

A vízellátottság és az évjárat hatása eltérő genotípusú csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern.) hibridek termőképességére

Molnár Krisztina¹ – Vig Róbert¹ – Nemeskéri Eszter² – Dobos Attila¹

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar

¹Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

²Kertészettudományi Intézet, Debrecen

molnark@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A növénytermesztés eredményességét a költséghatékonyságot biztosító termésátlagok realizálása mellett jelentős mértékben befolyásolja a termésbiztonságra való törekvés sikeressége is, ezért a vetésszerkezetbe célszerű beilleszteni a környezeti stressztényezőkkel szemben toleráns fajtákat és hibrideket is. A csemegekukorica hibridek csapadékébőséget toleráló képességének értékelésével célunk a vetésszerkezet kialakítására irányuló termelői döntéshozatal elősegítése volt.

Vizsgálatainkat egy extrém csapadékos évben (2010) csernozjom talajon végeztük három csemegekukorica hibriddel (GSS 8529, GSS 1477, Overland) 12 ismétlésben. A 2010-es év terméseredményeit összehasonlítva az optimális csapadékelátottság mellett realizálható terméseredményekkel igazoltuk, hogy a vizsgált hibridek az igényeiket meghaladó csapadékébőségre termésdepresszióval reagálnak. A vizsgált csemegekukorica hibridek csapadékébőséget toleráló képessége eltérő.

Kulcsszavak: csemegekukorica, termésbiztonság, növényi kondíció, levélterület index (LAI), vegetációs index (NDVI), SPAD érték

SUMMARY

The successfulness of crop production is significantly affected by not only the the average yields that provide cost effectiveness, but also the success of striving for yield safety, therefore, varieties and hybrids tolerant to environmental stress factors are worth being included into the sowing structure. Our aim was to further the decision making of producers in preparing the right sowing structure by the evaluation of sweet maize hybrids' tolerance to excess rainfall.

We performed our examinations in an extremely wet year (2010) on chernozem soil on three sweet maize hybrids (GSS 8529, GSS 1477, Overland) in 12 replications. Comparing the yields of 2010 with those that can be expected under optimal rainfall conditions, we showed that the examined hybrids react to the amount of rainfall higher than their needs with yield depression. The excess rainfall tolerance of the examined hybrids is different in the case of each hybrid.

Keywords: sweet corn, yield safety, crop condition, leaf area index (LAI), normalized difference vegetation index (NDVI), Soil Plant Analysis Development (SPAD)

BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A világ csemegekukorica termeléséből Magyarország 6,0 százalékos körüli mértékben részesedik, ugyanakkor hazánk az európai kontinens csemegekukorica termelésének 40–45 százalékát adja (Zsombik és Daróczy, 2008). Magyarországon vetésterülete 1998 és 2003 között 16000 hektárról 39000 hektárra növekedett (KSH, 1998–2005; KSH, 2006–2008), ezzel Magyarország Franciaországgal együtt Európa legnagyobb csemegekukorica-termesztőjévé vált (Hodossi, 2004). Hazánkban a konzervipari feldolgozásra szánt zöldségfélék közül a csemegekukorica éveken keresztül sikernövény volt, viszont a kereslet csökkenése miatt vetésterülete 2003-tól 2009-ig 38 százalékkal csökkent (Valkó, 2010). A vetésterület csökkenéssel ellentétben termésátlaga 1998-tól 2008-ig 11,8 t/ha értékről 16,7 t/ha-ra növekedett (KSH, 1998–2005; KSH, 2006–2008).

A csemegekukorica a melegigényes növények közé tartozik. Eredményes termesztésre azokon a területeken van lehetőség, ahol a tenyészidőszak átlaghőmérséklete 18–23 °C között, a havi átlaghőmérséklet pedig 15,6 és 23,9 °C között alakul. Fejlődése 22–25 °C-on optimális, 40,6 °C felett pedig károsodást szenved (Maynard és Hochmuth, 2007). Magyarországon ott termesztendő a legsikeresebben, ahol a júliusi hónap középhőmérséklete meghaladja a 21 °C-ot és éjszaka sem csökken a hőmérséklet 14–15 °C alá (Hodossi, 2004). A csemegekukorica a tenyészidőszakban havonta 100 mm, a címerhánnyás előtti hónapban pedig 120–150 milliméter csapadékot igényel, így az összes vízigénye a talajtípustól és a tenyészidő hosszától függően 300–600 mm között változik (Daniel, 1978). Viswanatha et al. (2002) öntözési kísérletben 331–518 mm vízfogyasztást állapított meg a tenyészidőszakra. A szemi-arid területeken a csemegekukorica vízfogyasztása ennél magasabb is lehet. Törökországban a Harran alföldön az évjáratától függően 610–889 mm vízfogyasztást mértek (Oktem et al., 2003).

Az öntözés termésmenvelő hatását számos kísérletben igazolták. Hatékonysága nagymértékben függ a kultúrnövény vízigényétől, ugyanis a nagyobb vízigényű kultúrnövények öntözési reakciója kedvezőbb, mint a kisebb vízigényűeké (Huzsvai és Ványiné, 2009; Nagy, 2008, 2010). A csemegekukorica az öntözést meghálálja,

eredményeként javul a növényi kondíció és a termés hozam. Öntözéssel az évjáratától, a tenyészidőszakban felhasznált öntözővíz mennyiségétől és az öntözővíz kijuttatásának idejétől függően jelentős terméshozam-növekedés 2,9–3,4 t/ha (29,9–31%) érhető el (Vittum et al., 1961, Andrew és Weis, 1974).

A gazdaságos termelés egyik alapfeltétele a termésbiztonságot szolgáló vetés- és fajtaszerkezet kialakítása, vagyis az adott területen olyan kultúrnövények, hibridek és fajták termesztése szükséges, melyek agroökológiai igényei illeszkednek a termőhelyi és környezeti feltételekhez. A termésbiztonság növelése érdekében célszerű a vetésszerkezetben helyet biztosítani a különböző környezeti, biológiai és technológiai stressztényezőkkel szemben ellenálló fajtáknak és hibrideknek is (Ángyán et al., 2004). A kultúrnövény igényeit meghaladó csapadékmennyiség és talajnedvesség terméshozam-depressziót eredményez, melynek mértéke az alkalmazott termesztéstechnológia mellett függ a termesztett növényfaj és fajta genetikai adottságaitól is (Rosenzweig et al., 2002; Zaidi et al., 2003, 2004, 2007), ezért jelen tanulmányunkban a különböző genetikai potenciállal rendelkező csemegekukorica hibridek csapadékbőséget toleráló képességét értékeltük.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleti tervezés és adatgyűjtés

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Kertészettudományi Intézetének bemutatókertjében végeztük csernozjom talajon, 8,4 m² alapterületű parcellákon, 60 db/parcella növény számmal, három csemegekukorica hibriddel (GSS 8529, GSS 1477, Overland), hibridenként 12 ismétlésben. A vetés 2010. 05. 05-én vetőpuskával történt 70 centiméteres sor-, 20 centiméteres tötávolsággal és 6 centiméteres vetésmélységgel.

A vegetációs periódusban a hímvirágzás után mértünk levélterület indexet (Leaf Area Index, LAI), vegetációs indexet (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) és SPAD értéket (Soil Plant Analysis Development). A levélterület index (LAI), a vegetációs index (NDVI) és a SPAD érték szoros pozitív összefüggésben áll a nitrogénellátottsággal és a termékkel (Uhart és Andrade, 1995; Chapman és Barreto, 1997; Montemurro et al., 2006; Teal et al., 2006), valamint az NDVI és a SPAD-érték szoros pozitív összefüggésben áll a levelek klorofilltartalmával és a fotoszintetikus aktivitással (Feibo et al., 1998; Cartelat et al., 2005; Cui et al., 2009), így a LAI, az NDVI és a SPAD érték mérésével következtethetünk a növényi kondícióra.

A vegetációs index és a SPAD-érték meghatározása 2010. 07. 19-én történt. Az NDVI-mérést *GreenSeeker Model 505* mérőkészülékkel végeztük, ismétlésenként 5, csemegekukorica hibridenként 60 növényen. A *GreenSeeker Model 505* mérőkészülék a lombzat relatív klorofilltartalmát NDVI értékben fejezi ki, amit a 660 nm hullámhosszú fénysugarak reflektanciája alapján kalkulál, referenciaként infravörös fényt (770 nm) használva:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

ahol NIR = a lombzatról visszaverődött infravörös fény (770 nm) intenzitása és RED = a lombzatról visszaverődött vörös fény (660 nm) intenzitása (NTech Industries Inc., 2007).

A SPAD-értéket a Minolta SPAD 502 készülékkel mértük ismétlésenként 5, csemegekukorica hibridenként 60 növényen, a legfejlettebb levélen. A Minolta SPAD-502 mérőkészülék a levelek relatív klorofill-tartalmát a 650 nm hullámhosszú fénysugarak transzmissziója alapján határozza meg, amihez referenciaként infravörös fényt használ a 940 nanométeres hullámhossztartományban:

$$SPAD = NIR/RED$$

ahol NIR = a levélen áthaladt infravörös fény (940 nm) intenzitása és RED = a levélen áthaladt vörös fény (650 nm) intenzitása (Minolta Camera Co. Ltd., 1989).

A LAI mérése 2010. 07. 15-én történt LI-COR LAI-2000 lombanalizátorral (Welles és Norman, 1991). A méréseket ismétlésenként egy, hibridenként 12 mérési ponton végeztük.

A termésmintavételre 2010. 08. 10 és 2010. 08. 13 között került sor. Ismétlésenként 5, hibridenként 60, összesen 180 növényről vettünk termést, majd növényegyenként meghatároztuk a csőhosszúságot (cm), a csőátmérőt (mm), a csövet jellemző szemsorok számát (db), a bruttó csőtömeget (csuhélevéllel együtt) (g), a nettó csőtömeget (csuhélevél nélkül) (g) valamint a nettó és bruttó csőtömeg arányát.

Meteorológiai adatok

A vizsgálatokat Debrecenben végeztük, az Ángyán (1985) által meghatározott 9/a klímakörzet észak-keleti részén. A 9/a klímakörzetben 80 év (1901–1980) adatait figyelembe véve a tavaszi-nyári félév (április-szeptember – 192 nap) napsütéses óráinak száma 1480. A tavaszi-nyári félév várható átlaghőmérséklete 17,5 °C, a legmelegebb hónapjának (július) átlaghőmérséklete 21,5 °C, a vegetációs periódus leghűvösebb hónapjának (április) átlaghőmérséklete 10,8 °C. A várható évi csapadékösszeg 541 mm, amiből a tavaszi-nyári félévben 313 mm csapadék esik, ebből a legtöbb csapadék (68 mm) júniusban, a legkevesebb (41 mm) szeptemberben (Ángyán, 1985).

A vizsgálat évében (2010) a tavaszi-nyári félév átlaghőmérséklete a klímakörzetet jellemző értékhez hasonlóan alakult (17,8 °C). A július átlaghőmérséklete 0,8 °C-kal, az április átlaghőmérséklete 0,9 °C-kal volt magasabb mint a 80 éves átlag. Az éves csapadék (2009. 10. 01.–2010. 09. 30.) 70 százalékkal (377 mm), az őszi-téli félév (2009. 10. 01.–2010. 03. 31.) csapadéka 44 százalékkal (100 mm), a tavaszi-nyári félév (2010. 04. 01.–2010. 09. 30.) csapadéka 88 százalékkal (277 mm), a hímvirágzás időszakának csapadéka (július) 43 százalékkal (29 mm) haladta meg a klímakörzetet jellemző átlagos értékeket. A vegetációs periódusban (2010. május – 2010. augusztus) a lehullott csapadék 28–36 százalékkal (88–108 mm) volt magasabb mint a vizsgált csemegekukorica hibridek vízigénye (300–320 mm).

A statisztikai értékelés módszere

A statisztikai értékelést SPSS for Windows 14.0 statisztikai programcsomaggal végeztük. Hibridenként összehasonlítottuk a növényi kondíciót jellemző (LAI, NDVI, SPAD) és a termőképességet jellemző (csőhossz, csőátmérő, szemsorok száma, csőtömeg, nettó/bruttó csőtömeg) mennyiségi paramétereket. A Kolmogorov-Smirnov teszt minden paraméter esetében az értékek normál eloszlását igazolta, ezért a csemegekukorica hibridek összehasonlítására egytényezős variancia-analízist (ANOVA) alkalmaztunk. A variancia-analízis kiegészítésére Duncan vagy Games-Howell szimultán középérték összehasonlító tesztet alkalmaztunk annak függvényében, hogy az összehasonlítandó változók (hibridek) varianciája azonos, vagy különböző volt. A Levene-teszt a csőátmérő esetében a vizsgált változók eltérő, míg a többi paraméter esetében a változók azonos varianciáját igazolta.

A vizsgált paramétereket egymintás független t-próbát alkalmazva hasonlítottuk az optimális csapadékkellátottságú években, csernozjom talajon realizálható értékekhez (MgSZH, 2005; Ballerstein és Reiners, 2008).

A mért értékeket ismétlésenként átlagoltuk majd százalékos értékben meghatároztuk a vizsgált csemegekukorica hibridek 2010-es évben mért paramétereinek eltérését az optimális körülmények között realizálható értékektől $(E=(M-OÉ)/(OÉ/100))$, ahol M=a 2010-ben mért érték és OÉ=az optimális csapadékkellátottságú években várható érték), majd az eltéréseket (E) hibridenként összehasonlítottuk. A vizsgált paraméterek eltérése (E) a Kolmogorov-Smirnov teszt alapján normál eloszlást, a varianciák pedig a Levene teszt alapján azonosságot mutattak, ezért a középértékek szimultán összehasonlítására Duncan tesztet alkalmaztunk.

EREDMÉNYEK

A LAI, az NDVI és a SPAD mérés eredménye nagymértékben függ a genetikai adottságoktól, amit a környezeti és technológiai feltételek, valamint a különböző stresszhatások módosíthatnak (Lemaire et al., 2008; Mänd et al., 2010). A 2010-es év eredményi igazolták, hogy a növényi kondíciót jellemző paraméterekben (LAI, NDVI, SPAD) jelentkező hibridek közötti eltérések extrém csapadékkellátottság mellett is érvényesülnek.

A variancia-analízis (ANOVA) eredményei alapján (F érték) a vizsgált csemegekukorica hibridek közötti különbségek a legkifejezettebb a SPAD érték esetében (F=18,9), kisebb (F=14,9) a vegetációs indexben (NDVI) és legkisebb (F=0,7) a levélfelület indexben (LAI). Nincs szignifikáns különbség a három csemegekukorica hibrid átlagos levélfelület indexében (LAI). A legkisebb átlagos vegetációs indexet (NDVI) a GSS 1477 hibrid ismétléseiben kaptuk, amihez képest $p < 0,1$ szinten nagyobb átlagos NDVI értéket mértünk a GSS 8529 (+6,2%) és az Overland (+9,2%) parcelláiban. A GSS 8529 és az Overland átlagos NDVI értékében jelentkező különbség (2,9%) statisztikai értelemben azonosnak bizonyult. A legkisebb átlagos SPAD érték a GSS 8529 hibridet jellemezte, amit a GSS 1477 hibridben mért értékek átlaga 11,3 százalékkal, az Overland csemegekukorica hibridben végzett mérések átlaga 21,6 százalékkal haladt meg. A SPAD mérések eredményeiben mindhárom csemegekukorica hibrid szignifikánsan ($p < 0,1$) különbözött (1. táblázat).

1. táblázat

A növényi kondíciót jellemző paraméterekben jelentkező hibridek közötti különbségek

Hibrid(1)	LAI(2)	NDVI(3)	SPAD(4)
GSS 8529	1,47 ± 0,31 a	0,69 ± 0,06 a	40,7 ± 7,3 c
GSS 1477	1,35 ± 0,32 a	0,65 ± 0,07 b	45,3 ± 9,1 b
Overland	1,45 ± 0,38 a	0,71 ± 0,06 a	49,5 ± 7,0 a
F érték(5)	0,7 ⁿ	14,9 ^{***}	18,9 ^{***}

ⁿ = nincs szignifikáns különbség, ^{***} $p < 0,1$, LAI = Levélfelület index, NDVI = Vegetációs index, SPAD = SPAD érték

Table 1: Differences between hybrids crop condition parameters

Hybrid(1), Leaf area index(2), Normalized difference vegetation index(3), Soil plant analysis development values(4), F value(5); ⁿ: no significant difference

A növényi kondíciót a vizsgált paraméterekben jelentkező szignifikáns különbségek szerint pontoztuk. A legmagasabb pontszámot (3) a legmagasabb szignifikáns eredménnyel rendelkező hibrid kapta, a szignifikánsan alacsonyabb eredményt mutató csemegekukorica hibrid eggyel kisebb pontszámot (2 v. 1) kapott, míg a szignifikánsan azonos eredményeket mutató hibridek azonos pontszámot kaptak. A levélterület index (LAI) szerint mindhárom hibridet egy ponttal értékeltük, ugyanis a levélterületben nem jelentkező szignifikáns különbség a hibridek között. A két legmagasabb, de szignifikánsan azonos NDVI értékkel rendelkező csemegekukorica hibrid (GSS 8529 és Overland) 2–2, a szignifikánsan kisebb NDVI értéket mutató GSS 1477 hibrid 1 pontot kapott. A SPAD mérések alapján a legnagyobb SPAD értékű hibrid (Overland) 3 pontot, a szignifikánsan alacsonyabb SPAD értéket mutató csemegekukorica hibrid (GSS 1477) 2 pontot, míg a szignifikánsan legkisebb eredménnyel jellemezhető GSS 8529 hibrid 1 pontot kapott. A részpontokat összegezve a legmagasabb összpontszám (\bar{O}_{NK}) az Overland hibridet jellemezte, míg a GSS 8529 és a GSS 1477 ennél alacsonyabb pontszámot adott. A növényi kondíciót jellemző összpontszámok alapján megállapítottuk, hogy 2010-ben az Overland rendelkezett a legjobb növényi kondícióval, míg a GSS 1477 és a GSS 8529 az Overland hibridnél gyengébb és közel azonos növényi kondíciót mutatott (2 táblázat).

2. táblázat

A növényi kondíció pontozása a csemegekukorica hibridek közötti szignifikáns eltérések alapján

Hibrid(1)	LAI(2)	NDVI(3)	SPAD(4)	\bar{O}_{NK} (5)
GSS 8529	1	2	1	4
GSS 1477	1	1	2	4
Overland	1	2	3	6

LAI = Levélterület index, NDVI = Vegetációs index, SPAD = SPAD érték, \bar{O}_{NK} = a növényi kondícióra adott összpontszám

Table 2: Scoring of crop conditions based on the significant differences between sweet maize hybrids

Hybrid(1), Leaf area index(2), Normalized difference vegetation index(3), Soil plant analysis development data(4), Crop condition score(5)

A termőképességét kifejező paraméterek hibridek közötti eltérése minden esetben szignifikáns volt, viszont a csemegekukorica hibridek közötti eltérések paraméterenként változtak. A csőhosszban, a csőátmérőben, a szemsorok számában, a nettó/csőtömegben valamint a nettó/bruttó csőtömeg arányban jelentkező hibridek közötti különbségek $p < 0,1$ szinten bizonyultak szignifikánsnak, míg a bruttó csőtömegben $p < 1,0$ szinten, a t/ha-ban kifejezett termésben pedig $p < 5,0$ szinten jelentkeztek statisztikai értelemben vett különbségek. A csőátmérő, a bruttó csőtömeg, nettó csőtömeg és a termés nagyság (t/ha) esetében a GSS 8529 és a GSS 1477 szignifikánsan azonos eredményeket adtak, szemben az Overland hibriddel, ahol ezek az értékek statisztikailag igazolhatóan a legnagyobbak voltak. A csőhossz és a nettó/bruttó csőtömeg az Overland és a GSS 1477 esetében szignifikánsan azonos, a GSS 8529 hibrid statisztikailag igazolható mértékben alacsonyabb értékeket adott, mint az előbb említett két hibrid. A szemsorok száma a GSS 1477 hibridben adta a legkisebb értéket, amit az Overlandban és a GSS 8529 hibridben mért értékek szignifikánsan meghaladtak. Az Overland és a GSS 8529 kukoricacsöveket jellemző szemsorszám szignifikánsan azonosnak bizonyult (3. táblázat).

3. táblázat

A termőképességet jellemző paraméterekben jelentkező hibridek közötti különbségek

Hibrid(1)	Csőhossz (cm)(2)	Csőátmérő (mm)(3)	Szemsorok száma (db)(4)	Bruttó csőtömeg (g)(5)	Nettó csőtömeg (g)(6)	Nettó/Bruttó csőtömeg(7)	Termés (t/ha)(8)
GSS 8529	20,1 ± 1,4 b	47 ± 4 b	18 ± 2 a	361 ± 80 b	257 ± 60 b	0,71 ± 0,05 b	15,3 ± 2,9 b
GSS 1477	20,8 ± 1,9 a	47 ± 2 b	16 ± 2 b	356 ± 66 b	265 ± 47 b	0,75 ± 0,05 a	15,9 ± 1,9 b
Overland	21,3 ± 1,4 a	51 ± 4 a	19 ± 2 a	396 ± 61 a	300 ± 52 a	0,76 ± 0,06 a	17,9 ± 1,8 a
F érték(9)	7,7 ***	22,5 ***	37,8 ***	5,9 **	11,0 ***	12,6 ***	4,5 *

*** $p < 0,1$, ** $p < 1,0$, * $p < 5,0$

Table 3: Differences between hybrids in fertility parameters

Hybrid(1), Ear length (cm)(2), Ear diameter (mm)(3), Kernel row number(4), Gross ear weight (Unhusked ear weight)(g)(5), Net ear weight (Husked ear weight)(g)(6), Net ear weight per gross ear weight(7), Yield(t ha⁻¹)(8), F value(9)

A termőképességet a vizsgált paraméterekben jelentkező szignifikáns különbségek szerint pontoztuk. A legkisebb szignifikáns eredményt adó hibrid 1 pontot, a szignifikánsan nagyobb eredményt mutató csemegekukorica hibrid 2 pontot, a legnagyobb szignifikáns eredménnyel rendelkező hibrid pedig 3 pontot kapott. Szignifikánsan azonos eredmények esetén azonos pontszámot adtunk. A termőképességet jellemző paraméterekre adott pontszámok összegzése után megállapítottuk, hogy a legjobb termőképességet ($\bar{O}_t = 14$) a

legjobb növényi kondíciót mutató ($\bar{O}_{NK}=6$) Overland érte el. Az azonos növényi kondícióval rendelkező ($\bar{O}_{NK}=4$) GSS 1477 és GSS 8529 közel hasonló termőképesség jellemezte ($\bar{O}_t = 8-9$) (4 táblázat).

A termőképesség pontozása a csemegekukorica hibridek közötti szignifikáns eltérések alapján

4. táblázat

Hibrid(1)	Csőhossz (cm)(2)	Csőátmérő (mm)(3)	Szemsorok száma (db)(4)	Bruttó csőtömeg (g)(5)	Nettó csőtömeg (g)(6)	Nettó/Bruttó csőtömeg(7)	Termés (t/ha)(8)	$\bar{O}_t(9)$
GSS 8529	1	1	2	1	1	1	1	8
GSS 1477	2	1	1	1	1	2	1	9
Overland	2	2	2	2	2	2	2	14

\bar{O}_t = a termőképességet jellemző összpontszám

Table 4: Scoring of fertility based on the significant differences between sweet maize hybrids

Hybrid(1), Ear length (cm)(2), Ear diameter (mm)(3), Kernel row number(4), Gross ear weight (Unhusked ear weight)(g)(5), Net ear weight (Husked ear weight)(g)(6), Net ear weight per gross ear weight(7), Yield(t ha⁻¹)(8), Total score characterising fertility(9)

A GSS 8529 hibrid termőképességét jellemző paraméterek $p < 0,1$ és $p < 1,0$ szinten szignifikánsan alacsonyabbak voltak, mint az optimális csapadékellátottságú években várható értékek. A GSS 1477 csemegekukorica hibrid esetében két paraméter (csőhossz, nettó/bruttó csőtömeg), míg az Overland hibrid esetében három paraméter (csőhossz, nettó/bruttó csőtömeg, szemsorok száma) nem tért el statisztikailag igazolható mértékben az optimális csapadékellátottságú években realizálható eredményektől. A legjelentősebb eltéréseket (10,1–29,8%) a GSS 8529 hibridben, a legkisebb eltéréseket (0,0–10,1%) az Overland csemegekukorica hibridben mértük. A GSS 1477 hibridben tapasztalt eltérések (0,0–14,1%) magasabbak voltak mint az Overlandban és alacsonyabbak voltak mint a GSS 8529 csemegekukorica hibridben. A 2010-ben mért értékek eltérése az optimális csapadékellátottság mellett realizálható eredményektől a t/ha-ban kifejezett termés (10,1–29,8%), a nettó csőtömeg (9,4–29,4%) és a bruttó csőtömeg (10,0–21,5%) esetében volt a legjelentősebb (5. táblázat). Az eredmények alapján feltételeztük, hogy az extrém csapadékbőséget az Overland tolerálja a legjobban, a GSS 1477 kevésbé és a GSS 8529 a legkevésbé.

5. táblázat

A termőképességet kifejező paraméterek eltérése az optimális csapadékellátottságú években realizálható eredményektől

	Hibrid(1)								
	GSS 8529			GSS 1477			Overland		
	Statisztikai mutatók(2)			Statisztikai mutatók(2)			Statisztikai mutatók(2)		
	OÉ(3)	MD(4)	t(5)	OÉ(3)	MD(4)	t(5)	OÉ(3)	MD(4)	t(5)
Csőhossz (cm)(6)	22,5	-2,4	-7,9***	20,8	0,0	0,0 ⁿ	21,1	0,2	0,6 ⁿ
Csőátmérő (cm)(7)	56	-9	-10,8***	53	-6	-14,9***	53	-2	-3,9**
Szemsorok száma (db)(8)	21	-3	-9,6***	18	-2	-5,9***	19,0	0,0	-1,1 ⁿ
Bruttó csőtömeg (g)(9)	460	-99	-5,2***	404	-48	-3,2**	440	-44	-4,2**
Nettó csőtömeg (g)(10)	364	-107	-13,8***	308	-43	-4,8***	331	-31	-3,6**
Nettó/Bruttó csőtömeg(11)	0,79	-0,08	-10,3***	0,76	-0,01	-1,3 ⁿ	0,75	0,01	0,5 ⁿ
Termés (t/ha)(12)	21,8	-6,5	-7,7***	18,5	-2,6	-4,9***	19,9	-2,0	-3,7**

ⁿ = nincs szignifikáns különbség, *** $p < 0,1$, ** $p < 1,0$, OÉ = Optimális csapadékellátottságú években várható érték, MD = a 2010-ben mért értékek átlagos eltérése az optimális csapadékellátottságú években várható értékektől, t = t-próbastatisztika

Táblázat 5: Deviation of fertility parameters from the results that can be realised in years with optimal precipitation supply

Hybrid(1), Statistical indexes(2), Expected results in years with optimal precipitation supply(3), Average deviation of 2010 values from the expected results in years with optimal precipitation supply(4), t test value(5), Ear length (cm)(6), Ear diameter (mm)(7), Kernel row number(8), Gross ear weight (Unhusked ear weight)(g)(9), Net ear weight (Husked ear weight)(g)(10), Net ear weight per gross ear weight(11), Yield(t/ha)(12); ⁿ: no significant difference

Azon hipotézisünk igazolására, miszerint a vizsgált csemegekukorica hibridek eltérő mértékben tolerálják a csapadékbőséget, mind a három hibridben ismétlésenként átlagoltuk a termőképességet kifejező paraméterek mérési eredményeit, majd százalékos értékben meghatároztuk az ismétlések átlagának eltérését az optimális körülmények között realizálható értékektől.

Az eltéréseket (E) egytényezős variancia-analízissel (ANOVA – Duncan teszt) értékelve megállapítottuk, hogy a hibridek közötti különbségek a bruttó csőtömegben ($E_{cs\bar{t}}$) $p < 5,0$ szinten, míg a többi paraméter esetében $p < 0,1$ szinten szignifikánsak voltak. Az optimális és túlzott vízellátás következtében a termés paraméterek közötti eltérés a csőhossz ($E_{cs\bar{h}}$), a bruttó csőtömeg ($E_{bc\bar{s}t}$), a nettó csőtömeg ($E_{nc\bar{s}t}$) vonatkozásában, a nettó és bruttó csőtömeg arányában (E_{nb}) és a t/ha-ban kifejezett termésben az Overland és a GSS 1477 csemegekukorica hibridek között statisztikailag igazolható különbség nem volt. Ezek az értékek a GSS 8529 hibridben szignifikánsan ($p < 5,0$ és $p < 0,1$) a legmagasabbak voltak (6. táblázat).

6. táblázat

Az optimális csapadékkellátottságú években realizálható eredményektől vett eltérésekben (E%) jelentkező csemegekukorica hibridek közötti különbségek

Hibrid(1)	$E_{cs\bar{h}}$ (2)	$E_{cs\bar{d}}$ (3)	E_{sz} (4)	$E_{bc\bar{s}t}$ (5)	$E_{nc\bar{s}t}$ (6)	E_{nb} (7)	E_t (8)
GSS 8529	10,8 a	15,3 a	12,8 a	21,9 a	29,8 a	10,4 a	29,7 a
GSS 1477	0,0 b	11,6 b	9,8 a	11,9 b	14,0 b	1,8 b	14,1 b
Overland	0,7 b	4,7 c	1,2 b	10,2 b	9,6 b	0,7 b	9,8 b
F érték(9)	21,5***	21,6***	19,5***	3,2*	11,3***	20,9***	10,9***

*** $p < 0,1$, * $p < 5,0$, $E = (M - O\bar{E}) / (O\bar{E} / 100)$, ahol M = a 2010-ben mért érték és $O\bar{E}$ = az optimális csapadékkellátottságú években várható érték, $E_{cs\bar{h}}$ = a csőhossz eltérése(%), $E_{cs\bar{d}}$ = a csőátmérő eltérése(%), E_{sz} = a szemsorok számában jelentkező eltérés(%), $E_{bc\bar{s}t}$ = a bruttó csőtömeg eltérése(%), $E_{nc\bar{s}t}$ = a nettó csőtömeg eltérése(%), E_{nb} = a nettó és bruttó csőtömeg arányában jelentkező eltérés(%), E_t = a t/ha-ban kifejezett termésben jelentkező eltérés

Table 6: Differences between sweet maize hybrids in the deviations of results that can be realised in years with optimal precipitation supply (E%)

Hybrid(1), Deviation in ear length(%) (cm)(2), Deviation in ear diameter(%) (3), Deviations in the kernel row number(%) (4), Deviations in the gross ear weight (Unhusked ear weight)(%) (5), Deviations in the net ear weight (Husked ear weight)(%) (6), Deviations in the ratio of net ear weight per gross ear weight(%) (7), Deviations in yield($t\ ha^{-1}$) (8), F value(9)

A csőátmérőben jelentkező eltérés ($E_{cs\bar{d}}$) mindhárom csemegekukorica hibridben szignifikánsan ($p < 0,1$) különbözött. A legnagyobb szignifikáns eltérés a GSS 8529 hibridben, míg a legkisebb szignifikáns eltérés az Overlandban jelentkezett (6. táblázat).

A szemszámában jelentkező eltérés (E_{sz}) az Overlandban bizonyult a legkisebbnek. A GSS 1477 és a GSS 8529 szemszámában jelentkező eltérése (E_{sz}) szignifikánsan magasabb volt, mint az Overlandban mért érték, viszont a GSS 1477 és a GSS 8529 között statisztikailag igazolható különbség nem adódott (6. táblázat).

A csemegekukorica hibridek csapadékbőséget toleráló képességét az optimális csapadékkellátottságú években realizálható eredményektől való eltérésekben (E) jelentkező szignifikáns különbségek alapján értékeltük. A legnagyobb szignifikáns eltérést (E) mutató hibrid 3 pontot, az alacsonyabb szignifikáns eltérést (E) adó hibrid 2 pontot, a legkisebb szignifikáns eltérést (E) eredményező hibrid 1 pontot kapott. Azonos szignifikáns eredmények esetén azonos pontszámot adtunk. A részpontszámokat összegezve megállapítottuk, hogy a csapadékbőséget az Overland tolerálja a legjobban ($\bar{O}_{10}=7$), a GSS 1477 kevésbé ($\bar{O}_{10}=9$) és a GSS 8529 a legkevésbé ($\bar{O}_{10}=15$) (7. táblázat).

7. táblázat

A csapadékbőséget toleráló képesség pontozása a csemegekukorica hibridek közötti szignifikáns eltérések alapján

Hibrid(1)	Csőhossz (cm)(2)	Csőátmérő (mm)(3)	Szemsorok száma (db)(4)	Bruttó csőtömeg (g)(5)	Nettó csőtömeg (g)(6)	Nettó/Bruttó csőtömeg(7)	Termés (t/ha)(8)	\bar{O}_{10}
GSS 8529	2	3	2	2	2	2	2	15
GSS 1477	1	2	2	1	1	1	1	9
Overland	1	1	1	1	1	1	1	7

\bar{O}_{10} =a csapadékbőséget toleráló képességre adott összpontszám

Table 7: Scoring of the tolerability of excessive rainfall on the basis of the significant differences between sweet maize hybrids
Hybrid(1), Ear length (cm)(2), Ear diameter (mm)(3), Kernel row number(4), Gross ear weight (Unhusked ear weight)(g)(5), Net ear weight (Husked ear weight)(g)(6), Net ear weight per gross ear weight(7), Yield($t\ ha^{-1}$)(8), Total score given to the tolerability to excessive rainfall(9)

KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálati eredmények alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált csemegekukorica hibridek növényi kondíciója, termőképessége, valamint csapadékbőséget toleráló képessége eltérő. A jobb növényi kondícióval rendelkező Overland jobb termőképességet mutatott, mint a gyengébb növényi kondíciójú GSS 1477 és GSS 8529, valamint az azonos növényi kondíciójú GSS 1477 és GSS 8529 termőképessége közel hasonlóan alakult.

A csapadékbőséget a legjobb növényi kondícióval és termőképességgel jellemezhető Overland tolerálta a legjobban, míg a gyengébb növényi kondíciójú és termőképességű GSS 1477 és GSS 8529 esetében gyengébb tolerancia igazolódott.

A hibridek és fajták toleráló képességének ismerete gazdasági jelentőségű, ugyanis az optimális körülményektől való eltérés termésdepressziót eredményez, ezért szükségszerű a különböző környezeti, technológiai és biológiai stressztényezőkkel szemben ellenálló fajták és hibridek vetésszerkezetbe történő beillesztése. A rezisztencia és tolerancia vizsgálatok elsősorban a kórokozókkal, kártevőkkel, szárazsággal és a hőmérsékleti anomáliákkal szembeni ellenállóképességre terjed ki. A kultúrnövények igényeit maghaladó csapadékelátottság a szárazsághoz hasonlóan termésdepressziót eredményez, ezért a vetésszerkezet kialakítása során fontos szempont a csapadékbőséget toleráló képesség ismerete is.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését a Nemzeti Technológiai Program (NKTH 00 210/2008), FP-REGPOT-2010-1 UD_AGR_REPO és a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

- Andrew, R. H.–Weis, G. G. (1974): Variation in effectiveness of supplemental irrigation on sweet corn yield components. *Agronomy Journal*. 66. 3: 345–350.
- Ángyán J. (1985): Nagyüzemi árukukorica-termesztés – A kukoricatermesztés területi elhelyezése. [In: Menyhért Z. (szerk.) A kukoricatermesztés kézikönyve.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 199–228.
- Ángyán J.–Gyulai F.–Menyhért Z.–Varga A. (2004): Vetésszerkezet, növényfaj- és fajtaszerkezet. [In: Ángyán J.–Menyhért Z. (szerk.) Alkalmazkodó növénytermesztés, környezet- és tájgazdálkodás.] Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 156–171.
- Ballerstein, J.–Reiner, S. (2008): N.Y.S. 2008 Processing sweet corn variety replicated and observation (su and supersweet types) trial summary. New York State Agricultural Experiment Station – Cornell University. Geneva, New York, United States of America.
- Cartelat, A.–Cerovic, Z. G.–Goulas, Y.–Meyer, S.–Lelarge, C.–Prioul, J.-L.–Barbottin, A.–Jeuffroy, M.-H.–Gate, P.–Agati, G.–Moya, I. (2005): Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*. 91. 1: 35–49.
- Chapman, S. C.–Barreto, H. J. (1997): Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agronomy Journal*. 89. 2: 557–562.
- Cui, D.–Li, M.–Zhang, Q. (2009): Development of an optical sensor for crop leaf chlorophyll content detection. *Computers and Electronics in Agriculture*. 69. 2: 171–176.
- Daniel, L. (1978): A csemege- és pattogatni való kukorica termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Feibo, W.–Lianghuan, W.–Fuhua, X. (1998): Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crops Research*. 56. 3: 309–314.
- Hodossi S. (2004): Csemegekukorica. [In: Hodossi S. et al. (szerk.) Zöldségtermesztés szabadföldön.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 340–348.
- Huzsvai, L.–Ványiné Széles, A. (2009): Water stress. In which cases does irrigation reduce the yield of maize? *Cereal Res. Commun.* 37: 45–48.
- KSH – Központi Statisztikai Hivatal (1998–2005): Mezőgazdasági statisztikai évkönyv. Budapest.
- KSH – Központi Statisztikai Hivatal (2006–2008): Magyar statisztikai évkönyv. Budapest.
- Lemaire, G.–Jeuffroy, M.-H.–Gastal, F. (2008): Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practices for crop N management. *European Journal of Agronomy*. 28. 4: 614–624.
- Maynard, N. D.–Hochmuth, G. J. (2007): Knott's handbook for vegetable growers. (5th edition). John Wiley & Sons, Inc. Hoboken. United States of America.
- Mánd, P.–Hallik, L.–Peñuelas, J.–Nilson, T.–Duce, P.–Emmett, B. A.–Beier, C.–Estiarte, M.–Garadnai, J.–Kalapos, T.–Schmidt, I. K.–Kovács-Láng, E.–Prieto, P.–Tietema, A.–Westerveld, J. W.–Kull, O. (2010): Responses of the reflectance indices PRI and NDVI to experimental warming and drought in European shrublands along a north–south climatic gradient. *Remote Sensing of Environment*. 114. 3: 626–636.
- MgSZH (2005): Zöldségnövények leíró hibridjegyzéke – Csemegekukorica. Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal. Budapest.
- Minolta Camera Co. Ltd. (1989): Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction Manual. Radiometric Instruments Divisions. Osaka. Minolta. 22.
- Montemurro, F.–Maiorana, M.–Ferri, D.–Convertini, G. (2006): Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and sources of N fertilization. *Field Crops Research*. 99. 2–3: 114–124.
- Nagy, J. (2008): Maize production. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Nagy, J. (2010): Impact of fertilization and irrigation on the correlation between the soil plant analysis development value and yield of maize. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 41. 11: 1293–1305.
- NTech Industries Inc. (2007): Operating Manual of GreenSeeker Model 505. Ukiah. California. United States of America.
- Oktem, A.–Simsek, M.–Oktem, A. O. (2003): Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region I. Water-yield relationship. *Agricultural Water Management*. 61. 1: 63–74.

- Rosenzweig, C.–Tubiello, F. N.–Goldberg, R.–Mills, E.–Bloomfield, J. (2002): Increased crop damage in the US from excess precipitation under climate change. *Global Environmental Change*. 12. 3: 197–202.
- Teal, R. K.–Tubana, B.–Girma, K.–Freeman, K. W.–Arnall, D. B.–Walsh, O.–Raun, W. R. (2006): In-Season Prediction of Corn Grain Yield Potential Using Normalized Difference Vegetation Index. *Agronomy Journal*. 98. 6: 1488–1494.
- Uhart, S. A.–Andrade, F. H. (1995): Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. *Crop Science*. 35. 5: 1376–1383.
- Valkó B. (2010): Lemaradások a zöldségágazatban. *Agrárium*. 20. 2–3: 12–13.
- Viswanatha, G. B.–Ramachandrappa, B. K.–Nanjappa, H. V. (2002): Soil-plant water status and yield of sweet corn (*Zea mays* L. cv. saccharata) as influenced by drip irrigation and planting methods. *Agricultural Water Management*. 55. 2: 85–91.
- Vittum, M. T.–Peck, N. H.–Carruth, A. F. (1961): Responses of sweet corn to irrigation, fertility level and spacing. New York State Agricultural Experiment Station Genöva. New York. *Bulletin. United States of America*. 736: 3–45.
- Welles, J. M.–Norman, J. M. (1991): Instrument for indirect measurement of canopy architecture. *Agronomy Journal*. 83. 5: 818–825.
- Zaidi, P. H.–Rafique, S.–Singh, N. N. (2003): Response of maize (*Zea mays* L.) genotypes to excess soil moisture stress: morpho-physiological effects and basis of tolerance. *European Journal of Agronomy*. 19. 3: 383–399.
- Zaidi, P. H.–Rafique, S.–Rai, P. K.–Singh, N. N.–Srinivasan, G. (2004): Tolerance to excess moisture in maize (*Zea mays* L.): susceptible crop stages and identification of tolerant genotypes. *Field Crops Research*. 90. 2–3: 189–202.
- Zaidi, P. H.–Selvan, P. M.–Sultana, R.–Srivastava, A.–Singh, A. K.–Srinivasan, G.–Singh, R. P.–Singh, P. P. (2007): Association between line per se and hybrid performance under excessive soil moisture stress in tropical maize (*Zea mays* L.). *Field Crops Research*. 101. 1: 117–126.
- Zsombik L.–Daróczy M. (2008): A csemegekukorica termesztésének helyzete és aktualitásai. *Agrárágazat*. 9. 2: 24–26.