

Keresztezési irányok vizsgálata kukoricánál (*Zea mays* L.)

Bódi Zoltán – Pepó Pál – Kovács András

Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma,
Mezőgazdaságtudományi Kar,
Kertészettudományi és Növényi Biotechnológia Tanszék,
Debrecen
bodizo@freemail.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Nyolc tulajdonságot tanulmányoztunk három éven keresztül tizenkét egyszeres keresztezésű hibriddel Magyarországon. A tizenkét hibrid négy szülői vonal egyenes és reciprok keresztezése. Szignifikáns tulajdonságot kevés esetben mutattunk ki a vizsgált jellegek között. A szárátmérő és a levelek számának tekintetében a három év átlagában egyik hibridnél sem tapasztaltunk szignifikáns különbséget. A vizsgált három év átlagában statisztikailag igazolt eltéréseket az elsődleges primer elágazások tekintetében az UDH5 és 8, illetve az UDH6, 11 hibrideknél észleltünk. Mindkét esetben jól látható, hogy a heterózis mértéke a reciprok keresztezésekben jóval meghaladta az egyenes keresztezések értékeit. A nagy címerágszám domináns az alacsony címerágszám fölött. A hibridek címerág számának kialakításában a több címerággal rendelkező szülő hatása jutott érvényre. Vizsgálatunk alapján szoros pozitív korrelációt mutattunk ki a növénymagasság és a cső eredési magasság között ($r=0,67^{**}$), az alsó elágazástól mért és a felső elágazástól mért címer hossz között ($r=0,89^{**}$). Közepes negatív korrelációt kaptunk az elsődleges címerelágazások száma és a növénymagasság között ($r=-0,42^{**}$). Az elsődleges címerelágazások számának heterózisa volt a legnagyobb. Az eredmények a gyakorlati nemesítés és vetőmagtermesztés területén hatékonyan alkalmazhatók.

Kulcsszavak: címer jellemzők, egyenes és reciprok keresztezés, kukorica (*Zea mays* L.), növénymagasság és csőeredési magasság

SUMMARY

In Hungary, we examined eight features of twelve direct cross hybrids over a period of three years. The twelve hybrids were derived from direct and reciprocal crosses of four parental lines. We did not find significant differences in the cases of stalk diameter and leaf number in the average of 3 years in any of the hybrids. Statistically explainable differences in primary branches were observed in hybrids UDH5 and UDH8 and also in UDH6 and UDH11. It was evident in both instances that degrees of heterosis in reciprocal crosses far exceeded those of direct ones. High tassel branch number was dominant over the low one; consequently, parents with higher tassel numbers enforced their effects during the formation of this trait in hybrids. We experienced positive correlation ($r=0.67^{**}$) between plant height and main ear height. A positive correlation ($r=0.89^{**}$) was also found between the tassel length of the main axis above the lowest and the upper side branch. We observed a medium correlation ($r=-0.42^{**}$) between the number of primary lateral branches and plant height. The number of primary lateral branches showed the highest heterosis. These results can be utilized in practical selection and seed production.

Keywords: direct and reciprocal crosses, plant and ear height, tassel characteristics, maize (*Zea mays* L.), heterosis

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A kukoricanevelésben kiemelkedő fontosságú az egyes keresztezési partnerek teljesítőképességének és kombinációs értékének ismerete. Az egyszeres és reciprok keresztezések közötti különbségek vizsgálata napjainkban kiemelkedő fontosságú mind a vetőmagtermesztésben, mind az alapvetésben egyaránt. Kevés hazai szakirodalom létezik a témával kapcsolatban (Berzy et al., 2005), mely szintén a téma jelentőségére hívja fel a figyelmet. Kovács (1963) Martonvásári egyenes és reciprok anyai egyszeres keresztezéseket vizsgált. Megállapításai szerint a két előállított hibrid termőképessége között nem mutatkozott különbség. A szülők felcserélését indokolhatja az is, hogy az egyes vonalak plazmaállománya sem egyformán játszik szerepet az agronómiai tulajdonságok kialakításában. A szülők szerepének felcserélésével adott esetben megoldható a gazdaságosabb vetőmagelőállítás (Nagy, 1982).

Nagy (1982) eltérő tenyészidejű törzsek egyszeres keresztezéseinél négy tulajdonságot vizsgált (75%-os címervirágzásig eltelt napok száma, betakarításkori szemnedvesség %, betakarításkori szárszilárdsági hiba %, növényenkénti száraz szemtermés g/növény). Szignifikáns plazmahatást csak egy törzs esetén talált az egy növényre eső száraz szemtermés vonatkozásában. Véleménye szerint az anyai hatás legfőbb virágzásig mutatható ki. Nagy (1985) 14 korai SC hibrid és azok reciprok változatánál vizsgálta a levélszámot, a csőmagasságot, a csőhosszúságot, a csutkatömeget, a szemsorszámot, a csőtömeget, a szemtömeget, a morzsolási %-ot és az olajtartalmat. Az összehasonlított adatpárok negyed részénél $P=5\%$, vagy azt meghaladó szinten megbízható eltérést tudott kimutatni. Két tulajdonságnál (levélszám, csutkatömeg) az apai szülő nagyobb gyakorisággal határozta meg az F_1 generáció értékét. A morzsolási %-ra vonatkozó megfigyelések nem adtak egyértelmű eredményt. A vizsgált tulajdonságok többségénél (csőmagasság, csőhosszúság, szemsorszám, csőtömeg, szemtömeg, 500 szemtömeg, olajtartalom) az anyai szülő nagyobb befolyását lehetett bizonyítani.

Gyenesné Hegyi és munkatársai (2001) 12 egyenes és 12 reciprok hibrid fehérje- és olajtartalmát vizsgálva sem a fehérje-, sem az olajtartalomban nem tapasztaltak heterózist a szülői átlaghoz képest.

Tíz esetben az egyenes és a reciprok hibridek között szignifikáns különbségek voltak a fehérjeterületben. Az olajtartalom tekintetében az egyenes és a reciprok hibridek között statisztikailag igazolható eltérés nem volt.

A növénymagasságot és csőeredési magasságot több szerző is vizsgálta (Tóth, 1998; Tóth, 2001; Zsubori et al., 2002; Gyenesné Hegyi et al., 2002a, b; Hegyi et al., 2005a, b). Megállapításaik szerint a egyik legfontosabb jellemzője egy fajtának, amely tulajdonságpár közeli korrelációban van más jellemzőkkel. Bonea és Urechean (2003) 15 egyenes és reciprok keresztezésben vizsgálta a szemtermés és a nyersfehérje % kapcsolatát. Szignifikáns különbséget tapasztaltak az egyenes és reciprok keresztezéssel létrejött hibridekben e két tulajdonságpár tekintetében. A keresztezési irány megválasztásával e két jellemző tekintetében az irodalmi adatokból ismert negatív korreláció ellenére kiválaszthatók korrelációtörő hibridek. Schuetz és Mock (1978) hat keresztezésben vizsgálta a címer elágazások számának öröklődését. Additív, domináns és episztatikus génhatásokat detektáltak e jelleg öröklődésében, de ezek közül az additív hatás volt a legjelentősebb.

Khehra és Bhalla (1976) tíz genetikailag különböző kukorica fajtát keresztezett a reciprokot is beleértve. A reciprok hatás tekintetében nagyobb különbséget észleltek a korai×kései kombinációkban, mint a korai × korai vagy a kései × kései érésű kombinációkban. Pollmer et al. (1978) szerint a reciprok különbségek instabilitása és az alacsony terjedelmük miatt nehéz a kereskedelmi értéküket kiaknázni, azonban vizsgálatukban a legtöbb tulajdonság esetében kimutatható különbségek jelentkeztek, ezek az információk pedig a nemesítési alapanyag becslésénél fontosak. Kevés publikációból kaphatunk információt a címer tulajdonságainak vizsgálatára egyenes és reciprok keresztezésekben.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A szántóföldi kísérletek beállítására a Debreceni Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Genetikai

munkacsoportjának kísérleti terén került sor egymást követő három évben (2004-2006). Vizsgálataink alapját négy indukált (UDL1, 4, 5, 6) mutációval létrehozott beltenyészett vonalból előállított tizenkét hibrid (UDH1-UDH12 egyenes és reciprok keresztezés) képezte (Bódi et al., 2006; Bódi, 2007). A kísérleti hely talajtípusa kilúgozott csernozjom, a feltalaj meszet nem tartalmaz. Az altalaj 7-9 méter mélységben helyezkedik el. A humuszréteg vastagsága szerint közepes humuszrétegű kategóriába esik (50-70 cm). A talaj szervesanyag tartalma 2,57%. A kísérletben N=100, P₂O₅=90, K₂O=90 kg·ha⁻¹ műtrágyázást alkalmaztunk. A foszfor- és káliumműtrágyákat ősszel, a N-adagot ősszel (30%) és tavasszal (70%) jutattuk ki. A teljes diallél rendszer genotípusonkénti összetételét az 1. táblázat tartalmazza. A parcellák hossza 5 m volt. Az alkalmazott sortávolság 70 cm, a tőtávolság pedig 20 cm volt, így parcellánként 50 db növény képezte a kísérlet anyagát. Az időjárás a vizsgált években (2004-2006) optimális kondíciókat nyújtott mind a kukorica vegetatív fejlődéséhez, mind a szemtermés kialakulásához. A vizsgált jellegeket 15 növény/parcella átlagában határoztuk meg a CPVO TP/2/2 irányelveket követve (2, 5, 6. táblázat). Az adatok feldolgozásához varianciaanalízist és korreláció számítás végeztünk az SPSS 13 for Windows programcsomag használatával.

1. táblázat

A vizsgált kukorica hibridek genetikai összetétele

Vonal(1)	UDL1	UDL4	UDL5	UDL6
UDL1		UDH1	UDH2	UDH3
UDL4	UDH4		UDH5	UDH6
UDL5	UDH7	UDH8		UDH9
UDL6	UDH10	UDH11	UDH12	

Table 1: A genetic composition of investigated maize hybrids Line(1)

2. táblázat

Néhány morfológiai tulajdonsága a vizsgált hibridek szülői vonalainak (2004-2006)

Vonal(1)	Növénymagasság (cm)(2)	Csőeredési magasság (cm)(3)	Az elsődleges elágazások száma(4)	Címerhossz alsó elágazástól* (cm)(5)	Címerhossz a felső elágazástól** (cm)(6)	Szárátmérő (mm)(7)	Levélszám(8)
UDL1	174,8	65,6	1,4	23,4	19,7	19,6	11,4
UDL4	163,9	51,7	6,9	28,3	20,3	19,0	10,7
UDL5	176,8	53,5	6,6	34,0	26,4	17,1	10,5
UDL6	160,5	50,8	9,1	33,8	25,7	15,1	11,1

Table 2: Some morphological features of the inbred lines included in the experiment (avg, 2004-2006) Line(1), Plant height(2), Height of main ear(3), Primary lateral branches(4), *Tassel: length of main axis above lowest side branch(5), **Tassel: length of main axis above upper side branch(6), Stalk diameter(7), Number of leaf(8)

EREDMÉNYEK

Az MQ értékek minden egyes vizsgált jellemzőnél a legnagyobb hatást a genotípus esetében jelezték, ezt követte az évjárat hatása (3, 4. táblázat). A varianciaanalízis szerint a genotípus minden vizsgált tulajdonságra a szárátmérő kivételével 1%-os szinten szignifikáns hatással volt. Ez az érték 5%-os szinten volt szignifikáns a szárátmérőnél. Az évjárat tekintetében a szárátmérő kivételével minden jellegnél 1%-os szinten volt szignifikáns az MQ érték.

A genotípus×év interakció esetében megállapítottuk, hogy a növénymagasság, a csőeredési magasság és az elsődleges elágazások száma 0,1% szinten szignifikáns volt. Ez ellentmond Russel (1976) megállapításainak, aki nem talált szignifikanciát a genotípus×év interakcióban a növénymagasság és csőeredési magasság tekintetében. A címer alsó elágazástól mért hossza 5%-os szinten volt szignifikáns, míg a szárátmérő, a levelek száma, illetve a címer hossza a felső elágazástól 5%-os szinten nem volt szignifikáns.

3. táblázat

A növénymagasság, a csőeredési magasság, a szárátmérő és a levél szám variancia analízisének eredményei

Variansia forrása(1)	Szabadságfok(6)	Növénymagasság(7)		Csőeredési magasság(8)		Szárátmérő(9)		Levelek száma(10)	
		MQ	F-érték	MQ	F-érték	MQ	F-érték	MQ	F-érték
Genotípus(2)	11	4696,66	80,51**	1157,94	31,30**	13,00	3,28*	3,78	7,95**
Év(3)	2	4762,31	81,63**	629,19	18,71**	14,90	3,76 ^{NS}	13,83	29,11**
Genotípus×év(4)	22	403,02	6,90**	141,69	3,83**	3,02	0,76 ^{NS}	0,75	1,57 ^{NS}
Hiba(5)	72	58,33		36,99		3,96		0,47	

Szignifikancia szintek: *P=5%; **P=1%; ^{NS}= nem szignifikáns(11)

Table 3: Analysis of variance of plant height, of main ear, stalk diameter and number of leaves

Source of variance(1), Genotype(2), Year(3), Genotype×year(4), Error(5), Degree of freedom(6), Plant height(7), Height of main ear(8), Stalk diameter(9), Number of leaves(10), Significant at the *P=0.05 and **P=0.01 levels, ^{NS}=non significant(11)

4. táblázat

A primer elágazások számának, és a két címerhossz jellemzőnek a variacia analízisének eredményei

Variansia forrása(1)	Szabadságfok(6)	Primer elágazások száma(7)		Címerhossz az alsó elágazástól(8)		Címerhossz a felső elágazástól(9)	
		MQ	F-érték	MQ	F-érték	MQ	F-érték
Genotípus(2)	11	38,14	17,75**	16,92	5,26**	16,02	3,68**
Év(3)	2	49,55	23,07**	494,93	154,02**	323,37	74,32**
Genotípus×év(4)	22	7,51	3,49**	7,63	2,37*	7,00	1,60 ^{NS}
Hiba(5)	72	2,14		4,35		3,96	

Szignifikancia szintek: *P=5%; **P=1%; ^{NS}= nem szignifikáns(10)

Table 4: Analysis of variance on the number of primary branches and tassel lengths

Source of variance(1), Genotype(2), Year(3), Genotype×year(4), Error(5), Degree of freedom(6), Number of primary branches lateral(7), Tassel: length of main axis above lowest side branch(8), Tassel: length of main axis above upper side branch(9), Significant at the *P=0.05 and **P=0.01 levels, ^{NS}=non significant(10)

A hibridek között a vizsgált morfológiai jellemzőkben jelentős különbségek voltak (5. táblázat). A legnagyobb növénymagasságot a három vizsgált év átlagában az UDH 2 és az UDH 3 hibridek adták (252,7 és 250,8 cm). Statisztikailag igazolt eltérést csak az UDH 5 és reciproka, az UDH 8 hibridnél észleltünk a növénymagasság tekintetében, ezt a heterózis számítás is alátámasztott. 10,1% különbség volt tapasztalható az egyenes keresztezés javára. A csőmagasság tekintetében az UDH3 és reciproka az UDH10, illetve az UDH9 és reciproka az UDH12 hibridnél volt szignifikáns különbség; minden esetben az egyenes keresztezés csőmagassága volt nagyobb.

Az UDL5 szülői vonal a többi vonaltól megközelítőleg 6-8 nappal korábban virágozik. Khehra és Bhalla (1976) kutatásával ellentétben az UDL 5 vonalat anyai szülőként használva csak az UDH7 vonalnál volt különbség a növénymagasság és a csőeredési magasság tekintetében az egyenes keresztezésekkel összehasonlítva, bár nem szignifikánsan. A levelek számában szintén nem volt szignifikáns eltérés, azonban megállapítható, hogy az UDL4 és 5-ös vonal anyai keresztezési partnerként felhasználva nem szignifikánsan, de alacsonyabb levélszámot örökít a hibridjeibe.

A vizsgált genotípusok morfológiai jellegzetességei (Debrecen, 2004-2006)

Hibridek(1)	Növény- magasság, cm(2)	A heterózis mértéke, %(3)	Csőeredési magasság, cm(4)	A heterózis mértéke, %(3)	Szárátmérő, mm(5)	A heterózis mértéke, %(3)	Levélszám(6)	A heterózis mértéke, %(3)
UDH1	238,3	+40,7	80,2	+36,7	22,2	+15,2	12,2	+10,7
UDH4	241,7	+42,7	72,7	+23,9	21,6	+17,9	12,4	+11,8
UDH2	250,8	+42,6	88,4	+48,2	21,4	+17,0	13,4	+22,7
UDH7	243,5	+38,6	83,7	+40,4	20,6	+12,2	13,3	+21,5
UDH3	252,7	+50,7	90,4*	+55,4	23,1	+33,1	12,4	+12,2
UDH10	238,7	+42,4	78,4*	+34,9	21,4	+23,3	13,1	+16,0
UDH5	196,8*	+15,5	57,2	+8,7	21,0	+16,4	11,3	+6,4
UDH8	214,1*	+25,6	62,4	+18,7	20,9	+16,1	11,7	+10,5
UDH6	202,8	+25,1	59,6	+16,2	19,9	+17,0	11,9	+8,7
UDH11	198,7	+22,5	67,1	+30,7	19,6	+15,1	12,1	+10,8
UDH9	207,1	+22,8	72,1*	+38,3	20,6	+28,0	12,0	+11,2
UDH12	194,3	+15,2	63,0*	+20,7	18,5	+15,4	12,1	+11,3

*Szigifikáns P=5% szinten(7)

Table 5: Morphological characteristics of investigated hybrids

Hybrids(1), Plant height(2), Degree of heterosis(3), Height of main ear(4), Stalk diameter(5), Number of leaf(6), Significant at the 0.05 level(7)

A vizsgált három év átlagában statisztikailag igazolt eltéréseket az elsődleges primer elágazások tekintetében az UDH5 és 8, illetve az UDH6, 11 hibrideknél észleltünk (6. táblázat). Mindkét esetben jól látható, hogy a heterózis mértéke a reciprok keresztezésekben jóval meghaladta az egyenes keresztezések értékeit. Az UDL1 vonal a három év átlagában 1,4 db elsődleges elágazással, míg az UDL6 vonal 9.1 db elsődleges címer elágazással rendelkezik. Az UDL6 vonal anyai és apai szülőkomponensként is dominánsan növelte a hibridek címerágainak számát.

Ezen megállapítás megegyezik Mock és Schuetz (1974) és Gyenesné Hegyi et al. (2002c) adataival. A címer hossz tekintetében csak az UDH3 és 10 hibridnél mutatkozott szignifikáns különbség a vizsgált három évben. Átlagosan 23 és 30% közé esett a hibridek heterózisa a szülői vonalak átlagához viszonyítva. Nagyobb mértékű és szélesebb tartományú heterózis hatás mutatkozott (10,7-42,8%) az utolsó elágazástól mért címerhossznál. Az UDH5 és 8 hibridet kivéve minden esetben az egyenes keresztezések mutattak nagyobb hibridhatást e tulajdonság tekintetében.

A vizsgált hibridek néhány címer jellegzetessége (Debrecen, 2004-2006)

Hibrid(1)	Elsődleges címer elágazás sz., cm(2)	A heterózis mértéke, %(3)	Címerhossz alsó, cm(4)	A heterózis mértéke, %(3)	Címerhossz felső, cm(5)	A heterózis mértéke, %(3)
UDH1	6,5	+56,1	36,9	+28,6	28,6	+42,8
UDH4	7,6	+81,4	35,6	+29,6	29,8	+35,6
UDH2	4,6	+14,2	37,4	+30,8	30,8	+29,0
UDH7	5,1	+26,0	36,4	+27,1	27,1	+24,7
UDH3	6,8	+28,7	39,5*	+23,1	23,1*	+35,6
UDH10	6,0	+13,8	35,4*	+26,8	26,8*	+18,0
UDH5	7,6*	+11,5	33,7	+26,5	26,5	+13,1
UDH8	9,7*	+42,9	37,2	+29,3	29,3	+25,0
UDH6	9,4*	+17,6	35,6	+27,4	27,4	+19,1
UDH11	11,9*	+48,4	36,9	+27,1	27,1	+17,7
UDH9	8,2	+3,9	36,8	+29,0	29,0	+11,2
UDH12	7,4	-6,3	36,3	+28,8	28,8	+10,7

* Szigifikáns P=5% szinten(6)

Table 6: Tassel characteristics of investigated hybrids

Hybrids(1), Number of primary lateral branches(2), Degree of heterosis %(3), Tassel: length of mainaxis above lowest side branch(4), Tassel: length of mainaxis above upper side branch(5), Significant at the 0.05 level(6)

Korreláció számítását végeztünk a vizsgált jellegek között a pontosabb kölcsönhatások meghatározása céljából (7. táblázat). Vizsgálati eredményeink alapján szoros pozitív korreláció mutatható ki a növénymagasság és a csőeredési magasság között, ez megerősíti Gyenes-Hegyi et al. (2002a) megállapításait. Ugyancsak rendkívül szoros szignifikáns (1%) pozitív összefüggést lehetett megállapítani a címer alsó elágazástól és felső elágazástól mért hossza között (0,89**). Közepes erősségű negatív korrelációt – erős szignifikancia mellett – lehetett megállapítani a növénymagasság (-0,42**), illetve negatív laza korrelációt a

csőmagasság (-0,31**) és az elsődleges primer elágazások száma között. Laza, de szignifikáns korreláció van az alsó elágazástól mért címer hossz és a csőeredés, illetve az elsődleges primer elágazások között. A szárátmérő laza korrelációban áll a növénymagasság és csőeredéssel, laza, de negatív korrelációban az elsődleges elágazások számával. Közepes erősségű, de magas szignifikancia szint mellett korrelál a levelek száma a növénymagassággal (0,52**) és a csőeredési magassággal (0,63**), és laza korrelációban a két címerhossz jellemzővel.

7. táblázat

A vizsgált jellemzők közötti korreláció mértéke

	Növény- magasság(1)	Csőeredési magasság(2)	Elsődleges elágazások száma(3)	Címer- hossz a.(4)	Címer- hossz f.(5)	Szár- átmérő(6)	Levél- szám(7)
Növénymagasság(1)	1,00						
Csőeredési magasság(2)	0,67**	1,00					
Elsődleges elágazások száma(3)	-0,42**	-0,31**	1,00				
Címer hossz a.(4)	0,34 ^{NS}	0,38**	0,32**	1,00			
Címer hossz f.(5)	0,02 ^{NS}	0,33 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,89**	1,00		
Szárátmérő(6)	0,31**	0,22**	-0,26**	0,18 ^{NS}	0,26 ^{NS}	1,00	
Levélszám(7)	0,52**	0,63**	-0,14 ^{NS}	0,32**	0,30**	0,40 ^{NS}	1,00

**Szignifikáns 1% szinten(8)

^{NS}Nem szignifikáns(9)

Table 7: Correlation of among investigated characteristics

Plant height(1), Height of main ear(2), Number of primary branches(3), Tassel: length of main axis above lowest side branch(4), Tassel: length of main axis above upper side branch(5), Stalk diameter(6), Number of leaf(7), **Correlation is significant at the 0.01 level(8), ^{NS}Non significant(9)

KÖVETKEZTETÉSEK

A hároméves vizsgálat alapján megállapíthatjuk, hogy statisztikailag igazolható különbséget az egyenes és reciprok keresztezések között kevés esetben találtunk. Döntő fontosságú a címerágszám heterózisa. A legtöbb címerág-számmal rendelkező vonal keresztezéseiben kaptuk a legnagyobb

heterózishatást e tekintetben akár anyai, akár apai szülőként is alkalmaztuk. Mivel a címerágszám döntő fontosságú mind a szülő, mind a hibrid pollen termelő képességében (Bódi és Pepó, 2007), ezért a hibridkombinációk előállításakor célszerű figyelembe venni ennek a tulajdonságnak a domináns jellegét.

Az eredményeket a gyakorlati nemesítés és vetőmagtermesztés területein lehet használni.

IRODALOM

- Berzy, T.-Hegyi, Zs.-Pintér, J. (2005): Correlations between the seed quality and yield parameters of maize hybrids developed on different parental lines. *Növénytermelés*, Tom. 54. 3:159-167.
- Bódi Z. (2007): A genetikai polimorfizmus, címeralkotó elemek és néhány minőségi tulajdonság vizsgálata kukorica genotípusoknál. PhD Disszertáció, Debreceni Egyetem, Debrecen.
- Bódi, Z.-Pepó, P. (2007): Trends of pollen production and tassel area index in yellow lines, hybrids and blue corn landraces. *Cereal Research Communication* 35. 2:277-280.
- Bódi, Z.-Pepó, P.-Zubor, Á.-Tóth, Sz.-Prokisch, J.-Györi, Z. (2006): Investigation of genetic diversity in irradiated maize lines and its relation to hybrid performance *Acta Agraria Debreceniensis*, 23:20-27.
- Bonea, D.-Urechean, V. (2003): Reciprocal cross effects for grain yield and content of raw protein in the maize grain. *Maize Genetics Newsletter* 77. 67.
- Gyenesné Hegyi, Zs.-Kizmus, L.-Záborszky, S.-Marton, L. Cs. (2001): Trends in the protein and oil contents and thousand kernel mass of maize under various ecological conditions. *Növénytermelés*, 50. 4:385-394.
- Gyenes Hegyi, Zs.-Pók, I.-Kizmus, L.-Zsubori, Z.-Nagy, E.-Marton, L. Cs. (2002a): Plant height and height of the main ear in maize (*Zea mays* L.) at different locations and different plant densities *Acta Agronomica Hungarica*, 50. 1:75-84.
- Gyenesné Hegyi, Zs.-Pók, I.-Illés, O.-Szőke, Cs.-Kizmus, L.-Marton, L. Cs. (2002b): Effect of growing site, plant density and year on the yield components of maize hybrids. *Növénytermelés*, 50:425-435.

- Gyenesné Hegyi Zs.-Kizmus L.-Nagy E.-Marton L. Cs. (2002c): Kukorica (*Zea mays* L.) címerágak számának és az egyedi produkciónak vizsgálata eltérő ökológiai körülmények között. II. Növénytermesztési Tudományos Nap, Proceedings, Budapest, 185-191.
- Hegyi, Z.-Spitkó, T.-Szőke, C.-Rácz, F.-Berzy, T.-Pintér, J.-Marton, L. Cs. (2005a): Studies on the adaptability of maize hybrids under various ecological conditions Cereal Research Communications, 33. 4. 689-696.
- Hegyi, Z.-Spitkó, T.-Pintér, J. (2005b): Effect of location and year on some agronomical characters of maize hybrids. Acta Agronomica Hungarica, 53. 3:251-259.
- Khehra, S. A.-Bhalla, K. S. (1976): Cytoplasmic effects on some agronomic characters in backcross maize hybrids. Theoretical and Applied Genetics, 47. 6. 271-274.
- Kovács, I. (1963): The productivity of hybrid maize affected by the reciprocal maternal single cross. Növénytermelés, 12. 4:425-438.
- Mock, J. J.-Schuetz, H. S. (1974): Inheritance of tassel branch number in maize. Crop Science, 14:885-888.
- Nagy, L. (1982): Investigation of productivity and some standard features in single-cross reciprocal maize hybrids produced with lines of diverse vegetation-period. Növénytermelés, 31. 1:11-20.
- Nagy, L. (1985): Comparative study of reciprocal single crosses in early maize. Növénytermelés, 34. 4:307-312.
- Pollmer, G. W.-Klein, D.-Dhillon, S. B. (1978): Differences in reciprocal crosses of maize inbred lines diverse for protein content. Euphytica, 28. 2:325-328.
- Russel, W. A. (1976): Genetic effects and genetic effect x year interactions at three gene loci in sublines of a maize inbred line. Can. J. Gen. Cytol., 18:23-33.
- Schuetz, H. S.-Mock, J. J. (1978): Genetics of tassel branch number in maize and its implications for a selection program for small tassel size. Theoretical and Applied Genetics, 53. 6:265-271.
- Tóth Sz. (1998): Beltenyésztett kukoricavonalak (*Zea mays* L.) kombinálódó képességének elemzése diallél keresztezési rendszerekben. DATE Tudományos Közlemények, 21-35.
- Tóth, Sz. (2001): Selection of transgressive mutants of *Zea mays* L. by diallel analysis. PhD thesis, University of Debrecen, Debrecen.
- Zsubori, Zs.-Gyenes-Hegyi, Zs.-Illés, O.-Pók, I.-Rácz, F.-Szőke, Cs. (2002): Inheritance of plant and ear height in maize (*Zea mays* L.). Journal of Agricultural Sciences Acta Agraria Debreceniensis, 8:34-38.