

## Smart paraméterek értékelése különböző genotípusú kukorica (*Zea mays* L.) hibridek eredményei alapján

HADÁSZI LÁSZLÓ

KITE Zrt. Innovációs Főigazgatóság, Nádudvar

### Összefoglalás

Magyarországon a szántóföldi növénytermesztés eredményességét jelentősen meghatározza a kukoricatermesztés gyakorlatának színvonala. A kukorica hibridek összehasonlító vizsgálatát, szántóföldi tartamkísérlet alapítását 1977-ben a nádudvari KITE kezdeményezte a jogelőd Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Karán. Ennek is köszönhető, hogy a Debreceni Egyetem a Látóképi Kísérleti telepén, Európában egyedülálló módon, rendelkezik szántóföldi tartamkísérletek minden feltételével (talajművelés × öntözés × műtrágyázás × növényszám × hibridek × vetésidő kölcsönhatások). A tartamkísérletek eredményei alkalmasak a precíziós termesztéstechnológiák legkorszerűbb fejlesztésére. Az új tudományos eredmények, elsősorban a kukorica hibridek összehasonlító kísérleteiben mért megbízható paraméterek, jól szolgálják a precíziós gazdálkodás gyakorlati alkalmazását, eredményességét.

Szántóföldi tartamkísérletek eredményeit felhasználva értékeltük négy különböző genotípusú kukorica hibrid smart paramétereit. Ezek a paraméterek segítenek a hibridek kiválasztásában és a hibridspecifikus precíziós termesztéstechnológia adaptálásában. A vizsgált kukorica hibridek kiváló fenológiai habitust mutattak, növénymagasság: 320–340 cm, csőmagasság: 138–151 cm, szárátmérő: 20,5–21,5 mm volt. A levélterület indexek jelentősen különböztek (3,6–4,7 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>). Legnagyobb termést a P 9985 hibrid ért el (17,53 t/ha), ez hektáronként 1,48–2,37 tonnával haladta meg a többi hibrid eredményét. A kísérletben vizsgáltuk a SPAD, NDVI értékeket, a szemszám, az ezerszemtömeg, a szemnedvesség, a csővenkénti szemszám és a csőtömeg paramétereit. A hibridek beltartalmi értékei kiválóak: fehérjetartalom: 5,7–6,5%, keményítőtartalom: 75,2–76,5%, olajtartalom: 3,1–3,6% volt.

**Kulcsszavak:** kukorica, genotípus, smart paraméter

## Evaluation of smart parameters based on results from maize (*Zea mays* L.) hybrids of different genotypes

L. HADÁSZI

KITE Zrt. Directorate-General for Innovation, Nádudvar

### Summary

In Hungary, the efficiency of arable crop production is significantly determined by the quality of maize production practices. The comparative study of maize hybrids and the establishment of a field trial was initiated in 1977 by the KITE in Nádudvar at the Faculty of Agricultural Sciences of the predecessor University of Agricultural Sciences in Debrecen. This is also the reason why the University of Debrecen, in a unique way in Europe, has all the conditions for field experiments (tillage × irrigation × fertilisation × plant number × hybrids × sowing date interactions) at its Látókép Experiment Site. The results of field experiments are suitable for the state-of-the-art development of precision farming technologies. The new scientific findings, in particular the reliable parameters measured in comparative experiments on maize hybrids, will serve the practical application and effectiveness of precision farming.

Using the results of field experiments, we evaluated the smart parameters of four maize hybrids of different genotypes. These parameters help in hybrid selection and adaptation of hybrid-specific precision farming technology. The examined maize hybrids showed excellent phenological traits, i.e. plant height: 320–340 cm, ear height: 138–151 cm, stalk diameter: 20.5–21.5 mm. Leaf area indices varied significantly (3.6–4.7 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>). The highest yield was obtained by hybrid P 9985 (17.53 t/ha), which exceeded the other hybrids by 1.48–2.37 t/ha. The parameters SPAD, NDVI, grain number, thousand grain weight, grain moisture, grain number per ear and ear weight were studied in the experiment. The hybrids had excellent content values: protein content: 5.7–6.5%, starch content: 75.2–76.5%, oil content: 3.1–3.6%.

**Keywords:** maize, genotype, smart parameter

## Bevezetés

A kukorica világviszonylatban meghatározó takarmány, ipari és élelmiszer alapanyag. A klímaváltozás napjainkban a gazdálkodókat új technológiai megoldások alkalmazására serkenti. A megváltozott termesztési feltételek mellett csak az innovatív technológiákat alkalmazó termelők tudnak hatékonyan és jövedelmezően termelni. Magyarországon a köztermesztésben lévő takarmány kukorica hibridek száma több száz, mely széles választékot jelent a termelők számára. A nagyszámú hibridből, akár több 100 FAO csoport szerinti eltérést is jelenthet, az adott termőhelyhez, termesztési intenzitáshoz, talajhoz és éghajlathoz igazítottan érdemes választani. A mezőgazdaság új kihívásai megfelelni a precíziós gazdálkodás feltételeinek és fenntarthatóság követelményeinek (Nagy *et al.* 2023).

A mezőgazdaságban a termelőknek egyre összetettebb kihívásokkal kell szembenéznük. A dráguló inputanyagok és a szűkülő termőterületek miatt a gazdálkodóknak hatékonyabbá és fenntarthatóbbá kell válniuk a termelésben. Ugyan akkor a precíziós technológiai fejlesztés, alkalmazása új lehetőségeket kínál a mezőgazdaság számára.

A mezőgazdaság jövője a fenntarthatóságon és a hatékony termelésen múlik. A szakszerű vetésszerkezet, a növények, fajták, hibridek megválasztása és a precíziós gazdálkodás együtt hatékony eszközök lehetnek a termelés optimalizálásában, a környezeti terhelés csökkentésében és az élelmiszerbiztonság javításában. A felelősségteljes gazdálkodás kulcsfontosságú a jövőbeli generációk számára az élelmiszerellátás biztosításához is. A gazdálkodó a precíziós mezőgazdasági (PrA) technológia, speciális berendezések, eszközök használatával valós idejű megfigyelésekhez jut a növények egészségi állapotáról, a klorofill- és nitrogéntartalomról, valamint a talaj nedvességtartalmáról (Nyéki és Neményi, 2022, Széles *et al.* 2024). A talajok degradációja világszerte jelentős probléma, mivel negatív hatással van az agrár-ökoszisztémára és a környezeti összetevőkre (Harsányi *et al.* 2022).

A mezőgazdaságnak további kihívásokkal is szembe kell néznie:

- Klímaváltozás: a mezőgazdaságnak jelentősen hozzá kell járulnia a károsanyag-kibocsátás csökkentéséhez és az üvegházhatású gázok megkötéséhez.
- Táplálkozási igények: a növekvő népesség és a változó fogyasztói igények új kihívásokat jelentenek a mezőgazdaság számára.
- Digitalizáció: a digitalizáció átalakítja a mezőgazdaságot.

A mezőgazdaság jövője tele van kihívásokkal, és ígéretes lehetőségekkel is. A hibrid növények, a precíziós gazdálkodás, a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok és a digitális technológiák alkalmazásával a mezőgazdaság hatékonyabbá, fenntarthatóbbá válhat a jövőbeli kihívásokkal szemben. A növénytermesztési technológia intenzitásának megfelelően különböző trágyázási szintek, technológiák alkalmazhatók (Hadászi et al. 2023, Nagy et al. 2023). A tápanyagok közötti kölcsönhatások, az antagonizmusok és szinergizmusok különböző módjai gyengíthetik vagy erősíthetik a növények élettani folyamatait, jelentősen befolyásolva a termelés hatékonyságát (Bojtor et al. 2021). A nitrogén műtrágyázás és a hibridekből adódó terméshez kötött paraméterek nagymértékben eltérőek lehetnek. Bojtor et al. (2022) vizsgálatai alapján a varianciaelemzés azt mutatta, hogy az NPK-trágya hatása szignifikáns volt a szárazanyagra, a nitrogénre, a foszforra, a káliumra, a magnéziumra, a kénre, a cinkre, a vasra, a rézre és a mangánra. A genotípusok közötti különbség szignifikáns volt a szárazanyagra, a nitrogénre, a foszforra, a káliumra, a magnéziumra, a kalciumra, a vasra, a rézre, a mangánra és a molibdénre. Illés et al. (2022) vizsgálataik alapján a csepegtető öntözéssel kapcsolatban megállapították, az öntözéssel kapcsolatos kezelések fontos tényezőként jelentenek, és befolyásolják a kukorica termésindexeit. A különböző műtrágyakezelések között a legnagyobb kölcsönhatást mutató tulajdonságok közé tartoztak: a szemtermés, a növénymagasság, a friss növény tömege és a levelek száma, amelyek a kukoricahibridek teljesítményére a legnagyobb hatást gyakorolták (Mousavi et al. 2021). A műtrágya és a termesztés intenzitása hatással van önállóan és közösen is a hibridek növényfiziológiai paramétereire a tenyészidőszak során, mely a termés mennyiségét is befolyásolja (Illés et al. 2024). A környezeti stresszhatásokat leküzdeni képes genotípusok helyes kiválasztása és a genotípushoz igazodó tápanyagellátás nagyon fontos, mivel az nagymértékben meghatározza a termesztés hatékonyságát (Széles et al. 2019). A termesztés során az öntözés meghatározó tényező a termésmennyiség és termésbiztonság érdekében. Széles et al. (2012) vizsgálatai alapján az N-adagok növekedése nem jár együtt a terméshozam növekedésével, ha a növény növekedéséhez szükséges vízmennyiség korlátozó tényező. Mind a túlzott vízmennyiség (sok csapadék), mind a vízhiány (csapadék vagy öntözés hiánya) stresszt okozott a kukoricának jelentősen csökkentve a terméshozamot. A kukorica terméshozama jelentősen függ a termesztési

évben a meteorológiai körülményektől. Mind a kedvezőbb időjárási viszonyok, mind a károkozásra hajlamos időjárási anomáliák csak az adott fenofázisban értékelhetők (Gombos *et al.* 2023, Gombos és Nagy 2024). Az egyes abiotikus tényezők, mint például a talaj sótartalma és az aszály jelentősen befolyásolja a növények növekedését és termésmennyiségét. Az utóbbi években ezek a hatások aggasztóbbá váltak, a klímaváltozás miatt (Rohman *et al.* 2019). A termesztés során a vízhiány számos fiziológiai tényezőre hatással van, melyek egyik legjobb detektálása a relatív víztartalom (RWC) vizsgálat (Hussian *et al.* 2019). A termés mennyisége a műtrágyázással növekszik, viszont a korreláció erőssége összefüggésben van az öntözéssel és az adott év időjárásának paramétereivel (Zagyi *et al.* 2024). A száraz kontinentális magyarországi szántóterületeken az öntözővíz a mezőgazdasági terméshozam fő korlátozó erőforrása. A vízfelhasználás hatékonysága fontos mutató az öntözött szántóföldi növények víztakarékosságának értékeléséhez (Kang *et al.* 2000, Kizilogfu *et al.* 2009). Egyes kutatók szerint Európa legtöbb részén, szárazabb és melegebb lesz a környezeti feltétel a tenyészidőszak fontos fenológiai fázisiban (Jacob *et al.* 2014), ami valószínűleg növeli a növények abiotikus stresszfeltételeit (Ceglar *et al.* 2019). Ez az abiotikus stressz hő- és vízstressz formájában különösen káros a kukorica olyan fontos növekedési szakaszaiban, mint a virágzás és a szemtelítődés (Cairns *et al.* 2012). Az öntözés hatékonysága az öntözés gyakoriságához köthető, mivel hatással van a talaj vízháztartására, a gyökéreloszlásra, a gyökerek által felvett víz mennyiségére és a gyökérszóna alatt átszivárgó víz mennyiségére (Assouline 2002).

### **Anyag és módszer**

#### *Kukoricahibridek paraméterei*

- A Merida a FAO 300-as csoport végéhez tartozik (FAO 380). Fenotípusát tekintve tetszetős hibrid, kompakt felépítésű: átlagos növénymagassága 340 cm. A cső 150,7 cm-es magasságban ered a szárról. Szép csöveket fejleszt, ezermag tömege 374,36 g. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 21,48 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Biológiai érettségét korán, szeptember 3-án érte el (H2).

- A P9985 a FAO 400-as csoport elején érik (FAO 400). Fenotípusát tekintve tetszetős hibrid, kompakt felépítésű: átlagos növénymagassága 342,7 cm. A cső átlagosan 145,8 cm-es magasságban ered a szárról. Szép, telt csöveket fejleszt, ezermag tömege: 457,9 g. Szárátmérője átlagosan 20,52 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Biológiai érettségét szeptember 3-án érte el (H4).
- A Darkness a FAO 400-as csoport közepén érik (FAO 450). Átlagos növénymagassága 323,7 cm. A cső 144 cm-es magasságban ered a szárról. Gyökér és- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 21,31 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Biológiai érettségét szeptember 8-án érte el (H5).
- A Fidencio a FAO 400-as csoport végén érik (FAO 470). Termetét tekintve magas hibrid, átlagos növénymagassága 320,4 cm. A cső 137,8 cm-es magasságban ered a szárról. Jó gyökér és- és szártulajdonságokkal rendelkezik, szárátmérője átlagosan 21,54 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Biológiai érettségét szeptember 5-én érte el (H6).

#### *Klimatikus tényezők hatásai*

A kukorica a címerhányást közvetlenül megelőző időszaktól kezdődően a virágzás, termésképződés és a korai termésfejlődés fenológiai fázisokban a legérzékenyebb a vízhiányra. Az aszálykár szempontjából kritikus hónap a július, általában ez a legmelegebb hónap, legnagyobb a potenciális párolgás és jelentősen csökken a talaj nedvességtartalma.

2023-ban részletesen elemeztük a meteorológiai tényezőket és időrendben az egyes agrotechnikai elemeket is, és főként a kritikus fenofázisok vonatkozásában értékeltük az időjárást (*Gombos és Nagy 2024*).

A tenyészidőszakban elsődlegesen havi, majd dekád bontásban értékeltük a hőmérsékleti-, csapadék- és napsugárzási viszonyokat. A dekád hőmérséklet esetében elsődlegesen az anomáliát, a csapadék esetében a tényleges értékeket vizsgáltuk. A talajhőmérsékletnek a kukoricakelés – kezdeti fejlődés fenológiai fázisában van jelentősége. Ehhez igazodva bevontuk a vizsgálatba az április 19. (talajhőmérők telepítési ideje) és június 18. közötti két hónap hosszúságú időszak napi talaj- és léghőmérsékleti adatait.

Az évjáratok megbízható elemzéséhez szükséges az előző egy-két év időjárási paramétereit figyelembe venni. A 2023. évet megelőző tenyészidőszakban, 2022-ben rendkívüli aszály volt a térségben és augusztusra a talajok vízkészlete a mélyebb rétegekben is a holtvíztartalom értéke köré süllyedt. Ezt követően szeptemberben viszont rekord közeli (152 mm) csapadék hullott, így a szokásosnál korábban és jelentős mértékben elkezdődött a talajok vízzel való feltöltődése. Ez a kedvező folyamat folytatódott a téli félévben. A hat hónap alatt összesen lehullott csapadék mennyisége 334 mm, 120 mm-rel meghaladta a sokévi átlagot (összehasonlításként érdemes megemlíteni, hogy a 2021/2022-es téli félévben mindössze 144 mm csapadék esett). 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 és a napfénytartam 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 (-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-yearly patterns of temperature, precipitation and solar radiation in 2023. (1) Period, (2) Mean temperature (°C), (3) Precipitation (mm), (4) Sunshine duration (hours), (5) Winter period (X-III), (6) Summer period (IV-IX), (7) April, (8) May, (9) June, (10) July, (11) August, (12) September, Note: deviations from 1981-2010 averages in brackets.

2023 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 Debrecen környékén 5 cm feletti hótakaró borította a tájat. Mindezt jól mutatja április első dekádjának 5 °C-os negatív hőmérsékleti anomáliája és az ez időszakban lehullott 30 mm feletti csapadék. 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 vetés szempontjából a hónap második felére vált kedvezővé az időjárás, az utolsó dekád csapadékmentesen alakult. Április 19-től a vetésmélységben több fokkal a bázishőmérséklet felett alakult a talajhőmérséklet napi átlaga, még a hónap végi és a májusi átmeneti lehűlések idején is. Ez kedvezett a kelési folyamatnak és a kezdeti vegetatív fejlődésnek, az egyöntetű növényállományok kialakulásának (1. ábra).

1. ábra. A talajhőmérséklet (5 cm, szántásos alapművelés) és a léghőmérséklet (2 m) menete

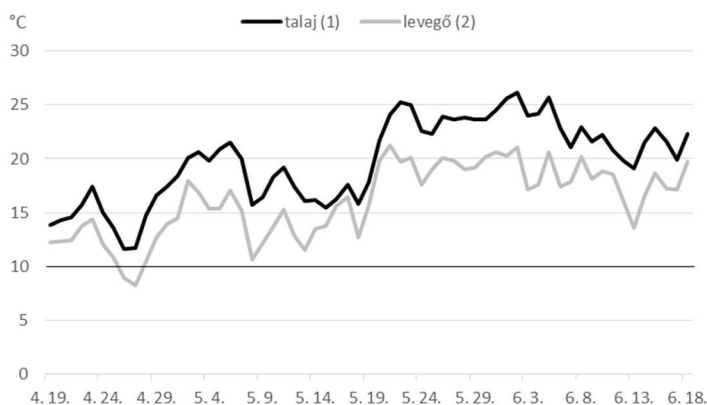


Figure 1. The soil temperature (5 cm, ploughing as primary tillage) and air temperature (2 m) curves. (1) Soil, (2) Air

A május a hőmérséklet (16,5 °C) és a napfénytartam (247 óra) vonatkozásában teljesen átlagosan alakult. A hónap közepe volt viszonylag hűvös, az utolsó dekád viszont pozitív hőmérsékleti anomáliát mutatott. A kukorica ennek megfelelően kedvező, mérsékelt ütemben fejlődött. 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. 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. A kukorica vegetatív fejlődése kedvező meteorológiai viszonyok mellett folytatódott ebben a hónapban.

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, csupán két napon érte el a hőmérséklet a 34–35 °C-ot. Július utolsó dekádjára a hőmérséklet visszaállt a sokévi átlagnak megfelelő szintre. 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 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 átlagnál lényegesen melegebb és csapadékosabb volt. A havi 86 mm-es összeg annyiban félrevezető, hogy a döntő része (60 mm) a hónap végén egyetlen napon hullott le, addig kifejezetten száraz időjárás uralkodott (2. ábra).

A szeptember rekord meleg volt, a mérések kezdete óta nem fordult elő az ideai középhőmérsékletnél (20,0 °C) nagyobb érték Debrecenben. Mindhárom dekádjában lényegesen melegebb volt, mint a sokévi átlag,

össességében 3,8 °C-os pozitív hőmérsékleti anomália alakult ki. A napi hőmérsékleti maximumok jellemzően a 25-30 °C-os tartományban mozogtak. A csapadék (41 mm) megközelítette a sokévi átlagot, a napfénytartam (247 mm) pedig lényegesen meghaladta. A szeptemberi időjárás kedvezett a szemek vízleadásának és nem hátráltatta a betakarítást (Gombos és Nagy 2024).

2. ábra. A dekád középhőmérsékletek eltérése a sokévi átlagtól (a) és a csapadékösszegek (b) (2023)

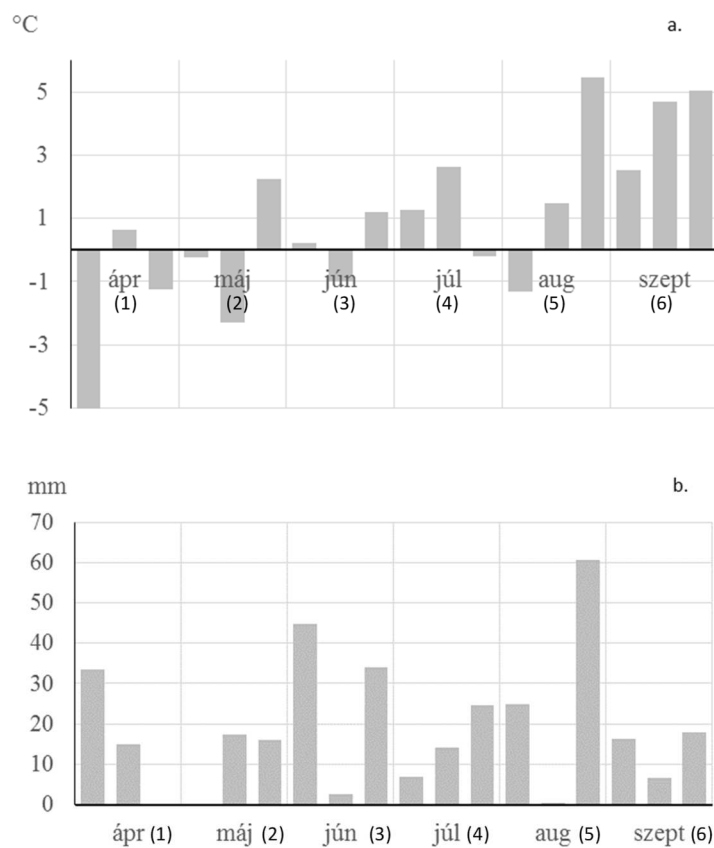


Figure 2. Deviation of decadal mean temperatures from the multi-year average (a) and precipitation totals (b) (2023). (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) September

Összességében, a tenyészidőszakot megelőző téli félévben vízzel feltöltődött talajok, a szántóföldi vízkapacitásnak megfelelő induló vízkészlet jelentősen csökkentette az aszálykockázatot. Különösen igaz ez a megállapítás a mélyrétegű, kiváló vízgazdálkodási tulajdonságú talajok esetében. 2023-ban a tenyészidőszak időjárása is összességében kedvezően alakult. Kiemelendő, hogy a meghatározó időszakokat a mérsékelt meleg, kiegyenlített hőmérsékleti viszonyok jellemezték, nem voltak szélsőségesen meleg vagy hűvös időszakok. A tenyészidőszak csapadéka átlag körül alakult, de ezen belül a május és a július csapadéka csupán a szokásos felét érte el. Vízhány miatti jelentős stressz viszont nem alakult ki, a talaj mélyebb rétegeiben tárolt víz, és a kedvező hőmérsékleti viszonyok miatt.

#### *A tartamkísérlet termesztéstechnológiája*

A „potenciál” termőképesség-kísérlet előveteménye kukorica volt. Az agrotechnikai műveleteket tekintve a szántás a betakarítás után, 2022. 10. 17-én történt, melynek lezárása 2023. 02. 02-án volt. A tavaszi tápanyagutánpótlás (2023. 04. 17.) alkalmával 135 k/ha N, 35 kg/ha CaO és 25 kg/ha MgO került kijuttatásra. A vetés 2023. 04. 20-án történt, amikor a talajhőmérséklet megfelelően magas volt az egyenletes, homogén keléshez. A kelés éréscsoporttól és hibridtől függően eltérően alakult, melynek időpontja 2023. 05. 02. és 2023. 05. 08. között változott.

Nyolcleveles fejlettségi állapotban a sorközművelést követően csepegtető öntözőrendszer került telepítésre az állományba. Az öntözőrendszer telepítése során minden egyes sorba csepegtető csövet helyeztünk, melynek öntözővíz-kijuttatási kapacitása 3 liter/perc/önzőzőelem. A teljes kiöntözött víz mennyisége a tenyészidőszak során 374 mm volt, melyet 12 részletben – a talaj nedvességtartalmától függően – juttattunk ki. Az öntözővízzel egy menetben 2023. 07. 10-én folyékony műtrágya kijuttatás történt az alábbi makroelem dózissal: NPK 3-5-40 (0,875 kg N, 1,25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 10 kg K<sub>2</sub>O).

A betakarítás időpontja 2023. 09. 28-a volt, kisparcella betakarító kombájn segítségével. A betakarítást követően Perten DA 7250 NIR beltartalomvizsgáló készülékkel a betakarított szemtermés nedvesség-, olaj-, fehérje- és keményítőtartalom vizsgálatát végeztük.

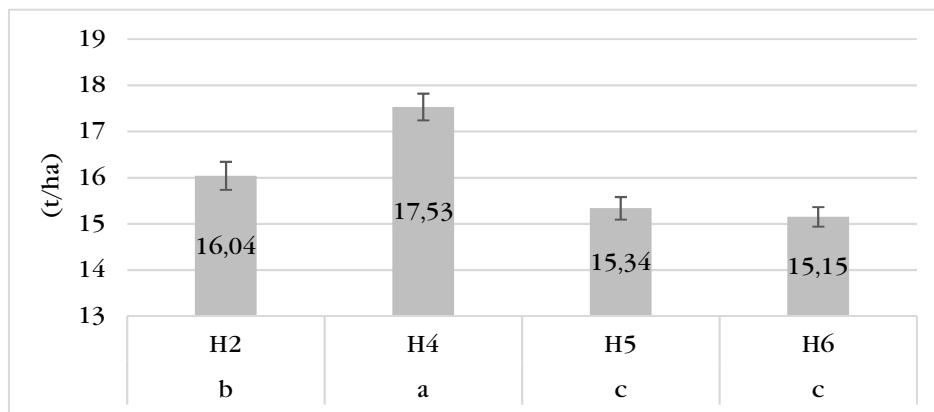
### Statisztikai értékelés

Az adatok értékelése során egytényezős varianciaanalízist, valamint Fisher-féle LSD tesztet alkalmaztam a statisztikailag igazolható eltérések megállapításához. Az értékeléshez Minitab 19 statisztikai szoftvert, az ábrák elkészítéséhez pedig Microsoft Excel 365 szoftvert használtam.

### Eredmények

A kísérletben a termés mennyiségét, és a termésmennyiség kialakulásában szerepet játszó terméselemeket vizsgáltam és hasonlítottam össze az egyes kukorica genotípusok értékelése során. A termés mennyiségében a legmagasabb eredményt a H4 hibrid érte el, amely termése statisztikailag igazoltan, 1,48–2,37 t/ha-ral haladta meg a többi vizsgált hibrid értékeit (3. ábra). Fontos genetikai paraméter a szárazanyag-beépüléshez szükséges energia mennyisége. A legjobb a hatékonysága a H4 hibridnek, tonnánként 72 HU volt. Kedvező volt a H2 hibrid paramétere, 79 HU/t. A H5 és a H6 hibridek értéke tonnánként 85–85 HU volt.

3. ábra. Kukorica hibridek termésmennyisége (t/ha)  
(Debrecen-Látókép, 2023)

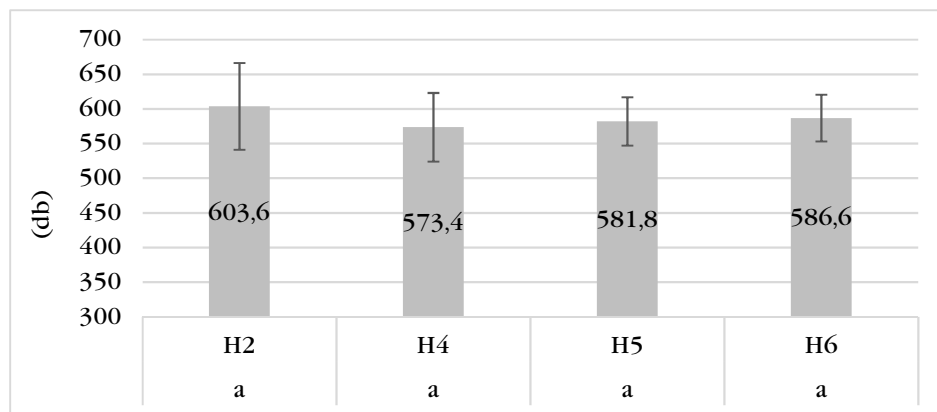


Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Figure 3. Yield of maize hybrids (t/ha) (Debrecen-Látókép, 2023). Note: values with different letters are statistically different.

Az egyes genotípusok egy csövön lévő szemszámának vizsgálata során megállapítottam, hogy a hibridek között statisztikailag igazolható különbség nem volt. Az egyes hibridek szemszáma csak kis mértékben, 8,4-30,2 db szem/cső mértékben különbözött egymástól. A legmagasabb értéket a H2 genotípus érte el (4. ábra).

4. ábra. Kukorica hibridek szemszáma (db)  
(Debrecen-Látókép, 2023)



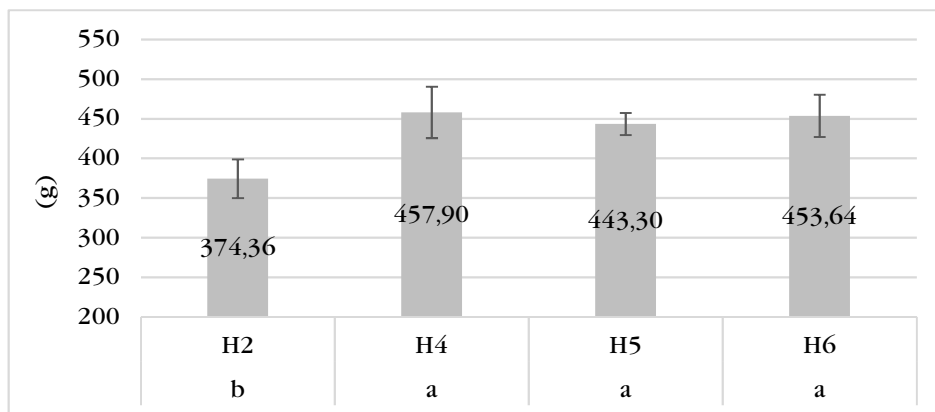
Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Figure 4. Grain number of maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2023). Note: values with different letters are statistically different.

A kísérletben értékelt hibridek ezerszemtömegének vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a legmagasabb értéket a H4 hibrid érte el (457,9 g), amely enyhén, nem szignifikáns mértékben meghaladta a H5 és H5 hibrid értékeit (4,25-14,59 g többlet), ugyanakkor statisztikailag igazoltan nagyobb volt (+83,53 g), mint a H2 hibrid ezerszemtömege (5. ábra).

A betakarításkori szemnedvesség a későbbi szárítási költségek szempontjából meghatározó jelentőséggel bír. A kísérletben vizsgált genotípusok jó vízleadási paraméterekkel jellemezhetők, a szemnedvességük 13-16% közötti volt. A legalacsonyabb szemnedvességet a H6 hibrid érte el, amely 0,68-1,74 %-kal, statisztikailag igazolt mértékben különbözött a többi vizsgált hibridtől (6. ábra).

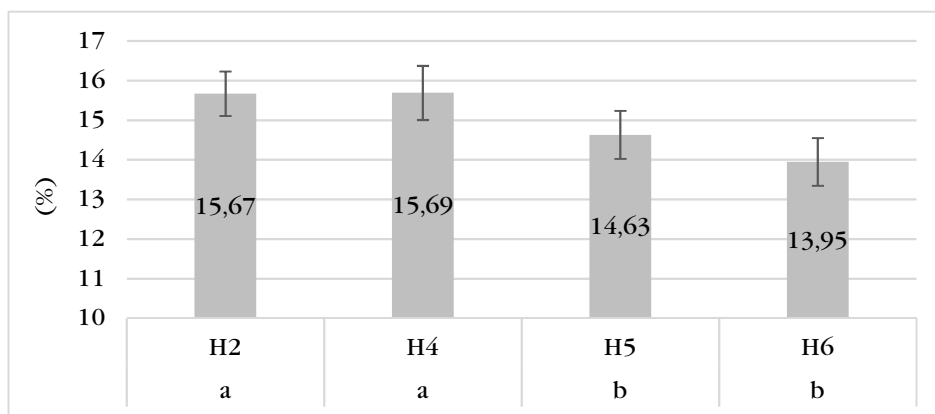
5. ábra. Kukoricahibridek ezerszemtömege (g)  
(Debrecen-Látókép, 2023)



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Figure 5. Thousand grain weight of maize hybrids (g) (Debrecen-Látókép, 2023). Note: values with different letters are statistically different.

6. ábra. Kukoricahibridek szemnedvessége (%)  
(Debrecen-Látókép, 2023)

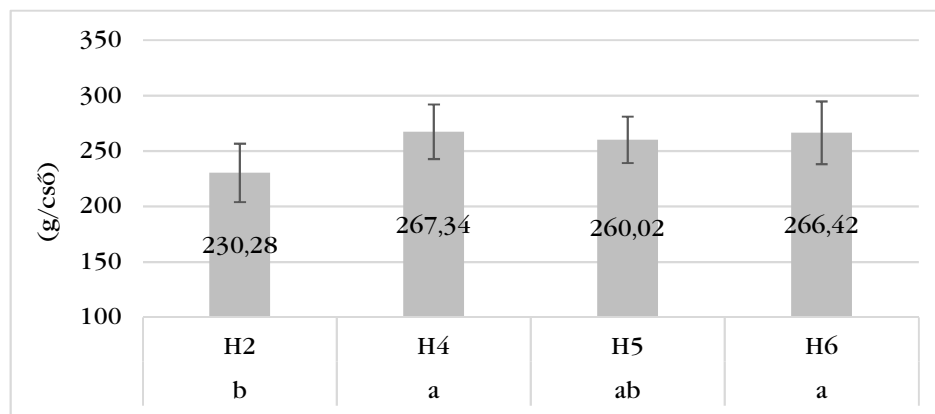


Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Figure 6. Grain moisture (%) of maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2023). Note: values with different letters are statistically different.

A termésmennyiség meghatározója az egy csövön lévő szemek tömege. Ennek a paraméternek a vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a legmagasabb szemtömeeggel a H4 hibrid rendelkezett, amely azonban statisztikailag igazolt mértékben (+37,06 g/cső) egyedül a H2 hibrid szemtömegétől különbözött, a többi vizsgált hibrid értékei között nem volt szignifikáns eltérés (7. ábra).

7. ábra. Kukoricahibridek 1 csövön lévő szemtömege (g/cső)  
(Debrecen-Látókép, 2023)



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Figure 7. Grain weight of maize hybrids on one ear (g/ear) (Debrecen-Látókép, 2023). Note: values with different letters are statistically different.

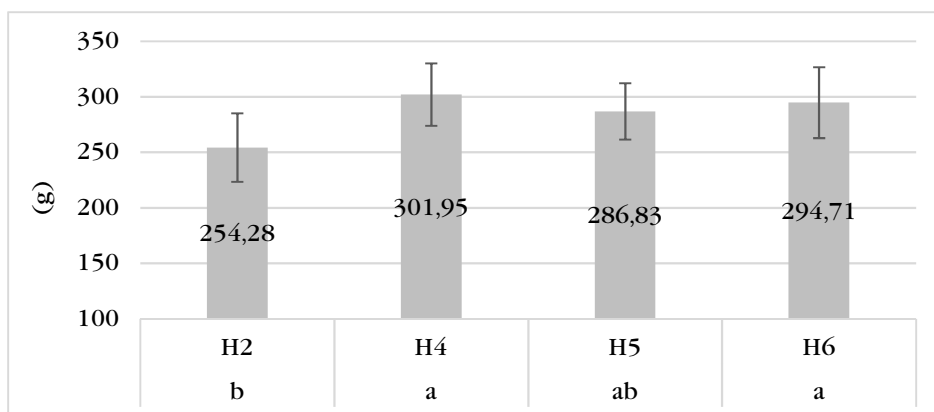
Az egyes vizsgált hibridek csőtömege a szemtömeg értékekhez hasonlóképpen alakult, amely szerint a legmagasabb értéket a H4 hibrid érte el (301,95 g/cső), amely szignifikáns mértékben (+47,67 g/cső) haladta meg a H2 hibrid egyedi csőtömeg értékét (8. ábra).

Szántóföldi tartamkísérletek eredményei szerint a kukoricahibridek megválasztásához, az adott termőhelyen szükséges felhasználni az egyes genotípusok smart paramétereit. A vizsgált kukoricahibridek kiváló fenológiai habitussal rendelkeztek: növénymagasság: 320–340 cm, csőmagasság: 135–151 cm, szárátmérő: 20,5–21,5 mm volt. A levél terület indexek jelentősen különböztek (3,6–4,7 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>). A vizsgált hibridek beltartalmi értékei kiválóak voltak (2. táblázat):

– fehérjetartalom: P9985 és Fidencio 6,5–6,5%, Darkness 6,2%, Merida: 5,7%;

- keményítőtartalom: Merida, P9985, Darkness 76,5; 76,2%, Fidencio 75,2%;
- olajtartalom: Merida 3,6%, P9985 3,1%, Darkness 3,5% és Fidencio 3,4%.

8. ábra. *Kukoricahibridek csőtömege (g)*  
(Debrecen-Látókép, 2023)



Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Figure 8. Maize hybrid ear weight (g) (Debrecen-Látókép, 2023). Note: values with different letters are statistically different.

2. táblázat. *Kukoricahibridek fenometriai és minőségi paramétereit*

Paraméterek (1)	Merida	P9985	Darkness	Fidencio
Növénymagasság (cm) (2)	340 a	343 a	324 b	320 b
Csőmagasság (cm) (3)	151 a	146 a	144 a	138 b
Szárátmérő (cm) (4)	21,5 a	20,5 a	21,3 a	21,5 a
LAI	4,7 a	4 b	4,2 b	3,6 c
Olaj (%) (6)	3,6 a	3,1 b	3,5 a	3,4 a
Fehérje (%) (7)	5,7 b	6,5 a	6,2 a	6,5 a
Keményítő (%) (8)	76,5 a	76 a	76,2 a	75,2 b

Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Table 2. Phenometric and quality parameters of maize hybrids. (1) Parameters, (2) Plant height (cm), (3) Ear height (cm), (4) Stem diameter (cm), (5) Leaf Area Index, (6) Oil (%), (7) Protein (%), (8) Starch (%). Note: values marked with a different letter are statistically different from each other.

### A kukorica hibridek SPAD értékei

A SPAD és a NDVI mérések adatai jól szolgálják legfontosabb célkitűzésünket, nyomon követni a növények egészségi állapotát. A növényfiziológiai értékek nem csak a termés-előrejelzésben hasznosak, hanem a hiánytünetek megjelenése előtt információt kapunk a növények víz- és tápanyag-ellátottságáról. A jó minőségű termés előfeltétele az egészséges növényállomány. A SPAD 502 műszerrel megbízhatóan mérhető a növények klorofilltartalma. A SPAD értékek jó összefüggést mutatnak a növényi levelek N-tartalmával. A fenofázisban mért SPAD értékeket elemezve megállapítottuk, hogy a H2, H5, H6 hibridek értékei 6 leveles korban azonosak voltak (39). A legnagyobb termést adó, H4 hibrid SPAD értéke jelentősen nagyobb, 45 volt (9. ábra).

9. ábra. A kukorica hibridek SPAD értékei  
(Debrecen-Látókép, 2023)

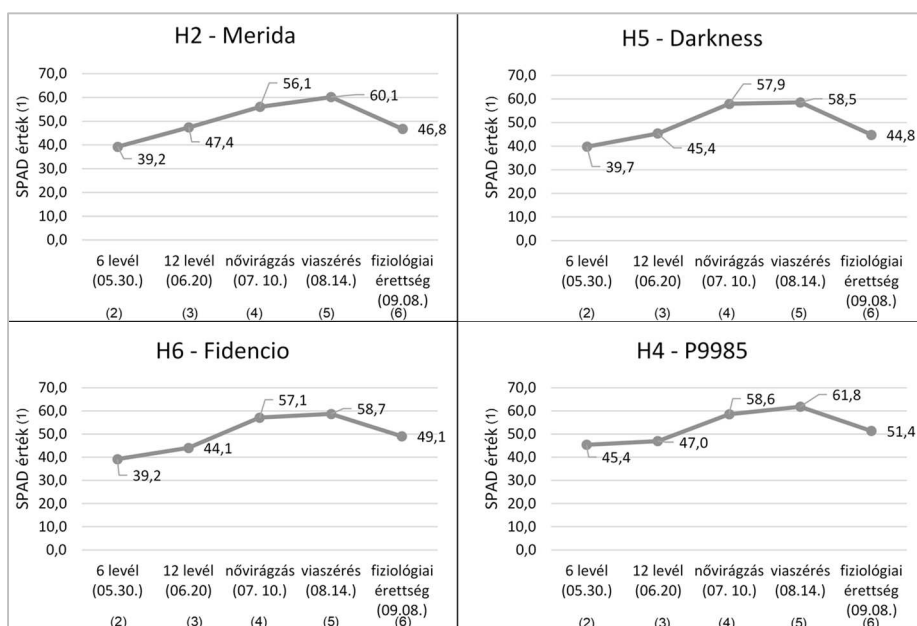


Figure 9. SPAD values for maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2023). (1) SPAD reading, (2) Leaf 6 (30.05), (3) Leaf 12 (20.06), (4) Silking (10.07), (5) Waxy maturity (14.08), (6) Physiological maturity (08.09)

A SPAD értékek a kritikus fenofázisban hasonló, növekvő dinamikát értek el, a fiziológiai érést megelőző fenofázisig, a legnagyobb értéket (61,8) a H4 hibrid érte el. A fiziológiai érés idején mind a négy hibridnél közel 10–10 értékszám csökkenést mértünk, a H4 hibridnek ebben a fenofázisban is kiemelkedő értéke (51,4) volt.

#### *A kukoricahibridek NDVI értékei*

Az NDVI a legszélesebb körben használt vegetációs index. Az érték a „zöldességgel” a fotoszintetikus aktivitást mutatja. Az index alkalmas a növények fejlődésének, egészségének, a növények állapotának nyomon követésére. A mért értékek különbözősége elsősorban a növények klorofill tartalmával függ össze. A 6 leveles növényállományban mért NDVI értékek, hasonlóan a SPAD értékekhez, a H2 H5, H6 hibrideknél közel azonos volt, (0,4–0,5), míg a H4 hibridnél az érték: 0,6. A legfontosabb fenofázisokban, a 12 leveles kortól a viaszerésig mind a 4 hibridnél hasonló, magas értékeket mértünk. A fiziológiai érés fenofázisban a legalacsonyabb értéket (0,49) a H2-nél, a legmagasabb értékeket (0,62–0,69) a H4, H6 hibridek érték el (10. ábra).

#### *A kukoricahibridek vízleadás dinamikája*

A kukoricatermesztés jövedelmezőségét a hozamok nagysága és a költségek kedvező szintje befolyásolja. A költségcsökkentés egyik módja a jó vízleadó képességekkel rendelkező kukoricahibridek megválasztása. Kísérleteinkben a hibrid összehasonlítás érdekében a vízleadás intenzív szakaszának (augusztus hónap) adatait használtuk. A vízleadás dinamikája szempontjából fontos a kukoricaszemek induló (07. 31.) víztartalma (11. ábra).

A H2, H4, H6 víztartalma (61, 31%; 61, 85%; 60, 0,7%) hasonló, a H5-é kedvezőbb (58,16%) volt. Az aktív vízleadás a fiziológiai érésig tart, ezt követően csak fizikai vízvesztésről, száradásról beszélhetünk, mindkét paraméter genetikai képesség. A szemek nedvességtartalma a fiziológiai éréskor H2 26,7%, H4 29%, H5 21,6%, H6 23,3% volt.

10. ábra. A kukoricahibridek NDVI értékei  
(Debrecen-Látókép, 2023)

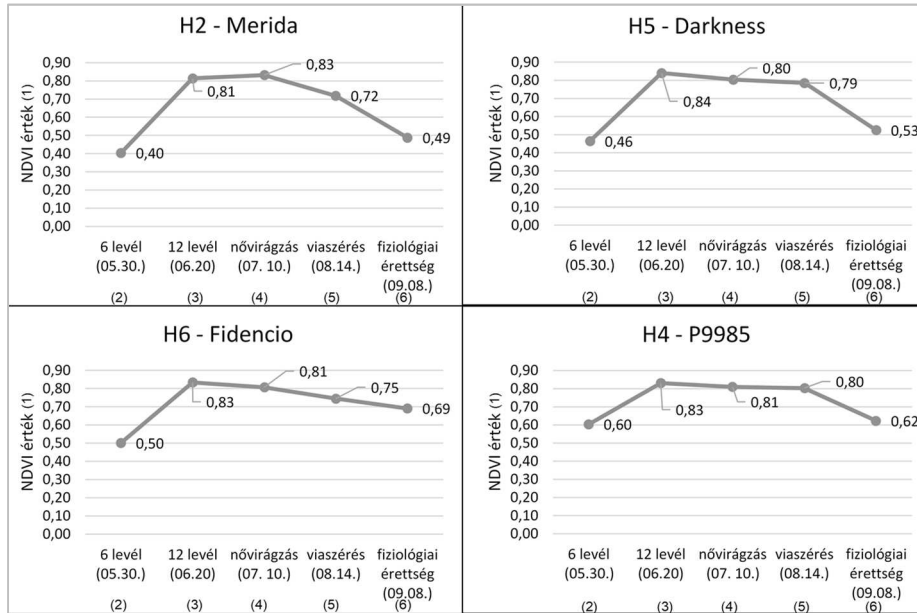


Figure 10. NDVI values for maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2023). (1) NDVI, (2) Leaf 6 (30.05), (3) Leaf 12 (20.06), (4) Silking (10.07), (5) Waxy maturity (14.08), (6) Physiological maturity (08.09)

A H2 és H4 hibrid a fiziológiai érést 123 nap alatt érte el, a napi vízleadás értékei különböztek, H2 0,85% /nap, a H4 0,69% /nap. A H5 hibrid 128 nap alatt, 0,95% /nap, a H6 hibrid 125 nap alatt, 0,84% /nap intenzitással érte el a fiziológiai érést. A fiziológiai éréstől a betakarításig a vízvesztés, száradás legkedvezőbb a H4 0,5% /nap, ezt követte a H2 0,4% /nap értékkel, a H5 és H6 hibridek napi száradása egyaránt 0,3–0,3% volt (11. ábra).

11. ábra. A kukorica hibridek vízleadás-dinamikája  
(Debrecen-Látókép, 2023)

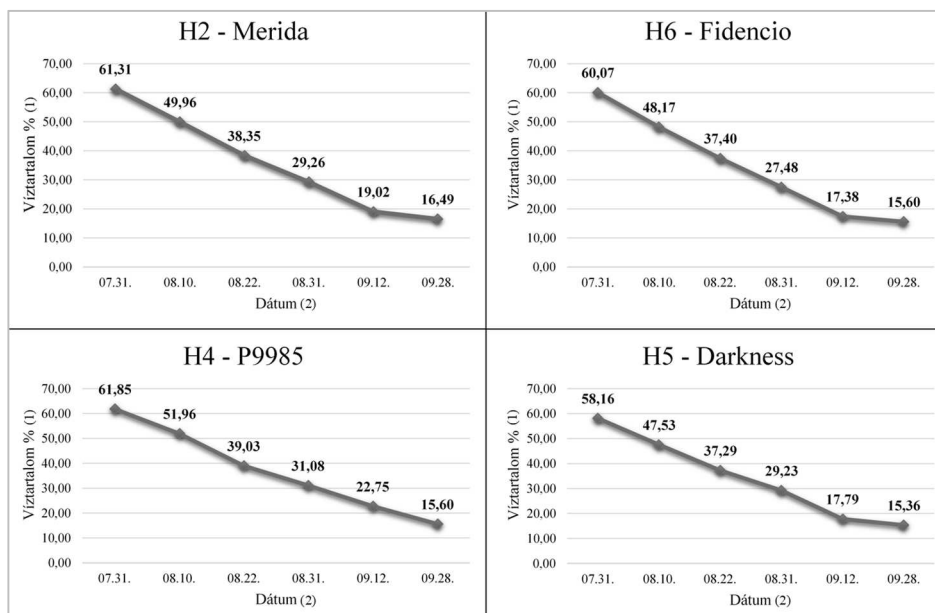


Figure 11. Water release dynamics of maize hybrids (Debrecen-Látókép, 2023). (1) Water content (%), (2) Date

### Következtetések

A mezőgazdaság előtt álló kihívásoknak, a versenyképesség és a jövedelmezőség növelésének csak a precíziós gazdálkodás fejlesztésével lehet megfelelni. A szántóföldi tartamkísérlet új tudományos eredményei megbízható alapot jelentenek a precíziós termesztéstechnológiák fejlesztésére és adaptálására. A kukoricatermesztés eredményessége növelhető az adott termőhelyre kiválasztott legalkalmasabb kukorica hibridek genetikai paramétereinek megismerésével. A precíziós gazdálkodás műszaki adottságai lehetővé teszik a megismert genotípusok termesztéstechnológiai igényének pontosabb, hatékonyabb kielégítését: vetés ideje, növényszám, kelési erény, kritikus fenofázisok hőösszeg igénye, szárazanyag beépülés és a vízleadás dinamikája, hibridspecifikus tápanyagpótlás, öntözés és betakarítás. A szántóföldi

tartamkísérlet lehetőséget teremtett a vizsgált, eltérő genotípusú kukorica hibridek smart paramétereinek elemzésére: növénymagasság, csőmagasság, szárátmérő, levélterület index, SPAD és NDVI értékek, terméseredmények, szemszám, ezermagtömeg, szemnedvesség, csövenkénti szemszám és csőtömeg, valamint fehérjetartalom, keményítőtartalom, olajtartalom.

### 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

- Assouline, S.*: 2002. The effects of microdrip and conventional drip irrigation on water distribution and uptake. *Soil Science Society of America Journal*. 66. 5: 1630-1636.
- Bojtor, C.-Illés, Á.-Horváth, É.-Nagy, J.-Marton, L. C.*: 2021. Hybridspecific nutrient interactions and their role in maize yield quality. *Agronomy Research*. 19. 4: 1698-1710. <https://doi.org/10.15159/AR.21.148>
- Bojtor, C.-Mousavi, S. M. N.-Illés, Á.-Golzardi, F.-Széles, A.-Szabó, A.-Marton, C. L.*: 2022. Nutrient composition analysis of maize hybrids affected by different nitrogen fertilisation systems. *Plants*. 11. 12: 1593.
- Cairns, J. E.-Sonder, K.-Zaidi, P. H.-Verhulst, N.-Mahuku, G.-Babu, R.*: 2012. Maize production in a changing climate: impacts, adaptations, and mitigation strategies. *Advances in Agronomy*. 114: 1-58.
- Ceglar, A.-Zampieri, M.-Toreti, A.-Dentener, F.*: 2019. Observed north-ward migration of agro-climate zones in Europe will further accelerate under climate change. *Earth's Future*. 7: 1088-1101.
- Gombos B.-Nagy J.*: 2019. Az időjárás értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletek eredményei alapján. *Növénytermelés*. 68. 2: 5-23.
- Gombos B.-Nagy J.*: 2024. A 2023-as kukorica tenyészidőszak agrometeorológiai jellemzői Debrecen-Látóképen. *Növénytermelés*. 73. 1: 29-39.
- 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.
- 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.
- Hadászi L.-Illés Á.-Bojtor Cs.-Sojnóczki I.-Nagy J.:* 2023. A kukorica hibridek smart paramétereinek elemzése. *Növénytermelés.* 72. 2: 21–36.
- Harsányi, E.-Bashir, B.-Alsilibe, F.-Moazzam, M. F. U.-Ratonyi, T.-Alsalman, A.-Mohammed, S.:* 2022. Predicting modified Fournier index by using artificial neural network in Central Europe. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 19. 17: 10653.
- Hussain, H. A.-Men, S.-Hussain, S.-Chen, Y.-Ali, S.-Zhang, S.-Wang, L.:* 2019. Interactive effects of drought and heat stresses on morpho-physiological attributes, yield, nutrient uptake and oxidative status in maize hybrids. *Scientific reports.* 9. 1: 1–12.
- Illés, Á.-Bojtor, C.-Széles, A.-Mousavi, S. M. N.-Tóth, B.-Nagy, J.:* 2021. Effect of nitrogen fertiliser on the rate of lipid peroxidation of different maize hybrids in a long-term multifactorial experiment. *Acta Alimentaria.* 50. 2: 162–169.
- Illés, Á.-Szabó, A.-Mousavi, S. M. N.-Bojtor, C.-Vad, A.-Harsányi, E.-Sinka, L.:* 2022. The Influence of precision dripping irrigation system on the phenology and yield indices of sweet maize hybrids. *Water.* 14. 16: 2480.
- Jacob, D.-Petersen, J.-Eggert, B.-Alias, A.-Christensen, O. B.-Bouwer, L. M.:* 2014. EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European Impact research. *Regional Environmental Change.* 14: 562–578.
- Kang, S.-Shi, W.-Zhang, J.:* 2000. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crops Research.* 67. 3: 207–214.
- Kiziloglu, F. M.-Sahin, U.-Kuslu, Y.-Tunc, T.:* 2009. Determining water-yield relationship, water use efficiency, crop and pan coefficients for silage maize in a semiarid region. *Irrigation Science.* 27: 129–137.
- Mousavi, S. M. N.-Bojtor, C.-Illés, Á.-Nagy, J.:* 2021. Genotype by trait interaction (GT) in maize hybrids on complete fertilizer. *Plants.* 10. 11: 2388.
- Nagy J.:* 2021. *Kukorica, a nemzet aranya. Élelmiszer, takarmány, bioenergia.* Szaktudás Kiadó. Budapest.
- Nagy J.-Gombos B.-Hadászi L.-Bojtor Cs.-Illés Á.:* 2023. Víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérlet (NPK) eredményei. *Növénytermelés.* 72. 4: 79–95.
- Nyéki, A.-Neményi, M.:* 2022. Crop yield production in precision agriculture. *Agronomy.* 12. 10: 2460.

- Rohman, M. M.–Islam, M. R.–Naznin, T.–Omy, S. H.–Begum, S.–Alam, S. S.–Hasanuzzaman, M.:* 2019. Maize Production Under Salinity and Drought Conditions: Oxidative Stress Regulation by Antioxidant Defense and Glyoxalase Systems. [In: Plant Abiotic Stress Tolerance.] Springer. Cham. 1–34.
- Széles, A. V.–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.
- Széles, A.–Huzsvai, L.–Mohammed, S.–Nyéki, A.–Zagyi, P.–Horváth, É.–Tamás, A.:* 2024. Precision agricultural technology for advanced monitoring of maize yield under different fertilization and irrigation regimes: A case study in Eastern Hungary (Debrecen). *Journal of Agriculture and Food Research*. 15: 100967.
- Széles, A.–Nagy, J.–Rátonyi, T.–Harsányi, E.:* 2019. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. *Maydica*. 64. 2: 1–14.
- Zagyi, P.–Horváth, É.–Vasvári, G.–Simon, K.–Széles, A.:* 2024. Effect of Split Basal Fertilisation and Top-Dressing on Relative Chlorophyll Content and Yield of Maize Hybrids. *Agriculture*. 14. 6: 956.

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

