

A precíziós csepegtető öntözés hatása a csemegekukorica (*Zea mays conv. saccharata* Koern) normalizált differenciált vegetációs index, levélterületi index és SPAD értékeire szántóföldi kísérletben

SZABÓ ATALA - ILLÉS ÁRPÁD - BAKOS ZSUZSANNA - NAGY JÁNOS
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Napjainkban a csemegekukorica termesztése az egyre fokozódó éghajlatváltozás miatt nehézségeket okoz. Ezt a kutatást öntözött és nem öntözött feltételek mellett végeztük a Debreceni Egyetem Böszörményi úti Campus Bemutatókert területén. A vizsgált csemegekukorica hibridek az SF1379 és a Honey volt. A csemegekukorica állomány alakulásának nyomon követésére precíziós eszközöket alkalmaztunk. A levélterületi-indexet (LAI), SPAD értékeket és a Normalizált Differenciált Vegetációs Index-et (NDVI) két fenológiai szakaszban felvételeztük. A csuhé, csutka, szem szárazanyag-termelés alakulását betakarítás előtt és betakarításkor mértük. A kísérlet eredményei azt mutatták, hogy az LAI, SPAD, NDVI és szárazanyag értékei jelentősen nőttek az öntözés hatására.

Gyakorlatban hasznosítható eredményekkel szolgálhatunk a csemegekukorica-termelők számára, amellyel felhívjuk a figyelmet a precíziós öntözés alkalmazására. A csemegekukorica termesztése optimális, precíz technológiát igényel és öntözött körülmények között hatékony és jövedelmező.

Kulcsszavak: csemegekukorica, öntözés, LAI, NDVI, SPAD, szárazanyag

Effect of precision drip irrigation on the Normalized Difference Vegetation Index, Leaf Area Index and SPAD readings of sweet maize (*Zea mays* conv. *saccharata* Koern) in a field experiment

A. SZABÓ - Á. ILLÉS - ZS. BAKOS - J. NAGY

University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management

Institute of Land Use, Engineering and Precision Farming Technology, Debrecen

Summary

Nowadays, growing sweet maize is difficult due to increasing climate change. This research was carried out under irrigated and non-irrigated conditions at the University of Debrecen, Böszörményi út Campus Demonstration Garden. The examined sweet maize hybrids were SF1379 and Honey. Precision instruments were used to monitor the development of the sweet maize population. Leaf area index (LAI), SPAD values and Normalized Differential Vegetation Index (NDVI) were measured in two phenological stages. The evolution of dry matter production of husk, cob and grain was measured before and at harvest. The obtained experiment results showed that LAI, SPAD, NDVI and dry matter values increased significantly with irrigation.

We can provide practical results for sweet maize growers to raise awareness on the use of precision irrigation. Sweet maize production requires optimal, precise technology and is efficient and profitable under irrigated conditions.

Keywords: sweet maize, irrigation, LAI, NDVI, SPAD, dry matter

Bevezetés

A csemegekukorica (*Zea mays* L. cv. *saccharata*) sokoldalú, változatos felhasználású növény, amelyet leginkább friss vagy konzerv zöldségként használnak, de az alkohol-feldolgozó iparban is hasznosítják (Basava 2012,

Singh et al. 2014). Magyarországon jelentős a csemegekukorica fogyasztás (*Nagy* 2021). Az Európai Unióban Magyarország Franciaország után a második legnagyobb csemegekukorica-termelő ország (*Orosz et al.* 2009). A KSH szerint a termésátlag 12 520 kg/ha, a betakarított terület 37 288 ha volt Magyarországon (*KSH* 2022). Különösen a világ száraz és félszáraz régióiban az öntözés a fenntartható mezőgazdaság fontos termesztéstechnológiai eleme. Délkelet-Törökországban a tenyészidőszakban ritka a csapadék június és szeptember között, ezért öntözésre van szükség a terméshozam fenntartásához és növeléséhez (*Oktem* 2008). A vizet csepegtető öntözéssel juttatják a talajba, elérve így a talaj kellő szellőzöttségét, levegőzöttségét és a felvehető nedvességet (*Merry* 2003). A vegetatív szakaszban a kukorica viszonylag toleráns a vízterheléssel szemben, de a címerhányáskor, nővirágzáskori fenofázisban már érzékenyen reagál a növény (*Fischer et al.* 1984). A vízmegőrzés és a termésmaximalizálás egyaránt csepegtető öntözéssel érhető el (*Cetlin és Bilgel* 2002). A csőhozamot szignifikánsan befolyásolta az öntözés mértéke (*Basava et al.* 2012). Ha egy félszáraz éghajlaton csemegekukoricát termesztünk, javasolható a csepegtető öntözés ütemezése 100% Epan-on nitrogéntrágyázással alkalmazva, a jobb terméshozam elérése érdekében (200 kg/ha) (*Basava et al.* 2012). *Costa et al.* (1988) azt vizsgálták, hogy a 180 mm-ről 520,60 mm-re megnövelt vízkijuttatás megnövekedett hozamot eredményezett, ezek az eredmények összhangban vannak a 0,8 Epan-os csepegtető öntözéssel kapott eredményekkel. Az öntözővíz alkalmazása növelte a csemegekukorica hozamát (*Viswanatha et al.* 2002). Statisztikailag szignifikáns kapcsolat volt a friss csőhozam és az öntözési kezelések között ($p < 0,01$), azonban a termés csökkent a hiányos öntözésnek köszönhetően (*Oktem* 2008). A kukoricatermés az öntözővízmennyiség csökkentésével – több tanulmány szerint is – csökkenő tendenciát mutatott (*Pandey et al.* 2000, *Viswanatha et al.* 2002). A szem tömegének és számának csökkenése a hiányos öntözés okozta termésnövekedéssel (22,6–26,4%) volt összefüggésben (*Pandey et al.* 2000). A vízterhelési körülmények között a szem tömege 18%-kal és a szemszáma 10%-kal csökkent, így a szemtermés 37%-kal csökkent. A csőenkénti szemek számát, a cső hosszát és a csemegekukorica terméshozamát negatívan befolyásolja a hiányos öntözés (*Rivera-Hernández et al.* 2010, *Aydinsakir et al.* 2013). Az évjárat és az öntözési kezelések

befolyásolták a SPAD és az NDVI értékeket, valamint a növény magasságát, a cső tömegét, valamint a cső hosszát és átmérőjét (*Nemeskéri et al. 2017*). A termésnövekedés alakulása, továbbá a vízstresszre adott válaszok nyomon követése és a termés kiértékelése megvalósítható távérzékelési technológiákkal (*Stone et al. 2001, Weber et al. 2012*). Vezeték nélküli és webes technológiákat alkalmazva a web alapú rendszer összekapcsolja a különböző precíziós érzékelőket. Az adatbányászat felhasználható az adatbázis elemzésére a környezeti változók jövőbeli előrejelzésére is, hogy a növénytermesztést a jövőben optimálisan lehessen megvalósítani (*Nyéki et al. 2020*). A vegetációs fenofázis monitorozását gyakran a normalizált differenciált vegetációs index (NDVI) segítségével végzik (*Stone et al. 2001*). A levélterületi index és az NDVI mérsékelten nőtt a csemegekukorica növekedése során, de a SPAD nem változott jelentősen (*Nemeskéri et al. 2019*). Teljes öntözésnél (100%) a levélterületi index elérte a maximális értéket, 30%-os hiánynál pedig a legalacsonyabb értéket (*Oktem 2008*). Öntözés nélküli körülmények között csökkent a cső tömege növényenként, emellett a SPAD, NDVI és LAI is (*Nemeskéri et al. 2019*). Csökkentette a levelek terjeszkedési sebességét, így a maximális egyedi levélterületet és a LAI-t korai vízhiány esetén, míg a késői vízhiány leginkább a levél öregedését elősegítette (*Stone et al. 2001*). *Wang et al. (2016)* szignifikáns összefüggést állapítottak meg a terméshozam és az NDVI értékek között a kukorica nővirágzás előtti időszakában. A SPAD, az NDVI és a morfológiai paraméterek között az éghajlati viszonyok szoros összefüggést mutattak ki (*Sinka et al. 2021*). A vízgazdálkodásnak a célja az egységnyi vízre jutó hozam maximalizálása a legkisebb veszteség mellett, valamint a természetes utánpótlás megőrzésére és az ökológiai fenntarthatóság biztosítására (*Viswanatha et al. 2002*). *Kazemeini et al. (2014)* és *Andrade et al. (2005)* kimutatták, hogy a vízstressz csökkentette a kukorica magasságát, a levélterület-indexet, a csövenkénti sorokat és szemeket, az ezerszemtömeget, a szem- és terméshozamot, a betakarítási indexet. Ez a feltevés arra a következtetésre jutott, hogy a kukoricatermés csökkenése valószínűleg a fényelfogás csökkenésével és a levelek öregedésének felgyorsulásával járt együtt, és ennek következtében csökkent a fotoszintetikus sebesség mellett a szárazanyag-termelés (*Igbadun et al. 2007*). *Illés et al. (2022)* a kapott eredmények azt mutatták, hogy a csutka szárazanyag-tartalmában nem volt kimutatható különbség az öntözött és nem öntözött

kezelések között. A korrelációs analízis kimutatta, hogy a termésindexek közül a szárazanyag-tartalom növekedése a csutka nedvességtartalmának csökkenését eredményezte öntözött és nem öntözött kezelésekben. Az öntözővíz mennyisége hozzájárult a szárazanyag-felhalmozódáshoz. A vízhiány átlagosan 35%-kal csökkentette a szárazanyagot ($P < 0,01$). Terméshozamát tekintve a 100%-os öntözött kezelésben szemtermése 1450 és 1280 g/m² volt 1998-ban és 1999-ben (*Karam et al.* 2003).

Anyag és módszer

A kísérletet a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán végeztük. Az egyik vizsgált csemegekukorica hibrid az SF1379 hibrid volt, melynek legfőbb tulajdonságai: középkorai (75–77 napos), nagyméretű csöveket nevelő szuperédes csemegekukorica fajta. Erős növekedésű, vírusrezisztens hibrid. Az élénksárga színű, kiváló minőséget adó szemek 16–18 soros/cső (*Net1*). A másik hibrid a Honey, melynek tulajdonságai: egy államilag elismert normálédes csemegekukorica variáns. A fajtafenntartó az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet Martonvásár és 1998-ban lett beregisztrálva. Igen korai, S-2 tenyészedővel rendelkezik. A növény átlagos magassága 173 cm. A cső hosszúsága 21 cm, átmérője 43 mm, átlagtömege 247 g, szemsorok száma 14–16. A szemek színe sárga, a csővég túlnőhet a csuhéleveleken (*Net2*). A kísérletet öntözött és nem öntözött körülmények között állítottuk be. A precíziós csepegtető öntözés minden második soron történt. Az öntözés távvezérléses megoldással került beállításra, talajszensorok segítségével. Az öntözés akkor kezdődött, amikor a talaj nedvességtartalma 35 cm mélységben 45 m/m% alá csökkent. A kijuttatott vízmennyiség 337 mm volt a tenészedőszak alatt (*1–2. ábra*). A talaj nedvességtartalmának mérésére talajérzékelőket használtunk különböző rétegekben. Az alkalmazott műtrágya: 101,25 N kg/ha, 26,25 CaO kg/ha, 18,75 MgO kg/ha, 2021. 11. 04-én került kijuttatásra. A kombinátorozást a műtrágyázás után 2022. 04. 12-én végeztük el. A vetés 55 000/ha tőszámmal történt 2022. 05. 12-én. A betakarítást 2022. 08. 01-én végeztük. A klimatikus viszonyokat tekintve a tavasz száraz, csapadékhiányos volt.

1. ábra. Nedvességmennyiségi arányok eltérő talajrétegekben (m/m%)
(Debrecen, 2022)

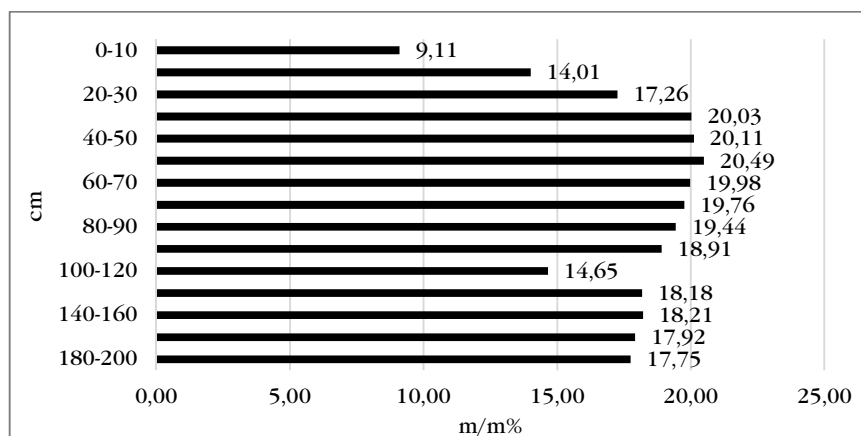


Figure 1. Moisture content ratios in different soil layers (m/m%) (Debrecen, 2022).

2. ábra. Időjárási viszonyok alakulása
(Debrecen, 2022)

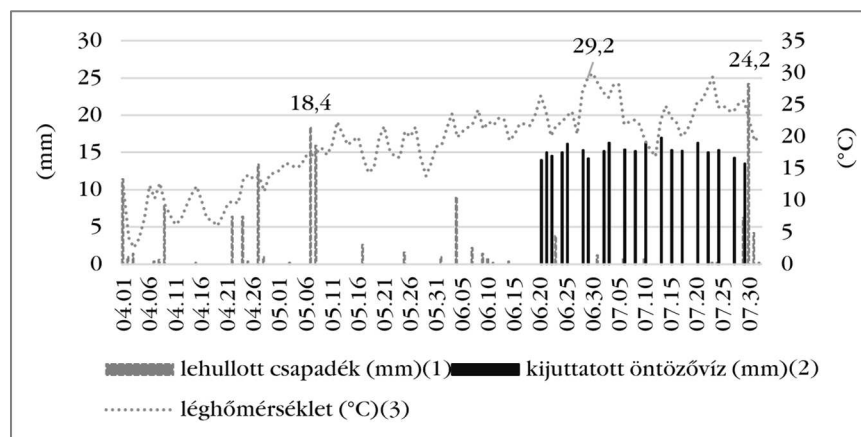


Figure 2. Weather conditions (Debrecen, 2022). (1) Precipitation (mm), (2) Applied irrigation water (mm), (3) Air temperature (°C)

A nyári hónapokat tovább súlyosbította a szárazság és az extrém aszály (2. ábra). A kísérleti terület talaj tulajdonsága a jó minőségű, meszes csernozjom talajtípusok közé sorolható. A mérést két alkalommal végeztük LAI és NDVI mérőeszközökkel, 2022. 06. 20-án (1. időpont) a 8–10 leveles állapotban és 2022. 07. 08-án (2. időpont) a növirágzási időszakban, amikor a kukorica elérte a maximális magasságot. A méréseket négy ismétlésben, 10–10 növényen végeztük, majd az értékeket átlagoltuk. A LAI méréseket az SS1 SunScan Canopy Analysis System (Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK) segítségével, az NDVI-t GreenSeeker kézi eszköz használatával végeztük. A statisztikai analíziseket a Minitab Statistical környezetben végeztük. A szárazanyag-beépülési vizsgálathoz 4–4 csövet használtunk fel. A szárítás 60 °C-on történt három napon keresztül, súlyállandóságig szárítottuk.

Eredmények

Az elvégzett varianciaanalízis kimutatta, hogy az öntözés jelentős hatással volt a LAI értékekre, illetve a LAI értékek és a mintavételi idők között szignifikáns különbség volt (1. táblázat).

1. táblázat. *Varianciaanalízis eredményei a LAI × öntözés és a LAI × mintavételi időpontok között*

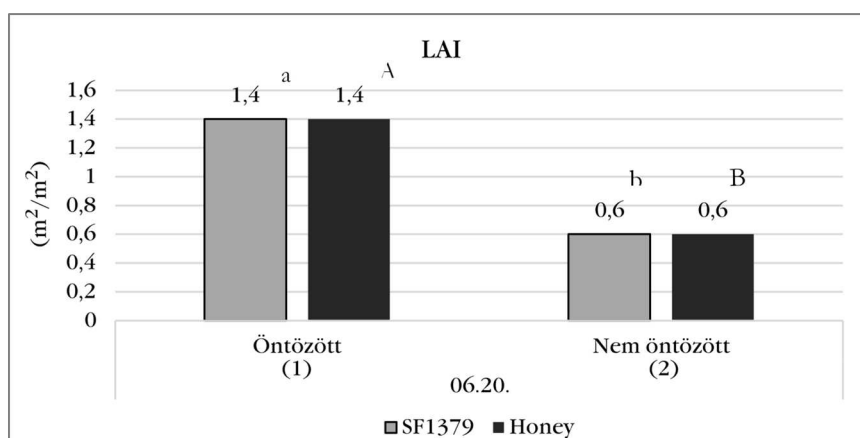
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Öntözés (1)	1	31,862	31,8623	79,00	0
Mintavételi időpont (2)	1	41,412	41,4122	102,68	0
Error	37	14,923	0,4033		
Lack-of-Fit	1	10,302	10,3023	80,26	0
Pure Error	36	4,621	0,1284		
Total	39	88,198			

Table 1. ANOVA results between LAI × irrigation and LAI × sampling dates. (1) Irrigation, (2) Sampling date

A paraméterek a Least Significant Difference (LSD) teszten alapultak. A két hibrid mérési eredményeit felhasználva az elemzés azt mutatta, hogy a LAI öntözött körülmények között volt a magasabb, 1,4 LAI értékkel az SF1379

hibridnél. Az SF1379 és a Honey hibrid között volt statisztikailag kimutatható különbség öntözött és nem öntözött körülmények között is. A LAI nem öntözött kezelésben alacsonyabb volt (3. ábra).

3. ábra. A LAI értékelése öntözött és nem öntözött körülmények között az 1. mintavételi időpontban (2022. 06. 20., Debrecen)



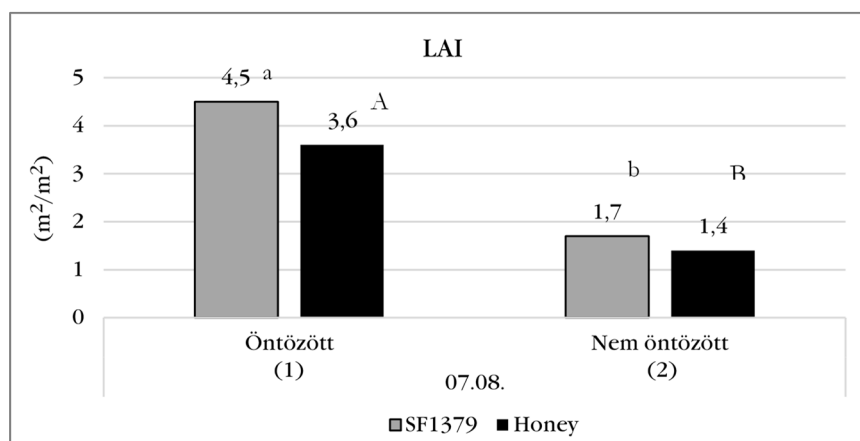
Megjegyzés: az azonos kisbetűs betűk között nincs szignifikáns különbség. Az azonos nagybetűs betűk között nincs szignifikáns különbség.

Figure 3. Evaluation of LAI under irrigated and non-irrigated conditions at sampling date 1 (20.06.2022, Debrecen) (1) Irrigated, (2) Non-irrigated, Note: no significant difference between the same lower case letters. No significant difference between letters with the same capital letters.

A kutatási eredmények elemzése azt mutatta, hogy a LAI öntözött körülmények között volt a magasabb 4.5 LAI értékkel, az SF1379 hibridnél. Az SF1379 és a Honey hibrid között volt statisztikailag kimutatható különbség öntözött és nem öntözött körülmények között egyaránt. A LAI a legalacsonyabb értéket nem öntözött kezelés mellett a 2. mintavételi időpontban érte el (4. ábra).

Az elvégzett varianciaanalízis kimutatta, hogy az öntözés jelentős hatással volt az NDVI értékekre, illetve a mintavételi időkre (2. táblázat).

4. ábra. A LAI értékelése öntözött és nem öntözött körülmények között a 2. mintavételi időpontban (2022. 07. 08., Debrecen)



Megjegyzés: az azonos kisbetűs betűk között nincs szignifikáns különbség. Az azonos nagybetűs betűk között nincs szignifikáns különbség.

Figure 4. Evaluation of LAI under irrigated and non-irrigated conditions at sampling date 2 (08/07/2022, Debrecen) (1) Irrigated, (2) Non-irrigated, Note: no significant difference between the same lower case letters. No significant difference between letters with the same capital letters.

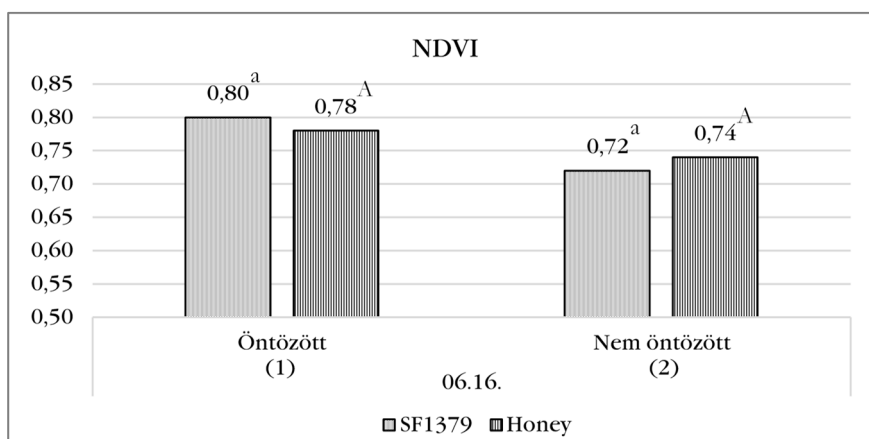
2. táblázat. *Varianciaanalízis eredményei az öntözés × NDVI és az öntözés × mintavételi időpontok között*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Öntözés (1)	1	0,051337	0,051337	9,93	0,005
Mintavételi időpont (2)	1	0,148838	0,148838	28,78	0
	21	0,108621	0,005172		
Lack-of-Fit	1	0,000938	0,000938	0,17	0,681
Pure Error	20	0,107683	0,005384		
Total	23	0,308796			

Table 2. Results of analysis of variance between irrigation × NDVI and irrigation × sampling dates. (1) Irrigation, (2) Sampling date

Az első mérési időpontban a kutatási eredmények alapján az elemzés azt mutatta, hogy az NDVI öntözött körülmények között volt a legmagasabb, 0,80 értékkel az SF1379 hibridnél. Nem volt statisztikailag kimutatható szignifikáns különbség a két hibrid és két kezelés között sem (5. ábra).

5. ábra. Az NDVI értékelése öntözött és nem öntözött körülmények között az 1. mintavételi időpontban (2022. 06. 16., Debrecen)



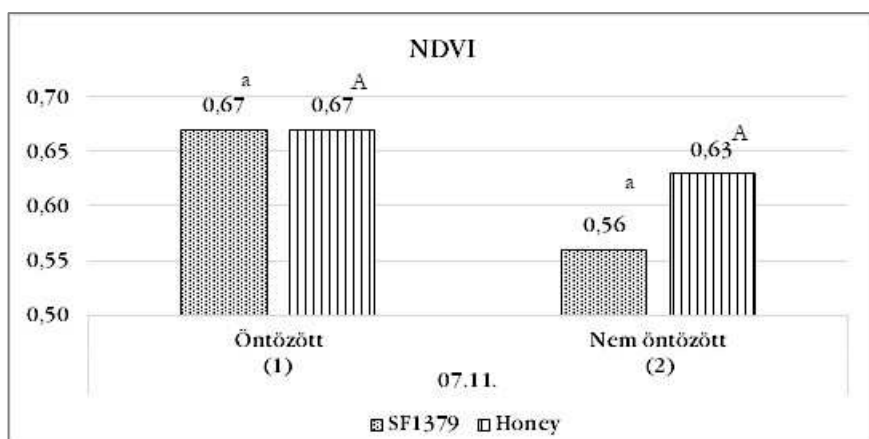
Megjegyzés: az azonos kisbetűs betűk között nincs szignifikáns különbség. Az azonos nagybetűs betűk között nincs szignifikáns különbség.

Figure 5. Evaluation of NDVI under irrigated and non-irrigated conditions at sampling date 1 (16/06/2022, Debrecen) (1) Irrigated, (2) Non-irrigated, Note: no significant difference between the same lower case letters. No significant difference between letters with the same capital letters.

A második mérési időpontban az elemzés azt mutatta, hogy az NDVI öntözött körülmények között volt a legmagasabb. Nem volt statisztikailag szignifikáns különbség a két hibrid és a két kezelés között sem. Az öntözés hatással volt NDVI-értékek alakulására, azonban a vegetációs fázisban van egy NDVI- görbe, és a 2. mérési időpontban már átlépte az inflexió pontját (6. ábra).

Az elvégzett varianciaanalízis kimutatta, hogy az öntözés jelentős hatással volt az SPAD értékekre (3. táblázat).

6. ábra. Az NDVI értékelése öntözött és nem öntözött körülmények között a 2. mintavételi időpontban (2022. 07. 11., Debrecen)



Megjegyzés: az azonos kisbetűs betűk között nincs szignifikáns különbség. Az azonos nagybetűs betűk között nincs szignifikáns különbség.

Figure 6. Evaluation of NDVI under irrigated and non-irrigated conditions at sampling date 2 (11/07/2022, Debrecen) (1) Irrigated, (2) Non-irrigated, Note: no significant difference between the same lower case letters. No significant difference between letters with the same capital letters.

3. táblázat. *Varianciaanalízis eredményei a SPAD × öntözés és a SPAD × mintavételi időpont között*

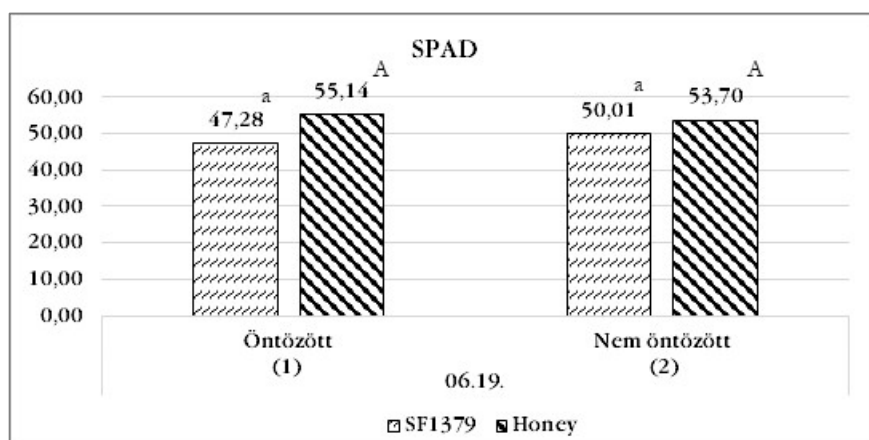
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Öntözés (1)	1	231,95	231,949	14,39	0,002
Mintavételi időpont (2)	1	65,44	65,439	4,06	0,064
Lack-of-Fit	1	181,61	181,609	53,67	0
Pure Error	13	43,99	3,384		
Total	16	537,64			

Table 3. Analysis of variance results between SPAD × irrigation and SPAD × sampling time. (1) Irrigation, (2) Sampling time

Az öntözés hatással volt a SPAD értékek alakulására, az 1. időpontban mért értékek között nem volt statisztikailag kimutatható szignifikáns különbség

egyik hibrid és egyik kezelés között sem. A legnagyobb SPAD érték 55,14 volt öntözött körülmények között a Honey hibrid esetében (7. ábra).

7. ábra. A SPAD értékelése öntözött és nem öntözött körülmények között az 1. mintavételi időpontban (2022. 06. 19., Debrecen)



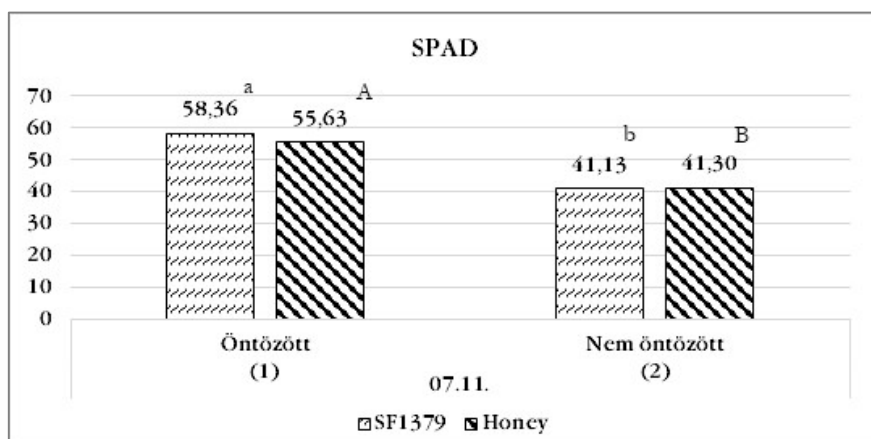
Megjegyzés: az azonos kisbetűs betűk között nincs szignifikáns különbség. Az azonos nagybetűs betűk között nincs szignifikáns különbség.

Figure 7. Evaluation of SPAD under irrigated and non-irrigated conditions at sampling date 1 (19 June 2022, Debrecen) (1) Irrigated, (2) Non-irrigated, Note: no significant difference between the same lower case letters. No significant difference between the same upper case letters

A 2. időpontban mért eredmények között volt statisztikailag kimutatható szignifikáns különbség. A legnagyobb SPAD értéket 58,36 volt az SF1379 hibridnél öntözés hatására (8. ábra).

A szárazanyag-produkció alakulása a betakarítás előtti és betakarításkori időpontban eltérően alakult. A betakarításhoz közeledve növekvő tendencia figyelhető meg mindkét hibrid esetében. Az öntözés kedvezően befolyásolta a szárazanyag-beépülését (9. ábra). A betakarításkor a nagyobb nedvességtartalom a Honey hibrid esetében volt (84%), az SF1379 hibrid esetében kevesebbet, 62%-ot mértünk. A betakarítás az érettségi jelek vizsgálata alapján került betakarításra. Az öntözött kezelésben az SF1379 hibridnek 8,205 t/ha, a Honey hibridnek 9,223 t/ha volt a termés hozama.

8. ábra. A SPAD értékelése öntözött és nem öntözött körülmények között a 2. mintavételi időpontban (2022. 07. 11., Debrecen)



Megjegyzés: az azonos kisbetűs betűk között nincs szignifikáns különbség. Az azonos nagybetűs betűk között nincs szignifikáns különbség.

Figure 8. Evaluation of SPAD under irrigated and non-irrigated conditions at sampling date 2 (11/07/2022, Debrecen) (1) Irrigated, (2) Non-irrigated, Note: no significant difference between the same lower case letters. No significant difference between letters with the same capital letters.

9. ábra. A szárazanyag-termelés (g/növény) (2022, Debrecen)

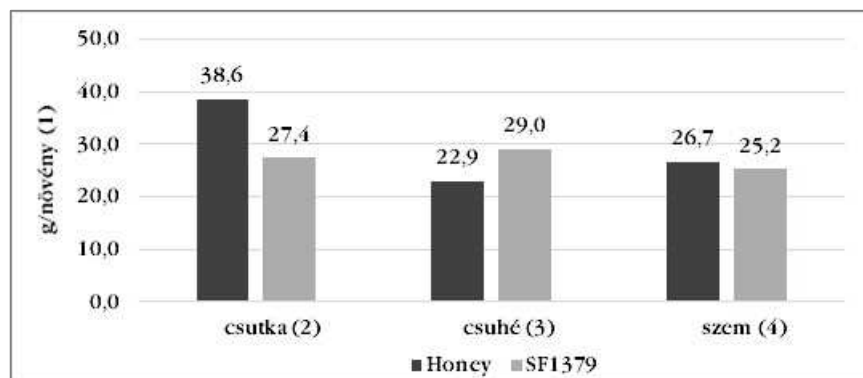


Figure 9. Dry matter production (g/plant) (2022, Debrecen) (1) g per plant, (2) Cob, (3) Husk, (4) Grain

Következtetés

Az öntözés hatással volt a LAI, SPAD, NDVI értékekre és a hozamra. A szárazanyag-termelést tekintve a Honey hibrid volt, ami több szárazanyagot tudott felhalmozni a tenyészidőszak alatt, az öntözés segítségével. Az öntözés hatását tekintve az SF1379 hibridben 154%-kal, a Honey hibridben 144%-kal növelte a LAI értékeket. A SPAD értékekben az SF1379 hibridnél 15%-os, a Honey hibridnél 16%-os növekedést jelentett. Hasonló értékeket eredményezett az NDVI vizsgálat is, ahol az SF1379 hibrid esetében 15%-kal, a Honey hibridnél mintegy 5%-kal növelte az öntözés hatása az értékeket és a termést.

A kiváló minőségű csemegekukorica fontos a feldolgozóipar számára, ezért az öntözés alkalmazása elengedhetetlen a csemegekukorica megfelelő növekedéséhez. Nem gazdaságos a csemegekukorica öntözés nélküli termesztése.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmányi kutatás a TKP2020-IKA-04 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a 2020-4.1.1-TKP2020 pályázati program, valamint az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-22-3 kódszámú Új nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült.

IRODALOM

- Andrade, F. H.-Sadras, V. O.-Vega, C. R. C.-Echarte, L.:* 2005. Physiological determinants of crop growth and yield in maize, sunflower and soybean: their application to crop management, modeling and breeding. *Journal of crop improvement.* 14. 1-2: 51-101.
- Aydinsakir, K.-Erdal, S.-Buyuktas, D.-Bastug, R.-Toker, R.:* 2013. The influence of regular deficit irrigation applications on water use, yield, and quality components of two corn (*Zea mays* L.) genotypes. *Agric. Water Manag.* 128: 65-71.
- Basava, S.-Devi, K. S.-Sivalakshmi, Y.-Babu, P. S.:* 2012. Response of sweet corn hybrid to drip-fertigation. Part I: *Plant Science.*
- Cetin, O.-Bilgel, L.:* 2002. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. *Agricultural Water Management.* 54. 1: 1-15.

- Costa, J. O.–Ferreira, L. G. R.–Souza, F. D.: 1988. Yield of maize under different levels of water stress. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 23: 1255–1261.
- Fischer, K. S.–Palmer, F. E.: 1984. Tropical Maize. [In: Goldsworthy, P. R. and Fischer, N. M. (eds.) *The Physiology of Tropical Field Crops*.] Wiley. New York. 213–248.
- Igbadun, H. E.–Tarimo, A. K.–Salim, B. A.–Mahoo, H. F.: 2007. Evaluation of selected crop water production functions for an irrigated maize crop. *Agricultural Water Management*. 94: 1–10.
- 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.
- Karam, F.–Breidy, J.–Stephan, C. –Rouphael, J.: 2003. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bekaa Valley of Lebanon. *Agricultural Water Management*. 63. 2: 125–137.
- Kazemeini, S. A.–Bahrani, M. J.–Pirasteh-Anosheh, H.–Momeni, S. M. M.: 2014. Maize growth and yield as affected by wheat residues and irrigation management in a no-tillage system. *Arch. Agron. Soil Sci*. 60: 1543–1552.
- KSH: 2022. Average yield of major vegetables [kg/hectare] https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0019.html. September 10, 2022.
- Merry, R. E.: (2003). “Dripping with success”: The challenges of an irrigation redevelopment project. *Irrig. Drain. J. Int. Comm. Irrig. Drain*. 52: 71–83.
- Nagy J.: 2021. *Kukorica*. Szaktudás Kiadó. Budapest. 20.
- Nemeskéri, E.–Molnár, K.–Rácz, C.–Dobos, A. C.–Helyes, L.: 2019. Effect of water supply on spectral traits and their relationship with the productivity of sweet corns. *Agronomy*. 9. 2: 63.
- Nemeskéri E.–Molnár K.–Dobos A. Cs.: 2017. Csemegekukorica (*Zea mays* L. *convar. saccharata*) sztóma működése, és hatása a növekedésre és terméskomponensekre eltérő vízellátás alatt [Stomatal behaviour and its influence on the growing and yield components of sweet corn (*Zea mays* L. *convar. saccharata*)]. *Növénytermelés*. 66: 75–95.
- Net1: <https://orosco.hu/termek/sf-1379-f1/> (letöltve: 2022. 12. 07.)
- Net2: <https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/79608/kukorica06.pdf/39a935ce-2532-47f0-b338-66159456d1d0> (letöltve: 2022. 01. 04.)
- Nyéki, A. É.–Teschner, G.–Ambrus, B.–Neményi, M.–Kovács, A. J.: 2020. Architecting farmer-centric internet of things for precision crop production. *Hungarian Agricultural Engineering*. 38: 71–78.
- Oktem, A.: 2008. Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of drip-irrigated sweet corn in sustainable agricultural systems. *Agricultural Water Management*. 95. 9: 1003–1010.
- Orosz, F.–Jakab, S.–Losak, T.–Slezak, K.: 2009. Effect of fertilizer application to sweet corn (*Zea mays* L.) grown on sandy soil. *Journal of Environmental Biology*. 30. 6: 933–938.

- Pandey, R. K.-Maranville, J. W.-Admou, A.:* 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: I. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management*. 46. 1: 1-13.
- Rivera-Hernández, B.-Carrillo-Ávila, E.-Obrador-Olán, J. J.-Juárez-López, J. F.-Aceves-Navarro, L. A.:* 2010. Morphological quality of sweet corn (*Zea mays* L.) ears as response to soil moisture tension and phosphate fertilization in Campeche, Mexico. *Agricultural Water Management*. 97: 1365-1374.
- Singh, I.-Langyan, S.-Yadava, P.:* 2014. Sweet corn and corn-based sweeteners. *Sugar Tech*. 16. 2: 144-149.
- Sinka, L.-Zsembeli, J.-Ragán, P.-Duzs, L.-Hájos, M. T.:* 2021. Effect of different seedling growing methods on the SPAD, NDVI values and some morphological parameters of four sweet corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Agriculture/Pol'nohospodárstvo*. 67: 4.
- Stone, P. J.-Wilson, D. R.-Jamieson, P. D.-Gillespie, R. N.:* 2001. Water deficit effects on sweet corn. II. Canopy development. *Australian Journal of Agricultural Research*. 52. 1: 115-126.
- Viswanatha, G. B.-Ramachandrappa, B. K.-Nanjappa, H. V.:* 2002. Soil- plant water status and yield of sweet corn as influenced by drip irrigation and planting methods. *Agricultural Water Management*. 55: 85-91.
- Wang, R.-Cherkauer, K.-Bowling, L.:* 2016. Corn response to climate stress detected with satellite-based NDVI time series. *Remote Sensing*. 8. 4: 269.
- Weber, V.-Araus, J. L.-Cairns, J. E.-Sanchez, C.-Melchinger, A. E.-Orsini, E.:* 2012. Prediction of grain yield using reflectance spectra of canopy and leaves in maize plants grown under different water regimes. *Field Crop. Res*. 128: 82-90.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Szabó Atala – Illés Árpád – Bakos Zsuzsanna – Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*szabo.atala@agr.unideb.hu