

Tenyészterület vizsgálatok eltérő genotípusú kukorica (*Zea mays* L.) hibrideknél

PEPÓ PÉTER – MURÁNYI ESZTER

Debreceni Egyetem, MÉK Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Eltérő genotípusú és tenyészidejű kukorica hibridek (Sarolta, P 9175, SY Afinity) vizsgálatát végeztük el különböző sortávolság (45 cm, 76 cm) és tőszám (50, 70, 90 ezer ha⁻¹) alkalmazása mellett, két eltérő évjáratban (2013., 2014. évek) mészelepedékes csernozjom talajon a Hajdúságban. Vizsgálati eredményeink azt bizonyították, hogy a korszerű kukorica hibridek kedvezően reagáltak a tőszámsűrítésre. A kedvező vízellátottságú 2013. évben a 45 cm sortávnál a 90 ezer ha⁻¹, a kedvezőtlenebb 2014. évben a 76 cm sortávnál ugyancsak a 90 ezer ha⁻¹ állománysűrűség bizonyult optimálisnak (a termésmaximumok 12 875-17 595 kg ha⁻¹, ill. 12 149-15 334 kg ha⁻¹ között változtak hibridtől függően). A LAI_{max} 2013-ben 4,1-4,7 mm⁻², 2014-ben 4,4-4,5 mm⁻² között, a SPAD_{max} pedig 55,7-60,9, ill. 62,0-64,3 között változott az optimális sortáv és tőszám kezeléseknél. A tőszám növelése mindkét évben növelte a LAI értékeket. A SPAD értékek 2013-ban csökkentek, 2014-ben nem változtak a tőszám növelésére. Az évjárat és a tenyészterület, állománysűrűség jellemzésére kiválóan lehetett használni az általunk kidolgozott fotoszintetikus kapacitás mutatót (Ph.C. = P-index). A Pearson-féle korrelációs analízissel a kukorica hibridek termése és a P-index között szoros (0,829**-0,866**), a termés és a LAI_{max} között közepes erősségű (0,440**-0,579**) kapcsolatot lehetett kimutatni. Vizsgálataink szerint a termés és a SPAD_{max} értékek között nem volt kapcsolat (-0,252 – +0,094).

Kulcsszavak: kukorica, sortáv, tőszám, termés, LAI, SPAD, P-index

Growing area amination of maize (*Zea mays* L.) hybrids of different genotype

P. PEPÓ – E. MURÁNYI

University of Debrecen, Centre for Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Crop Sciences, Debrecen

Summary

The examination of maize hybrids of different genotype and ripening date (Sarolta, P 9175, SY Afinity) was performed in the case of different row spacing (45 cm, 76 cm) and crop density (50, 70 and 90 plants per hectare) in the two different crop years (2013, 2014) on calcareous chernozem soil in the Hajdúság region of Hungary. The obtained examination results show that the modern maize hybrids responded favourably to increasing crop density. In 2013, when water supply was favourable, the optimal crop density was shown to be 90 thousand plants per hectare in the case of 45 cm row spacing, while in the less favourable year

of 2014, it was again 90 thousand plants per hectare which was optimal at 76 cm row spacing (maximum yield were 12 875-17 595 kg ha⁻¹ and 12 149-15 334 kg ha⁻¹ for each hybrid, respectively). LAI_{max} was between 4.1-4.7 m² m⁻² in 2013 and 4.4-4.5 m² m⁻² in 2014. SPAD_{max} was between 55.7-60.9 and 61.6-64.3 in the optimal row spacing and crop density treatments, respectively. Increasing crop density increased LAI in both years. SPAD readings decreased in 2013, while they did not change as a result of increasing crop density in 2014. The photosynthetic capacity index (Ph. C. = P index) developed by the authors of this paper could be perfectly used to characterise the impact of crop year and growing area, as well as crop density. Pearson's correlation analysis was used to demonstrate a close correlation between the yield of maize hybrids and the P index (0.829**-0.866**) and a moderate correlation between yield and LAI_{max} (0.440**-0.579**). According to the performed examinations, there was no correlation between yield and SPAD_{max} readings (-0.252-+0.094).

Key words: maize, row spacing, crop density, yield, LAI, SPAD, P index

Bevezetés

Napjainkban a kukorica vetésterülete, termésátlaga és a megtermelt össz mennyisége növekszik a legdinamikusabban a világon a nagy területen termesztett növények közül a jelentősen növekvő kereslet miatt. Hazánkban a legnagyobb területen termesztett növényünk a kukorica (1,2-1,3 millió ha vetésterület). Míg az 1970-1980-as években a kukorica hazai termésátlaga világviszonylatban az első öt ország között szerepelt, addig napjainkban – az egy millió hektár feletti országok között – csak a 7-14. helyezés között változik a termésátlagunk évjáráttól függően. A hazai kukoricatermesztésben a világ legjobb genotípusait használjuk, ugyanakkor az agrotechnikai elemeknél jelentős a lemaradásunk. Ehhez hozzájárulnak a klímaváltozás miatti szélsőséges klimatikus feltételek is. A kukorica agrotechnikájában számos elem meghatározó jelentőségű a termés mennyiségére. Ezek közé tartozik a tenyészterület és az állománysűrűség. Számos hazai és külföldi kutató bizonyította, hogy az állománysűrűség növelése – bizonyos határok között – növeli a kukorica termésmennyiségét. *Sárvári et al. (2001, 2002), Berzsenyi és Lap (2005), Sárvári (2005), és Pepó (2009)* kutatásaik alapján megállapították, hogy a kukorica tőszámának növelése növelte a termést. A termésmenyekeedés mértéke jelentősen függött az évjáráttól, a tápanyagellátástól, a vízellátástól, valamint a hibridtől. A tőszám mellett fontos a kukorica tenyészterülete is. A külföldi szakirodalomban több eredményt találtunk arra vonatkozóan, hogy a hagyományos kukorica sortávolság (70-76 cm) csökkentése hogyan befolyásolta a kukorica termését. A kísérleti eredmények jelentős részében a kutatók a sortávolság csökkentése (33-50 cm) esetében a

kukorica termésének eltérő mértékű növekedését tapasztalták (Lutz *et al.* 1971, Andrade *et al.* 2002, Shapiro és Wortmann 2006, Farinelli *et al.* 2012). Más kísérletekben a sortávolság csökkentése esetén a kukorica termésmennyisége nem változott (Giesbrecht 1969, Farnham 2001).

A kukorica termésmennyiségének változását a növényállományok fotoszintetikus kapacitása jelentős mértékben meghatározza (Berzsenyi 2000). A kukorica fotoszintetikus kapacitását részben a levélterület nagysága (LAI_{max}), annak dinamikája, ill. részben a levelek fotoszintetikus aktivitása (klorofill tartalom, annak változása) határozza meg. A kutatási eredmények azt bizonyították, hogy a kukorica állománysűrűségének a növelése növelte a kukorica asszimilációs területének (LAI) értékeit (Berzsenyi és Lap 2006, Amanullah *et al.* 2010, Liu *et al.* 2012, Sadeghi *et al.* 2012). A relatív klorofill tartalmat a szántóföldi kísérletekben a SPAD értékekkel jellemzik nemzetközileg elfogadott módon. A kísérleti eredmények azt bizonyították, hogy a kukorica tőszámának növelése általában csökkentőleg hatott a levelek SPAD értékeire (Jiang *et al.* 2010, Su *et al.* 2012), a hatás hibridspecifikus volt. Meng *et al.* (2013) vizsgálatai szerint a sortávolság növelése csökkentette a kukorica csőlevelének a SPAD értékeit. Komplex kísérletekben vizsgálva Li *et al.* (2011), Wang *et al.* (2012) és Tang *et al.* (2013) megállapították, hogy az állománysűrűség növelése növelte a levélterület indexet (LAI), míg a klorofill tartalmat (SPAD) csökkentette.

A kísérletünkkel a célunk az volt, hogy tanulmányozzuk eltérő genotípusú kukorica hibridek tőszámreakcióját, az eltérő tenyésztésterületek hatását a kukorica asszimilációs kapacitására (LAI, SPAD), termésmennyiségére eltérő évjáratokban csernozjom talajon.

Anyag és módszer

A szabatos, szántóföldi kisparcellás kísérleteket a Debreceni Egyetem ATK Látóképi Kísérleti Telepén állítottuk be véletlenblokk elrendezésben, négy ismétlésben. A kísérleti parcellák területe m^2 volt. A kísérletet mészlepedékes csernozjom talajon végeztük 2013. és 2014. években. A kísérletben két sortávolságot (45 és 76 cm), három tőszámot (50 ezer ha^{-1} , 70 ezer ha^{-1} , 90 ezer ha^{-1}) alkalmaztunk három eltérő genotípusú kukorica hibridnél, melyek a következők voltak: Sarolta (FAO 290), P 9175 (FAO 330) és SY Afinity (FAO 470).

A kísérletben egységes, korszerű agrotechnikát (talajművelés, tápanyagellátás, növényvédelem, betakarítás) alkalmaztunk.

A kísérletben a kukorica vegetációs periódusa során folyamatosan, szántóföldi körülmények között, roncsolásmentes (non-destructive) vizsgálatokkal határoztuk meg az asszimilációs területet (LAI) és a relatív klorofill tartalmat (SPAD). A levélterület (LAI) értékeket a

SunScan Canopy Analysis Systems (SS1) hordozható levélterületmérő segítségével, a levél relatív klorofill tartalmát pedig a Soil Plant Analysis Development (SPAD-502 Plus, Konica Minolta) klorofill mérőműszer használatával határoztuk meg. A táblázatokban a LAI és SPAD maximális értékeit közöljük az adott évjáratban (általában a virágzáskori fenofázisban). A betakarításkori terméseredményeket a betakarításkor mért szemnedvesség értékekkel 14%-ra standardizáltuk és ezeket közöljük a táblázatokban.

A kísérleti eredményeket az SPSS for Windows 13.0 és a Microsoft Office 2013 Excel program segítségével értékeltük variancia-analízissel és Pearson-féle korreláció számítással.

Eredmények

A kukorica tőszám és tenyészterület kísérleteinket kiváló talajadottságok mellett (mészlepedékes csernozjom) végeztük, két eltérő időjárású évjáratban. A kísérleti évek (tenyészidő előtti és vegetációsbeli) havi csapadékanak és hőmérsékletének, valamint a 30 éves átlagoknak az értékeit az *1. táblázat* tartalmazza. A két év időjárása alapvetően eltért egymástól. A 2013. vegetációs periódusban (október-március hónapokban) a lehullott csapadék mennyisége (332,7 mm) lényegesen meghaladta a 2014. tenyészév előtti periódus csapadék mennyiségét (167,1 mm). Ezt a közel kétszer több csapadékot a kiváló vízgazdálkodási paraméterekkel rendelkező csernozjom talaj a kísérleti térben megfelelően tudta raktározni és a későbbiekben a növekvő vízigényű kukorica állományok ezt a vizet tudták hasznosítani. A 2013. év vegetációs periódusát relatíve egyenletes vízellátottság (áprilisban 48,0 mm, májusban 68,7 mm, júniusban 30,8 mm) jellemezte, ezért a júliusi hónap átlaghoz (65,7 mm) képest kevesebb csapadék (15,6mm) nem befolyásolta kedvezőtlenül. A 2014. vegetációs periódusban a júliusi extrém száraz (7,9 mm, átlag 79,5mm) és meleg időjárása okozta, amely kedvezőtlenül befolyásolta a generatív szervek korai differenciálódását. Ezt a kedvezőtlen hatást a 2014. júliusában lehullott igen jelentős csapadék (128,0 mm) csak részben tudta kompenzálni. A két évjárat vízellátását jól jellemzik az egyes periódusokban lehullott csapadék mennyiségek:

2012. október – 2013. március	332,7 mm	}	
2013. április – szeptember	242,9 mm	}	575,6 mm
2013. október – 2014. március	167,1 mm	}	
2014. április – szeptember	385,4 mm	}	552,5 mm

1. táblázat. A csapadék (mm) és hőmérséklet (°C) havi értékei a kukorica vegetációs periódusa előtt és a tenyészidőszakban
(Debrecen, 2013-2014)

Év (1)	Okt. (5)	Nov. (6)	Dec. (7)	Jan. (8)	Febr. (9)	Márc. (10)	Ápr. (11)	Máj. (12)	Jún. (13)	Júl. (14)	Aug. (15)	Szept. (16)
Csapadék (mm) (2)												
2012/2013	22,4	16,6	65,8	38,7	52,9	136,3	48,0	68,7	30,8	15,6	32,2	47,6
2013/2014	39,1	51,5	0	39,2	26,0	11,3	39,6	69,4	7,9	128,0	44,8	95,7
30 éves átlag (4)	30,8	45,2	43,5	37,0	30,2	33,5	42,4	58,8	79,5	65,7	60,7	38,0
Hőmérséklet (°C) (3)												
2012/2013	11,1	7,2	-1,2	-1,0	2,3	2,9	12,0	16,6	19,6	21,2	21,5	14,0
2013/2014	11,8	7,6	0,5	2,0	7,8	8,9	12,3	15,4	19,0	21,2	19,8	16,7
30 éves átlag (4)	10,3	4,5	-0,2	-2,6	0,2	5,0	10,7	15,8	18,7	20,3	19,6	15,8

Table 1. Monthly precipitation (mm) and temperature (°C) values before the vegetation period of maize and during the growing season (Debrecen, 2013-2014). (1) Year, (2) Precipitation (mm), (3) Temperature (°C), (4) 30-year-average, (5) October, (6) November, (7) December, (8) January, (9) February, (10) March, (11) April, (12) May, (13) June, (14) July, (15) August, (16) September

Bár a vizsgált két évben a vegetáció előtt és a vegetációban lehullott összes csapadék mennyisége közel megegyezett, mégis a két évben a terméseredmények jelentősen eltértek egymástól (2-3. táblázat). Ez azt bizonyítja, hogy a kukorica vegetatív és generatív fejlődése szempontjából rendkívül fontos a csapadék mennyiségén túl annak megoszlása is.

2. táblázat. A sortáv és tőszám hatása a kukorica hibridek termésére, LAI_{max} és SPAD_{max} értékeire
(Debrecen, 2013)

Sortáv (cm) (1)	Tőszám (ezer ha ⁻¹) (2)	Sarolta			P 9175			SY Afinity		
		Termés (kg ha ⁻¹) (3)	LAI _{max} (mm ⁻²) (4)	SPAD _{max} (5)	Termés (kg ha ⁻¹) (3)	LAI _{max} (mm ⁻²) (4)	SPAD _{max} (5)	Termés (kg ha ⁻¹) (3)	LAI _{max} (mm ⁻²) (4)	SPAD _{max} (5)
45	50	10 765	2,9	59,7	14 105	3,7	60,2	13 616	3,6	60,7
45	70	12 609	3,4	58,4	16 755	4,2	59,8	14 628	3,8	58,0
45	90	12 875	4,1	55,9	17 595	4,7	58,0	16 876	4,3	58,6
76	50	11 878	2,4	62,6	15 859	3,3	61,0	14 682	3,2	59,3
76	70	11 997	3,2	59,9	15 948	3,8	59,8	15 372	3,5	59,0
76	90	11 826	3,8	57,8	15 219	3,8	60,9	15 946	3,8	55,7
SzD _{5%} termés (6)		1043			1938			1579		
SzD _{5%} LAI (7)		0,5			0,7			0,6		
SzD _{5%} SPAD (8)		2,7			3,5			3,7		

Table 2. The effect of row spacing and crop density on the yield, LAI_{max} and SPAD_{max} values of maize hybrids (Debrecen, 2013). (1) Row spacing (cm), (2) Crop density (thousand plants per hectare), (3) Yield (kg ha⁻¹), (4) LAI_{max} (m² m⁻²), (5) SPAD_{max}, (6) LSD_{5%} yield, (7) LSD_{5%} LAI, (8) LSD_{5%} SPAD

3. táblázat. A sortáv és tőszám hatása a kukorica hibridek termésére, LAI_{max} és SPAD_{max} értékeire
(Debrecen, 2014)

Sortáv (cm) (1)	Tőszám (ezer ha ⁻¹) (2)	Sarolta			P 9175			SY Afinity		
		Termés kg ha ⁻¹ (3)	LAI _{max} mm ⁻² (4)	SPAD _{max} (5)	Termés kg ha ⁻¹ (3)	LAI _{max} mm ⁻² (4)	SPAD _{max} (5)	Termés kg ha ⁻¹ (3)	LAI _{max} mm ⁻² (4)	SPAD _{max} (5)
45	50	10 253	3,1	63,1	13 152	4,0	63,9	12 510	3,1	65,5
45	70	10 065	3,3	63,2	13 343	3,5	61,6	13 267	3,1	62,2
45	90	9 607	3,7	63,4	13 301	4,0	61,9	9 269	3,5	62,4
76	50	9 607	3,0	63,9	13 051	3,2	65,1	13 157	3,2	62,5
76	70	10 971	3,7	64,9	14 219	4,0	66,4	15 050	3,7	63,4
76	90	12 149	4,5	62,0	15 508	4,5	63,3	15 334	4,4	64,3
SzD _{5%} termés (6)		1278		807		2255				
SzD _{5%} LAI (7)		0,5		0,7		3,3		0,4		
SzD _{5%} SPAD (8)				3,5				3,8		

Table 3. The effect of row spacing and crop density on the yield, LAI_{max} and SPAD_{max} values of maize hybrids (Debrecen, 2014). (1) Row spacing (cm), (2) Crop density (thousand plants per hectare), (3) Yield (kg ha⁻¹), (4) LAI_{max} (m² m⁻²), (5) SPAD_{max}, (6) LSD_{5%} yield, (7) LSD_{5%} LAI, (8) LSD_{5%} SPAD

A kukorica terméseredményei eltérően alakultak a két kísérleti évben. A vizsgált hibridek termése 2013. évben 10 765-17 595 kg ha⁻¹, 2014. évben pedig 9269-15 508 kg ha⁻¹ között változtak, azaz a két évjárat között közel 2 t ha⁻¹ terméskülönbség állapítható meg. A kedvező időjárású 2013. évben a vizsgált hibridek a speciális mikroklimatikus feltételekkel jellemezhető, szűkebb sortávolságú (45 cm) kezelésekben adták a nagyobb termést a 76 cm sortávolságú kezelésekkel összehasonlítva. A 45 cm sortávolságnál a hibridek a legnagyobb, 90 ezer ha⁻¹ tőszámnál érték el a maximális termésüket (Sarolta 12 875 kg ha⁻¹, P 9175 17 595 kg ha⁻¹, SY Afinity 16 876 kg ha⁻¹). A 2013. évben a vizsgált hibridek a 76 cm sortávolságnál nem csak kisebb termést adtak a 45 cm sortáv terméseredményeihez képest, hanem a tőszám optimumuk is változott. A Sarolta (11 997 kg ha⁻¹) és a P 9175 (15 948 kg ha⁻¹) is a 70 ezer ha⁻¹, az SY Afinity (15 946 kg ha⁻¹) viszont a 90 ezer ha⁻¹ tőszámnál adta a legnagyobb termést a 76 cm sortávnál. A 2014. évben a speciális időjárási és mikroklimatikus feltételek miatt a terméseredmények mintegy 2000 kg ha⁻¹ voltak kisebbek a 2013. évihez képest, valamint a hibridek eltérő tenyészterület és tőszám reakciót mutattak. A 2014. évben a nagyobb terméseket a 76 cm sortávolságnál kaptuk a vizsgált kukorica genotípusoknál (12 149-15 508 kg ha⁻¹). A 76 cm sortávolságnál az állományok jobb légjárhatósága kedvezőbb mikroklimatikus feltételeket jelentett a rendkívül aszályos júniusi hónapban. A vizsgált genotípusok a 90 ezer ha⁻¹ tőszámnál adták a maximális termést 76 cm sortávnál. A 45 cm sortáv esetében a hibridek termése kb. 2 t ha⁻¹-ral volt kisebb, mint a 76 cm sortávnál

(termésmaximumok 10 253-13 343 kg ha⁻¹ között változtak). A 45 cm sortávnál 2014. évben optimálisnak a Saroltánál az 50 ezer ha⁻¹, a P 9175-nél és az SY Afinitynél a 70 ezer ha⁻¹ tőszám bizonyult.

Mindkét vegetációs periódusban meghatároztuk a kukorica hibridek levélterület és relatív klorofill tartalmának értékeit. A 2. és 3. táblázatokban a LAI_{max} és SPAD_{max} értékeket közöljük. Mindkét évben a nagyobb termésekhez nagyobb LAI_{max} értékek tartoztak. A 2013. évben a 45 cm sortávnál az optimális tőszámnál a LAI_{max} 4,1-4,7 mm⁻², a 76 cm sortávnál pedig 3,2-3,8 mm⁻² között változtak. Hasonló megállapítást tehetünk a 2014. évben is a LAI_{max} értékeknél (45 cm sortávnál 3,5-4,0 mm⁻², 76 cm sortávnál 4,4-4,5 mm⁻²). A SPAD_{max} értékek esetében a 2013. tenyészévben 3,7 értékpontra kisebbek voltak, mint 2014. évben (55,7-62,6, ill. 61,6-66,4). A 2013. évben mind a 45 cm, mind a 76 cm sortávolságnál az állománysűrűség növelése csökkentette a SPAD_{max} értékeket. A kedvezőtlenebb időjárású 2014. évben ezt a tendenciát nem tapasztaltuk.

A 2013. és 2014. évben kapott LAI_{max} értékek alig különböztek egymástól, a SPAD_{max} értékek pedig 2014. évben voltak kedvezőbbek. Ennek ellenére a terméseredmények 2014. évben mintegy 2000 kg ha⁻¹-ral voltak kisebbek. A két évjárat és a tőszám kezelésekre jellemzésére felhasználtuk az általunk kidolgozott fotoszintetikus kapacitás (Ph.C. = P-index) mutatót, amely számítását az alábbi képlettel végezhetjük el:

$$Ph.C. (P\ index) = \left(\frac{Termés}{LAI\ max} \times \frac{Termés}{SPAD\ max} \right) / 100$$

A kapott értékeket az 1. és 2. ábrák mutatják be. A P-index (Ph.C.) értékek azt bizonyították, hogy ezekkel az értékekkel jól jellemezhetők mind az évjáratok, mind a tőszám kezelésekre. A nagyobb termésű (10 765-17 595 kg ha⁻¹) 2013. évben a P-index értékek (649-1252) lényegesen meghaladták a kisebb termésű (9269-15 334 kg ha⁻¹) 2014. év P-index értékeit (401-974). Különbségeket lehetett megállapítani a különböző tenyészterületek (45 és 76 cm) és tőszám (50, 70, 90 ezer ha⁻¹) kezelésekre P-index értékei között is.

1. ábra. A sortáv és tőszám hatása a kukorica hibridek fotoszintetikus kapacitására
(Debrecen, 2013)

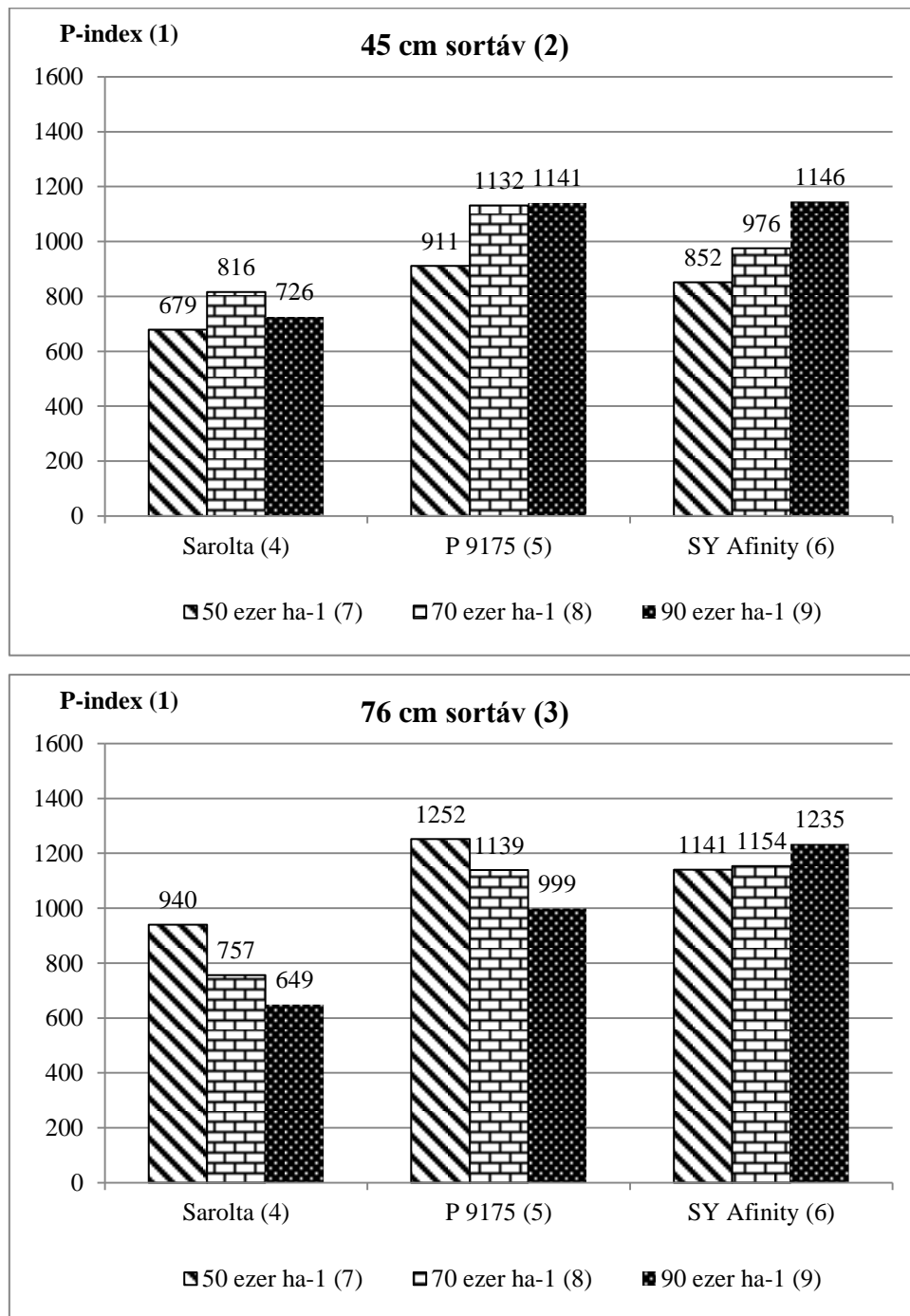


Figure 1. The effect of row spacing and crop density on the photosynthetic capacity of maize hybrids (Debrecen, 2013). (1) P-index, (2) 45 cm row spacing, (3) 76 cm row spacing, (4) 'Sarolta' hybrid, (5) 'P 9175' hybrid, (6) 'SY Affinity' hybrid, (7) 50 thousand plants ha⁻¹, (8) 70 thousand plants ha⁻¹, (9) 90 thousand plants ha⁻¹

2. ábra. A sortáv és tőszám hatása a kukorica hibridek fotoszintetikus kapacitására

(Debrecen, 2014)

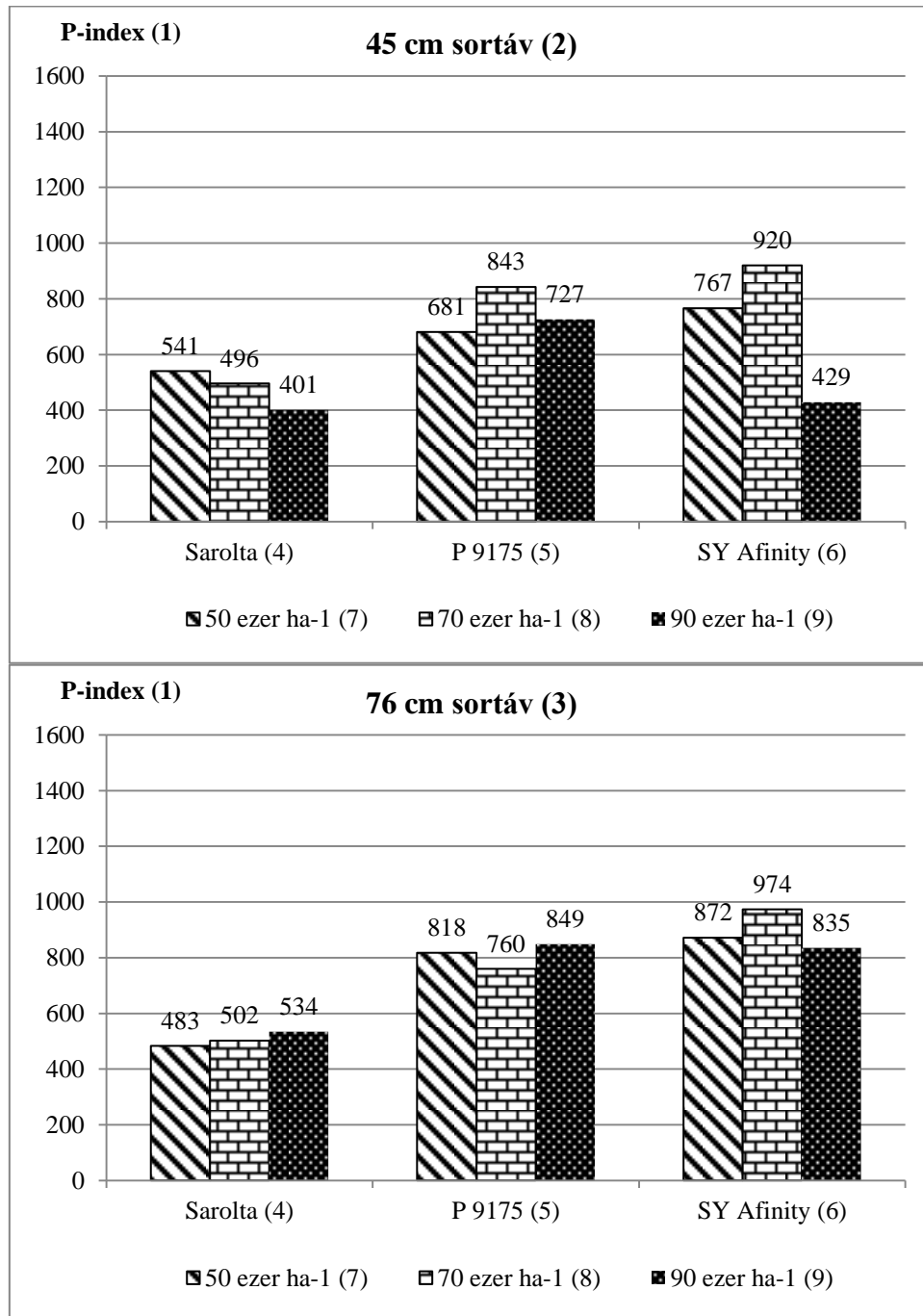


Figure 2. The effect of row spacing and crop density on the photosynthetic capacity of maize hybrids (Debrecen, 2014). (1) P-index, (2) 45 cm row spacing, (3) 76 cm row spacing, (4) 'Sarolta' hybrid, (5) 'P 9175' hybrid, (6) 'SY Affinity' hybrid, (7) 50 thousand plants ha⁻¹, (8) 70 thousand plants ha⁻¹, (9) 90 thousand plants ha⁻¹

Következtetések

Két eltérő évjáratban (2013. és 2014. évek) vizsgáltuk 3 különböző genotípusú és tenyészidejű kukorica hibrid (Sarolta, P 9175, SY Afinity) növényfiziológiai paramétereit (LAI, SPAD) és termésmennyiségét különböző tenyészterület (45 és 76 cm sortáv) és tőszám (50, 70, 90 ezer ha⁻¹) kezelésekben. Kísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy a kukorica kifejezetten érzékeny a vízellátásra, amely részben a tenyészidő előtti (október-március) és tenyészidőbeni (április-szeptember) hónapok csapadéktömegét, ill. annak megoszlását jelentette. A kedvezőbb vízellátású 2013. évben a vizsgált hibridek termésmaximuma 11 997-17 595 kg ha⁻¹, a kedvezőtlenebb 2014. évben pedig 10 253-15 334 kg ha⁻¹ között változott sortávtól és tőtávtól függően. 2013. évben a hibridek 45 cm sortávnál és 90 ezer ha⁻¹ állománysűrűségénél, 2014. évben pedig 76 cm sortávnál és 90 ezer ha⁻¹ tőszámnál adták a termésmaximumukat. Vizsgálataink szerint tehát a tőszám növelése mindkét évjáratban növelte az eltérő tenyészidejű kukorica hibridek termését *Sárvári et al.* (2001), *Berzsenyi és Lap* (2005), *Sárvári* (2005) eredményeihez hasonlóan. Kísérleteinkben – az évjárat eltérő jellege miatt – 2013-ban a 45 cm, 2014-ben pedig a 76 cm sortávnál kaptuk a legnagyobb terméseket. Ez a tenyészterület erőteljes környezeti függőségét bizonyította (elsősorban a vízellátottságtól való függést). Eredményeink tehát csak részben igazolták *Lutz et al.* (1971), *Andrade et al.* (2002), *Wortmann* (2006) és *Farinelli et al.* (2012) kutatási megállapításait, akik a sortávolság csökkentésével a kukorica terméseredményének növelését tapasztalták.

A LAI_{max} eredményeink azt bizonyították, hogy a tőszám növelésével mindkét sortávnál (45 cm és 76 cm) nőtt a levélterület nagysága, hasonlóan *Berzsenyi és Lap* (2006), *Liu et al.* (2012) kísérleteihez. Ugyanakkor a kedvezőbb vízellátottságú 2013. évben a 45 cm, a kedvezőtlenebb 2014. évben pedig a 76 cm sortávnál kaptuk a nagyobb LAI értékeket. A relatív klorofill tartalmat (SPAD) a tőszám növelése a kedvező 2013. évben csökkentette (*Jiang et al.* 2010, *Su et al.* 2012), de ezt a kedvezőtlen vízellátású 2014. évben nem tudtuk igazolni.

Az évjárat és tőszám kezelések jellemzésére a fotoszintetikus kapacitás mutatót (Ph.C. = P-index) dolgoztuk ki. Pearson-féle korreláció analízis azt bizonyította (4. táblázat), hogy a legszorosabb összefüggést a P-index és a kukorica termése között lehetett kimutatni (0,829** - 0,866**). Közepes erősségű (0,440** - 0,579**) összefüggés volt vizsgálataink szerint a LAI_{max} és termés között, míg nem találtunk kapcsolatot a SPAD_{max} és termés között (-0,252 – +0,094).

4. táblázat. Az asszimilációs terület (LAI), a relatív klorofill tartalom (SPAD) és a kukorica termése közötti összefüggés vizsgálat Pearson-féle korrelációanalízissel

(Debrecen, 2013-2014)

	2013	2014	2013. és 2014. évek átlaga (1)
Termés (2)	1	1	1
LAI _{max} (3)	0,579 ^(**)	0,440 ^(**)	0,470 ^(**)
SPAD _{max} (4)	-0,055	0,094	-0,252 ^(**)
Ph.C. (P-index) (5)	0,829 ^(**)	0,859 ^(**)	0,866 ^(**)

Megjegyzés: (**) A korreláció szignifikáns SzD_{1%}-os szinten

Table 4. Examining the correlation between the assimilation area (LAI), the relative chlorophyll content (SPAD) and maize yield using Pearson's correlation analysis (Debrecen, 2013-2014). (1) Average of 2013 and 2014, (2) Yield, (3) LAI_{max}, (4) SPAD_{max}, (5) Ph. C. (P index)

Irodalomjegyzék

1. Amanullah-Asif, M.-Nawab, K.-Shah, Z.-Hassan, M.-Khan, Z. A.-Khlail, K. S.-Hussain, Z.-Tariq, M.-Rahman, H. (2010) Impact of planting density and P-fertilizer source on the growth analysis of maize. Pakistan Journal of Botany. 42. (4.) 2349-2357.
2. Andrade, H. F.-Calvino, P.-Cirilo, A.-Barbieria, P. (2002) Yield response to narrow rows depend on increased radiation interception. Agronomy Journal. 94. (5.) 975-980.
3. Berzsenyi Z. (2000) Növekedésanalízis a növénytermesztésben. Növénytermelés. 49. (4.) 389-404.
4. Berzsenyi, Z.-Lap, D. Q. (2005) Responses of maize (*Zea mays* L.) hybrids to sowing date, N fertiliser and plant density in different years. Acta Agronomica Hungarica. 53. (2.) 119-131.
5. Berzsenyi Z.-Lap, Q. D. (2006) A növényszám hatásának vizsgálata a kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek növekedésére a növekedésanalízis klasszikus módszerével. Növénytermelés. 55. (1-2.) 71-85.
6. Farinelli, R.-Penariol, F. G.-Fornasieri Filho, D. (2012) Agronomic characteristics and yield of maize cultivars in different row spacing and population densities. Científica (Jaboticabal) 40. (1.) 21-27.
7. Farnham, E. D. (2001) Row spacing, plant density, and hybrid effects on corn grain yield and moisture. Agronomy Journal. 93. (5.) 1049-1053.
8. Giesbrecht, J. (1969) Effect of population and row spacing on the performance of four corn (*Zea mays* L.) hybrids. Agronomy Journal. 61. (3.) 439-441.

9. *Jiang, L. L.-Han, X. R.-Yang, J. F.-Liu, X. H.-Gao, X. N.-Ma, B.* (2010) Effects of fertilization on photosynthetic physiological characteristics in maize of high yield variety with different planting density. *Journal of Shenyang Agricultural University*. 41. (3.) 265-269.
10. *Li, X. Y.-Li, D. Q.-Tang, Q. Y.* (2011) Effects of plant density on source-sink characteristics and grain yield of spring maize variety Chashi No.1. *Journal of Hunan Agricultural University*. 37. (4.) 361-366.
11. *Liu, Z. D.-Xiao, J. F.-Yu, J. Ch.-Liu, Z. G.-Nan, J. Q.* (2012) Effects of varieties and planting density on plant traits and water consumption characteristics of spring maize. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* 28. (11.) 125-131.
12. *Lutz, A. J.-Camper, M. H.-Jones, D. G.* (1971) Row spacing and population effects on corn yields. *Agronomy Journal*. 63. (1.) 12-14.
13. *Meng, Z. Y.-Wang, Y. H.-Shen, D. F.-Xi, L. L.* (2013) Effect of row spacing on yield and its components of summer maize in westwrn Henan province. *Journal of Henan Agricultural Sciences*. 42. (7.) 19-22.
14. *Sadeghi, M.-Naderi, A.-Lak, S.-Fathi, G. A.* (2012) Evaluation of plant population density on growth, grain yield and yield components of four maize hybrids. *Advances in Environmental Biology*. 6. (1.) 327-333.
15. *Sárvári M.-Futó Z.-Zsoldos M.* (2002) A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica termésére 2001-ben. *Növénytermelés*. 51. (3.) 291-307.
16. *Sárvári M.* (2005) Impact of nutrient supply, sowing time and plant density on maize yields. *Acta Agronomica Hungarica*. 53. (1.) 59-70.
17. *Shapiro, A. C.-Wortmann, S. C.* (2006) Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in Eastern Nebraska. *Agronomy Journal*. 98. (3.) 529-535.
18. *Su, Y. J.-Qin, Y. T.-Zhang, S. L.-Qin, G. W.-Xu, G. J.-Lu, R. Q.-Mei, Z. J.* (2012) Effects of planting density on growth and yield of summer maize Xundan 28. *Acta Agriculturae Jiangxi* 24. (6.) 49-50, 53.
19. *Tang, J. H.-Qi, Hua.-Zhang, W. J.-Yu, J. L.-Song, Z.-Liu, Y.-Zheng, Ch. Y.* (2013) Effect of density on physiological characteristics and accumulation of photosynthesis product of different maize plant type. *Journal of Shenyang Agricultural University*. 44. (1.) 13-19.
20. *Wang, H. Y.-Gao, J. L.-Wang, Z. G.-Sun, J. Y.-Yu, X. F.-Gao, Y. B.-JiaNing-Ye, J.-Lu, J. W.* (2012) Effects of high planting density on super high-yielding spring maize leaf senescence and root activity at anthesis and grain-filling stage. *Journal of Maize Sciences*. 20. (2.) 75-81.