

Génforrások keresése szárazságtűrés és termés minőség javítására a szárazborsó nemesítésben

Nemeskéri Eszter

Agrona Bt., Debrecen
nemeskeri@agrona.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Különböző származású, félig levélnélküli (afila) és levélkés típusú száraz borsófajták keresztezéses kombinációiban a szárazságtűrés növelésére és mag küllemi, étkezési minőség javítására irányuló szelekció hatékonyságát vizsgáltuk. Egyszerű keresztezéseket végeztünk, az F_1 és F_2 és F_3 utódokat a szülőfajtákkal öntözés nélkül, azonos kísérleti körülmények alatt neveltük fel. A magszín intenzitás statisztikai értékeléséhez 1-9 számig terjedő színskálát állítottunk fel. A magas hőmérsékletű tőrés mértékét a növényenkénti hüvelyszám és magszám változásával mértük. Az afila \times levélkés kombinációk F_2 nemzedékében a 3:1 hasadási arányt, a levél nélküliséget determináló egy recesszív gén jelenlétét állapítottuk meg. Ettől eltérően a levélkés \times afila kombinációkban a levélkés (Af) és afila (af) növények előfordulása 7:1 illetve 9:1 arányú volt. A magminőség javítására kedvezőbb a szelekciós előrehaladás az Af \times af kombinációkból származó F_3 törzsekben, ahol több, additív hatású domináns allél működését és a sötétnarancssárga szín jobb örökölhetőségét állapítottuk meg ($h^2_A = 0,63$). Produktívabb genotípusok kiválasztása hatékonyabb a levélkés törzsek között, amennyiben a keresztezéseket a nyugat-európai származású afila típusú fajták (Profi, Delta) és a levélkés (Auralia) fajta között végeztük. Ebben az esetben számítani kell az étkezési minőség (magméret, magszín intenzitás) csökkenésével. Egyedi magtermés alapján végzett szelekció, a szárazságtűrés növelésére kedvezőbb volt a cseh-szlovák Y228 afila anyai szülőfajtaól származó levélkés F_4 törzsekben, de a magméret és szín minőség javítására a genetikai haladás lassú.

Kulcsszavak: borsó, szárazságtűrés, magminőség, örökölhetőség

SUMMARY

The effectiveness of selection for improved drought tolerance and consumption quality in the progeny of crosses between pea cultivars with semi-leafless (afila) and normal leaves and different origins, respectively, were investigated. After single crosses, parent cultivars and F_1 , F_2 and F_3 generations were grown under non-irrigated conditions in the same trials. We created a colour scale from 1 to 9 to measure statistically the shade of seed colour. The tolerance of genotypes against high temperature was measured by the number of pods per plant. The 3:1 segregation observed in the F_2 generation of crosses between semi-leafless and conventional cultivars indicated that the semi-leafless character is determined by a recessive gene. In contrast, the ratios of conventional (Af) and semi-leafless (af) genotypes were 7:1 and 9:1 ratio in the progenies of crosses of Af \times af. The genetic progress was effective for improving the seed quality in F_3 generation from crosses Af \times af where we found that multiple dominant alleles controlled the orange colour of cotyledons and its high heritability ($h^2_A = 0,63$). Selection is more effective in producing the genotypes with high yield and normal leaves if the

crosses were made between the western European cultivars such as semi-leafless Profi and Delta used as maternal cultivars and conventional Auralia cultivars. In this case, there were decreases in the consumption quality, such as seed size and shade of colour. The selection based on the seed weight of single plants for increasing drought tolerance seemed to be more effective in F_4 strains with normal leaves originated from Czechoslovakian maternal cultivar Y228; however, the genetic progress in the improvement of seed size and colour quality was slow.

Keywords: pea, drought tolerance, seed quality, heritability

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A 80-as években mutációval előállított, ma már termesztésben elterjedt félig levélnélküli (semileafless) fajták levélkéi kacsá módosultak, és nagyobb asszimilációs felületet a jól fejlett pálhalevelek biztosítanak. Az ilyen levéltípusú fajták állományában a kacsok kisebb árnyékolást, és az állományban jobb légáramlást biztosítanak, így csökkentik a betegségek előfordulását. Virágzásig a félig levélnélküli borsó jobban alul marad a gyomokkal való versenyben, mint a hagyományos levelűek, de később a gyomok előfordulása nem befolyásolja a termést (McDonald, 2003). A borsó vízhasznosításának vizsgálatával kevés tanulmány foglalkozik. Ennek oka valószínűleg a levelek felépítésében, a jó vízforgalmat biztosító mélyre ható gyökérrendszerben van. Kimutatták, hogy a borsó levelek sejtfalának nagy szerepe van a turgor fenntartásában a vízstressz alatt (Miller et al., 2002). A virágzó nóduszok száma, illetve a belőlük képződött hüvelyszám alakulása jobban jelzi a fajták szárazságtűrő-képességében lévő különbséget (Smiciklas et al., 1992; Fougereux et al., 1997), de a magtelítődés alatt bekövetkező teljes vízhiányt leginkább az egyedi mag súly változása mutatja.

A levelek hiányáért az af recesszív allélek a felelős, a levélzet felületét és a levélkacsok számát a tl, af, és st lokuszok különböző allélkombinációi okozzák. A nemesítés során különböző levéltípusok keletkezhetnek, amelyek közül leggyakrabban előfordul normál levéltípusú egyedek domináns géneket (AFAf StSt TITl) hordoznak, az akáclevelű mutáns fejlett pálhalevéllal az AfAf StSt tl^w tl^w genotípussal, az akáclevelű mutáns redukált pálhalevéllal az AfAf stst tl^w tl^w genotípussal, illetve a mohalevelű típus az afaf StSt tl^w tl^w genotípussal rendelkeznek (Csizmadia, 1985). A magtermés szempontjából csak a félig levélnélküliek (afafStStTITl) veszik fel a versenyt a hagyományos levelű fajtákkal (Martin et al., 1994). A félig levélnélküli (afila) típusú fajták termesztésével

kapcsolatban megoszlanak a vélemények. Többségük jó állóképességgel rendelkezik, de még ennek ellenére sem biztosítanak nagy előnyöket a termesztők számára szárazságstressz alatt. Martin et al. (1994) nem talált különbséget a levélkés és afila típusok vízhasznosításában, mivel időszakos vízhiányban egyik típus sem tudta a talajvizet 450-750 mm rétegvastagságban hasznosítani.

A magtermés színe, mérete, formája fontos fogyasztói minőségi tulajdonság, amit a fajták genetikai sajátosságán kívül termesztési körülmények befolyásolnak (Goodwin, 1986; Helyes és mtsai, 2002). Az étkezési borsó mag legjobb fogyasztói minősége a kerek magforma, nagy ezermagtömeg, sötét intenzitású, egyöntetű szín. A mendeli kísérletek óta a borsómagszín determináló két, széles variációt adó gént azonosítottak. A sziklevel zöld vagy sárga színét szabályozó gén *i* alléja határozza meg, ami a géntérkép szerint az I linkage csoportban van (Swiecicki et al., 2000). A színes maghéj tulajdonságért felelős másik *a-2* gén, Mendel *a* génjét abban utánozza, hogy recesszív formában gátolja az antocián szintézisét. Ez a két gén Gorel et al. (1997) szerint egyetlen genotípust produkál. A sziklevel narancssárga színét kontrolláló *Orc* gén az I linkage csoportban a *d* szegmenshez lokalizálódik. Kimutatták, hogy a borsó sziklevel sötétnarancs színét domináns *Orc* gén több alléja kontrollálja, és

egy magasabb karotinoid tartalommal társul (Swiecicki, 1998; Swiecicki et al., 2000).

Az egyre aszályosabb időjárás indokoltta teszi olyan fajták előállítását, amelyek a hosszabb periódus alatt fellépő magas hőmérsékletet jelentős termésvesztés és minőségromlás nélkül elviselik. Ebben a munkában eltérő származású, félig levélnélküli (afila) és levélkés típusú száraz borsófajták keresztezéses kombinációiban a szárazságtűrés növelésére és mag küllemi, étkezési minőség javítására irányuló szelekció hatékonyságát vizsgáljuk.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A keresztezésekhez holland, csehszlovák és német származású sárga magvú afila típusú borsófajtákat használtunk. Az afila típus fajták jó állóképességűek voltak, de a magvak mérete kicsi, alakja szabálytalan, ovális és világossárga színe miatt gyenge étkezési minőséget képviseltek (1. táblázat). Egyszerű keresztezéseket végeztünk, az F₁ és F₂ és F₃ utódokat a szülőfajtákkal együtt támrendszer mellett neveltük fel az Agrona Bt. nemesítési tenyészkertjében. A növények felnevelése öntözés nélkül, természetes csapadékellátás mellett azonos kísérleti körülmények alatt történt minden évben.

1. táblázat

Keresztezési borsó fajták

Fajta(1)	Levél típus(2)	Származás(3)	<i>Fusarium oxysporum</i> *(4)	1000 mag tömege, g(5)	Magszín**(6)
PROFI	Afila (af)	NL	R	220-228	6
DELTA	Afila (af)	NL	R	200-214	6
Y228	Afila (af)	CZ	T	223-241	4
AURALIA	Levélkés (Af)	D	R	272-310	9
BOHATYR	Levélkés (Af)	CZ	S	220-230	7

*= R=rezisztens, S=fogékony, T=toleráns(4)

**=magszín: 4=fehérsárga, 6=világos-középsárga, 7=középsárga, 9=narancssárga(6)

Table 1: Parents pea cultivars

Cultivars(1), Leaf type: af=semi-leafless Af=normal leaf(2), Origin(3), *R=resistant, S=susceptible, T=tolerant(4), Thousand seed weight(5), Seed colour: 4=white-yellow, 6=light-medium yellow, 7=medium yellow, 9=orange(6)

Az F₂ és F₃ törzsek egyedeit külön-külön takarítottuk be, mértük a növényenkénti hüvely számot, növényenkénti magszámot, ezermagtömeget. A törzsek magas hőmérséklet tűrését a termékenyülőképesség változásával, a vízhiánytűrését az egyedi magtömeg változásával közvetett módon értékeltük.

A magszín meghatározása az UPOV rendszer szerint standard fajták összehasonlításával történt. A szín intenzitás statisztikai értékeléséhez 1-9 számig terjedő színskálát állítottunk fel, ahol az 1 a zöld, a 2 a sárgászöld és a 3 a sárga színt jelölte. A sárgaszín intenzitás mérése 5 és 9 szám skálával történt a következőképpen: 5-világossárga, 7-középsárga, 9-narancssárga. Az F₂-F₃ törzsek magszín intenzitását gyakorisággal súlyozott magszín-kódokkal, a

törzspopuláción belül a genotípusok magszín gyakorisági megoszlása alapján határoztuk meg.

Genetikai analízis

Az F₂ populációkban a levél típusok illetve a magszín intenzitás eloszlását χ^2 statisztikai teszttel, és az öröklődését Mather és Jinks (1971) módszerével értékeltük.

F₃ populáció elemzésével meghatároztuk a magszín intenzitást befolyásoló effektív faktorok (K₂ allélok) számát, a variancia komponenseket és a narancssárga szín örökölhetőségét. Mather és Jinks (1971) szerint az F₂ heterozigóták az F₃ nemzedék fenotípusos varianciájához 1/2 Xi értékkel járulnak hozzá, így a K₂ faktorok száma a következő képlettel számítható ki:

$$K_2 = \frac{(1/2k \times X_i)^2}{1/2k \times X_i^2} = \frac{G\bar{V}_{VF_3}^2}{GV_{VF_3}^2}$$

ahol

k = allélek száma,

$G\bar{V}_{VF_3}^2$ = az F_3 családok átlagának varianciája,

GV_{VF_3} = a genetikai eredetű variancia, amit a következő képlettel számítottunk ki (Csizmadia, 1978):

$$GV_{VF_3} = 2/(n-2) \times \bar{V}_{F_3}^2$$

ahol

n = törzsek száma,

\bar{V}_{F_3} = az F_3 családok varianciájának átlaga.

A variancia komponensek segítségével számítottuk ki az örökölhetőségi értékszámot (h^2) (Mather és Jinks, 1971).

EREDMÉNYEK

Különböző származású és levéltípusú szárazborsó fajták keresztezéses populációjának F_1

nemzedékében függetlenül az anyai szülő levéltípusától, a levélkés típus dominanciáját állapítottuk meg. Azoknál az F_1 lombos genotípusoknál, ahol az anyanövény afila (Y228) volt, a levélkék csúcsán 1-3 karomszerű kacs képződött. Ennek előfordulása az Y228×Aurália kombinációban 15,4%, míg az Y228×Bohatyr levélkés fajta keresztezéses kombinációban 75% volt. A levélkés anyától származó növényeknél ez az arány csupán 4,5%.

Az afila×levélkés kombinációk F_2 nemzedékében a levélkés és afila típusok 3:1 hasadási aránya azt jelzi, hogy a levélnélküliséget egy recesszív gén határozza meg, amit χ^2 próba is igazolt (2. táblázat). Anyanövényként levélkés fajtát használva az F_2 hasadási arányok nem követték a mendeli 3:1 arányokat; a levélkés és afila növények előfordulása 7:1 illetve 9:1 arányú volt. A Bohatyr fajta keresztezéses populációja jelentős Fusarium fogékonyság miatt a nemesítési programból kizárásra került.

2. táblázat

Borsó levél nélkülség (af) öröklődése eltérő származású szülők F_2 populációjában

Kombináció(1)	Összes növény, db(2)	Levélkés, db(3)	Afila, db(4)	Hasadási arány(5)	χ^2	P %	Táblázati érték(6)
Y228×urália	344	261	83	3:1	0,140	90-70	0,0158-0,418
Profi×Aurália	98	78	20	3:1	1,103	30-10	1,07-2,71
Delta×Aurália	273	211	62	3:1	0,763	50-30	0,455-1,07
Aurália×228	385	333	52	7:1	27,125	0,1	10,8
Aurália×Delta	202	180	22	9:1	18,358	0,1	10,8

Table 2: The heredity of the semi-leafless character (af) in F_2 generation of crosses between cultivars of different origin Crosses(1), Total plants number(2), Number of normal leaved plants(3), Number of afila plants(4), Ratio of segregation(5), Table values(6)

A levélkés F_2 törzsekből származó F_3^* nemzedékben nagyobb gyakorisággal (13,6%) fordult elő afila genotípus akkor, ha az anya afila típusú (Y228), mint amikor az anya levélkés fajta volt (5,4%) (3. táblázat). Azokban a levélkés F_3^* törzsekben, ahol az anyai szülő afila típusú volt, és az afila típusok előfordulása 22-23%-os volt, a törzsön belül ez az arány a következő nemzedékben megmaradt (19-26%). Várakozással ellentétben a szelektált, afila típusú F_2 genotípusok utódai nem egyöntetűen levélnélküliek voltak; a levélkés egyedek nagyobb gyakorisággal (2,56%) fordultak elő az afila anyától származó F_3^{**} törzsekben, mint a normális levélkés anyától származókban, ahol ez 1,71% volt (3. táblázat).

Annak ellenére, hogy világossárga és sötétarancssárga magvú borsófajtákat kereszteztünk, F_2 nemzedékben a zöldmagvú és sötétarancssárga magvú genotípusok előfordulása 5,81% illetve 6,06% arányú volt (4. táblázat). A zöldessárga és világossárga magszín kismértékű (3,16 illetve 0,55%) előfordulása génekapsoltság utal.

A zöldmagvak kihatási aránya nagyobb, 7,4-13,1% volt a világossárga magvú afila (af) típusú anyai szülő (Y228, Delta, Profi) utódaiban, mint a narancssárga magvú, leveles Aurália fajta esetében, ahol ez csak 2,7%. A szülőfajták genotípusától függően a magszín megoszlása 1:1:14 zöld:zöldessárga: középsárga illetve 2:14 zöld: középsárga aránya is alátámasztja a génekapsolódások jelenlétét. Az Aurália×Delta kombinációban csaknem azonos 1:1 arányú középsárga: narancssárga magvak előfordulása, amit a χ^2 próba statisztikailag igazolt, azt mutatja, hogy itt domináns allélek működnek a sötétarancssárga szín kialakításában. Az F_3 törzsek genetikai analízise alapján, az $afxAf$ kombinációkban az alacsony additív variancia, az alacsony h^2_A érték nehezíti ezekben a kombinációkban a narancssárga genotípusok szelekcióját (5. táblázat). Hatékonyabb volt a szelekció az $Afxaf$ kombinációkból származó F_3 törzsekben, ahol több, additív hatású domináns allél működését és a sötétarancssárga szín magas örökölhetőségét állapítottuk meg ($h^2_A = 0,63$).

A levélkés és levél nélküli borsó genotípusok előfordulása F₂ nemzedékben

Keresztetés/Törzs(1)	F ₂ /F ₃ *(2)		F ₂ /F ₃ ***(3)	
	Afila, %(4)	Levélkés, %(5)	Afila, %(4)	Levélkés, %(5)
Aurália × Y228				
P5/1	11,8	88,2	100,00	0,00
P5/2	13,1	86,9		
P5/3	1,3	98,7	100,00	0,00
P5/4	0,0	100,0		
P5/5	0,0	100,0		
P5/6	0,0	100,0	100,00	0,00
P5/7	-	-		
P5/8	-	-		
P5/9	28,6	71,4		
P5/10	0,0			
P5/11	4,0	96,0	93,16	6,84
populáció átlag(6)	5,4	94,6	98,29	1,71
Y228 × Aurália				
P3/1	18,0	82,0	100,00	0,00
P3/3	-	-		
P3/5	-	-	100,00	0,00
P3/6	0,0	100,0		
P3/8	19,8	80,2	96,70	3,30
P3/10	23,6	76,4	93,04	6,96
P3/11	22,8	77,2		
P3/12	-	-		
P3/13	0,0	100,0		
P3/15	-	-		
P3/16	10,7	89,3		
populáció átlag(6)	13,6	86,4	97,44	2,56

*Szelektált levélkés F₂ genotípusok F₃ utódai(2)

**Szelektált afila F₂ genotípusok F₃ utódai(3)

 Table 3: Distribution of pea genotypes with normal and semi-leafless leaf types in the F₃ pea generation

Crosses/strains(1), F₃* generation from F₂ genotypes with normal leaves(2), F₃** generation from F₂ genotypes with semi-leafless(3), Semi-leafless(4), Normal leaves(5), Average of population(6)

 Eltérő levéltípusú szárazborsó fajták F₂ nemzedékeinek magszín megoszlása

Kombináció(1)	Összes mag, db(2)	Magszínmegoszlás*, db(3)					Hasadási arány(4)	χ ²	P%	Táblázati érték(5)
		1	2	5	7	9				
af×Af**(6)										
Profi×Aurália	989	130	-	-	859	-	3:1	74,13	0,1	6,64
Delta×Aurália	3486	334	27	106	3019	-	1:1:14	96,05	0,1	13,8
Y228×Aurália	6902	512	216	-	6174	-	1:1:14	125,60	0,1	13,8
Af×af										
Aurália×Delta	2374	-	46	-	1152	1176	0,3:7,7:8	0,23	80	0,21
Aurália×Y228	5646	151	324	-	5171	-	1:1:14	128,63	0,1	13,8
Összesen(7)	19397	1127	613	106	16375	1176				
%	100	5,81	3,16	0,55	84,42	6,06				

*magszín kódok: 1=zöld, 2=zöldessárga, 5=világossárga, 7=középsárga, 9=narancssárga(3)

**af=afila, félig levélnélküli típus, Af=normál levélkés típus(6)

 Table 4: Distribution of seed colour in F₂ generation of dry peas with different leaves

Crosses(1), Total seeds number(2), Seed colour: 1=green, 2=yellow-green, 5=light-yellow, 7=medium-yellow, 9=orange(3), Ratio of segregation(4), Table values(5), af=afila-semi-leafless Af=normal leaves(6), Total(7)

5. táblázat

F₃ szárazborsó populációk genetikai analízise, a mag sötétnarancssárga szín örökölhetősége (h²_A)

Kombináció(1)	Varianscia komponensek(2)			K ₂ *(3)	F ₃ h ² _A (4)
	V _A	V _D	V _{E2}		
af×Af**(5)					
Profi×Aurália	0,199	3,589	0,273	1,44	0,17
Y228×Aurália	0,052	0,274	0,043	2,45	0,30
Delta×Aurália	0,091	3,788	0,072	0,94	0,13
Af×af					
Aurália×Y228	0,465	5,750	0,036	3,65	0,37
Aurália×Delta	1,699	7,280	0,055	1,20	0,63

*K= effektív faktorok száma(3)

**af=afila, félig levélnélküli típus, Af=normál levélkés típus(5)

Table 5: Genetic analysis of the F₃ generation to determine the heritability of orange colour in dry pea seeds

Crosses(1), Components of variance(2), *K₂ number of effective factors(3), Heritability of orange colour of seeds(4), **af= afila, semi-leafless, Af= normal leaves(5)

A szántóföldön nehéz elkülöníteni vizsgálni a vízhiány és magas hőmérséklet hatását, ezért magas hőmérséklettűrés mértékét a növényenkénti hüvelyszám és magszám változásával mértük.

Minden kombinációban, ahol az anyai szülő afila típusú volt (af×Af) az F₂ félig levélnélküli (af) törzsekben az egyedi hüvelyszám és magszám kisebb volt, mint a levélkés (Af) törzsekben (6. táblázat). A levélkés genotípusok átlagosan jobban termékenyültek (95,27 mag db/növény), de az ezermagtömeg kisebb (222 g) volt az afila típusú anyai szülő utódaiban, mint a levélkés×afila kombinációkban (85,84 mg db/növény). Levélkés anyai szülő alkalmazásakor viszont az F₂ levélkés genotípusok étkezési magminősége volt jobb (nagyobb magméret, mélyülő sárga szín).

A jó fogyasztói minőséget biztosító szelektált törzsek vízhiány-tűrőképességét közvetett módon az egyedi magtermés változással mértük. Függetlenül az anyai szülő típusától, az afila típusú F₃ és F₄ törzsekben az egyedi magtömeg nem változott aszályos években (7. táblázat). Az afila típusú anyai szülőtől származó levélkés törzsek, amennyiben a szelekció aszályos évben történt, az egyedi magtermésüket 19,62%-kal tudták növelni jó vízellátás alatt. Jóllehet az egyedi magtermés nem kimagaslóan nagy azokban a levélkés törzsekben, ahol az anyai szülő a levélkés Aurália fajta volt, a szelekció nagy magméretre, sötétnarancssárga színre hatékonyabb volt ebben a kombinációban.

6. táblázat

Terméskomponensek és a magszín minőség változékonysága F₂ száraz borsó törzsekben

Fajta/ Kombináció(1)	Levéltípus(2)	Hüvely/ Növény, db(3)	CV%(4)	Mag/ Növény, db(5)	CV% (4)	1000 db mag, g(6)	Magszínekód(7)	
							Átlag*(8)	s ² (9)
Profi	af	14,0	45,85	65,4	54,42	228	6,00	0,00
Delta	af	12,1	34,10	61,1	29,05	214	5,20	0,85
Y228	af	15,3	32,17	68,1	30,22	223	4,86	0,12
Aurália	Af	10,6	20,67	43,0	35,23	271	7,63	0,23
Af×Af								
Profi×Aurália	af	10,72	32,11	46,12	36,47	224	6,30	0,74
	Af	19,57	36,90	88,94	37,56	222	5,76	2,58
Delta×Aurália	af	13,61	36,46	60,45	34,30	211	5,60	1,10
	Af	19,96	41,23	103,62	42,39	204	5,79	1,27
Y228×Aurália	af	14,23	28,08	69,23	25,91	239	6,51	0,98
	Af	18,33	20,12	93,26	17,73	240	6,62	0,20
Átlag(10)	af	12,85		58,60		225	6,14	
	Af	19,29		95,27		222	6,06	
Af×af								
Aurália×Delta	af	11,52	30,48	48,48	17,57	227	4,99	0,45
	Af	18,07	48,08	75,57	48,48	253	6,51	0,80
Aurália×Y228	af	14,42	23,14	64,62	23,46	225	7,25	0,66
	Af	18,88	25,48	96,10	27,64	252	6,44	0,54
Átlag(10)	af	12,97		56,55		226	6,12	
	Af	18,48		85,84		253	6,48	

*Magszín kód: 5-világossárga, 7-középsárga, 9-sötétnarancssárga(8)

Table 6: Variation of yield component and seed colour in the F₂ generation of dry pea

Cultivars/crosses(1), Leaf type: af=afila, Af=normal leaves(2), Number of pods per plants(3), Coefficient of variation(4), Number of seeds per plants(5), Thousand seed weight(6), Seed colour values(7), Average of seed colour values(8), Variance(9), Average of strains(10)

Eltérő levéltípusú, szelektált F₃ és F₄ borsó törzsek termés stabilitása és mag minősége

Kombináció(1)	Év**(4)	Afila (af)(2)			ΔR(6)	Levélkés (Af)(3)			ΔR(6)
		2002	2003	Évek		2000	2001	Évek	
	Nemzedék(7)	F ₃	F ₄	átlaga(5)	%	F ₃	F ₄	átlaga(5)	%
af×Af									
Y228×Auralia	egyedi								
	magtömeg (g)(8)	10,25	9,69	9,97	-5,46	12,03	14,39	13,21	+19,62
	1000 db mag tömege								
	(g)(9)	250,00	265,00	257,50	+6,00	240,00	273,00	256,60	+13,75
	magszín*(10)	6,25	5,72	5,99	-8,48	5,84	7,67	6,76	+31,33
Af×af									
Auralia×Y228	egyedi magtömeg								
	(g)(8)	9,59	9,05	9,32	-5,63	12,86	12,02	12,44	-6,53
	1000 db mag tömege								
	(g)(9)	265,00	256,00	260,50	-3,40	252,00	293,00	272,50	+16,27
	magszín(10)	5,42	5,69	5,56	+4,98	7,05	7,63	7,34	+8,22

* Magszín kód: 5-világossárga, 7-középsárga, 9-sötétnarancssárga(10)
 ** 2000, 2002, és 2003 év aszályos, a 2001 év csapadékos a magfejlődés alatt(4)
 af=afila, félig levélnélküli típus(2), Af=normál levélkés típus(3)
 ΔR = nemzedékek között % eltérés(6)

Table 7: Yield stability and seed quality of selected F₃ and F₄ pea strains with different leaves

Crosses(1), Afila, semi-leafless type(2), Normal leaves(3), Years** 2000, 2002 and 2003 were dry and 2001 was wet during seed development(4), Average of years(5), Difference between the average of F₃ and F₄ generations(6), Generations(7), Seed weight of single plant(8), Thousand seed weight(9), Seed colour values; 5 light yellow, 7 medium yellow, 9 orange(10)

EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA

Feltételeztük, hogy a különböző éghajlati feltételek alatt nemesített afila típusú fajták jobban alkalmazkodnak az éghajlati változásokhoz, ezért holland és csehszlovák származású afila típusú takarmányborsó fajtákat normál levélkés német és csehszlovák származású sárga magvú fajtákkal kereszteztük. F₁ nemzedékben a lombos genotípusok levélkéinek csúcsán kacsok képződtek, amelyek aránya 15,4-75% között fordult elő, ha az anyanövény afila (Y228) volt. A levélkés anyától származó növényeknél ez az arány csupán 4,5% volt. Eredményeink összhangban vannak azzal a megállapítással, hogy egy recesszív mutáns gén (ins2), ami első páros levélke csúcsának behasadását okozza, a keresztezés során más génekkel (af, uni^{ta} t1^w) kombinálódva különböző fenotípus formákat eredményez (Berdnikov et al., 2000; Sharma, 2002). F₂ hasadási arányok csak az afila×levélkés kombinációkban mutatott 3:1 hasadási arányt, jelezve, hogy a levélnélküliséget egy recesszív gén határozza meg (2. táblázat), de jelentős eltérést tapasztaltunk a Mendeli arányoktól, ha az anyanövény levélkés volt. Hasonló eredményre jutott Zelenov (2000); levél nélküli fajták keresztezésével F₂ nemzedékben a 3:1 arányú hasadás bizonyos recesszív deficienciával volt jelen, amit a levélkés és „kameleon” formától nagyszámú levélnélküli növényig, a kacsos akáclevelű növények a szimpla akáclevelű típusok jelenléte idézett elő. Szerinte a változó „kameleon” levéltípust az Af-tac gén komplex idézi elő, és levélnélküli (af) genotípussal keresztezve az F₂ nemzedékben komplikált hasadási arányt eredményez. Valószínűsíti, hogy a domináns

allél (Af) az Af-tac komplex részleges szétbomlását és Tl ->tl irányú (acacia) mutációját okozza. Ez magyarázatot adhat eredményeinkre, miszerint azokban a levélkés F₃* törzsekben, ahol az anyai szülő afila típusú volt, és az afila típusok előfordulása 22-23%-os volt, a törzsön belül ez az arány a következő nemzedékben megmaradt. Ezeknél a levélkés törzseknél a szelekció során mindig számítani lehet afila típusok kihasadására. A levélkés, sok kaccsal rendelkező genotípusok szelekciója azokban az F₂ törzsekben hatékony, ahol az afila genotípusok előfordulási aránya nem haladja meg a 25%-ot.

A magszín-kódok alapján végzett sötétnarancssárga színre irányuló szelekció hatékonyságát csökkentette a zöldszínű magvak előfordulása. Weeden et al. (1998) kimutatta, hogy a félig levélnélküliségért felelős af allél a sziklevel zöld színéért felelős gén i alléljával azonos (I) linkage csoportban van. Ez magyarázatot ad eredményeinkre, miszerint a világossárga magvú afila (af) típusú anyai szülő F₂ utódaiban a zöldszínű magvak kihasadási aránya nagyobb volt, mint amikor anyai szülőként a narancssárga magvú, normál leveles fajtát használtuk.

Felmerül a kérdés, hogy az előállított kombinációkban a termésbiztonság növelésével egyidejűleg, a mag küllemi étkezési minőségének (szín, nagyság, alak, stb.) javítására afila vagy normál levelű törzsek között célszerű intenzív szelekciót végezni korai F₂ nemzedékben. Annak ellenére, hogy kevés szakirodalom áll rendelkezésre a borsó szárazságtűrésének értékelésére, a kutatók (Smiciklas et al., 1992; Fougereux et al., 1997) egyetértenek abban, hogy szántóföldön a magas hőmérséklet a

termékenyülést csökkenti, így a genotípusok magas hőmérséklettűrés mértékét a növényenkénti hüvelyszám és magszám változásával, míg a vízhiánytűrés mértékét az egyedi mag súlyvesztéssel lehet értékelni.

A nyugat-európai származású afile típusú fajták (Profi, Delta) és a német származású levélkés Auralia fajta keresztezéses populációk levélkés törzsek között a szelekció hatékonyabbnak bizonyult a nagy hőmérsékletingadozásokhoz jobban alkalmazkodó genotípusok kiválasztására, mint a közép-európai származású fajták utódaiban. Ebben az esetben a fogyasztói minőség (magszín intenzitás) csökkent (6. táblázat).

A cseh-szlovák származású Y228 afile és levélkés Aurália F₂ utódaiban, függetlenül az anyai szülőfajta típusától, a genetikai haladás lassú a termékenyülési képesség növelésében. Ez azt jelzi, hogy az afile törzsek között a szárazságtűrés fokozására, az intenzív szelekció ellenére, jelentős genetikai haladást nem érünk el. A szelekció eredményesnek bizonyult a magszín és mag sárgaszín intenzitás javításában.

A szelekció hatékonyságát vízhiánytűrés növelésére és egyidejűleg a termésminőség javítására úgy tűnik, az anyai szülőként alkalmazott fajták típusa befolyásolja.

A sötétnarancs magszínű genotípusok kiválasztására legkedvezőbb a szelekciós előrehaladás az *Af*×*af* kombinációkból származó F₃ törzsekben; a legkedvezőtlenebb a Profi × Auralia kombináció volt. Ez az eredmény azt is jelzi, hogy a szárazsághoz jobban alkalmazkodó, jó fogyasztói minőséget biztosító szárazborsó törzsek kiválasztására a levélkés törzsek között a szelekció hatékonyabb, mint az afile típusok között. Egyedi magtermés alapján végzett szelekció, a szárazságtűrés növelésére kedvező az Y228 afile anyai szülőfajtatól származó levélkés F₄ törzsekben, de a magszín és szín minőség javítására a genetikai haladás lassú.

Összefoglalva, az afile típusú fajták sikeres felhasználását jó fogyasztói minőségű, szárazságtűrő szárazborsó genotípusok előállítására, a fajták származása, az anyai szülő és a szelekció iránya határozza meg. Külső magtulajdonságok (méret, alak), továbbá sötétnarancssárga színre végzett szelekció hatékonyabbnak bizonyult a levélkés törzsek között, ha az anyai szülő domináns additív hatású alléleket hordozott. Az így szelektált F₄ törzsekben a mag küllemi minősége már genetikailag stabil, az egyedi magtermés szárazsághoz és jó vizellátásban kiegyenlített, de nem kimagaslóan nagy.

IRODALOM

- Berdnikov, V. A.-Gorel, F. L.-Bogdanova, V. S.-Kosterin, O. E. (2000): Interaction of a new leaf mutation *ins2* with *af*, *unit^{ac}* and *tl^w* Pisum Genetics, 32. 9-12.
- Csizmadia L. (1978): A borsó egyes kavantitativ tulajdonságainak genetikai vizsgálata. Kandidátusi értekezés. Újmajor-Gödöllő
- Csizmadia L. (1985): Zöldborsótermesztés. In: Velich I.-Csizmadia L. (szerk.) Zöldbab- és zöldborsótermesztés. Mezőgazdasági Kiadó Budapest. 224-244.
- Fougereux, J. A.-Dore, T.-Ladonne, F.-Fleury, A. (1997): Water stress during reproductive stages affects seed quality and yield of pea (*Pisum sativum* L.). Crop Sci. 37. 1247-1252.
- Goodwin, T. W. (1986): Metabolism, nutrition and function of carotenoids. Annu. Rev. Nutr. 6, 273-297.
- Gorel, F. L.-Rozov, S. M.-Berdnikov, V. A. (1997): The a-2 gene is linkagegroup III. Pisum Genetics. 29. 39.
- Helyes L.-Lugasi A.-Brandt S.-Varga Gy.-Hóvári J.-Barna É. (2002): A paradicsom likopin tartalmát befolyásoló tényezők értékelése, elemzése. Kertgazdaság 34. 2. 1-8.
- Martin, I.-Tenorio, J. L.-Ayerbe, L. (1994): Yield, Growth, and Water Use of Conventional and Semileafless Peas in Semiarid Environments. Crop Science 34. 1576-1583.
- McDonald, G. K. (2003): Competitiveness against grass weeds in field pea genotypes. Weed Research, 43. 1. 48-58.
- Mather, K.-Jinks, J. L. (1971): Biometrical genetics (2. ed.) Chapman and Hall. London
- Miller, P. R.-McConkey, B. G.-Clayton, G. W.-Brandt, S. A.-Staricka, J. A.-Johnston, A. M.-Lafond, G. P.-Schatz, B. G.-Baltensperger, D. D.-Neill, K. E. (2002): Pulse crop adaptation in the Northern Great Plains. Agron. J. 94. 261-272.
- Sharma, B. (2002): On the complex nature of *unifoliata* locus and discovery of tightly linked gene causing multipistillate „umelliferous” floral structure in pea (*Pisum sativum*). Pisum Genetics, Vol. 34. 32-34.
- Smiciklas, K. D.-Mullen, R. E.-Carlson, R. E.-Knapp, A. D. (1992): Soybean seed quality response to drought stress position. Agron. J. 84. 166-170.
- Swiecicki, W. K. (1998): Linkage in *Pisum*. V. New gene for orange cotyledons (*Orc*) and intergenic recombination between heteroalleles. Genetic. Polon. 30. 155-163.
- Swiecicki, W. K.-Wolko, B.-Weeden, N. F. (2000): Mendel's genetics, the Pisum genome and pea breeding. „100 years of Genetics for Plant Breeding” Mendel Centenary Congress, March 7-10. 2000 Brno, Czech Republic, Vorträge für Pflanzenzüchtung 48. 65-76.
- Weeden, N. F.-Ellis, T. H. N.-Timmermann-Vaughan, G. M.-Swiecicki, W. K.-Rozov, S. M.-Berdnikov, V. A. (1998): A consensus linkage map for *Pisum sativum*. Pisum Genetics 30. 1-4.
- Zelenov, A. N. (2000): Deviation from Mendel ratio in crosses of untraditional pea forms. Vorträge für Pflanzenzüchtung 47. 39. Poster Abstracts Mendel Centenary Congress Brno, Czech Republic