

EWA SAWICKA-SIENKIEWICZ

RENATA GALEK

DARIUSZ ZALEWSKI

JOLANTA AUGIEWICZ

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Porównanie mieszańców międzygatunkowych *Lupinus albus* (*sensu lato*) × *Lupinus mutabilis* pod względem wybranych cech ilościowych

Comparison of interspecific hybrids *Lupinus albus* (*sensu lato*) × *Lupinus mutabilis* in respect of some quantitative characters

Otrzymywanie mieszańców międzygatunkowych w rodzaju *Lupinus* należy do trudnych zadań. Przez wiele lat podejmowano próby przełamania barier krzyżowalności między gatunkami *L. albus* × *L. mutabilis*. W wyniku tych prac otrzymano niewiele nasion z niektórych kombinacji krzyżówkowych. Rośliny mieszańcowe rozmnożono i oceniono w kolejnych generacjach. Celem porównania mieszańców międzygatunkowych między sobą i gatunkami rodzicielskimi przeprowadzono ocenę materiału pod względem wybranych cech ilościowych. Materiał badawczy stanowiło dziewięć mieszańców na poziomie pokolenia F₆ i F₇ i dziesięć form rodzicielskich (*L. mutabilis* XM-5, LM-13, LM-34, Mut-45, MUT-136, MUT-628, *L. graecus*, *L. vavilovi*, *L. termis*, *L. albus* 'WAT'). Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji stwierdzono istotne zróżnicowanie badanych materiałów dla wszystkich analizowanych cech. Biorąc pod uwagę badane cechy sześć mieszańców — (*L. termis* × *L. mutabilis* Mut-628), (*L. termis* × *L. mutabilis* KW), (*L. vavilovi* × *L. mutabilis* Mut-45), (*L. vavilovi* × *L. mutabilis* LM-34), (*L. mutabilis* XM-5 × *L. vavilovi*), (*L. mutabilis* LM-13 × *L. graecus*) było zbliżonych do form matecznych a dwa mieszańce — (*L. albus* 'WAT' × *L. mutabilis* Mut-136), (*L. termis* × *L. mutabilis* XM-5) do form ojcowskich. Masą tysiąca nasion wyróżniły się cztery mieszańce (*L. termis* × *L. mutabilis* Mut. 628, *L. termis* × *L. mutabilis* KW, *L. vavilov* × *L. mutabilis* Mut-45, i *L. vavilovi* × *L. mutabilis* LM-34), które zaliczono do tej samej grupy jednorodnej o masie 1000 nasion powyżej 300 g.

Słowa kluczowe: *Lupinus*, mieszańce międzygatunkowe, cechy ilościowe

In the case of genus *Lupinus*, it is a very difficult task to obtain interspecific hybrids. Long-term studies were undertaken to overcome the crossability barriers between *L. albus* and *L. mutabilis*, and some seeds from certain cross combinations were yielded. The hybrid plants were propagated and the consecutive progenies evaluated. The interspecific hybrids and their parental species were compared in order to evaluate some quantitative characters. Nine interspecific hybrids of the generations F₆ and F₇ and ten parental forms (*Lupinus mutabilis*: XM-5, LM-13, LM-34, MUT-45, MUT-136, MUT-628; *Lupinus albus sensu lato*: *L. graecus*, *L. vavilovi*, *L. termis*, *L. albus* cv. WAT) were checked. Variance

analysis showed significant differences in the study materials with regard to all characters investigated. Six hybrids: (*L. termis* × Mut-628), (*L. termis* × KW-epigonal mutant of *L. mutabilis*), (*L. vavilovi* × Mut-45), (*L. vavilovi* × LM-34), (XM.5 × *L. vavilovi*), (LM-13 × *L. graecus*) were found similar to the female parents and two hybrids (*L. albus* cv. WAT × Mut-136), (*L. termis* × XM.5) resembled the male parents. Four interspecific hybrids (*L. termis* × Mut-628), (*L. termis* × KW), (*L. vavilovi* × Mut-45), (*L. vavilovi* × LM-34) were distinguishable by seed size — 1000 seeds weight exceeding 300g — and made a homogenous group determined with the use of the Duncan test.

Key words: *Lupinus*, interspecific hybrids, quantitative characters

WSTĘP

Otrzymywanie mieszańców międzygatunkowych w rodzaju *Lupinus* należy do trudnych zadań (Przyborowski, 2003; Sawicka-Sienkiewicz i Kadłubiec, 2001). W latach 1995–1996 udało się uzyskać nasiona w niektórych kombinacjach krzyżówkowych, *L. albus* (*sensu lato*) × *L. mutabilis* (Sawicka-Sienkiewicz i Brejda, 1999; Brejda, Sawicka-Sienkiewicz, 1997). Rośliny mieszańcowego pochodzenia rozmnażano i oceniano przez szereg kolejnych pokoleń (Augiewicz i in., 2001; Kalińska i in., 2001; Sawicka-Sienkiewicz i Augiewicz, 2004). Otrzymane mieszańce stanowią cenny materiał do badań genetycznych, mogą również być interesujące z hodowlanego punktu widzenia i przyczynić się do zwiększenia zmienności genetycznej łubinu andyjskiego. Południowo-amerykański uprawny gatunek — łubin andyjski (*Lupinus mutabilis* Sweet) uważany jest za najbardziej obiecujący ze względu na zawartość białka i tłuszczu w nasionach (>45% i ~20%) (Sawicka 1993). Z gatunków uprawianych w naszej strefie klimatycznej najwięcej białka zawierają nasiona łubinu żółtego (do 46%), najmniej wąskolistnego (35,6%) i białego (do 33,6%), a zawartość tłuszczu w nasionach waha się od 0,5 do 2%. Podejmowane dotychczas próby aklimatyzacji łubinu andyjskiego w Europie napotykają na trudności związane z długim okresem dojrzewania i niestabilnością plonowania (Sawicka-Sienkiewicz i Augiewicz, 2004).

Celem przeprowadzonych badań była ocena mieszańców międzygatunkowych pokolenia F₆ i F₇ na tle ich form rodzicielskich pod względem wybranych cech ilościowych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło dziewięć mieszańców międzygatunkowych na poziomie pokolenia F₆ i F₇ i dziesięć form rodzicielskich (*L. mutabilis* XM-5, LM-13, LM-34, Mut-45, MUT.136, MUT-628, *L. graecus*, *L. vavilovi*, *L. termis*, *L. albus* 'WAT'). Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach w latach 2001 i 2003, w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym AR we Wrocławiu gleby kompleksu dobrego żyniego (piasek lekki, płytki podścielony gliną) o klasie bonitacyjnej IVa. Przedplonem było żyto. Stosowano siew punktowy w rozstawie 20 × 20 cm, wysiewając po 33 nasiona na poletko. Pomiary wykonano na 10 losowo wybranych roślinach z każdego powtórzenia. Materiały wyszczególniono w tabeli 2. Formy rodzicielskie i mieszańce analizowano pod względem następujących cech: wysokości

roślin i pędu głównego (cm), liczby bocznych rozgałęzień I rzędu, liczby zebranych strąków z pędu głównego i z pędów bocznych (szt.) oraz masy tysiąca nasion (g). Wyniki opracowano statystycznie dla roku 2001 i 2003 roku. Analizę wariancji wykonano dla każdego roku badań osobno, a syntezę dwuletnich wyników przeprowadzono na średnich wartościach poszczególnych cech. W pierwszej kolejności zweryfikowano za pomocą testu F hipotezę o braku interakcji genotypy $\times$ lata, a wobec jej istotności wynik dla lat i genotypów testowano do średniego kwadratu interakcji. Jeżeli nie stwierdzono istotności interakcji pozostałe czynniki testowano do błędu. Średnie arytmetyczne pogrupowano w grupy jednorodne za pomocą testu Duncana. Przeprowadzono także analizę współczynników korelacji między badanymi cechami.

W sezonie wegetacyjnym 2001 stwierdzono znaczne odchylenia pod względem sum opadów w odniesieniu do wielolecia (1968–2002), za to przebieg temperatur był zbliżony do średnich z wielolecia. Duże nasilenie opadów odnotowano w lipcu (180 mm) oraz we wrześniu (96 mm), które przekroczyły o 100% średnie opady z wielolecia. Natomiast sezon wegetacyjny w 2003 roku charakteryzował się wysokimi średnimi temperaturami oraz małą ilością opadów. Średnie temperatury miesięcy zimowych były niższe od średniej z wielolecia 1968–2002, a średnie temperatury miesięcy wiosennych i letnich były wyższe. Średnia suma opadów w sezonie wegetacyjnym była o 114 mm niższa od średniej z lat 1968–2002. Szczególnie niskie opady zanotowano w czerwcu 33,1 mm i były one niższe o 40,3 mm od średniej z wielolecia.

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 przedstawiono wyniki dla sześciu cech u mieszańców międzygatunkowych i ich form rodzicielskich. Stwierdzono, na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji istotność interakcji genotypy $\times$ lata dla cech: wysokości pędu głównego i całej rośliny, liczby zebranych strąków z pędu głównego oraz masy tysiąca nasion. Do najbardziej stabilnych cech należała liczba bocznych rozgałęzień, gdyż nie odnotowano istotności interakcji genotypy $\times$ lata oraz wpływu roku badań. Badane genotypy różniły się istotnie pod względem wszystkich analizowanych cech (tab. 1).

Na podstawie ocenianych właściwości — sześć mieszańców (*L. termis* $\times$ *L. mutabilis* Mut-628, *L. termis* $\times$ *L. mutabilis* KW, *L. vavilovi* $\times$ *L. mutabilis* Mut-45, *L. vavilovi* $\times$ *L. mutabilis* LM-34, *L. mutabilis* XM.5 $\times$ *L. vavilovi*, *L. mutabilis* LM-13 $\times$ *L. graecus*) było podobnych do form matecznych a dwa (*L. albus* „WAT” $\times$ *L. mutabilis* MUT-136, *L. termis* $\times$ *L. mutabilis* XM.5) do form ojcowskich (tab. 2). Analizując wysokość pędu głównego wymienione wyżej mieszańce nie różniły się od form matecznych, gdyż na podstawie testu Duncana zakwalifikowano je do tych samych grup jednorodnych (tab. 2). Natomiast mieszańce (*L. albus* WAT $\times$ *L. mutabilis* MUT-136, *L. termis* $\times$ *L. mutabilis* XM.5), które przypominały formy ojcowskie osiągały wysokość pędu głównego analogiczną jak formy ojcowskie, a istotnie różniły się od formy matecznej. Dwa mieszańce (*L. mutabilis* LM-13 $\times$ *L. graecus*) pokolenia F₆ i F₇ pod względem wysokości całej rośliny, były zdecydowanie niższe od formy matecznej. Mieszaniec (*L. albus* „WAT” $\times$ *L. mutabilis* MUT-136)

charakteryzował się najwyższą liczbą bocznych rozgałęzień pierwszego rzędu (4,6), a u trzech mieszańców (*L. vavilovi* × *L. mutabilis* MUT-45, *L. termis* × *L. mutabilis* MUT-628, *L. termis* × *L. mutabilis* KW) stwierdzono niższą ich liczbę.

Tabela 1

Średnie kwadraty zmienności analizowanych cech
The mean squares of variability for the investigated traits

Źródło zmienności Source of variability	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Wysokość pędu głównego Main stem height	Wysokość całej rośliny Plant height	Liczba rozgałęzień I rzędu No. of branch stems 1 st order	Liczba zebranych strąków z pędu głównego No. of pods harvested from main stem	Liczba zebranych strąków z pędów bocznych Pods no. harvested from lateral branches	Masa 1000 nasion z pędu głównego 1000 seed weight of main stem
Lata Years	1	2125,52*	377,69*	0,05	0,002	76,36*	2922,87*
Genotypy Genotypes	18	1099,91*	961,48*	0,26*	7,35*	22,85*	16368,00*
Interakcja genotypy × lata Interaction genotypes × years	18	189,77*	263,97*	0,23	4,89*	12,16	932,44*
Błąd Error	36	40,08	57,96	0,13	2,90	8,85	486,71

* Istotne na poziomie $\alpha = 0,05$; Significant at level $\alpha = 0.05$

Największą liczbą strąków z rośliny (24–25) charakteryzowały się dwa mieszańce — (*L. vavilovi* × *L. mutabilis* MUT-45) oraz (*L. mutabilis* LM-13 × *L. graecus* F₆ i F₇), przy czym u pierwszego mieszańca 70% strąków zebrano z pędów bocznych, a u drugiego 40–50% zebranych strąków pochodziło z pędu głównego. Mieszańce (*L. mutabilis* LM-13 × *L. graecus*) pokolenia F₆ i F₇, (*L. mutabilis* XM.5 × *L. vavilovi* oraz (*L. termis* × *L. mutabilis* XM.5) były istotnie różne od form matecznych pod względem liczby zebranych strąków z pędów bocznych.

Cztery mieszańce (*L. termis* × *L. mutabilis* Mut-628, *L. termis* × *L. mutabilis* KW, *L. vavilovi* × *L. mutabilis* Mut-45, i *L. vavilovi* × *L. mutabilis* LM-34), które zaliczono do tej samej grupy jednorodnej pod względem masy 1000 nasion, charakteryzowały się większymi nasionami powyżej 300 g (tab. 2).

Sześć analizowanych międzygatunkowych mieszańców wykazywało podobieństwo do form matecznych, a dwa do form ojcowskich, jednak mieszańce te pomimo podobieństwa różniły się istotnie od obu rodzicielskich gatunków. Wcześniejsza ocena mieszańców przeprowadzona w 2000 roku przez Augiewicz i wsp. (2001) wykazała, że takie mieszańce jak: (*L. termis* × *L. mutabilis* MUT-45, *L. termis* × *L. mutabilis* LM-13, *L. vavilovi* × MUT-45, *L. mutabilis* XM.5 × *L. vavilovi*, *L. mutabilis* LM-13 × *L. graecus*) były podobne do form matecznych pod względem: wysokości całej rośliny i pędu głównego, liczby bocznych rozgałęzień oraz masy tysiąca nasion, ale jednocześnie różniły się od nich. Podobne wyniki otrzymano w dalszych pokoleniach badanych w latach 2001 i 2003. Zarówno w doświadczeniu Augiewicz i wsp. (2001) mieszańce (*L. termis* × *L. mutabilis*

XM.5) oraz (*L. albus* Wat × *L. mutabilis* MUT-136) jak i w naszym doświadczeniu, odznaczały się podobieństwem do formy ojcowskiej, analogicznie jak w roku 2001 i 2003.

Tabela 2

Średnie wartości cech badanych genotypów
The mean values of some traits for the investigated genotypes

Genotypy Genotypes	Wysokość pędu głównego Main stem height (cm)	Wysokość całej rośliny Plant height (cm)	Liczba rozgałęzień I rzędu No. of branch stems 1st order	Liczba zebranych strąków z pędu głównego No. of pods harvested from main stem	Liczba zebranych strąków z pędów bocznych Pods no. harvested from lateral branches	Masa 1000 nasion z pędu głównego 1000 seed weight of main stem (g)
<i>L. mutabilis</i> XM.5	73,52 e	96,70 bcd	4,00 abcd	9,40 abc	12,92 abcde	124,78 c
<i>L. mutabilis</i> LM-13	96,70 a	117,72 a	4,13 abcd	9,27 abc	8,60 cdef	127,45 c
<i>L. mutabilis</i> LM-34	83,83 abcde	109,50 ab	4,02 abcd	8,40 abc	10,82 bcdef	144,40 c
<i>L. mutabilis</i> Mut-45	78,05 cde	102,60 abc	3,58 bcd	10,23 abc	6,85 def	115,63 c
<i>L. mutabilis</i> MUT-136	88,15 abcd	105,55 abc	3,77 abcd	9,87 abc	9,12 cdef	141,35 c
<i>L. mutabilis</i> MUT-628	89,15 abc	111,15 ab	3,65 bcd	11,55 ab	9,85 bcdef	125,50 c
<i>L. graecus</i>	50,92 f	65,77 fg	4,30 ab	7,50 cd	12,73 abcde	317,40 a
<i>L. vavilovi</i>	32,07 g	50,37 g	3,57 bcd	6,72 cd	16,12 ab	234,88 b
<i>L. termis</i>	38,95 fg	75,12 ef	3,43 cd	6,55 cd	12,05 abcde	319,03 a
<i>L. albus</i> 'WAT'	43,62 fg	84,25 de	3,68 bcd	8,15 abcd	13,70 abcd	295,77 a
<i>L. mutabilis</i> LM-13 × <i>L. graecus</i> F ₆	94,40 ab	100,25 abcd	3,93 abcd	10,15 abc	14,85 ab	123,90 c
<i>L. mutabilis</i> LM-13 × <i>L. graecus</i> F ₇	93,00 ab	102,40 abc	3,52 bcd	12,10 a	11,83 abcde	126,22 c
<i>L. mutabilis</i> XM.5 × <i>L. vavilovi</i> F ₇	81,50 bcde	88,75 cde	4,05 abcd	8,75 abc	6,80 ef	134,58 c
<i>L. vavilovi</i> × <i>L.</i> <i>mutabilis</i> LM-34 F ₇	35,52 g	49,77 g	3,32 d	7,75 bcd	12,62 abcde	307,87 a
<i>L. termis</i> × <i>L. mutabilis</i> XM-5 F ₇	74,60 de	102,45 abc	4,15 abcd	4,25 d	3,95 f	148,74 c
<i>L. termis</i> × <i>L. mutabilis</i> KW F ₆	40,90 fg	62,25 fg	3,37 cd	6,30 cd	12,50 abcde	330,68 a
<i>L. termis</i> × <i>L. mutabilis</i> MUT-628 F ₇	42,92 fg	78,95 ef	3,28 d	7,28 cd	14,05 abc	330,96 a
<i>L. vavilovi</i> × <i>L.</i> <i>mutabilis</i> MUT-45 F ₇	44,17 fg	64,87 fg	3,48 cd	7,73 bcd	17,62 a	302,66 a
<i>L. albus</i> 'WAT' × <i>L.</i> <i>mutabilis</i> MUT-136 F ₆	85,75 abcde	116,00 a	4,55 a	7,30 cd	11,90 abcde	131,65 c
Średnia ogólna Mean value	66,72	88,65	3,78	8,38	11,52	204,39
V%	35%	25%	10%	23%	29%	44%
NIR	12,79	15,38	0,73	3,44	6,00	44,60
LSD						

a,b,c,d — Grupy jednorodne na podstawie testu Duncana

abcd ... — Homogenous groups based on Duncan's test

Stwierdzono istotną dodatnią zależność między wysokością pędu głównego a wysokością całej rośliny, liczbą rozgałęzień bocznych I rzędu, liczbą strąków z pędu głównego oraz między liczbą zebranych strąków z pędów bocznych a masą 1000 nasion (tab. 3).

Tabela 3

Współczynniki korelacji między analizowanymi cechami form rodzicielskich i mieszańców międzygatunkowych łubinu
The correlation coefficients between the investigated traits of parental forms and interspecific hybrids of lupin

Cechy Traits	Wysokość pędu głównego Main stem height	Wysokość całej rośliny Plant height	Liczba rozgałęzień I rzędu No. of branch stems 1 st order	Liczba zebranych strąków z pędu głównego No. of harvested pods from main stem	Liczba zebranych strąków z pędów bocznych Pods no. harvested from lateral branches
Wysokość całej rośliny Plant height	0,91**				
Liczba rozgałęzień I rzędu No. of branch stems 1 st order	0,55*	0,54*			
Liczba zebranych strąków z pędu głównego No. of harvested pods from main stem	0,62**	0,47*	-0,06		
Liczba zebranych strąków z pędu bocznego Pods no. harvested from lateral branches	-0,53*	-0,56*	-0,36	-0,02	
Masa 1000 nasion z pędu głównego 1000 seed weight of main stem	-0,92**	-0,83**	-0,52*	-0,55*	0,54*

* Istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ lub ** $\alpha = 0,01$ * Significant at level $\alpha = 0.05$ or ** $\alpha = 0.01$

Natomiast im niższym wzrostem charakteryzowały się rośliny tym wyższa była, masa 1000 nasion, zależność mogła być związana z ograniczoną liczbą rozgałęzień I rzędu u roślin, oraz liczbą zebranych strąków z pędu głównego (tab. 3).

WNIOSKI

1. U mieszańców międzygatunkowych i ich form rodzicielskich stwierdzono istotny wpływ warunków środowiska na analizowane cechy (wysokość pędu głównego, wysokość roślin, liczba strąków z pędu głównego, liczba strąków z pędów bocznych, masa 1000 nasion) z wyjątkiem liczby bocznych rozgałęzień
2. Formy rodzicielskie i osiem mieszańców międzygatunkowych pod względem analizowanych cech były istotnie zróżnicowane. Sześć mieszańców (*L. termis* × *L. mutabilis* Mut-628), (*L. termis* × *L. mutabilis* KW), (*L. vavilovi* × *L. mutabilis* Mut-45), (*L. vavilovi* × *L. mutabilis* LM-34), (*L. mutabilis* XM.5 × *L. vavilovi*), (*L. mutabilis* LM-13 × *L. graecus*) wykazywało podobieństwo do form matecznych, natomiast dwa mieszańce — (*L. albus* WAT × *L. mutabilis* Mut-136), (*L. termis* × *L. mutabilis* XM.5) nie różniło się istotnie od form ojcowskich.

LITERATURA

Augiewicz J., Sawicka-Sienkiewicz E., Kępa E. 2001. Wstępna ocena materiałów pochodzących ze skrzyżowania łubinu andyjskiego (*Lupinus mutabilis* Sweet) z przedstawicielami sekcji *Albus*. Część I. Analiza morfologiczna. Zesz. Naukowe AR we Wrocławiu. Rolnictwo LXXXII, Nr 427: 19 — 30.

- Brejdak E., Sawicka-Sienkiewicz E. 1997. Otrzymywanie mieszańców międzygatunkowych z *L. mutabilis* Sweet. Materiały Konferencyjne Łubin we Współczesnym Rolnictwie „Łubin — Białko — Ekologia” Olsztyn Kortowo: 65 — 72.
- Kalińska H., Augiewicz J., Sawicka-Sienkiewicz E. 2001. Wstępna ocena materiałów pochodzących ze skrzyżowania łubinu andyjskiego (*Lupinus mutabilis* Sweet) z przedstawicielami sekcji Albus. Część II. Analiza cytologiczna. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Rolnictwo LXXXII, Nr 427: 63 — 72.
- Przyborowski J. A. 2003. Pre- i postzygotyczne bariery przy krzyżowaniu wybranych gatunków z rodzaju *Lupinus*. Rozprawy i Monografie, 78. UWM Olsztyn: 1 — 58.
- Sawicka E. J. 1993. Indukowane mutacje u łubinu andyjskiego (*Lupinus mutabilis* Sweet). Prace Ogrodu Botanicznego PAN. Monografie i Rozprawy, Z.3: 1 — 112.
- Sawicka-Sienkiewicz E., Augiewicz J. 2004. Cytogenetics studies of Andean lupin. In.: van Santen and G.D. Hill (eds). Wild and Cultivated Lupins from the Tropics to the Poles. Proc. Int. Lupin Conf., Laugarvatn, Iceland: 79 — 85.
- Sawicka-Sienkiewicz E. J., Brejdak E. 1999. Interspecific hybrids of Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet). Proc. VIII Int. Lupin Conf. Asilomar, USA: 357 — 360.
- Sawicka-Sienkiewicz E.J., Kadłubiec W. 2001. Aktualny stan badań nad łubinem andyjskim (*Lupinus mutabilis* Sweet). Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu. Rolnictwo LXXXII, NR 427: 115 — 129.