időpontokban. Tanulmányoztuk a szárazanyag-beépülési dinamikát a hasznos hőösszeg függvényében. A növények egyedi NDVI értékek mérése GreenSeeker kézi NDVI mérővel történt. A növényfiziológiai mérések során a tenyészidőszakban öt alkalommal mértük a relatív klorofilltartalmat Konica Minolta SPAD 502 mérőműszerrel.

A vizsgálatához használt hibridek leírása

- Kabanero: A FAO 300-as csoport közepén érkezik (FAO 340). Termetét tekintve középmagas hibrid, átlagos növénymagassága 310 cm. A cső 134,4 cm-es magasságban ered a szárról. Kiváló gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 24,7 mm. Ezermagtömege 429,39 g volt.
- Synopsis: A FAO 300-as csoport végén érkezik (FAO 390). Fenotípusát tekintve kompakt hibrid, stabil felépítésű: átlagos növénymagassága 315 cm. A cső 129,2 cm-es magasságban ered a szárról. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 20,9 mm. Jó csöveket fejleszt, ezermagtömege 433,5 g volt.
- Dueling: A FAO 300-as csoport végén érkezik (FAO 390). Fenotípusát tekintve alacsony hibrid, átlagos növénymagassága 288,5 cm. A cső 121,5

cm-es magasságban ered a szárról. Kedvező gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 19,7 mm. Szép csöveket fejleszt, ezermagtömege 373,90 g volt.

- Indem1012: A FAO 400-as csoport elején érik (FAO 410). Kompakt, stabil felépi tésű, közép magas kukorica hibrid: átlagos növénymagassága 320,5 cm. A cső 129,4 cm-es magasságban ered a szárról. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 24,2 mm. Tetszetős csöveket fejleszt, ezermagtömege 444,72 g volt.
- Kabaretto: A FAO 400-as csoport elején érik (FAO 430). Jó fenotípusos tulajdonságokkal rendelkező, stabil felépi tésű hibrid, átlagos növénymagassága 322,5 cm. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 23,5 mm. A cső 144,4 cm-es magasságban ered a szárról, ezermagtömege 435,96 g volt.

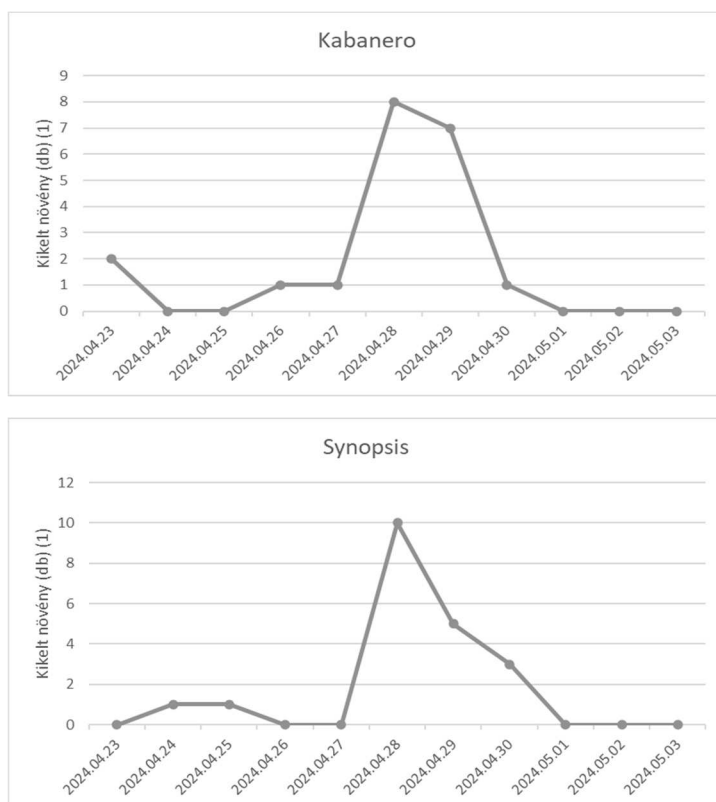
Eredmények és értékelés

Az eltérő genotípusok kelési dinamikája

A 2024 áprilisi meteorológiai adatok elemzése során látható volt, hogy a vetés utáni két hétben egy nagyobb lehűlés következett, a talajhőmérséklet és a léghőmérséklet is visszaesett. Ezzel összefüggésben egy-egy hibrid esetében elhúzódó kelés volt megfigyelhető. A Kabanero hibrid indult meg a leghamarabb, a 23.-ai felvételezési napon már két növény kikelt a három méteres mintaterületen, amely az április 11.-ei vetést követő 12. nap. Ezt követően a kelés legintenzívebb napjai 6. és 7. felvételezési időpontok, amikor nyolc és hét db növényt számoltunk. A Synopsis hibrid esetén a második és harmadik felvételezési időpontban számoltunk 1-1 növényt, drasztikus megugrás pedig a 6. felvételezési időpontban volt, amikor 10 növény kelése volt megfigyelhető. A Dueling kukorica hibrid esetében az 5. felvételezési időpontkor volt látható az első 3 db növény kelése, majd az ezt követő napon 12 db, utána 4 db. Elmondható, hogy ennek a hibridnek volt a legegységesebb a kelése, és a legnagyobb kikelt növény száma a mintaterületen. Az Indem1012 hibridnél elhúzódóbb kelést láthattunk, amely arra enged következtetni, hogy ez a kukorica hibrid az alacsonyabb talajhőmérsékletet kevésbé kedveli. A második felvételezési időpontban 3 db növény, a 6.-ban 6 db, a 7.-ben 3 db és a 11. felvételezési időpontban is 4 db

kikelt kukoricánövényt számoltunk. A Kabaretto hibrid esetében viszonylag egyöntetű volt a kelés, viszont a legkésőbbi volt a hibridek között, mert egészen a hetedik felvételezési időpontig nem volt kelés, ebben az időpontban 2 db növényt számoltunk, majd a 8-ban 10 db-ot. A Kabaretto esetében mértük a legalacsonyabb növényszámot a mintaterületen (4. ábra).

4. ábra. *Eltérő kukoricahibridek kelési dinamikája a vetés utáni felvételezési időpontokban (Debrecen-Látókép, 2024)*



A 4. ábra folytatása a következő oldalon...

... 4. ábra folytatása

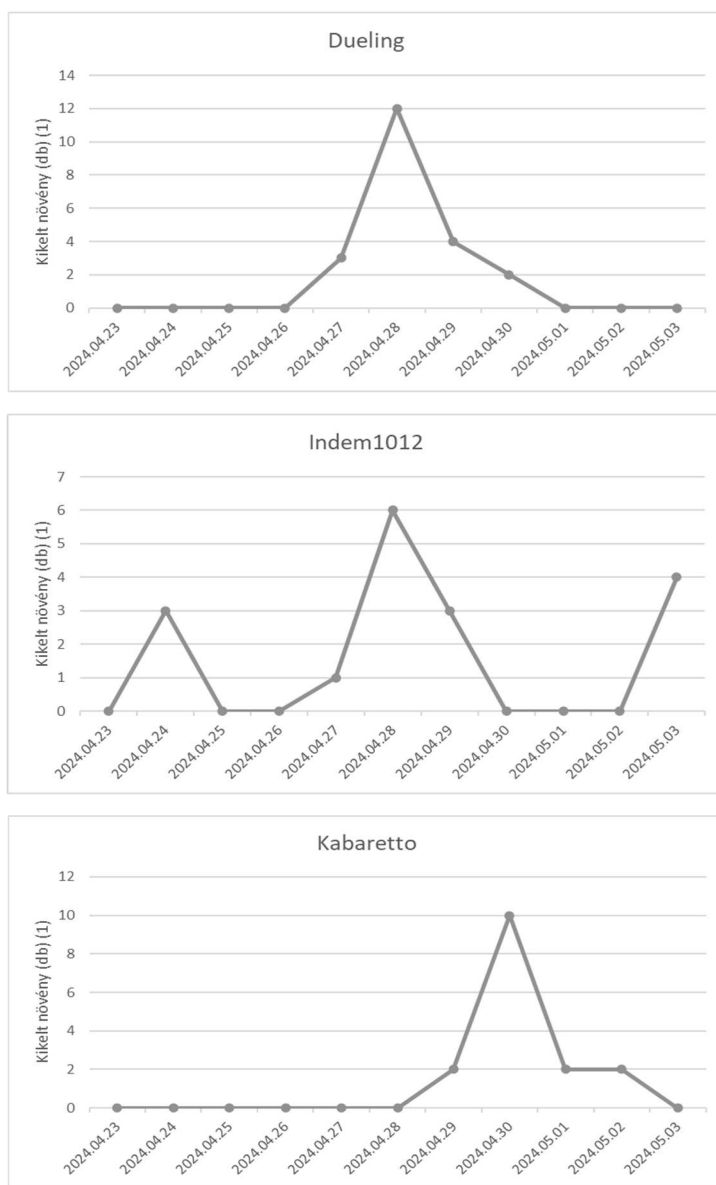


Figure 4. Emergence dynamics of different corn hybrids at different recording times after sowing (Debrecen-Látókép, 2024). (1) Emerged plants (piece)

Szárazanyag-beépülési dinamika a hasznos hőösszeg függvényében

A Kabanero hibrid 12 leveles korig (44 nap) 367 HU, a nővirágzásig (57 nap) 507 HU energiamentységet hasznosított. A hibrid szemmintáinak szárazanyag-tartalma az első mintavételkor 49,5% volt. Ezt a fenológiai állapotot, vagyis a viaszérést (R4) 967 HU energiamentységgel érte el a keléstől számítva. A fiziológiai érettséghez 1318 HU volt szükséges, ebben az időpontban a szárazanyag-tartalom 82,99% volt. Az utolsó mintavétel időpontjában a szárazanyag-tartalom 87,42%, a felhasznált energia 1605 HU volt. A szárazanyag-gyarapodás dinamikája a 3. és 4. mintavétel között volt a legintenzívebb, 1,89%/nap. A 13,29%-os növekedéshez 101 HU energiafelhasználásra volt szükség. Az ezt követő időszakban lassult a szárazanyag-gyarapodás 0,62%/napra. A további 4,31%-os gyarapodás 85 HU energiafelhasználást igényelt. Ekkor érte el a hibrid a fiziológiai érettséget (5. ábra).

5. ábra. A Kabanero hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2024)

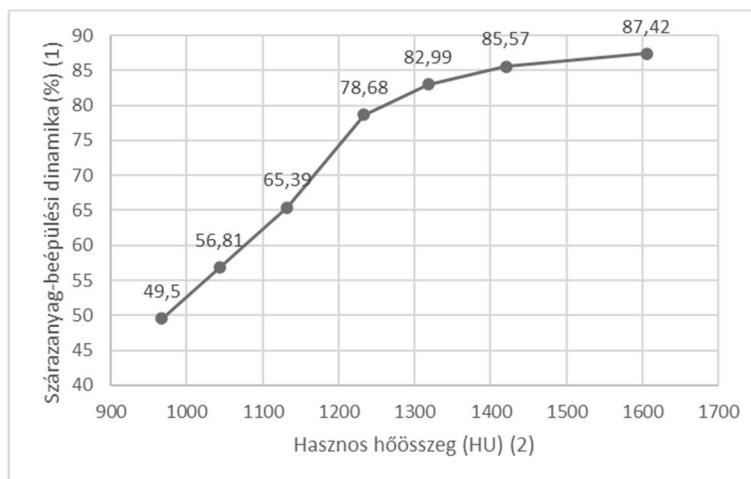


Figure 5. Kabanero hybrid dry matter incorporation dynamics (%) as a function of useful heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2024) (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

A Synopsis hibrid esetében a 12 leveles fejlettségi állapot eléréséig 44 nap telt el 367 HU hőmennyiséggel. A nővirágzásig 58 nap telt el 518 HU mellett. A szemminták szárazanyag-tartalma az első mintavételkor 51,49% volt. Ezt a fenológiai állapotot 967 HU energiamennyiséggel érte el a keléstől számítva. A fiziológiai érettséghez 1318 HU volt szükséges, ebben az időpontban a szárazanyag-tartalom 81,9% volt. Az utolsó mintavétel időpontjában a szárazanyag-tartalom 86,91%, a felhasznált energia 1605 HU volt. A szárazanyag-gyarapodás lassabban indult, mint a Kabanero hibrid esetében. Az első szakaszban mindössze 0,49%/nap. A 3,43%-os növekedéshez 76 HU energiafelhasználásra volt szükség. Az ezt követő három szakaszban egyenletesebb volt a szárazanyag-beépülés. A 2. szakaszban 1,15%/nap, a 3. szakaszban 1,56%/nap, a 4. szakaszban pedig 1,14%/nap. Ehhez a 26,98%-os gyarapodáshoz 275 HU energiafelhasználásra volt szükség (6. ábra).

6. ábra. A Synopsis hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2024)

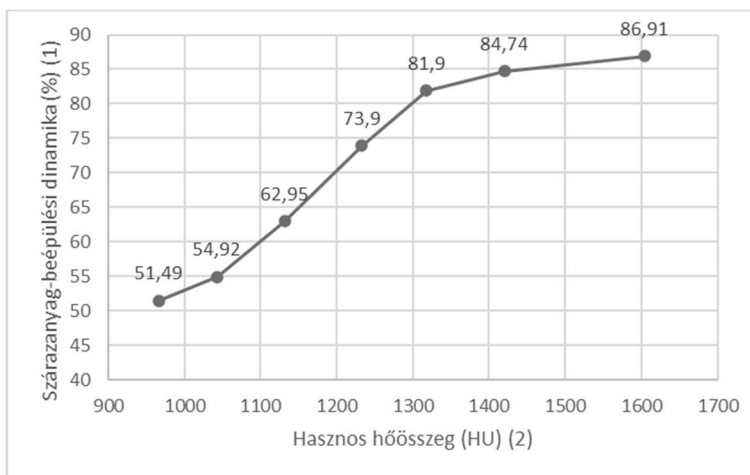


Figure 6. Synopsis hybrid dry matter incorporation dynamics (%) as a function of useful heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2024) (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

A Dueling hibrid 12 leveles fejlettségét 367 HU hőegységgel, 44 nap alatt érte el. A nővirágzásig a keléstől 58 nap telt el 518 HU mellett. Szemmintáinak szárazanyag-tartalma az első mintavételkor 54,51% volt. Ezt a fenológiai állapotot 967 HU energiamennyiséggel érte el a keléstől számítva. A fiziológiai érettséghez 1318 HU volt szükséges, ekkor a szárazanyag-tartalom 80,15% volt. Az utolsó mintavétel időpontjában a szárazanyag-tartalom 86,38%, a felhasznált energia 1605 HU volt. A szárazanyag-gyarapodás hétről hétre egyre nagyobb volt. Az első szakaszban 0,61%/nap, az itt látható 4,24%-os növekedéshez 76 HU energiafelhasználásra volt szükség. A második szakaszban 0,80%/nap volt a gyarapodás. A szárazanyag-tartalom a harmadik mintavételre 64,34% volt, az ehhez szükséges 5,59%-os növekedéshez 101 HU a felhasznált energia. A harmadik szakaszban szintén intenzívebb volt a szárazanyag-gyarapodás. A fiziológiai érettség eléréséhez a negyedik szakaszban 85 HU energia mennyiségre volt szükség, amely 1,16%/nap szárazanyag-tartalom növekedést jelentett, összesen 8,11% (7. ábra).

7. ábra. A Dueling hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2024)

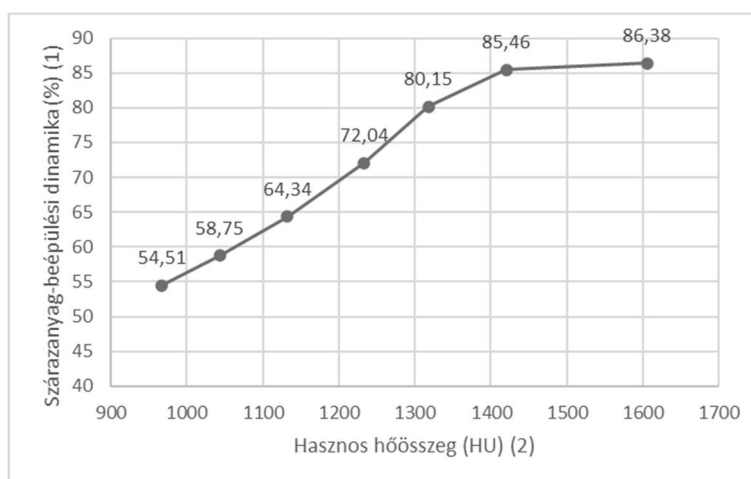


Figure 7. Dueling hybrid dry matter incorporation dynamics (%) as a function of useful heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2024) (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

Az Indem1012 hibrid 12 leveles korig 367 HU, a nővirágzásig 531 HU energiamennyiséget hasznosított 44, illetve 59 nap alatt. A hibrid szemmintáinak szárazanyag-tartalma az első mintavételkor 53,96% volt. Ezt a fenológiai állapotot 967 HU energiamennyiséggel érte el a keléstől számítva. A fiziológiai érettséghez 1360 HU volt szükséges, ebben az időpontban a szárazanyag-tartalom 78,7% volt. Az utolsó mintavétel időpontjában a szárazanyag-tartalom 86,36%, a felhasznált energia 1605 HU volt. A szárazanyag-gyarapodás lassan indult, az első szakaszban mindössze 1,45% volt a növekedés, ami 0,21%/nap. Ennek eléréséhez 76 HU energiamennyiségre volt szükség. A következő két szakaszban kiegyenlítősebb volt a szárazanyag-beépülés, 5,64% és 5,33%. A fiziológiai érés előtti utolsó mérésig, vagyis a negyedik szakaszban intenzívebb szárazanyag-gyarapodást tapasztaltam. Itt 7,94% volt a növekedés, ami 1,13%/nap, melyhez 85 HU volt szükség (8. ábra).

8. ábra. Az Indem1012 hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2024)

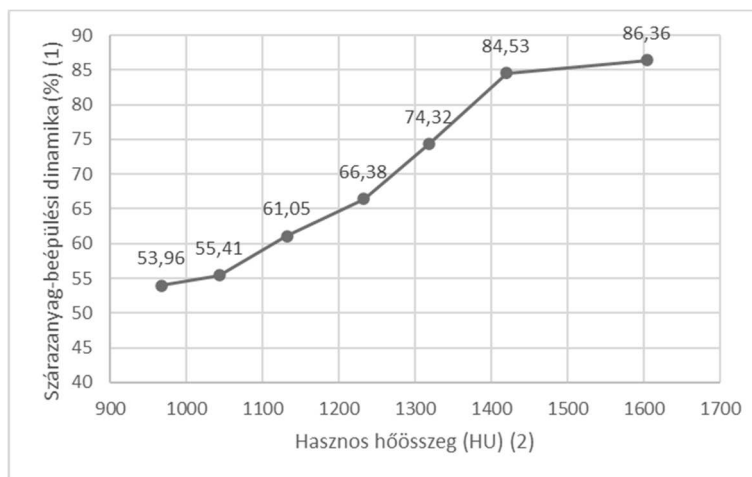


Figure 8. Indem1012 hybrid dry matter incorporation dynamics (%) as a function of useful heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2024) (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

A Kabaretto hibrid 12 leveles koráig (43 nap) 358 HU, a nővirágzásig (58 nap) 523 HU energiamentységet hasznosított. A szemmintáinak szárazanyag-tartalma az első mintavételkor 49,45% volt. Ezt a fenológiai állapotot 969 HU energiamentységgel érte el a keléstől számítva. A fiziológiai érettséghez 1352 HU volt szükséges, ebben az időpontban a szárazanyag-tartalom 76,78% volt. Az utolsó mintavétel időpontjában a szárazanyag-tartalom 86,14%, a felhasznált energia 1599 HU volt. A szárazanyag-gyarapodás az Indem1012-vel ellentétben az utolsó szakaszban volt a leglassabb. Az első három szakaszban 0,92%/nap, 0,81%/nap és 1,08%/nap szárazanyag-növekedés volt látható. Ezt az összesen 19,64%-os gyarapodást 266 HU energiafelhasználással érte el. A fiziológiai érés előtti utolsó mérésig, vagyis a negyedik szakaszban 3,13% volt a növekedés, ami 0,45%/nap. Ezt a hibrid 92 HU energia befektetéssel érte el (9. ábra).

9. ábra. A Kabaretto hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2024)

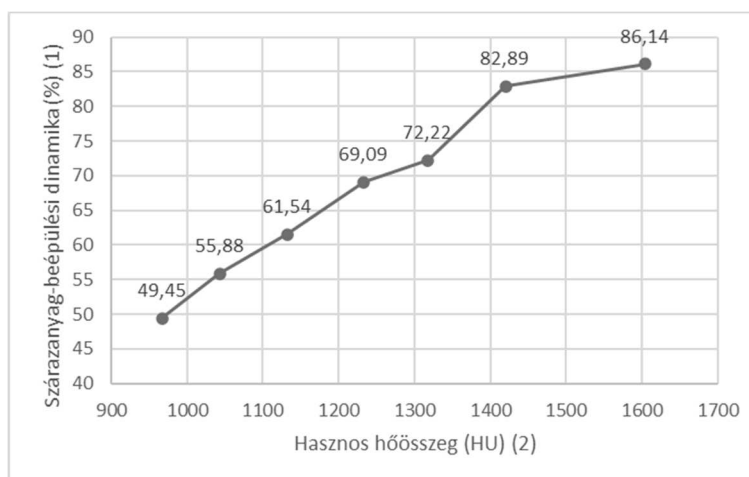
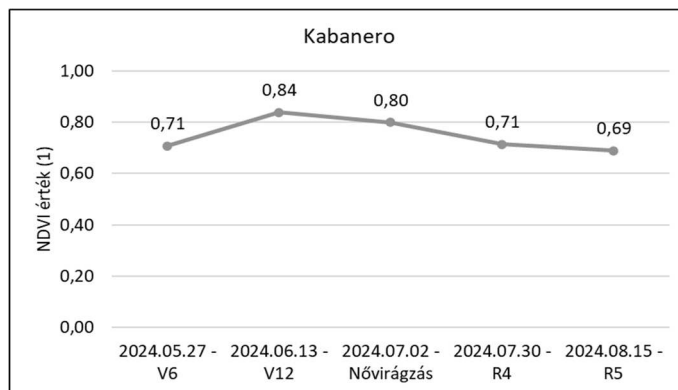


Figure 9. Kabaretto hybrid dry matter incorporation dynamics (%) as a function of useful heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2024) (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

NDVI és SPAD értékek alakulása

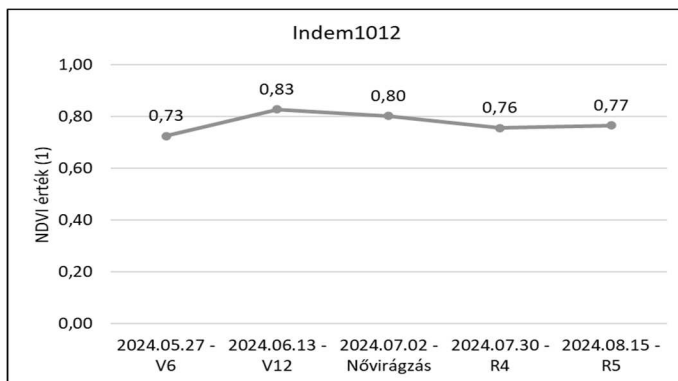
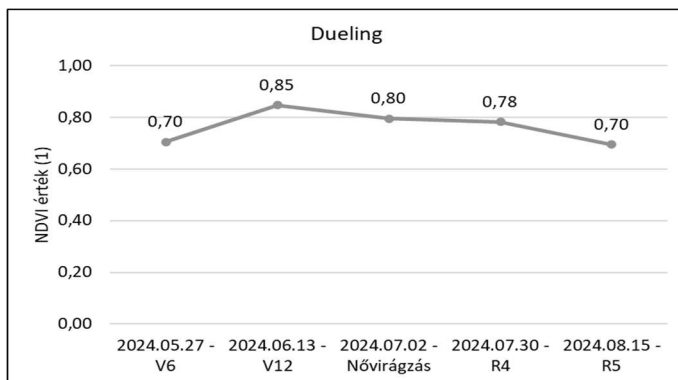
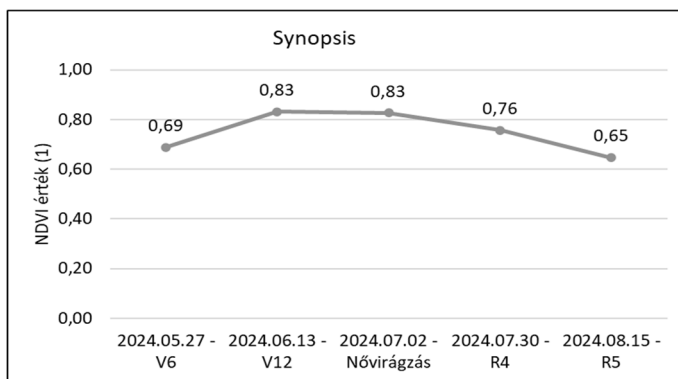
A Kabanero hibrid esetében az NDVI mérések során a V6 fenológiai fázisban 0,71-es értéket kaptunk. A tenyészidőszak során a legmagasabb NDVI érték a V12 fenológiai fázisban volt, 0,84 értékkel, ezt követően csökkenés volt tapasztalható. A Synopsis hibrid esetében mért NDVI értékek alakulása nagyon hasonlított a Kabaretto hibrid eredményeihez. Mindkét hibridnél a V12 és nővirágzás fenológiai fázisban voltak a legmagasabb NDVI értékek, 0,83. Előtte és utána is alacsonyabb értékeket mértem. A Kabaretto esetében 0,74 érték alatt egyszer sem mértem a mintavételi időpontok során. A Dueling kukorica hibrid V6 fenológiai fázisában 0,70 értéket mértem, majd a legmagasabb a V12 fenológiai fázisban volt, 0,85. Ezt követően csökkenés volt tapasztalható a tenyészidő során. Az Indem1012 hibridnél a legmagasabb NDVI érték a V12 fenológiai fázisban volt, ennek értéke 0,83 volt. Az R4 fenológiai fázisban mért 0,76 érték után az R5 fenológiai fázisban emelkedett a mért érték 0,77-re (10. ábra).

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



A 10. ábra folytatása a következő oldalon...

... 10. ábra folytatása



A 10. ábra folytatása a következő oldalon...

... 10. ábra folytatása

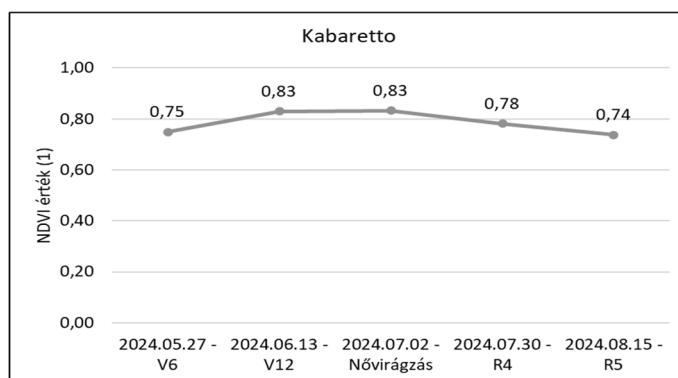
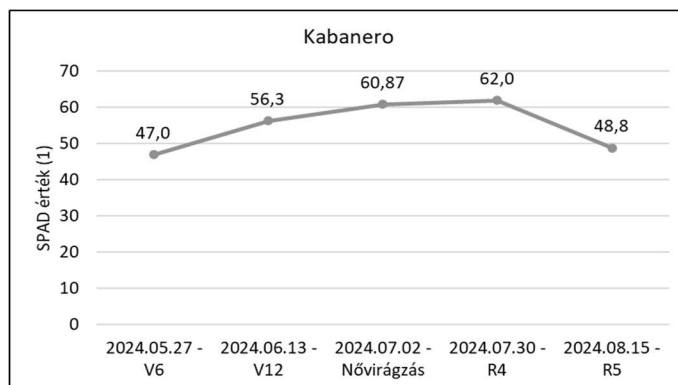


Figure 10. Changes in NDVI values at different sampling times and for different hybrids (Debrecen-Látókép, 2024). (1) NDVI values

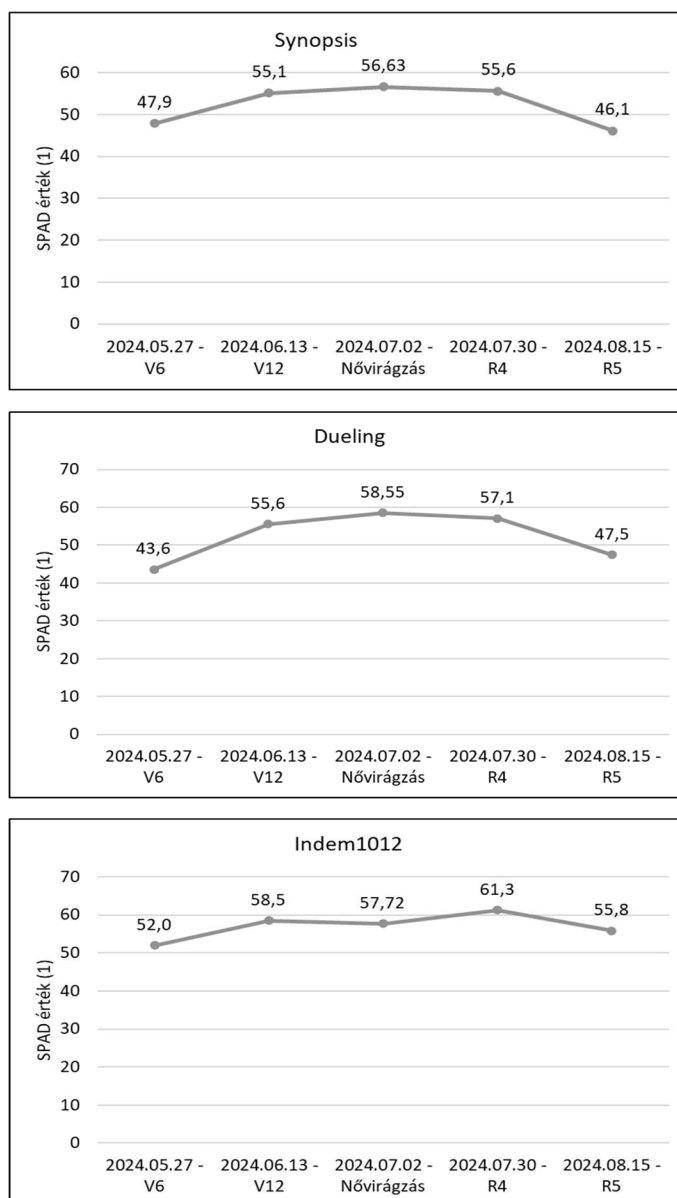
A SPAD értékek vizsgálata során megállapításra került, hogy a Kabanero, Synopsis és Dueling SPAD értékeinek alakulásai nagyon hasonló dinamikát mutattak (11. ábra).

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



A 11. ábra folytatása a következő oldalon...

... 11. ábra folytatása



A 11. ábra folytatása a következő oldalon...

... 11. ábra folytatása

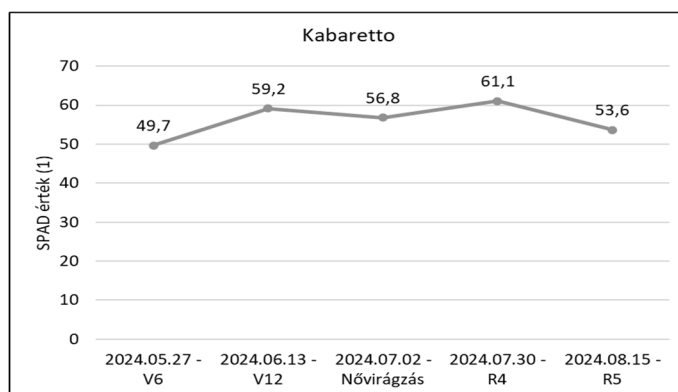


Figure 11. Changes in SPAD values at different sampling times and for different hybrids (Debrecen-Látókép, 2024). (1) SPAD readings

Az alacsonyabb kezdőérték után a V12, nővirágzás és R4 fenológiai fázisok során magasabb értékek voltak mérhetőek. A Kabanero esetében a legmagasabb mért érték 62 volt, a Synopsis kukorica hibridnél 56,63, a Dueling hibrid esetében pedig 58,55. Az Indem1012 esetében a V12 fenológiai fázisban 58,5 értéket mértünk, amely a nővirágzás idejére kissé lecsökkent. Ezt követően az R4 fenológiai fázisban szintén egy magasabb érték volt mérhető, 55,8. A Kabaretto az előző hibridhez hasonló eredményeket mutatott. A V12 fenológiai fázisban magas érték volt mérhető, majd egy csökkenés a nővirágzás idején, és végül az R4 fenológiai fázisban mértük a legmagasabb értéket, amely 61,1 volt (11. ábra).

Következtetések

A szántóföldi tartamkí sérlet eredményei rávilágítottak arra, hogy a különböző genotípusú kukorica hibridek eltérő módon reagálnak a környezeti tényezőkre és a hőmérsékleti ingadozásokra. A vizsgálatok eredményei számos új információt tártak fel a kukorica hibridek teljesítményében, amelyek fontos iránymutatást adhatnak a termelők számára a jövőbeni termesztési döntésekhez.

A kelési dinamika és szárazanyag-felhalmozás vizsgálata alapján kiemelhető, hogy a Kabanero és Dueling hibridek rendkívül gyors és erőteljes kezdeti fejlődést mutattak, ami előnyös lehet korai vetésű területeken, ahol a tavaszi lehűlés gyorsan bekövetkezhet, mivel a gyors kelés segíthet minimalizálni a kedvezőtlen időjárás hatásait. A Kabanero kukorica hibrid kelt ki a vizsgált hibridek közül elsőként és érte el a legmagasabb végső szárazanyag-tartalmat. A gyors szárazanyag-beépítésének köszönhetően ez a hibrid gyorsabban elérheti a fiziológiai érettséget, amely megkönnyíti a betakarítási ütemezését. A Dueling hibrid mutatta a legeggyöntetűbb kelést és a legnagyobb kikelt növényszámot, amely a stabil és magas terméshozam alapja lehet. A Synopsis kukorica hibrid kiegyensúlyozott és megbízható fejlődése előnyt jelenthet a termelők számára, mivel a kezdeti lassú növekedés ellenére is egyenletes szárazanyag-beépítést biztosít, így stabil hozamot eredményezhet változékony környezeti feltételek mellett is. Ez a hibrid különösen azoknak ideális, akik stabil, jól kezelhető növényfejlődést keresnek, ahol a betakarítási időpontja nem annyira kritikus, és az érettségi időpont előre meghatározható a növény fejlődése alapján. Az Indem1012 és Kabaretto hibridek kiemelkedő alkalmazkodóképességről tettek tanúbizonyságot – bár kelésük elhúzódott a lehűlés miatt, jelentős szárazanyag-gyarapodást értek el. Ezen hibridek esetében javasolt a későbbi vetés vagy a talaj előkészítésének alaposabb figyelembevételére, hogy a talajhőmérséklet stabilabb legyen a csírázás során. A Kabaretto különösen pozitív eredményt mutatott, hiszen a legmagasabb termésátlagot produkálta a vizsgált hibridek közül, annak ellenére, hogy a fiziológiai érettségig alacsonyabb szárazanyag-tartalmat ért el.

Az NDVI és SPAD értékek elemzése is kedvező képet mutatott. Minden hibridnél a vegetációs időszak csúcán, a V12 fenológiai fázisban jelentkeztek a legmagasabb NDVI értékek, ami erőteljes fotoszintetikus aktivitást jelez. A SPAD értékek alakulása alapján a Kabanero, Synopsis és Dueling hibridek kimagasló klorofilltartalmat értek el a növirágzás és R4 fázisokban, ami hozzájárulhatott a magasabb szárazanyag-felhalmozáshoz. Az Indem1012 és Kabaretto hibrideknél tapasztalt SPAD értékek növekedése az R4 fázisban a regenerációs képességüket és a hosszan tartó vitalitásukat emeli ki.

Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a vizsgált hibridek mindegyike képes volt kedvező tulajdonságokat felmutatni, amelyek révén a termelők különböző termesztési körülményekhez és célokhoz igazíthatják

választásukat. Összességében a kelési dinamika és a meteorológiai viszonyok elemzése rávilágított arra, hogy a kukorica hibridek kelési teljesítménye szoros összefüggést mutat a környezeti tényezőkkel és a genotípusok alkalmazkodóképességével. Ez a tudás fontos alapot nyújthat a hibridválasztás és a természetstechnológiai döntések meghozatalához különböző klimatikus körülmények között.

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

- Afuakwa, J. J.-Crookston, K. R.-Jones, R. J.:* 1984. Effect of temperature and sucrose availability on kernel black layer development in maize. *Crop Science*. 24: 285-288.
- Antal J.-Jolánkai M.:* 2005. A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 391.
- Bocz E.:* 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 887.
- Carter, M. W.-Poneleit, C. G.:* 1973. Black layer maturity and filling period variation among inbred lines of corn (*Zea mays* L.). *Canadian Journal of Plant Science*. 68: 597-606.
- Gombos B.-Nagy J.:* 2024. A 2024-es kukorica tenyészedőszak agrometeorológiai jellemzői Debrecen-Látóképen. *Növénytermelés*. 73. 4: 71-75.
- Hadászi L.:* 2024. Smart kukorica hibridek fiziológiai és termésparamétereinek elemzése intenzív csepegtető öntözéses tartamkísérletben a 2024-es tenyészévben. *Növénytermelés*. 73. 4: 9-10.
- Hanft, J. M.-Jones, R. J.-Stume, A. B.:* 1986. Dry matter accumulation and carbohydrate concentration patterns of field-grown and in vitro cultured maize kernels from tip and middle ear positions. *Crop Science*. 26: 568-572.
- Hanway, J. J.:* 1963. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). *Agronomic Journal*. 55: 487-492.
- Harsányi E.-Erdős Zs.-Nagy J.:* 2024. Eltérő FAO számú kukorica hibridek szárazanyag-beépülési és vízleadási dinamikája. *Növénytermelés*. 73. 4: 79-102.

- 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.
- Kiesselbach, T. A.*: 1950. Progressive development and seasonal variation of corn crop. *University of Nebraska Bulletin*. 166.
- Kirby, E. J. M.*: 1995. Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. *Crop Science*. 35: 11–19.
- Kovács G. J.*: 1982. A kukorica víz- és tápanyag-dinamikájának kritikus ökofizikai kapcsolata. *Növénytermelés*. 31. 3: 355–365.
- Láng G.*: 1976. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 403.
- Máthéné G. G.-Máthé P.-Kovácsné Sch. M.*: 1985. Kedvezőtlen időjárási tényezők hatása néhány kukorica genotípus produkciójára és növekedési mutatóira. *Botanikai Közlemények*. 72: 271.
- Mederski, H. J.-Miller, M. E.-Ewaver, C. R.*: 1973. Accumulated heat units for classifying corn hybrid maturity. *Agronomy Journal*. 65: 743–747.
- Nagy J.*: 2021. Kukorica. A nemzet aranya. Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó. Budapest. 516.
- Nagy J.-Zeke É.*: 1981. A kukoricaszemek vízleadásának vizsgálata I. – A műtrágyázás hatása a szemnedvességre. *Növénytermelés*. 30. 4: 529–538.
- Nagy J.-Zeke É.*: 1981. A kukoricaszemek vízleadásának vizsgálata II. *Növénytermelés*. 31. 2: 119–124.
- Narwal, S. S.-Poonia, S.-Singh, G.-Malik, D. S.*: 1986. Influence of sowing dates on the growing degree days and phenology of winter maize (*Zea mays* L.) *Agricultural and Forest Meteorology*. 38: 47–57.
- Pepó P.-Vad A.-Török T.*: 2025. Lehetőségek a kukorica termesztéstechnológiájának megújítására. *Agrofórum Extra*. 107: 2024/11.
- Quattar, S.-Jones, R. J.-Crookston, R. K.-Kajelou, M.*: 1987a. Effects of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. *Crop Science*. 27: 730–735.
- Quattar, S.-Jones, R. J.-Crookston, R. K.-Kajelou, M.*: 1987b. Effects of drought on water relations of developing maize kernels. *Crop Science*. 27: 730–735.
- Schlenker, W.-Roberts, M. J.*: 2009. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 106: 15594–15598.
- Szabó A.-Balaout, I.-Zelenák A.*: 2022. Eltérő genotípusú kukorica hibridek szárazanyag-beépülési és vízleadási dinamikájának vizsgálata. *Növénytermelés*. 2. 71: 93–100.

Varga-Haszonits Z.-Varga Z.-Lantos Zs.-Enzsölné G. E.: 2006. Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. Nyugat-Magyarországi Egyetem MÉK. Mosonmagyaróvár.

Zagyi P.-Horváth É.-Széles A.: 2024. Kukorica: vetés és kelésdinamika. Mezőhír. 2024/4.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Lovász Ágota
Saaten-Union Hungária Kft.
Lepsény
Vasút utca 57.
H-8132
lovasz.agota@saaten-union.hu

Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032