

## FAO 520 számú kukorica hibrid (*Zea mays* L.) smart paramétereinek értékelése csepegtető öntözéses tartamkísérletekben

KALINA HELLA - NAGY JÁNOS

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

### Összefoglalás

Az éghajlatváltozás egyre nagyobb kihívások elé állítja a kukoricatermesztést. Hazánkban különösen szembetűnő az éghajlati tényezők változása. A kukorica hibridek termesztése során kiemelt figyelmet kell fordítani a tápanyag- és vízellátásra. Az öntözésfejlesztés, az öntözőrendszerek telepítése kulcseleme a precíziós kukoricatermesztésnek. Az egyik ilyen intenzív technológia lehet a csepegtető öntözés, amely megtervezett és kontrollált formában biztosítja a hatékony növénytermelést. Ez a precíziós öntözési technika közvetlenül a gyökérszónába juttatja a vizet, ezzel optimalizálja a vízellátást. A termésképzéshez szükséges nitrogén mozgása a talajban nagy mértékben függ az öntözéstől. A növény nitrogénellátottságának monitorozásával fontos információkhoz juthatunk. A leggyakrabban alkalmazott módszer erre a SPAD és az NDVI index, melyek alkalmazási területe igen sokrétű.

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén végeztük, ahol minden feltétel adott ahhoz, hogy a sok éves pontos mérési adatok összehasonlításával fontos elemzéseket végezhessünk. Ezúttal vizsgálódásunk alanya a FAO520-as számú kukorica hibrid volt. Tartamkísérleteink eredménye alapján a H520-as kukorica hibrid jó fenotípusos tulajdonságokkal rendelkező, stabil felépítésű, magas terméspotenciállal rendelkező hibrid, jó alkalmazkodóképességgel és gyors vízleadási dinamikával. A H520-as kukorica hibrid termőképessége öntözéses termesztésben kiváló (21,41 t/ha). A hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája kiemelkedő. Betakarításkori szemnedvessége nagyon kedvező volt, 13,9%.

**Kulcsszavak:** FAO 520 kukorica hibrid, smart paraméterek, csepegtető öntözés

## **Evaluation of smart parameters of FAO 520 maize hybrid (*Zea mays* L.) in drip irrigation long-term experiments**

H. KALINA – J. NAGY

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

### **Summary**

Climate change poses increasing challenges for maize production. Climate change is particularly noticeable in Hungary. When growing maize hybrids, special attention must be paid to nutrient and water supply. Irrigation development and the installation of irrigation systems are key elements of precision maize cultivation. One such intensive technology is drip irrigation, which ensures efficient crop production in a planned and controlled manner. This precision irrigation technique delivers water directly to the root zone, optimising water supply. The movement of nitrogen in the soil, which is necessary for yield formation, is highly dependent on irrigation. Monitoring the nitrogen supply of plants provides important information. The most commonly used methods for this are the SPAD and NDVI indices, which have a wide range of applications.

The tests were carried out at the Látókép Experimental Station of the University of Debrecen, where all the conditions are in place to carry out important analyses by comparing accurate measurement data collected over many years. This time, the subject of the study was the FAO520 maize hybrid. Based on the long-term experiment results, the H520 maize hybrid has good phenotypic characteristics, a stable structure, high yield potential, good adaptability, and fast water release dynamics. The yield of the H520 maize hybrid is excellent in irrigated cultivation (21.41 t/ha). The dry matter accumulation dynamics of the hybrid are outstanding. The grain moisture content at harvest was very favorable, at 13.9%.

**Keywords:** FAO 520 maize hybrid, smart parameters, drip irrigation

## Bevezetés

A kukorica (*Zea mays* L.) világszerte az egyik legfontosabb gabonaféle, amely meghatározó szerepet tölt be az élelmiszerbiztonságban, az állati takarmányozásban és az ipari alapanyagok előállításában (Antal és Jolánkai 2005). Az elmúlt évszázadok során tapasztalt elterjedése a gazdasági és technológiai fejlődés kiemelkedő példája. Globális sikere számos tényezőre vezethető vissza. Intenzív nemesítési programokkal magas terméshozamot és széleskörű felhasználhatóságot értek el, ez pedig tovább növelte népszerűségét. Elterjedésében tápértékének is komoly szerepe van. A kukorica szénhidrátokban, rostokban és bizonyos ásványi anyagokban gazdag, így milliók számára nélkülözhetetlen táplálékforrás (Kumar és Jhariya 2013). Az éghajlatváltozás azonban egyre nagyobb kihívások elé állítja a kukoricatermesztést. Az extrém időjárási viszonyok – mint például az elhúzódó aszályok és a heves esőzések – csökkentik a terméshozamot és veszélyeztetik a termelés stabilitását (Holló és Pekár 2021).

Hazánkban különösen szembetűnő az éghajlati tényezők változása, hiszen az éves átlagos csapadékmennyiség csökkenése jelentősen befolyásolja a kukorica terméseredményeit. Az elmúlt két évtizedben tapasztalt extrém szélsőséges évjáratok jól mutatják, hogy a terméshozamok például 2007-ben 39%-kal csökkentek az előző évhez képest, míg 2008-ban kedvező időjárási viszonyok mellett a hektáronkénti termésátlag kétszerese volt az előző évinek (Nagy *et al.* 2016). Ez a termésingadozás rávilágít arra, hogy a kukoricatermesztés biztonságának növelése érdekében elengedhetetlen a környezeti változások és a stressztényezők hatását figyelembe vevő termesztési gyakorlatok alkalmazása (Ványiné *et al.* 2010).

A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás kulcsfontosságú a kukoricatermesztés fenntarthatóságának biztosításához. A stressztűrést célzó tenyésztési programok sikerét olyan stresszkezelési protokollok is támogathatják, amelyek lehetővé teszik a különböző környezeti tényezők okozta hatások pontosabb megértését és kezelését (Shojaei *et al.* 2022, Khatibi *et al.* 2023). A kukorica hibridek termesztése során kiemelt figyelmet kell fordítani a tápanyag- és vízellátásra a hozam és a minőség maximalizálása érdekében (Sipos 2009, Ocwa *et al.* 2024a). Az öntözésfejlesztés, az öntözőrendszerek telepítése és a víznyerőhelyek kiépítése fontos kulcseleme a precíziós kukoricatermesztésnek (Nagy 2012a, Nagy 2021, Nyéki és Nagy 2022).

E kihívások kezelésére a mezőgazdaságban és a precíziós gazdálkodásban alkalmazott adaptív technológiák nyújthatnak megoldásokat.

Az egyik ilyen intenzív technológia lehet a csepegtető öntözés, amely megtervezett és kontrollált formában biztosítja a hatékony növénytermelést (Illés *et al.* 2022, Ocwa *et al.* 2024b). Ez a precíziós öntözési technológia közvetlenül a gyökérszónába juttatja a vizet, ezzel optimalizálja a vízellátást és csökkenti a párolgási veszteséget. Minimalizálja a tápanyag-kimosódást, különösen a nitrogén esetében, amely közvetlen hatással van a klorofilltartalomra és a fotoszintézis intenzitására. Az öntözéstől nagy mértékben függ a termésképzéshez szükséges nitrogén mozgása a talajban (Ványiné Széles *et al.* 2012). Ez a technológia egyenletesebb növényállományt biztosít, mivel a növények nem szenvednek vízhiánytól.

A kukorica tápanyagellátásának hatékonysága nagymértékben függ a trágyázási módok helyes megválasztásától és az alkalmazott műtrágyák típusától is (Nagy 2012b, Illés *et al.* 2020, Mousavi *et al.* 2020, Ocwa *et al.* 2023, Batoöl 2024). A nitrogén növeli a termés hozamot és a fehérjetartalmat, míg a foszfor kritikus szerepet játszik a szemképződésben és a gyökérfajlásban (Sipos 2009). A megfelelő tápanyagellátás akár 30,7%-os termésnövekedést is eredményezhet, ami jelentős szerepet játszik a sikeres kukoricatermesztésben (Sipos 2009). A kukorica tápanyaghiánya különféle tünetek formájában nyilvánul meg, amelyek befolyásolják a növény növekedését és termés hozamát. A nitrogénhiány sárgulást, míg a foszforhiány lilás elszíneződést okoz, a káliumhiány pedig barnás levélszél tünetek formájában jelentkezik (Ordódy 2023). A modern mezőgazdaságban rendelkezésre állnak olyan technikák, mérőeszközök, amelyek alkalmazása révén pontos képet kaphatunk a kukoricatermesztés monitorozásával a nitrogénellátottság optimalizálásában (Széles *et al.* 2024). A gyakorlatban a két leggyakrabban alkalmazott index a SPAD (Soil and Plant Analysis Development) és az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) érték (Tucker 1979). A SPAD index használatával növelhető a termés hozam, csökkenthetőek a műtrágya költségek és a környezeti terhelés. Ez az optikai eszköz a levél klorofilltartalmát méri, a kukorica esetében segít meghatározni a növény nitrogén-ellátottságát, ami kulcsfontosságú a megfelelő fejlődéshez és a magas hozam eléréséhez. Ványiné Széles (2008) vizsgálatai szerint a SPAD érték változik az öntözéssel összefüggésben. Egy másik távérzékelési módszer, amely a kukorica egészségi állapotának,

biomasszájának és fotoszintetikus aktivitásának mérésére szolgál az NDVI. Ez az index a növény lombzatának sűrűségét és klorofilltartalmát jelzi. Segít a növényi tápanyagellátás, öntözés és a betegségek monitorozásában. Az NDVI térképekkel azonosíthatjuk a tápanyaghiányos területeket a kukoricatáblában, lehetővé téve ezzel a precíziós műtrágyázást, melynek következtében csak a szükséges területeken kell alkalmazni műtrágyát. Az alacsony NDVI érték jelezheti a vízhiányt vagy az öntözési problémákat is. Korai jeleket adhatnak a rovarfertőzésekről, betegségekről, mivel a beteg növények alacsony fotoszintetikus aktivitást mutatnak, így a jellegzetes zöld színtől eltérő árnyalatok jelennek meg. Az NDVI a kukoricatermesztésben egy kulcsfontosságú eszköz, amely segít a növényállapot nyomon követésében, a műtrágyázás és öntözés optimalizálásában, valamint a hozam előrejelzésében.

### **Anyag és módszer**

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Látóképi kísérleti telepén végeztük. A terület bruttó mérete 1,5 ha. Talaja sík, kiegyenlített, talajfizikailag a vályog kategóriába sorolható. Tájgenetikailag a mészlepedékes csernozjom talajtípusba tartozik. Talajvizsgálati eredmények alapján a talaj közel semleges kémhatású, közepes humusz- és mésztartalom jellemzi. Kálium-ellátottsága 240 mg/kg, foszfor-ellátottsága 133 mg/kg. A területen a tartamkísérlet 1983-ban lett beállítva.

#### *Klimatikus viszonyok*

A meteorológiai méréseink helyszíne a Debreceni Egyetem MÉK Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepe (N 47°33', É 21°27', 120 m Bf.), ami Debrecentől mintegy 10 km-re nyugatra található. A terület éghajlati és talajadottságok tekintetében jól reprezentálja hazánk egyik legfontosabb kukorica termőterét, a hajdúsági löszhátat. Az időjárás értékelését a szántóföldi kísérleti parcellák közelében működő automata meteorológiai állomás hőmérséklet- és csapadékadatai alapján végeztük el. A sokévi átlagtól való eltérések vizsgálatához referenciaként a HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. Debrecen-Repülőtér állomásának 1981-2010-es klímadatait szolgálták (*HungaroMet1*). Már rendelkezésre állnak az újabb, 1991–2020 közötti 30 év adatai is, azonban egyelőre maradtunk a korábbi

éghajlati normálértékek használatánál. Így tudjuk biztosítani, hogy módszertani szempontból ne legyen eltérés a korábbi évek agrometeorológia elemzéseikhez képest (*Gombos és Nagy 2022, 2023, 2024*).

*Agrotechnikai jellemzők (2024)*

Elővetemény betakarítás: 2023. 09. 28.

Talajelőkészítés - tápanyagutánpótlás: 2023. 10. 03.

Műtrágyaszórás 300 kg/ha NPK 4-24-24: 2023. 10. 11.

Szántás: 2024. 02. 22.

Szántás lezárás + kombinátor: 2024. 04. 09. Műtrágyázás + Kombinátor: 500 kg/ha Pétisó (39%; 27-7-5)

Vetés: 2024. 04. 11.

Kelés: 2024. 04. 21.-05.03.

Gyomirtás: 2024. 05. 07.

Sorközművelés: 2024. 05. 13.

Öntözés: 2024. 06. 17-től 08.13-ig (14 alkalommal). Kijuttatott vízmennyiség összesen: 254,86 mm.

2024 öntözés	vízmennyiség (mm)	időtartam (perc)	2024 öntözés	vízmennyiség (mm)	időtartam (perc)
06. 17.	11,34	65	07. 12.	20,95	120
06. 19.	11,34	65	07. 15.	20,85	120
06. 20.	8,72	50	07. 16.	13,96	80
06. 28.	20,95	120	07. 25.	20,95	120
07. 02.	20,95	120	07. 29.	20,95	120
07. 23.	20,95	120	08. 05.	20,95	120
07. 08.	20,95	120	08. 13.	20,95	120

Tápoldatozás: 2024. 06. 20. Megasol narancssárga (25 kg műtrágya) NPK 3-5-40 (8 kg N, 13 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 107 kg K<sub>2</sub>O)

Betakarítás: 2024. 09. 26.

#### *SPAD módszertani leírása*

A SPAD (Soil Plant Analysis Development) egy mérési módszer, ami megmutatja a növények klorofilltartalmát. A mérés lényege, amely egyben a módszer alapja is, hogy a növény levelén mérik az elnyelt és áteresztett vörös és infravörös fény intenzitását. A Minolta SPAD-502 mérőkészülék a 650 nm és 940 nm hullámhosszúságú fények áteresztését méri és ezek arányából számolja ki a SPAD értéket (*Minolta Camera Co. Ltd.* 1989).

A mérést lehetőleg tiszta és száraz növényi levélen, a levél középső részén érdemes elvégezni a pontos mérés érdekében úgy, hogy elkerüljük a levél ereit és a szélét. A készüléket – amely általában a SPAD-502 – a levélre helyezve azonnal leolvasható a SPAD érték. A klorofill elnyeli a vörös fényt, viszont az infravörös fényt kevésbé, így e két adat aránya alapján lehet következtetni a levél klorofilltartalmára. A mérést egy adott parcellán belül más-más helyen lévő levélen is el kell végezni, majd a mérések átlagaként kaphatunk egy reprezentatív értéket. A magasabb SPAD érték általában magasabb nitrogén-ellátottságot jelez.

A módszer alkalmazásának lényege a nitrogén-ellátottság monitorozása, melynek fontos szerepe van a műtrágyázási stratégiáknál. Ugyanakkor a klorofilltartalom változása utalhat különböző stresszhatásokra is, mint például a szárazság vagy betegségek. Meg kell jegyeznünk, hogy a SPAD méréseket a megfelelő módszertani protokollok betartásával kell elvégezni, mert az eredményeket befolyásolhatják az eltérő környezeti feltételek a különböző mérések időpontjai és a növények fenológiai állapota.

#### *NDVI módszertani leírása*

Az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) egy széles körben alkalmazott index, melyet távvezérlési adatok alapján a növényzet sűrűségének és egészségi állapotának meghatározására használnak. Alapelve a növényzet által visszavert közeli infravörös (NIR) és vörös (Red) fény spektrális visszaverődési értékeinek különbsége. Az NDVI érték kiszámításának képlete:  $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$  (*Rouse et al.* 1973).

Az eredmény -1 és +1 közötti érték lesz. A negatív vagy 0 közeli érték a növényzet hiányát vagy gyenge állapotát jelzi, míg a pozitív érték a növényzet jelenlétét. Az NDVI számításához szükséges adatokat műholdak vagy drónok által gyűjtött távérzékelési felvételekből nyerik. Ezek az eszközök különböző

spektrális sávokban rögzítik a felszínről visszavert sugárzást, majd az adatfeldolgozás során az adatokból térképek és elemzések készíthetők. Az NDVI értékek segítenek a növényzet biomasszájának, fotoszintetikus aktivitásának és zöldtömegének becslésében is.

Alkalmazási területe sokrétű, a mezőgazdaságban a termények növekedésének monitorozására, stresszállapotok (pl. vízhiány, tápanyaghiány) felismerésére és hozam-előrejelzésre is használják.

### **Eredmények és következtetések**

Szántóföldi tartamkísérleteink eredménye alapján a H520-as (FAO 520) kukorica hibrid jó fenotípusos tulajdonságokkal rendelkező, stabil felépi tésű hibrid, mely közép-kései érésű és jellemzően magas terméspotenciállal rendelkezik. A FAO520-as hibridek termesztése során megfelelő figyelmet kell fordítani a vetésidőre, a tőszámra, valamint a tápanyag-utánpótlásra a maximális terméshozam elérése érdekében. Jó alkalmazkodó képességű növény, így különböző talajtípusokon és klimatikus viszonyok között is eredményesen termesztendő. Kiváló stressztűrő képességük révén jobban ellenállnak az aszálynak és egyéb környezeti stresszhatásoknak. Gyors vízleadási dinamikájuknak köszönhetően a betakarításkori szemnedvesség alacsonyabb, ami csökkentheti a száritási költségeket.

Átlagos növénymagassága 328 cm, a cső 133 cm-es magasságban ered a szárról. Ezermagtömege 440 gramm. Kiváló szemminősége miatt jól használható mind takarmányozási, mind ipari célokra. Jó gyökér- és szártulajdonságokkal rendelkezik, a szár átmérője átlagosan 25 mm. Agronómiai tulajdonságai kedvezőek, kelési erélye, korai fejlődése és szárszilárdsága is jó. Biológiai érettségét 2024. augusztus 30-án érte el, amikor az átlagos csőhossza 21 cm, átlagos csőátmérője 51 mm volt. Az átlagos csősúly 287 g, átlagos szemsúly 252 g. A sorok száma 17; 574 szem/cső. Terméseredménye 21,41 t/ha. Betakarításkori szemnedvesség-tartalma 13,9% volt. Levélfelület indexe (LAI érték) 2024. 06. 13-án átlagosan 4,74; 07. 02-án 5,93; 07. 30-án 5,38; 08. 15-én 4,7 volt. A H520 hibrid szemnedvesség- és beltartalmi értékei: olajtartalom 3,24%, fehérjetartalom 6,36%, nedvességtartalom 13,93%, keményítőtartalom 63,15% a mérések átlaga alapján.

Szántóföldi kukorica tartamkí sérleteink lehetővé tették a teljes tenyészidőszak alatt a növények fenofázisainak felvételezését (Hanway-skála). A kutatók széles körben használják a fenofázisok elemzéséhez a keléstől eltelt napok számát. Új eredménynek számít, hogy elemzéseink szerint - különösen a generatív szakaszban - pontosabb adatokat kaptunk a hasznos hőösszeg (HU) számításokat figyelembe véve (1. ábra).

1. ábra. A H520 kukorica hibrid fenofázisai (Hanway-skála)  
(Látókép, 2024)

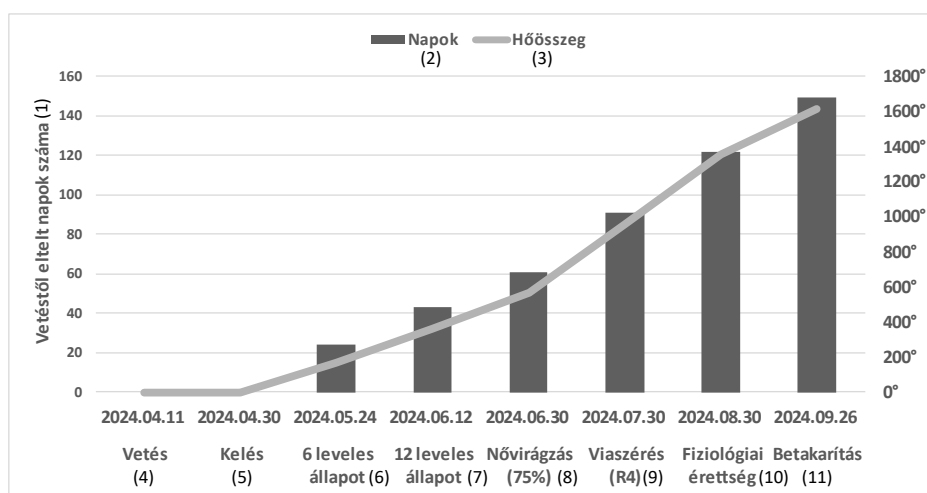


Figure 1. Phenophases of the H520 maize hybrid (Hanway scale) (Látókép, 2024). (1) Number of days after sowing, (2) Number of days, (3) Heat sum, (4) Sowing, (5) Emergence, (6) 6-leaf stage, (7) 12-leaf stage, (8) Silking (75%), (9) Waxy maturity (R4), (10) Physiological maturity, (11) Harvesting

A keléstől a nővirágzásig 61 nap telt el, 564 HU hőösszeg felhasználásával. A nővirágzástól a viaszérésig (R4) 30 napra és 395 HU-ra volt szükség. A legfontosabb összefüggéseket a viaszéréstől a fiziológiai érés kialakulásáig tartó fenológiai szakaszban állapítottuk meg. A nővirágzástól a fiziológiai érésig eltelt 61 nap, a genotípusra jellemzően 788 HU-ra volt szükség. Ez a fenológiai szakasz a terméseredmény szempontjából a legfontosabb, mert a szárazanyag-beépülés intenzitása a hibrid fontos értékmérője. A genotípusok jellemzésére és a gyakorlati termesztés során a kukorica növényállományok

fejlettségére az egyes fenofázisok kontrollálására alkalmas a keléstől eltelt napok számának a figyelembevétele, de szorosabb az összefüggés a generatív szakaszban a HU energiaszükséglettel (2. ábra).

2. ábra. Hőösszegek és a keléstől eltelt napok száma a tenyészidőszak fenofázisaiban a H520-as kukorica hibridnél (Látókép, 2024)

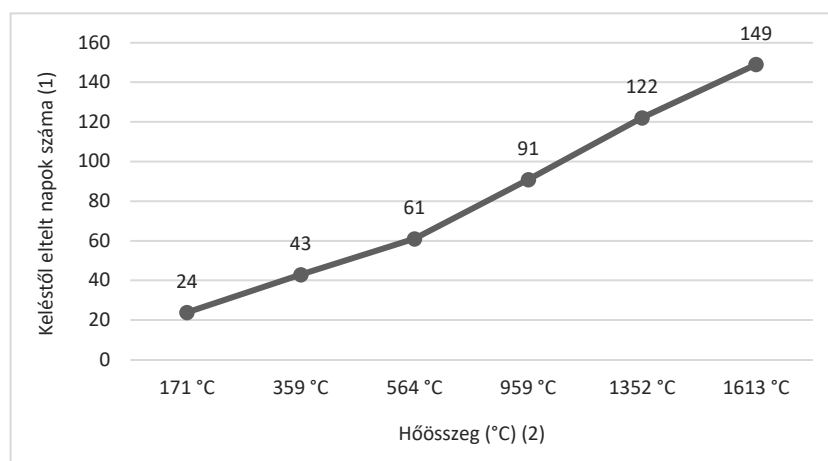


Figure 2. Heat sums and number of days since emergence in each phenophase of the growing season for the FAO 520 maize hybrid (Látókép, 2024). (1) Number of days since emergence, (2) Heat sum (°C)

A H520-as kukorica hibrid termőképessége öntözéses termesztésben kiváló (21,41 t/ha). A hibrid szárazanyag-beépülési dinamikája kiemelkedő. A tenyészidőszakban 10 mintavételi időpontban elemeztük a szárazanyag-beépülés ütemét. Az első mintavételezéskor a viaszérésben (R4) a kukoricaszemek szárazanyag-tartalma átlagosan 47,2% volt. Hetente mértük a szárazanyag-gyapadást. Méréseink szerint az első héten 49,3%, a második héten 59%, a harmadik héten 64,6%, a negyedik héten 72% volt a szárazanyag-tartalom. A fiziológiai érés fenofázisban (08. 27.) 1352 HU felhasználásával a szárazanyag-tartalom 79,9% volt (3. ábra).

3. ábra. A H520-as kukorica hibrid vízleadás-dinamikája %-ban  
(Látókép, 2024)

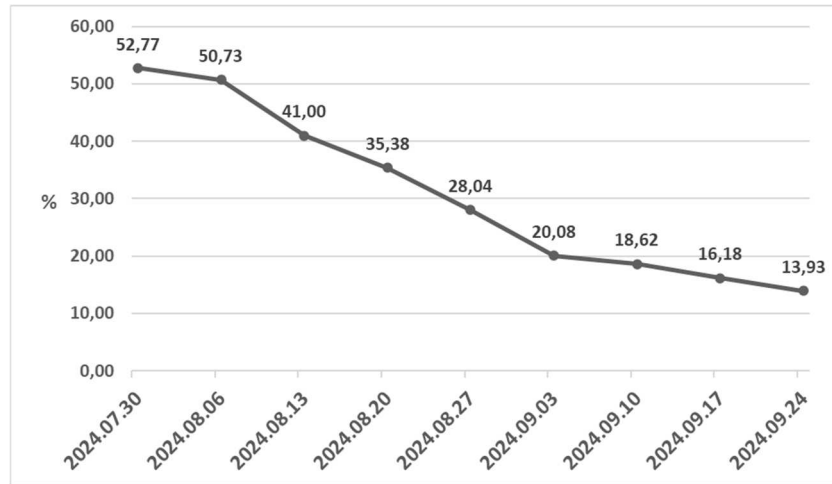


Figure 3. Water release dynamics (%) of the H520 maize hybrid (Látókép, 2024)

A szárazanyag-tartalom mérések lehetővé tették a kiváló termőképességű kukorica hibrid vízleadási dinamikájának értékelését. A vízleadási dinamika eredményei hasonlóak, mint a *Harsányi et al.* (2024) által megállapított összefüggések. Az első mérés (R4 fenofázis) idején a kukoricaszemek víztartalma 52,77% volt. A méréseket, elemzéseket hétnaponta végeztük. A vízleadás mértéke az első héten 2,1%, a második héten 9,7%, a harmadik héten 5,6%, a negyedik héten 7,4% volt. A fiziológiai éréskor a szemnedvesség kedvező értéket mutatott (20%). A fiziológiai érést követően 09. 03-tól elemeztük a fizikai vízleadás dinamikáját (13,9%). A betakarítás idejéig hétnaponta háromszor vettünk mintát. A 21 napos időszak alatt a napi vízleadás 0,29% volt. A betakarításkor a szemnedvesség nagyon kedvező volt, 13,9%.

### 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

- Antal J.-Jolánkai M.*: 2005. A növénytermesztés alapjai. Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 9-10., 301-303.
- Batool, M.*: 2024. Nutrient Management of Maize. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.112484.
- Doebley, J. F.-Gaut, B. S.-Smith, B. D.*: 2006. The molecular genetics of crop domestication. *Cell*. 127. 7: 1309-1321.
- Gombos B.-Nagy J.*: 2022. A látóképi kukorica tartamkísérlet 2021-es tenyészidőszakának agrometeorológiai jellemzőinek elemzése. *Növénytermelés*. 71. 1: 7-20.
- Gombos B.-Nagy J.*: 2023. A 2022-es rendkívüli aszály agrometeorológiai jellemzői Debrecen-Látóképen. *Növénytermelés*. 72. 1: 1-14.
- Gombos B.-Nagy J.*: 2024. A 2024-es kukorica tenyészidőszak agrometeorológiai jellemzői Debrecen-Látóképen. *Növénytermelés*. 73. 4: 67-78.
- 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.
- Harsányi E.-Erdős Zs.-Nagy J.*: 2024. Eltérő FAO számú kukorica hibridek szárazanyag-beépülési és vízleadási dinamikája. *Növénytermelés*. 73. 4: 79-102.
- Holló G.-Pekár A.*: 2021. Éghajlatváltozás az agráriumban: Kihívások és megoldások. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó. 94.
- Hungaromet1*. HungaroMet Nonprofit Zrt. Meteorológiai Adattár. odp.met.hu
- Illés, Á.-Mousavi, S. M. N.-Bojtor, C.-Nagy, J.*: 2020. The plant nutrition impact on the quality and quantity parameters of maize hybrids grain yield based on different statistical methods. *Cereal Res. Commun.* 48: 565-573. <https://doi.org/10.1007/s42976-020-00074-5>
- 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. <https://doi.org/10.3390/w14162480>
- Khatibi, A.-Omrani, S.-Omrani, A.-Shojaei, S. H.-Illés, Á.-Bojtor, C.-Mousavi, S.M.N.-Nagy, J.*: 2023. Study of drought stress correlation on yield and yield components of maize cultivars (*Zea mays* L.). *Acta Agraria Debreceniensis*. 1: 67-73. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/11495>
- Kumar, D.-Jhariya, A. N.*: 2013. Nutritional, medicinal and economical importance of corn: A mini review. *Res. J. Pharmaceutical Sci.* 2. 7: 7-8.
- Marton L.-Spitkó T.*: 2013. Hibridkukorica konferencia. MTA Agrártudományi Kutatóközpont. ISBN 978-963-89129-3-0, 9-13.

- Mousavi, S. M. N.–Illés, Á.–Bojtor, C.–Nagy, J.*: 2020. The impact of different nutritional treatments on maize hybrids morphological traits based on stability statistical methods. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 666–672. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i9.2147>
- Nagy J.*: 2010. A kukoricatermesztés jelene és jövője. *Növénytermelés*. 59. 3: 85–111.
- Nagy, J.*: 2012a. The effect of fertilization and precipitation on the yield of maize (*Zea mays* L.) in a long-term experiment. *Időjárás*. 116. 1: 39–52.
- Nagy J.*: 2012b. Versenyképes kukoricatermesztés. *Mezőgazda Kiadó*. Budapest. 494.
- Nagy J.*: 2021. *Kukorica. A nemzet aranya – Élelmiszer, takarmány, bioenergia*. Szaktudás Kiadó. Budapest. 516.
- Nagy J.–Rátonyi T.–Széles A.*: 2016. A klímaváltozás okozta növényi stressz mérséklése. [/bitstreams/1e4125a1-dbde-4b6f-8cfd-49ba65d2dc57/content](https://bitstreams/1e4125a1-dbde-4b6f-8cfd-49ba65d2dc57/content)
- Nielsen, D. C.–Halvorson, A. D.–Vigil, M. F.*: 2010. Critical precipitation period for dryland maize production. *Field Crops Research*. 118: 259–263.
- Nyéki A.–Nagy J.*: 2022. A kukorica öntözése, technológiai háttere. *Növénytermelés*. 71. 3–4: 119–132.
- Ocwa, A.–Harsányi, E.–Széles, A.–Holb, I. J.–Szabó, S.–Rátonyi, T.–Mohammed, S.*: 2023. A bibliographic review of climate change and fertilization as the main drivers of maize yield: implications for food security. *Agric. & Food Secur.* 12: 14. <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00419-3>
- Ocwa, A.–Mohammed, S.–Mousavi, S. M. N.–Illés, Á.–Bojtor, C.–Ragán, P.–Rátonyi, T.–Harsányi, E.*: 2024a. Maize Grain Yield and Quality Improvement Through Biostimulant Application: a Systematic Review. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01687-z>
- Ocwa, A.–Bojtor, C.–Illés, Á.–Ssemugenze, B.–Balaout, I.–Rátonyi, T.–Széles, A.–Harsányi, E.*: 2024b. Precision Drip Irrigation System and Foliar Application of Biostimulant and Fertilizers Containing Micronutrients Optimize Photochemical Efficiency and Grain Yield of Maize (*Zea mays* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 1–15. <https://doi.org/10.1007/s42729-024-02074-4>
- Ordódy E.*: 2023. A kukorica megfelelő tápanyag-utánpótlása. *Agrofórum online*. <https://agroforum.hu/agrarhirek/novenytermesztes/a-kukorica-megfelelo-tapananyag-utanpotlasi/>
- Pepó P.*: 2022. A 40 éves debreceni tartamki sérletek néhány fontosabb eredménye. *Növénytermelés*. 71. 3–4: 159–182.
- Pepó P.–Csajbók J.*: 2014. Agrotechnikai tényezők szerepe a kukorica (*Zea mays* L.) termesztésében. *Növénytermelés*. 63. 2: 45–68.
- Rouse, J. W.–Haas, R. H.–Schell, J. A.–Deering, D. W.*: 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. [In: *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*. NASA SP-351 I.] December 10–14. 1973. Washington. 309–317.

- Shojaei, S. H.–Mostafavi, K.–Omrani, A.–Illés, Á.–Bojtor, C.–Omrani, S.–Mousavi, S. M. N.–Nagy, J.*: 2022. Comparison of maize genotypes using drought-tolerance indices and graphical analysis under normal and humidity stress conditions. *Plants*. 11. 7: 942. <https://doi.org/10.3390/plants11070942>
- Sípos M.*: 2009. A hibrid, a tápanyag-ellátás és az öntözés hatása a kukorica (*Zea mays* L.) betakarítási szemnedvesség-tartalmára, illetve keményítőtartalmára. *Acta Agraria Debreceniensis*. 35: 89–94,
- Széles, A.–Kovács, K.–Ferencsik, S.*: 2019. The effect of crop years and nitrogen basal and top dressing on the yield of different maize genotypes and marginal revenue. *Időjárás/Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. 123: 265–278.
- Széles A.–Horváth É.–Simon K.–Zagyi P.*: 2023. Az öntözés és az alap- és fejtárgyázás hatása a kukorica hibridek klorofil-koncentrációjára és termésére extra száraz évben. *Növénytermelés*. 72. 3: 7–30.
- Széles, A.–Huzsvai, L.–Mohammed, S.–Nyéki, A.–Zagyi, 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>
- Tamás A.–Radócz L.–Horváth É.–Zagyi P.–Ragán P.*: 2022. A termesztéstechnológiai tényezők hatása a kukorica (*Zea mays* L.) terméseredményeire polifaktoriális tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 71. 1: 67–80.
- Tucker, C. J.*: 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*. 8: 127–150.
- Ványiné Széles A.*: 2008. The effect of crop year and fertilization on the interaction between the SPAD value and yield of maize (*Zea mays* L.) within non-irrigated conditions. *Cereal Res. Commun.* 36: 1367–1370.
- Ványiné Széles A.–Megyes A.–Nagy J.*: 2010. Vetésidő és az évjárat hatása a kukorica hibridek termés hozamára és a minőségre. *Növénytermelés*. 59. 4: 63–70.
- Ványiné Széles, A.–Megyes, A.–Nagy, J.*: 2012. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management*. 107: 133–144.
- Walne, C. H.–Reddy, K. R.*: 2022. Temperature effects on the shoot and root growth, development, and biomass accumulation of corn (*Zea mays* L.). *Agriculture*. 12. 4: 443.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

\*Kalina Hella - Dr. Nagy János  
Debreceni Egyetem MÉK  
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032  
\*kalina.hella@agr.unideb.hu

