

Kukorica (*Zea mays* L.) hibridek szárazanyag-beépülésének és vízleadási dinamikájának értékelése szántóföldi tartamkísérletben

¹ILLÉS ÁRPÁD - ²SÓLYOM JÁNOS - ¹NAGY JÁNOS - ¹BOJTOR CSABA

¹Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

²Corteva Crop Solutions HUN Kft., Budapest

Összefoglalás

A 2024-es év rendkívül meleg nyári időjárása kedvező körülményeket biztosított a kukorica hibridek fejlődésének hőösszeg-alapú vizsgálatához. A Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén öt eltérő FAO-számú hibrid (P9398, P9944, P9975, P0450, P0710) fejlődését, szárazanyag-felhalmozását és vízleadási dinamikáját értékeltük.

Az eredmények alapján jól nyomon követhető volt a hibridspecifikus fiziológiai érés és a szárazanyag-beépülés alakulása a hasznos hőösszeg függvényében. A mintavételek során meghatározott szárazanyag- és szemnedvesség-értékek lehetővé tették a vízleadás ütemének pontos jellemzését, amely jelentős eltéréseket mutatott az egyes hibridek között. Az intenzív vízleadási szakasz üteme és hossza meghatározó a betakarítási időpont és a szárítási költségek szempontjából. A hőösszeg-alapú nyomon követés megbízható eszköz a kukorica hibridek fenológiai szakaszainak meghatározására, és hozzájárulhat a termesztéstechnológia optimalizálásához a változó klimatikus környezetben.

Kulcsszavak: kukorica, tartamkísérlet, csepegtető öntözés, szárazanyag-beépülés

Evaluation of dry matter accumulation and water loss dynamics of maize (*Zea mays* L.) hybrids in a long-term field experiment

¹Á. ILLÉS - ²J. SÓLYOM - ¹J. NAGY - ¹CS. BOJTOR

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

²Corteva Crop Solutions HUN Kft., Budapest

Summary

The extremely hot summer weather in 2024 provided favorable conditions for the heat sum-based evaluation of maize hybrids. At the University of Debrecen's Látókép Experimental Station, we evaluated the development, dry matter accumulation, and water loss dynamics of five hybrids with different FAO numbers (P9398, P9944, P9975, P0450, P0710).

Based on the results, hybrid-specific physiological maturation and dry matter accumulation could be well monitored as a function of the useful heat sum. The dry matter and grain moisture values determined during sampling allowed for accurate characterization of the water loss rate, which showed significant differences between the hybrids. The timing and duration of the intensive water loss phase are decisive for the harvest date and drying costs. Heat sum-based monitoring is a reliable tool for determining the phenological stages of maize hybrids and can contribute to the optimization of cultivation technology in a changing climate.

Keywords: maize, long-term experiment, drip irrigation, dry matter accumulation

Bevezetés

A kukorica (*Zea mays* L.) a világ egyik legfontosabb mezőgazdasági növénye, amely jelentős szerepet játszik az élelmiszertermelésben és az ipari felhasználásban. A kukorica hibridek teljesítményének értékelése elengedhetetlen a termés hozamok optimalizálásához és a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok

kialakí tása érdekében (Nagy et al. 2023). A különböző növényfiziológiai mérések, növényi terméssparaméterek értékelése a precí zió s kukoricatermesztés folyamatos fejlesztését szolgálja (Széles et al. 2024). A szárazanyag beépülésének és a ví zleadási dinamikájának vizsgálata szántóföldi tartamkí sérletek keretében lehetőséget ad arra, hogy mélyebben megértsük a növények fejlődési folyamatait és alkalmazkodását a különböző környezeti feltételekhez. E kutatás célja, hogy feltárja a különböző hibridek közötti eltéréseket és hozzájáruljon a kukoricatermesztés hatékonyságának növeléséhez. A ví zleadás és a szárazanyag-beépülés közötti összefüggések megértése kulcsfontosságú a ví zgazdálkodás javí tásában és a termelési költségek csökkentésében. A kutatás eredményei segí thetnek a gazdálkodóknak abban, hogy jobban alkalmazkodjanak a változó éghajlati viszonyokhoz, és fenntarthatóbb módon termeljék a kukoricát.

A *HungaroMet* mérései alapján 2024 nyarának középhőmérséklete országosan 23,54 °C volt (1991–2020-as átlag: 20,8 °C), ami a legmagasabb érték a 20. század kezdete óta. A 2024. évi nyári középhőmérséklet országos átlagban 0,76 fokkal haladta meg az eddigi legmelegebb, a 2022-es nyár hőmérsékletét, amely mély nyomot hagyott a kukoricatermesztők emlékezetében. Mindhárom hónap pozitív anomáliával zárt, a június 1,8 °C-kal, a július 3,0 °C-kal, míg az augusztus 3,4 °C-kal haladta meg az 1991–2020-as átlagot. A június az ötödik, az augusztus a második legmelegebb lett, míg a július a legforróbb volt a 2000-es évek eleje óta. A nyár középhőmérséklete az ország legnagyobb részén, sí kvidéken 23 és 25 °C között alakult, de a Dél-Alföldön többfelé a 25 °C-ot is meghaladta. Ha ehhez pótlólagosan figyelembe vesszük az éghajlati indexek értékeit is, akkor válik igazán szembeütővé a felmelegedés mértéke. A nyári napok ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$) száma 82 volt, szemben a sokéves átlaggal (66), 53 hőségnap ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) volt (a sokéves átlag 27) és 14 forró nap ($T_{\max} \geq 35 \text{ °C}$) feljegyzésére került sor (a sokéves átlag 3).

Ez a felfokozott felmelegedés fókuszba helyezi a kukorica tenyészidejének kérdését, azt, hogy az adott hibrid esetében mikor következik be a fiziológiai érés. Ennek időpontja nagyban meghatározza az elérhető termés nagyságát, ugyanis a szem a szárazanyag-tartalom maximumát a fekete réteg kialakulásának elején éri el (Carter és Poneleit 1973), ez a fiziológiai érés mutatója. A fekete réteg a maghéj alatt a magalapnál képződik, amikor a kötőszövetek sejtjei elhalnak.

Ha megnövekszik a nyári, a hőség- és a forró nyári napok száma, megnő a napi maximum hőmérséklet értéke, akkor a kukoricánövény érésére hatással lévő hőmérsékleti összeg napi értéke is növekszik. Ezáltal felgyorsul a kukorica fejlődési folyamata, lecsökken a fejlődési szakaszok eléréséhez szükséges napok száma, azaz kevesebb nap után következik be a fiziológiai érés, mint az a 60 nap, amelyet *Hanway* (1963) állapított meg a megtermékenyüléstől számítva. A lokális agrometeorológiai változások trendszerű értékelése és a változások vizsgálata ezáltal fontos szempontként jelenik meg a sikeres kukoricatermesztés megvalósítása érdekében (*Gombos et al.* 2023).

A Debreceni Egyetem szántóföldi kísérletei is igazolják, hogy a fenofázisok elemzéséhez, a fiziológiai érés megállapításához a hasznos hőösszegek pontosabb adatsorokat jelentenek, mint a keléstől vagy a nővirágzás megjelenésétől eltelt napok száma (*Nagy* 2021).

Kísérletünkben vizsgáltuk, hogy a felmelegedő nyár mekkora hatással van a kukorica fejlődési fázisainak időtartamára, milyen mértékben csökkenti a fiziológiai éréshez szükséges napok számát. Emellett elemeztük, hogy a hőmérsékleti összeg nyomon követése alkalmazható-e fiziológiai érés időpontjának megállapítására, illetve a száraanyag-beépülés intenzitásának jellemzésére a nővirágzástól eltelt napok száma helyett.

Anyag és módszer

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén végeztük. A vizsgálatnak helyt adó tartamkísérletet Prof. Dr. Nagy János alapította 2018-ban, melynek fő célja, hogy a modern nagy területen termesztett kukorica hibridek termésmennyiségi és -minőségi paramétereinek maximális képességét vizsgálja.

A kísérleti évet megelőző alapművelést 2023. október 12-én szántással végeztük, amelyet kora tavasszal 2024. február 22-én a szántás lezárása követte. A talaj előkészítése 2024. április 9-én műtrágyaszórással és kombinátorozással együttesen történt.

A vetés 2024. április 11-én volt 5 cm-es vetésmélységgel és 84,100 mag/hektár vetett tőszámmal. A gyomirtási és növényvédelmi kezelések keretében 2024. május 7-én permetezést végeztünk, mely során Adengo (0,4 l/ha) és Delion (0,5 l/ha) készítményeket alkalmaztunk. A mechanikai gyomirtást és talajlazítást 2024. május 13-án sorközművelő kultivátor

használatával hajtottuk végre. A tenyészidőszak során a termésmennyiség maximalizálása érdekében soronkénti felszíni csepegtető öntözőrendszert alkalmaztunk (1. ábra), melyet a Hydrawise szoftver segítségével automatikusan távvezérléssel működtettünk.

1. ábra. A kísérletben kijuttatott öntözővíz ideje és mennyisége (Debrecen-Látókép, 2024)

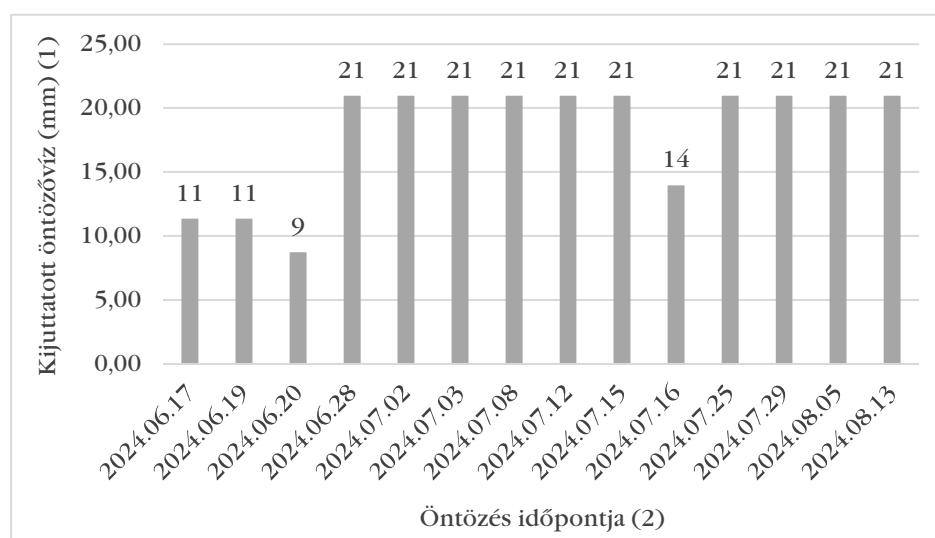


Figure 1. Time and amount of irrigation water applied in the experiment (Debrecen-Látókép, 2024). (1) Applied irrigation water (mm), (2) Time of irrigation

A betakarításra 2024. szeptember 26-án került sor Shampo Rosenlew SR2010 kétsoros parcella betakarító kombájn segítségével.

Vizsgálataink során a mintavételi időpontokban termésmintákat gyűjtöttünk az adott hibridekből öt ismétlésben, amelyet azonnal feldolgoztunk. A mintagyűjtést követően meghatároztuk a nedves tömeget a cső középső részéről gyűjtött egységnyi mennyiségű szemekből, majd öt napra 60 °C-os szárító tálzserénybe helyeztük, ahol tömegállandóságig szárítottuk. A szárított tást követően megmértük a szemek száraz tömegét, majd a nedves és száraz tömeg hányadosaként meghatároztuk a szárazanyag-tartalmat.

Eredmények és következtetések

A debrecen-látóképi szántóföldi kísérletben vizsgáltuk öt eltérő (FAO (370, 390, 420, 470, 520) számú kukorica hibrid teljesítményét. Az értékelés megbízható alapját a különböző fejlődési fázisokhoz tartozó hasznos hőértékek (HU) adták. A megbízható összehasonlíthatóság érdekében a vetést azonos napon végeztük (2024. 04. 11.). A kedvezőtlen tavaszi időjárás miatt a kelés elhúzódott (04. 29–30.). A teljesítményértékelés fontos szempontjai a kukorica hibridek szárazanyag-beépülési és vízleadási dinamikájának paramétereit. A P9398 kukorica hibrid a nővirágzásig 510 HU mennyiséget hasznosított. A szárazanyag-beépülés vizsgálatát egységesen 07. 30-án kezdtük és hétnaponta értékeltük a fiziológiai érésig. Az első mintavételkor a vizsgált hibrid szem szárazanyag-tartalma 51% volt, ezt a fenofázist a keléstől számítva 959 HU energiamennyiséggel érte el. A második mintavételtől hetente növekvő szárazanyag-beépülést (2%, 6%, 11%) mértünk. A fiziológiai érést a hibrid a 122. napon érte el 83% szem szárazanyag-tartalommal. A pontos mintavételek lehetővé tették a vízleadási dinamika elemzését a hőenergia felhasználás tükrében. Az első mintavételkor, 07. 30-án a szemnedvességtartalom 49% volt. Az első két hétben a vízleadás lassabb ütemű (0,34–0,85%/nap), majd a következő két hétben intenzívebb (1,44–1,58%/nap) volt. A fiziológiai érés idején (08. 30.) a szemnedvesség 17,5% volt. A betakarításig eltelt három hét alatt a napi fizikai vízvesztesség kedvező, 0,11% volt. A betakarítás kori szemnedvesség-tartalom: 13% (2. ábra).

A P9944 kukorica hibrid a nővirágzásig 523 HU hőmennyiséget hasznosított. A vizsgált hibrid szem szárazanyag-tartalma az első mintavételkor 47,5% volt, ezt a fenofázist a keléstől számítva 979 HU energiamennyiség felhasználásával érte el. A szárazanyag-beépülési dinamikája kedvező volt, hetente: 5%, 7%, 6%, 10% és 12%. A fiziológiai érést a hibrid a 126. napon érte el, 85% szem szárazanyag-tartalommal, ehhez 1407 HU volt szükséges. A vízleadási dinamikája is kedvező volt. az első mintavétel idején a szemnedvességtartalom 52,5% volt. Az első héten naponta átlagosan 0,59%-kal csökkent a szemnedvességtartalma. Ezt követően az intenzív szakasz – még egy héten át – naponta kedvező értékeket mutatott (0,91%, 1,04%, 1,37%, 1,4%). A fiziológiai érés idején (09. 03.) a szemnedvesség a legkedvezőbb (15,2%), ezért a betakarításig a napi fizikai vízvesztesség kevesebb volt. A betakarítás idején a szemnedvesség 13,6% volt (3. ábra).

2. ábra. A P9398 kukorica hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2024)

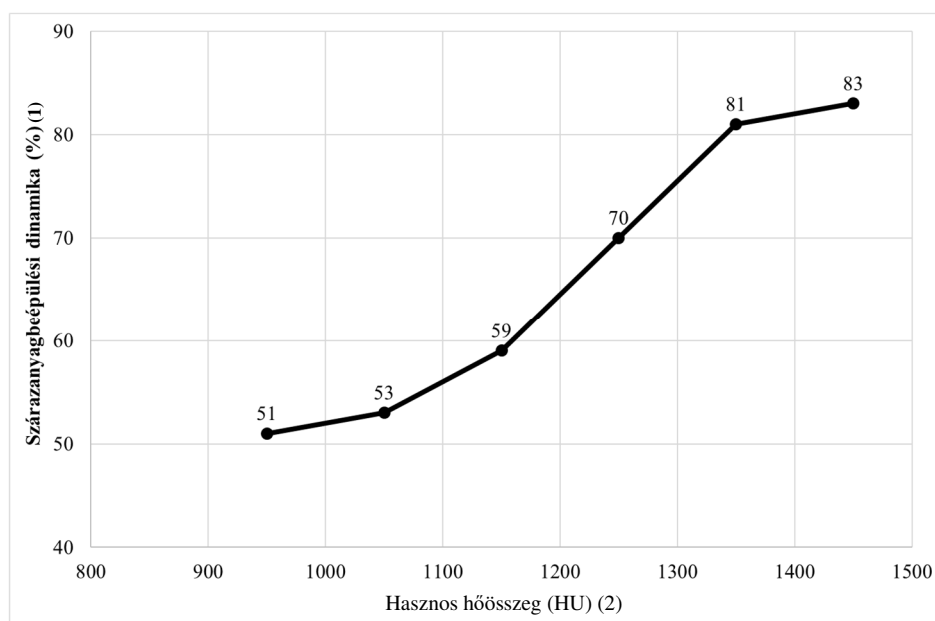


Figure 2. Dry matter incorporation dynamics (%) of maize hybrid P9398 as a function of heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2024). (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

A 9975 kukorica hibrid a nővirágzásig (60 nap) jelentős, 538 HU hőmennyiséget hasznosított. A kukoricaszem szárazanyag-tartalma az első mintavételkor (07. 30.) 50,1% volt, ezt a fenofázist 974 HU energiamennyiség felhasználásával érte el a keléstől számítva. A hibrid heti szárazanyag-beépülési dinamikája közepesen indult, (3%, 4%) majd a harmadik héttől intenzívebb volt (12%, 10%). A fiziológiai érést a hibrid a 128. napon érte el, 83% szem szárazanyag-tartalommal, ehhez 1422 HU hőmennyiség volt szükséges. A vízleadás napi dinamikája az első két hétben átlagos volt (0,43–0,55%), majd a következő két hétben nagyon kedvező értékeket (1,44–1,71%/nap) mutatott. A fiziológiai érés idején a szemnedvesség 17,5% volt. Az aktív vízleadást követően a betakarításig eltelt három hétben a fizikai vízvesztés

kiváló értéket mutatott, 0,61% /nap. A betakarítástkor a hibrid szemnedvessége 13% volt (4. ábra).

3. ábra. A P9944 kukorica hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2024)

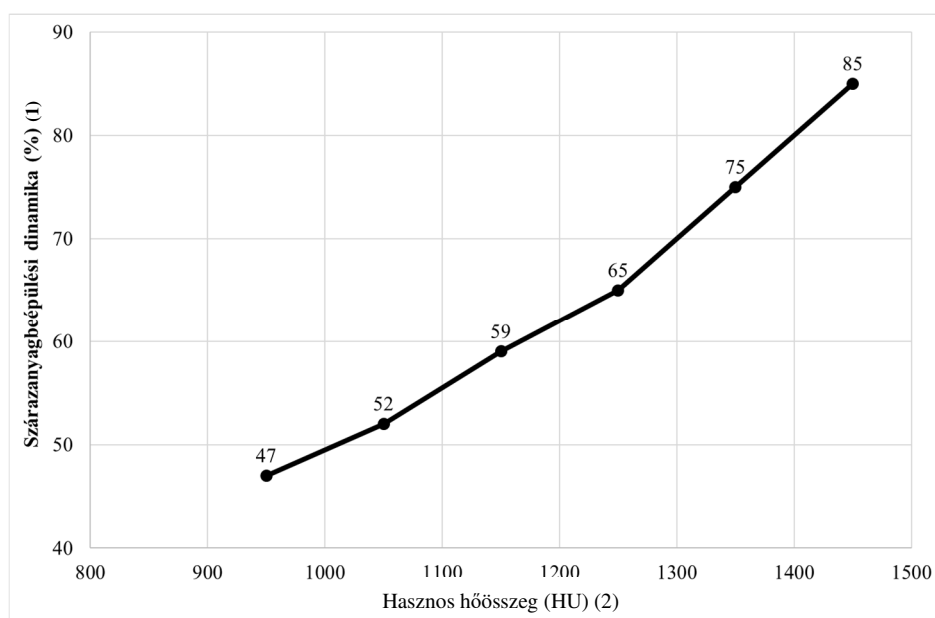


Figure 3. Dry matter incorporation dynamics (%) of maize hybrid P9944 as a function of heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2024). (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

A P0450 kukorica hibrid a keléstől a nővirágzásig 60 nap alatt 545 HU hőmennyiséget használt fel. A kukoricaszem szárazanyag-tartalma az első mintavételkor 48,3% volt, ezt a fenofázist 967 HU energiamennyiséggel érte el. A szárazanyag-beépülés heti dinamikája kiegyensúlyozott (6%, 6%, 5%, 7%, 6%) volt. A fiziológiai érést a kukorica hibrid a 123. napon érte el a keléshez viszonyítva. A szárazanyag-tartalom a fiziológiai érés idején 78,2% volt. A vízleadás napi dinamikája az egymást követő hetekben kiegyensúlyozott (0,79%, 1,83%, 0,77%, 0,99%) volt. A fiziológiai érést megelőző három napban

a vízleadás kiemelkedő értéket ért el (2,11%/nap). A betakarításig eltelt következő három hétben a fizikai vízvesztés átlagos napi értékeket mutatott (0,23%). A betakarítási szemnedvesség-tartalom kedvező volt (13,4%) (5. ábra).

4. ábra. A P9975 kukorica hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2024)

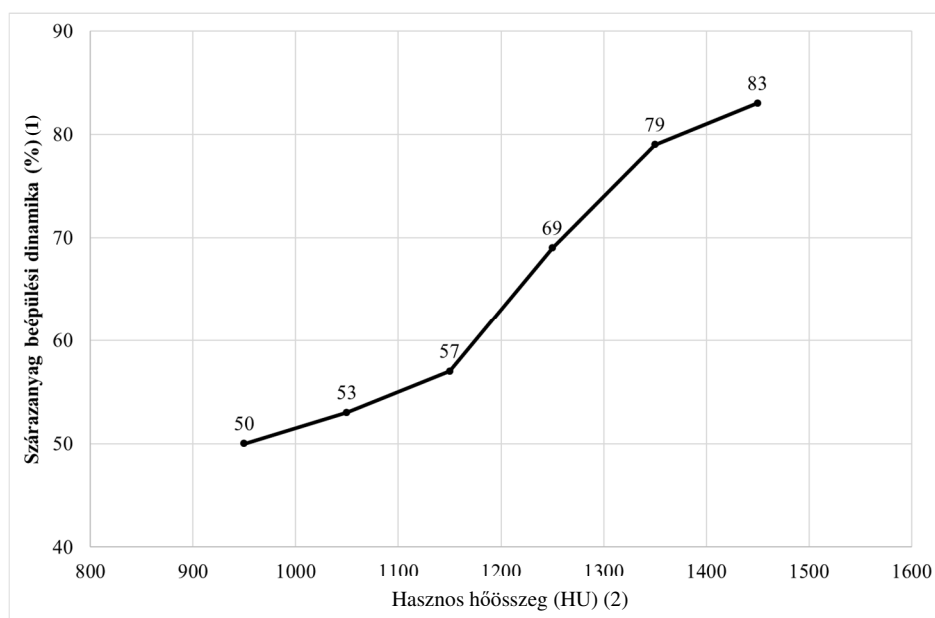


Figure 4. Dry matter incorporation dynamics (%) of maize hybrid P9975 as a function of heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2024). (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

A P0710 kukorica hibrid a vizsgált hibridek közül a leghosszabb tenyészidejű volt, a nővirágzást a 61. napon érte el 567 HU energia felhasználásával. A kukoricaszemek szárazanyag-tartalma az első mintavétel idején (07. 30.) 47,2% volt, amit a keléstől számítva a 91. napon 959 HU mellett érte el. A szárazanyag-beépülés üteme lassan indult az első héten (2%), majd jelentősen növekedett az azt követő hetekben (10%, 6%, 7%). A fiziológiai éréskor a

szárazanyag-tartalom 76,5% volt, ezt a 122. napon érte el. A vízleadás dinamikáját az első héten napi 0,29%, a második héten 1,39%, a harmadik héten 0,81%, a negyedik héten 1,05% és az utolsó három napban 1,51% szemnedvesség jellemezte. A fiziológiai érés idején a szemnedvesség 23,5% volt. A betakarításig a következő három hétben a napi vízvésztes mértéke kedvező volt (0,33% /nap). A betakarítás idejére a szemnedvesség 13,9%-ra csökkent (6. ábra).

5. ábra. A P0450 kukorica hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2024)

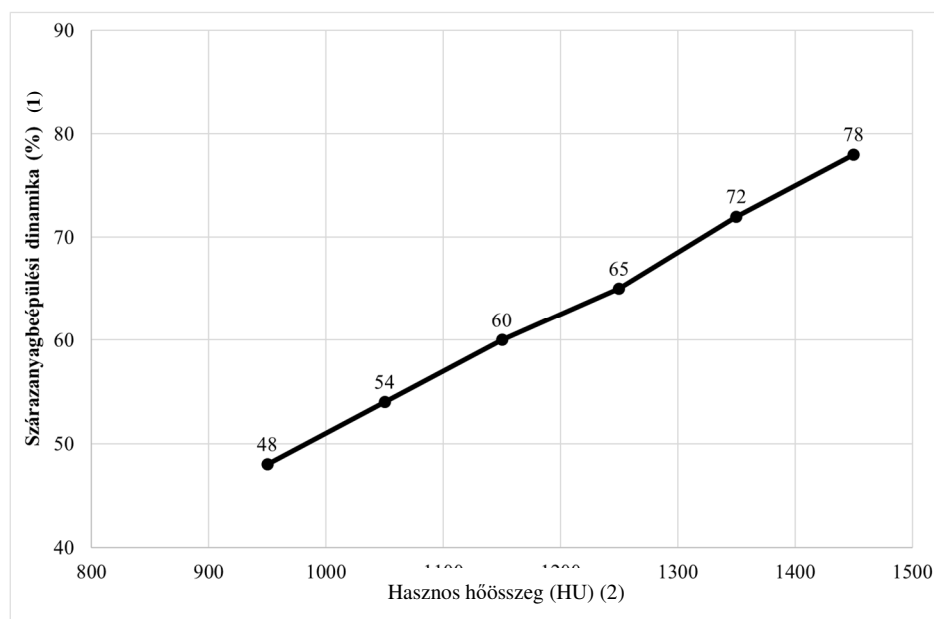


Figure 6. Dry matter incorporation dynamics (%) of maize hybrid P4050 as a function of heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2024). (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

6. ábra. A P0710 kukorica hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája (%) a hasznos hőösszeg (HU) függvényében (Debrecen-Látókép, 2024)

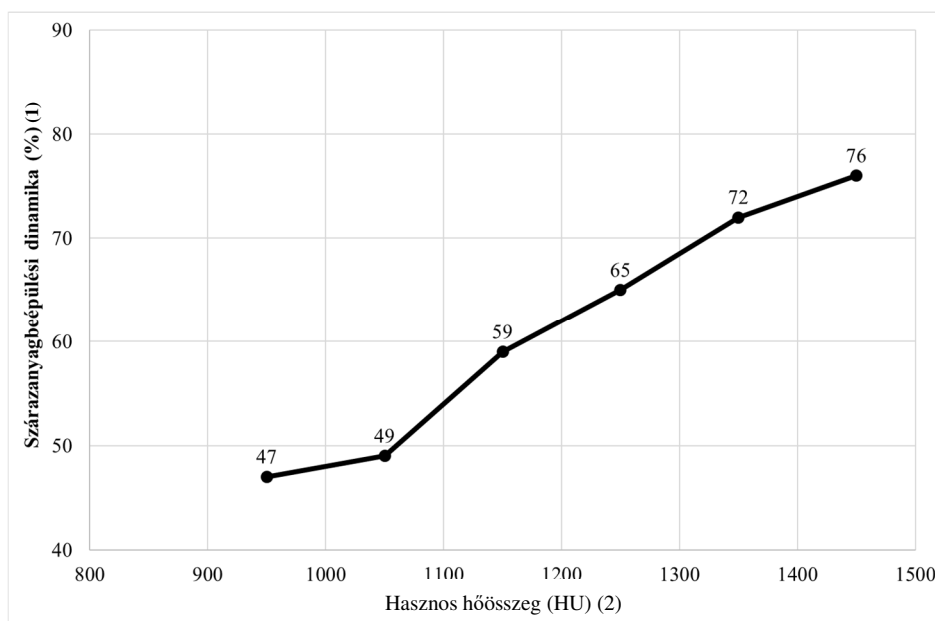


Figure 6. Dry matter incorporation dynamics (%) of maize hybrid P7010 as a function of heat units (HU) (Debrecen-Látókép, 2024). (1) Dry matter incorporation dynamics (%), (2) Useful heat units (HU)

Következtetések

A Debrecen-Látóképen végzett szántóföldi kísérlet alapján megállapítható, hogy a különböző tenészszerű kukorica hibridek fejlődési dinamikája, szárazanyag-beépülése és vízzeladási üteme szignifikánsan eltért egymástól, ami érdemben befolyásolta a betakarításkori szemnedvesség értékeit és a hibridválasztás technológiai következményeit. A rövidebb tenészszerű P9398 hibrid a nővirágzásig mindössze 510 °C-nap (HU) hőenergiát hasznosított és a fiziológiai érés idejére (122. nap) 83%-os szem szárazanyag-tartalmat ért el. A betakarításkor a szemnedvessége 13,0% volt, ami kiváló

víz zleadási képességre utal, különösen a fiziológiai érettséget követő alacsony, napi 0,11%-os fizikai vízvesztés fényében.

Ezzel szemben a hosszabb tenyészidejű P0710 hibrid a nővirágzást 567 HU felhasználásával a 61. napon érte el, és a fiziológiai érettséget 76,5%-os szem szárazanyag-tartalommal a 122. napon teljesítette. Bár a betakarítási időszak átlagosan napi 0,33%-os vízvesztésével még így is elérte a 13,9%-os szemnedvességet, az érés kori magasabb, 23,5%-os érték arra utal, hogy víz zleadása kevésbé intenzív szakaszokkal tarkított volt, ami a száritási igényt befolyásolhatja.

A P9944 hibrid kiegyensúlyozott szárazanyag-beépülési (85%) és kiváló víz zleadási mutatókkal (15,2% nedvesség fiziológiai érés kori, 13,6% betakarítási időkor) szintén kiemelkedett, különösen az 1,4%/nap intenzitású szakaszával. Ezzel szemben a P0450 ugyan korán, 123. napon érte el a fiziológiai érettséget, de a víz zleadása nagyobb napi ingadozást mutatott (0,77–2,11%), bár a betakarítási időkor szemnedvesség itt is kedvező, 13,4% volt.

Összességében a vizsgálat igazolta, hogy a hőösszeg-felhasználás és a szemnedvesség-dinamikák elemzése megbízható alapot nyújt a hibridek agronómiai és gazdasági értékeléséhez. A korai és középerésű hibridek – mint a P9398 és P9944 – gyorsabb víz zleadási dinamikájuk révén csökkenthetik a betakarítási időkor száritási költségeket, míg a hosszabb tenyészidejű hibridek – mint a P0710 – esetében a termésnövelő potenciál a hosszabb tenyészidő és fokozatosabb víz zleadás miatt előnyös lehet bizonyos természetesi körülmények között.

Köszönetnyilvánítás

A Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-24-4-II kódszámú Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült, valamint 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

- 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, 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. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2023.4.5>
- Hanway, J. J.:* 1963. Growth stages of corn. Agronomy Journal. 55: 487–492.
- Hungaromet:* Magyarország éghajlata. Éghajlati visszatekintő – 2024 nyarának időjárása. https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evszakok_idojarasa/main.php?no=1&ful=3#aktp
- Nagy J.:* 2021. Kukorica. Szaktudás Kiadó. Budapest. 549.
- Nagy J.–Zelenák A.–Illés Á.–Bojtor Cs.–Gombos B.–Szabó A.–Nyéki A.–Széles A.:* 2023. Eltérő FAO-számú kukorica (*Zea mays* L.) hibridek termésparamétereinek elemzése öntözött állományban. Növénytermelés. 72. 1: 69–84.
- Széles, A.–Huzsvai, L.–Mohammed, S.–Nyéki, A.–Zagyai, P.–Horváth, É.–Simon, K.–Arshad, S.–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. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.100967>

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Illés Árpád – Dr. Nagy János – Dr. Bojtor Csaba
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*illes.arpad@agr.unideb.hu

Sólyom János
Corteva Crop Solutions HUN Kft.
Budapest
Boldizsár utca 4.
H-1112

