

MARCIN PRACZYK**GRAŻYNA SILSKA**

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu

Analiza zmienności i sposobu dziedziczenia komponentów struktury plonu lnu włóknistego (*Linum usitatissimum* L.)

Variability and inheritance of yield components in fiber flax (*Linum usitatissimum* L.)

Przeprowadzono ocenę zmienności oraz analizę genetyczną sześciu cech ilościowych włóknistej formy lnu uprawnego (*Linum usitatissimum* L.) mających istotny wpływ na plonowanie. Analizowano: długość techniczną, ogólną zawartość włókna w łodydze, plon słomy, liczbę torebek nasiennych, masę 1000 nasion oraz plon nasion. Materiał roślinny stanowiły cztery odmiany rodzicielskie oraz sześć mieszańców pokoleń F_1 i F_2 , otrzymane w wyniku krzyżowania form rodzicielskich w układzie diallelicznym, według drugiego modelu Griffinga. Analizę zmienności badanych cech przeprowadzono za pomocą jednowymiarowych metod statystycznych (średnia, współczynnik zmienności). Analiza genetyczna obejmowała wybrane parametry genetyczne Mather'a (ocena addytywnego bądź nieaddytywnego działania genów, średni stopień dominacji) oraz ocenę odziedziczalności cech w szerokim i wąskim sensie. Obserwowano małą zmienność wszystkich analizowanych cech ilościowych, zarówno w pokoleniu F_1 , jak i F_2 . Silnie zróżnicowana była natomiast odziedziczalność badanych cech, tak w sensie szerokim, jak i wąskim. Dla zdecydowanej większości cech odnotowano również addytywny sposób dziedziczenia. Przewagę nieaddytywnego działania genów obserwowano tylko dla ogólnej masy nasion. Świadczy to o możliwości prowadzenia efektywnej selekcji pod kątem większości cech użytkowych lnu włóknistego, w segregującym pokoleniu mieszańców F_2 .

Słowa kluczowe: cechy ilościowe, dziedziczenie, len włóknisty

Evaluation of variability and genetic analysis of six quantitative traits of fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) was conducted. Analyses included: seed yield, 1000 seeds weight, seed capsules number, straw yield, technical length and total fiber content. Plant materials were: four parental flax varieties and six hybrids (F_1 and F_2) obtained by diallelic crossing of parental forms (second model of Griffing). Variability analysis was performed by one-dimensional statistical methods (mean, variability coefficient). Genetic analysis consisted of selected Mather's genetic parameters (additive and non-additive gene action assessment, the average dominance degree) as well as heritability evaluation in narrow and broad sense. Low diversity of all tested traits (in F_1 and F_2 generation) was observed, but differences in heritability (in narrow and broad sense) were large. For the vast majority

of traits an additive inheritance has been reported. The domination of non-additive gene action was observed only for seed yield. This shows the ability to conduct an effective selection for most of functional traits of the fiber flax in segregating generation of hybrids (F₂).

Key words: fiber flax, inheritance, quantitative traits

WSTĘP

Len uprawny (*Linum usitatissimum* L.), zarówno typ użytkowy włóknisty, jak i oleisty, jest gatunkiem uprawianym na małym obszarze. Ogólna powierzchnia upraw lnu włóknistego w roku 2009, wynosiła zaledwie 344996 ha (Faostat, 2009). Główną przyczyną takiego stanu rzeczy jest zastąpienie włókna lnianego bawełnianym i syntetycznym oraz wysoki koszt wyrobów z włókien naturalnych. Len włóknisty uprawiany jest głównie w Chinach (91000 ha), we Francji (76000 ha), na Białorusi (64785 ha) i w Rosji (63600 ha) (Faostat, 2009). W Polsce powierzchnia uprawy uległa zmniejszeniu ze 100 000 ha na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku, do 2 000 hektarów w roku 2009 (Faostat, 2009). Nowe odmiany lnu muszą stanowić podstawę do uzyskania wymiernego zysku ekonomicznego. Dawniej, głównym kryterium decydującym o opłacalności uprawy lnu włóknistego był wysoki plon włókna (Trouve, 1996; Van den Over i in., 2003). Obecnie, najbardziej opłacalna jest uprawa tzw. odmian „dwucelowych” (ang. dual purpose varieties), które łączą w sobie wysoki plon słomy, włókna i nasion (Foster i in., 1997, 1998, 2000; Bacelis, 2001).

Do najważniejszych kierunków hodowli lnu włóknistego należą:

- wysoki plon słomy,
- wysoki plon włókna, o dobrej jakości,
- możliwie wysoki plon nasion,
- odporność na choroby grzybowe (głównie rdzę i fuzariozę).

O wartości gospodarczej odmian lnu włóknistego decydują przede wszystkim: plon słomy i nasion oraz zawartość i jakość włókna (Fouil 1989). Wzrost wartości tych cech można osiągnąć poprzez poprawę właściwości ich bezpośrednich komponentów, do których zalicza się: długość ogólną i techniczną roślin, średnicę łodyg, wysmukłość roślin, liczbę rozgałęzień, liczbę torebek nasiennych oraz masę 1000 nasion. Wszystkie cechy lnu włóknistego o istotnym znaczeniu gospodarczym mają charakter ilościowy. Przy klasycznej analizie dziedziczenia cech ilościowych stosowane są metody biometryczne i statystyczne, za pomocą których określana jest zmienność genetyczna i środowiskowa. Zmienność genetyczna przypisywana jest specyficznej działalności poligenów oraz interakcjom pomiędzy poszczególnymi *loci* (epistaza). Klasyczna analiza genetyczna cech ilościowych polega na określeniu sposobu dziedziczenia cech (np. addytywność, dominacja) oraz udziału czynników środowiskowych (odziedziczalność). Celem prezentowanych badań było określenie zmienności i sposobu dziedziczenia sześciu cech ilościowych lnu włóknistego o istotnym znaczeniu gospodarczym.

MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny stanowiły cztery odmiany rodzicielskie oraz sześć mieszańców pokoleń F_1 i F_2 , otrzymane w wyniku krzyżowania form rodzicielskich w układzie diallelicznym, według drugiego modelu Griffinga (1956) (tab. 1).

Tabela 1

Wykaz badanych genotypów lnu włóknistego
Examined fiber flax genotypes

Genotyp — Genotype	Liczba porządkowa — Number
Atena	1
Kastycai	2
Vega	3
Escalina	4
Atena × Kastycai	5
Atena × Vega	6
Atena × Escalina	7
Kastycai × Vega	8
Kastycai × Escalina	9
Vega × Escalina	10

Odmiany rodzicielskie wybrano spośród 50 genotypów lnu włóknistego, których analizę zróżnicowania pod względem prezentowanych cech ilościowych przeprowadzono za pomocą odległości Mahalanobisa. Do doświadczeń wybrano odmiany o największym zróżnicowaniu.

Krzyżowanie odmian prowadzono we wczesnych godzinach rannych w hali vegetacyjnej Zakładu Doświadczalnego Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Pętkowie (woj. wielkopolskie). Kwiaty męskie kastrowano mechanicznie, usuwając działki kielicha, płatki korony i pylniki. Następnie zapyłano je pyłkiem form ojcowskich. Kastrację kwiatów męskich prowadzono w stadium „wczesnego pąka”. Po dwóch dniach od wykonania krzyżowania sprawdzano skuteczność zapylenia na podstawie obserwacji rozwijającej się zalążni słupka. W przypadku udanych krzyżowań wykształciły się torebki nasienne, zawierające od 3 do 10 nasion.

Doświadczenie z formami rodzicielskimi i mieszańcami pokolenia F_1 przeprowadzono w 2009 roku, w Zakładzie Doświadczalnym IWNiRZ w Pętkowie. Ze względu na małą liczbę nasion pokolenia F_1 , doświadczenie przeprowadzono w wazonach wysiewając 30 nasion w wazonie z każdego obiektu. Dziesięć badanych genotypów lnu wysiano w czterech powtórzeniach. Doświadczenie z formami rodzicielskimi i mieszańcami pokolenia F_2 przeprowadzono na poletkach doświadczalnych, zlokalizowanych również w Pętkowie. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach na glebie płowej, klasy IV B, w stanowisku po burakach cukrowych. Nasiona wysiano punktowo (co 5 cm) na poletkach 4 — rzędowych o długości rzędów 140 cm i rozstawie 15 cm.

W obu powyżej scharakteryzowanych doświadczeniach, badane genotypy lnu analizowano pod względem następujących cech ilościowych:

- Długość techniczna — długość techniczną roślin określono mierząc rośliny od górnej krawędzi szyjki korzeniowej do nasady najniższego rozgałęzienia wiechy;
- Zawartość włókna w łodydze — zawartość włókna ogółem określono według normy PN-91/P-04684, stosując roszenie biologiczne. Pomiary prowadzono na próbie 30 roślin w każdym powtórzeniu. Wynik stanowił średnią z 3 powtórzeń. Łodygi analizowanych roślin ważono i umieszczano w wodzie o temperaturze 32°C. W wyniku procesu roszenia nastąpiło oddzielenie pęczków włókna od tkanki drewnika. Włókno z łodyg wydobywano ręcznie w kąpieli wodnej. Następnie włókno wysuszono i pozbawiono paździerzy. Oczyszczone w ten sposób włókno ważono i określano jego procentową zawartość według wzoru;

$$X = \frac{A(100 + C)}{B}$$

A — masa wysuszonego włókna (g),

B — wilgotność słomy (%),

C — masa początkowa słomy (g);

- Masa słomy z poletka/wazonu — masa roślin po odziarnieniu i usunięciu korzeni;
- Liczba torebek nasiennych na roślinie;
- Masa 1000 nasion (MTN) — za MTN przyjęto średnią z 3 prób liczących po 100 nasion z każdego obiektu;
- Masa nasion z poletka/wazonu.

Wszystkie badane cechy określono na próbach 30 losowo wybranych roślin z każdego poletka lub wazonu. Po wykonaniu pomiarów biometrycznych przeprowadzono ocenę zmienności odmian pod względem analizowanych cech. Zmienność obliczono za pomocą jednowymiarowych metod statystycznych (średnia, współczynnik zmienności). Analiza dziedziczenia obejmowała wybrane parametry genetyczne Mathera (Mather i Jinks, 1982) oraz odziedziczalność badanych cech (współczynniki odziedziczalności) w szerokim i wąskim sensie. Do obliczeń statystycznych wykorzystano program DGH 2.

WYNIKI

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotność różnic pomiędzy badanymi genotypami lnu włóknistego pod względem wszystkich badanych cech, zarówno w pokoleniu F_1 jak i F_2 (wyniki nie prezentowane).

Największą długością techniczną w pokoleniu F_1 charakteryzowały się odmiany Vega i Escalina, natomiast najmniejszą kombinacja Atena x Escalina (tab. 2). W pokoleniu F_2 największą długość techniczną obserwowano w kombinacji Kastycal x Escalina, natomiast największą zawartość włókna ogółem, w przypadku odmiany Escalina, która charakteryzowała się wysoką zawartością włókna również w doświadczeniu przeprowadzonych w hali wegetacyjnej (pokolenie F_1). Największą masą słomy w pokoleniu F_1 charakteryzowała się odmiana Vega, natomiast w pokoleniu F_2 kombinacje: Atena x Vega, Kastycal x Vega i Kastycal x Escalina (tab. 2). Największą liczbą torebek nasiennych w doświadczeniu z pokoleniem F_1 charakteryzowała się kombinacja Vega x Escalina, natomiast w doświadczeniu z pokoleniem F_2 odmiana Escalina (tab. 2).

Tabela 2

Średnie wartości badanych cech ilościowych lnu włóknistego w doświadczeniach z odmianami rodzicielskimi oraz mieszańcami pokoleń F₁ i F₂ (Pętkowo 2009–2010)
Average values of tested quantitative traits of fiber flax in experiments with parental varieties and F₁ and F₂ hybrids

Genotyp Genotype	Długość techniczna (cm) Technical length		Zawartość włókna (%) Total fiber content		Masa słomy (g) Straw yield		Liczba torebek nasiennych na roślinie Number of bolls		Masa 1000 nasion (g) 1000 seeds weight		Ogólna masa nasion (g) Seed yield	
	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂
Atena	86,4	56,1	22,5	22,0	57,0	1700	4,0	17,6	4,5	4,1	7,1	4,5
Kastycai	84,9	57,1	20,4	21,4	53,0	1600	5,4	20,8	3,4	3,1	6,5	4,7
Vega	94,2	58,2	20,8	16,3	69,0	1700	6,2	24,5	4,1	4,1	9,8	6,0
Escalina	89,3	61,8	23,5	22,4	49,0	1500	2,6	16,9	3,5	3,5	2,5	4,1
Atena × Kastycai	85,9	57,9	19,7	17,4	51,9	2100	4,3	17,8	3,9	3,9	7,2	5,2
Atena × Vega	88,7	57,5	24,2	17,7	58,0	2200	5,1	21,0	4,3	4,8	8,4	5,8
Atena × Escalina	74,0	60,5	19,5	17,6	46,0	2000	5,7	15,9	4,3	3,7	9,4	4,5
Kastycai × Vega	86,2	59,5	18,3	16,6	60,0	2200	5,7	20,5	3,7	4,0	8,2	5,8
Kastycai × Escalina	77,2	62,2	18,6	16,8	48,0	2200	6,2	17,7	3,7	3,7	7,2	5,1
Vega × Escalina	81,7	61,3	16,8	15,5	53,0	2100	6,4	20,6	3,9	3,7	9,3	5,9

W doświadczeniu z odmianami rodzicielskimi i mieszańcami pokolenia F₁ największą masę 1000 nasion stwierdzono dla polskiej odmiany Atena, natomiast w doświadczeniu z formami rodzicielskimi i mieszańcami pokolenia F₂ — dla kombinacji Atena × Vega. Ogólna masa nasion w obu przeprowadzonych doświadczeniach była największa w przypadku odmiany Vega (tab. 2).

Obserwowano małą zmienność wszystkich badanych cech ilościowych (tab. 3).

Tabela 3

Zmienność sześciu cech ilościowych lnu włóknistego w doświadczeniu z odmianami rodzicielskimi i mieszańcami pokoleń F₁/F₂ (Pętkowo 2009–2010)
Variability of six quantitative traits of fiber flax in experiment with parental varieties and F₁/F₂ hybrids (Pętkowo, 2009–2010)

Cecha Trait	Średnia Mean	Współczynnik zmienności (%) Variability coefficient (%)	Średnia Mean	Współczynnik zmienności (%) Variability coefficient (%)
	F ₁ (hala wegetacyjna) — Growth chamber		F ₂ (pole) — field	
Długość techniczna (cm) Technical length	84,8	6,95	59,2	3,55
Zawartość włókna (%) Total fiber content	20,4	11,8	18,4	14,1
Masa słomy (g) Straw yield	54,5	12,5	1930	14,2
Liczba torebek nasiennych Number of bolls	5,2	23,1	19,3	13,5
Masa 1000 nasion (g) 1000 seeds weight	3,9	10,2	3,9	10,2
Masa nasion (g) Seed yield	7,6	27,6	5,2	13,5

W doświadczeniu z mieszańcami pokolenia F_1 największą zmienność analizowanych cech stwierdzono dla masy nasion oraz liczby torebek nasiennych. Najmniejszą zmiennością charakteryzowała się długość techniczna. W doświadczeniu z mieszańcami pokolenia F_2 natomiast największą zmienność obserwowano w przypadku masy słomy i zawartości włókna, natomiast najmniejszą ponownie w przypadku długości technicznej (tab. 3).

W pokoleniu F_1 , zdecydowana większość badanych cech (pięć z sześciu) charakteryzowała się addytywnym sposobem dziedziczenia. Tylko ogólna zawartość włókna wykazywała przewagę nieaddytywnego sposobu dziedziczenia. Największą przewagę addytywnego dziedziczenia odnotowano dla długości technicznej (tab. 4). W pokoleniu F_2 również odnotowano przewagę addytywnego sposobu dziedziczenia dla pięciu analizowanych cech z tym, że nieaddytywność wystąpiła w przypadku ogólnej masy nasion. Największą przewagę addytywnego sposobu dziedziczenia stwierdzono dla zawartości włókna (tab. 4).

Tabela 4

Parametry genetyczne Mathera dla 6 analizowanych cech ilościowych w pokoleniach F_1 i F_2
Mather's genetic parameters for six tested traits in F_1 and F_2 generation

Cecha Trait	F_1 (hala wegetacyjna) F_1 (Growth chamber)		F_2 (pole) F_2 (field)	
	D	H_1	D	H_1
Długość techniczna Technical length	81,5	11,1	9,6	7,2
Zawartość włókna Total fiber content	1,3	14,6	9,4	3,1
Masa słomy Straw yield	68,7	66,0	0,05	0,02
Liczba torebek nasiennych Number of bolls	1,9	0,3	6,7	3,4
Masa 1000 nasion 1000 seeds weight	0,16	0,15	0,1	0,05
Ogólna masa nasion Seed yield	5,8	4,7	0,2	0,7

D — addytywność; additive effect

H_1 — nieaddytywność; non-additive effect

W pokoleniu F_1 obserwowano wysoką odziedziczalność w szerokim sensie dla wszystkich badanych cech ilościowych. Współczynniki odziedziczalności zawierały się w przedziale 0,79–0,99. Najwyższą odziedziczalnością w szerokim sensie charakteryzowała się masa słomy (tab. 5). Współczynniki odziedziczalności w wąskim sensie dla badanych cech były wyraźnie niższe i zawierały się w przedziale 0,22–0,89. Najwyższą odziedziczalność w wąskim sensie odnotowano dla długości technicznej (tab. 5).

W pokoleniu F_2 obserwowano niższą odziedziczalność badanych cech ilościowych niż w pokoleniu F_1 . Współczynniki odziedziczalności w szerokim sensie zawierały się w przedziale 0,31–0,82 i 0,19–0,60, w wąskim sensie. Najwyższą odziedziczalnością zarówno w szerokim, jak i wąskim sensie charakteryzowała się długość techniczna (tab. 5).

Odziedziczalność 6 badanych cech ilościowych lnu w pokoleniach F₁ i F₂
Heritability of six tested traits in F₁ and F₂ generation

Cecha Trait	Odziedziczalność cech w pokoleniu F ₁ (hala wegetacyjna) Heritability of tested traits in F ₁ (growth chamber)		Odziedziczalność cech w pokoleniu F ₂ (pole) Heritability of tested traits in F ₂ (field)	
	w szerokim sensie in broad sense	w wąskim sensie in narrow sense	w szerokim sensie in broad sense	w wąskim sensie in narrow sense
Długość techniczna Technical length	0,94	0,89	0,82	0,60
Zawartość włókna Total fiber content	0,94	0,22	0,78	0,59
Masa słomy Straw yield	0,99	0,73	0,31	0,24
Liczba torebek nasiennych Number of bolls	0,79	0,71	0,49	0,36
Masa 1000 nasion 1000 seeds weight	0,97	0,68	0,63	0,48
Ogólna masa nasion Seed yield	0,96	0,56	0,57	0,19

DYSKUSJA

Prezentowane badania dotyczyły analizy sześciu cech użytkowych lnu, istotnych pod względem hodowli odmian, łączących w sobie wysoki plon włókna i nasion. Uprawa tychże odmian jest zdecydowanie bardziej opłacalna, przez co stanowi obecnie ważny kierunek prac hodowlanych (Scheer-Treibel i in., 1997; Vasile, 2008). Wielu autorów zwraca uwagę na korelacje pomiędzy cechami składowymi (długość techniczna, plon słomy, liczba torebek nasiennych, masa 1000 nasion) a finalnymi cechami użytkowymi (zawartość włókna, plon nasion), decydującymi bezpośrednio o ekonomicznych korzyściach uprawy lnu. Doświadczenia omawiane w niniejszej pracy były prowadzone w różnych warunkach siedliskowych i agrotechnicznych. Doświadczenie z formami rodzicielskimi i mieszańcami pokolenia F₁ przeprowadzono w hali wegetacyjnej. Spowodowane było to otrzymaniem niewielkiej liczby nasion po krzyżowaniu odmian rodzicielskich. Liczba nasion otrzymywanych po krzyżowaniu form rodzicielskich jest w przypadku lnu bardzo mała, co wynika z biologii gatunku (Murty i in., 1967). W dodatku, niekorzystne warunki pogodowe, panujące w okresie krzyżowania roślin (wysoka temperatura powietrza) były powodem niższej niż zwykle skuteczności krzyżowania (efektywność krzyżowania wynosiła 74%). Liczba nasion otrzymana w wyniku samozapylenia roślin pokolenia F₁ pozwoliła na założenie doświadczenia połowego z formami rodzicielskimi i mieszańcami pokolenia F₂. Jednak nasiona, z uwagi na ograniczoną ilość trzeba było wysiewać punktowo, w obsadzie znacznie mniejszej niż w doświadczeniu wstępnym. Większa natomiast była szerokość międzyrzędzi, co w naturalny sposób wpłynęło na pokrój roślin i wartości badanych cech.

Jednym z głównych problemów hodowli włóknistych form lnu jest mała zmienność najważniejszych cech użytkowych (Diederichsen, 2001; Fu i Diederichsen, 2006). Jest to

w dużym stopniu spowodowane niewielkim zróżnicowaniem genetycznym form uprawnych lnu włóknistego. Wprawdzie rodzaj *Linum* liczy około 200 gatunków istotnie różniących się pomiędzy sobą pod względem wielu różnych cech, jednak formę uprawną stanowi tylko jeden gatunek — len uprawny (*Linum usitatissimum* L.). Potwierdziło się to również w omawianych doświadczeniach, w których (zarówno w pokoleniu F_1 , jak i F_2) zmienność badanych genotypów była bardzo niska. Większą zmienność niektórych cech (długość techniczna, liczba torebek nasiennych, plon nasion) w pokoleniu F_1 , w porównaniu do pokolenia F_2 , można wytłumaczyć efektem heterozji występującym w pokoleniu F_1 , będącego wynikiem naddominacji genów oraz wynikającymi z tego efektami specyficznej zdolności kombinacyjnej mieszańców pokolenia F_1 . W pokoleniu F_2 efekt heterozji wyraźnie się zmniejsza, stąd zmienność cech była generalnie niższa.

Doniesienia literaturowe podkreślają, że zdecydowana większość cech użytkowych lnu wykazuje przewagę addytywnego sposobu dziedziczenia (Kumar i in., 1994; Kurt i Evans, 1998). Wyjątek stanowi zawartość włókna w łodydze, która determinowana jest głównie przez geny dominujące (Pavelek, 1980; Khotyleva i in., 1997). Z kolei masa nasion wykazuje w pokoleniu F_1 dziedziczenie po linii matecznej, natomiast w pokoleniu F_2 warunkowana jest w przeważającej części przez geny dominujące (Smith i Aksel, 1974; Tyson, 1989). W przeprowadzonych badaniach otrzymano wyniki w większości potwierdzające doniesienia literaturowe odnośnie sposobu dziedziczenia cech wpływających na plon nasion lnu oraz zawartości włókna i długości technicznej. Dla długości technicznej, masy słomy, liczby torebek nasiennych i MTN obserwowano addytywny sposób dziedziczenia, zarówno w pokoleniu F_1 , jak i F_2 . Można zatem stwierdzić, że w procesie hodowli nowych odmian, pod względem tych cech, skuteczna jest selekcja we wczesnych pokoleniach mieszańców (Sood i in., 2007). Inny charakter dziedziczenia wykazano dla zawartości włókna. W tym przypadku, w pokoleniu F_1 odnotowano wyraźną przewagę genów dominujących, natomiast w pokoleniu F_2 stwierdzono większy wpływ addytywnego działania genów. Sugeruje to skomplikowany sposób dziedziczenia cechy i prowadzenie selekcji dopiero po homozygotyzacji form mieszańcowych i ich ustabilizowaniu genetycznym.

W omawianym doświadczeniu, współczynniki odziedziczalności w szerokim sensie, w pokoleniu F_1 , dla zdecydowanej większości badanych cech były bardzo wysokie. Podobne wyniki otrzymali Popescu i in. (1999). Obliczone przez nich współczynniki odziedziczalności, w szerokim sensie, w pokoleniu F_1 wynosiły 0,99 dla MTN, 0,97 dla wysokości roślin, 0,92 dla liczby torebek nasiennych i 0,91 dla plonu nasion. Ci sami autorzy w badaniach opublikowanych rok wcześniej podają, że współczynnik odziedziczalności, w szerokim sensie, dla zawartości włókna wynosił w pokoleniu F_1 0,94, a w pokoleniu F_2 0,95. Dla większości cech współczynniki odziedziczalności w szerokim sensie były zdecydowanie niższe w pokoleniu F_2 , co mogło być spowodowane różnicami siedliskowymi w przeprowadzonych doświadczeniach i znajduje potwierdzenia w doniesieniach wielu autorów. Współczynniki odziedziczalności w wąskim sensie były dla wszystkich badanych cech niższe niż w sensie szerokim, zarówno w pokoleniu F_1 , jak i F_2 . Cechą o wysokiej odziedziczalności w wąskim sensie, zarówno w pokoleniu F_1 , jak i F_2 była długość techniczna. Współczynniki odziedziczalności w wąskim sensie

pozostałych cech, zwłaszcza w pokoleniu F_2 , były niskie. Wyjątkiem była zawartość włókna, która charakteryzowała się bardzo niską odziedziczalnością w wąskim sensie w pokoleniu F_1 oraz stosunkowo wysoką w pokoleniu F_2 . Można zatem stwierdzić, że na długość techniczną i końcową zawartość włókna badanych genotypów lnu włóknistego duży wpływ miały czynniki genetyczne, a w niewielkim stopniu, czynniki środowiskowe, co pozwala w wysokim stopniu przewidzieć program selekcji pod ich kątem.

WNIOSKI

1. Obserwowano małą zmienność badanych dziesięciu genotypów lnu włóknistego pod względem sześciu cech użytkowych. Dowodzi to o trudności w otrzymaniu wysokoefektywnych mieszańców w procesie konwencjonalnego krzyżowania odmian.
2. Na podstawie analizy krzyżowań diallelicznych w przeprowadzonym doświadczeniu, stwierdzono addytywny sposób dziedziczenia, zarówno w pokoleniu F_1 jak i F_2 , zdecydowanej większości badanych cech ilościowych. Świadczy to o możliwości prowadzenia efektywnej selekcji pod kątem tych cech w segregującym pokoleniu mieszańców F_2 . Dominujący sposób dziedziczenia stwierdzono dla ogólnej masy nasion w pokoleniu F_2 oraz dla zawartości włókna w pokoleniu F_1 . Selekcja pod względem tych cech powinna być zatem prowadzona najwcześniej w pokoleniu F_5 , gdy hodowca dysponuje materiałem w znacznej części homozygotycznym.
3. Analiza mieszańców pokoleń F_1 i F_2 pod względem badanych cech ilościowych wykazała wysoką odziedziczalność w szerokim sensie dla długości technicznej i zawartości włókna. Wysoką odziedziczalność w wąskim sensie odnotowano tylko dla długości technicznej.

LITERATURA

- Bacelis K. 2001. Breeding of the new fiber flax cultivars. Natural Fibres — Włókna Naturalne. Special ed. Proc. Conf. Bast Plants in the New Millennium, 3–6 June 2001, Borovets, Bulgaria. 1: 187 — 191.
- Diederichsen A. 2001. Comparison of genetic diversity of flax (*Linum usitatissimum* L.) between Canadian cultivars and a world collection. Plant Breed. 120: 360 — 362.
- Foster R., Pooni H., Mackay I. 1997. Quantitative evaluation of *Linum usitatissimum* L. varieties for dual purpose traits. J. Agri. Sci. 129 (2): 179 — 185.
- Foster R., Pooni H., Mackay I. 1998. Quantitative analysis of *Linum usitatissimum* L. crosses for dual purpose traits. J. Agric. Sci. 131 (3): 285 — 292.
- Foster R., Pooni H., Mackay I. 2000. The potential of selected *Linum usitatissimum* L. crosses for producing recombinant inbred lines with dual purpose characteristics. J. Agric. Sci., 134(4): 399 — 404.
- Fouil G. 1989. Breeding flax methods. FLAX: Breeding and utilization. Monographic. Marshall (ed.): 14 — 25.
- Fu Y-B., Diederichsen A. 2006. Phenotypic and molecular (RAPD) differentiation of four intraspecific groups of cultivated flax (*Linum usitatissimum* subs. *usitatissimum*). Genet. Resour. Crop Evol. 53: 77 — 90.
- Griffing B. 1956. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 436 — 493.
- Khotyleva L., Polonetskaya L., Poskannaya S. 1997. Genetic control of fibre and seed productivity determined from diallel crosses in linseed. Genetika Moskva, 33 (6): 800 — 803.

- Kumar M., Singh P., Maurya D., Singh B. 1994. Additive, dominance and epistatic variation for yield and its components in *Linum usitatissimum*. *Ind. J. Genet.* 54: 18 — 21.
- Kurt O., Evans. G. 1998. Genetic basis of variation in linseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivars. *Tr. J. Agric. For.* 22: 373 — 379.
- Mather K., Jinks J. L. 1982. *Biometrical Genetics*. Chapman & Hall, New York, NY.
- Murty B., Arunacha V., Anand I. 1967. Diallel and partial diallel analysis of some yield factors in (*Linum usitatissimum* L). *Heredity* 22: 35 — 41.
- Pavelek M. 1980. Heredity of selected characters and properties of fibre flax and suitable hybrid combinations for characters. *Len a Konopi* 18: 43 — 57.
- Popescu F., Marinescu I., Vasile I. 1999. Combining ability and heredity of some important traits in linseed breeding. *Rom. Agric. Res.* 11: 33 — 43.
- Scheer-Triebel M., Krukelmann E., Heyland K. 1997. Yield potential of dual purpose flax (*Linum usitatissimum* L.) for technical use depending on genotype and seed density. *Angewandte Botanik* 71 (1 — 2): 24 — 30.
- Smith W., Aksel R. 1974. Genetic analysis of seed weight in reciprocal crosses of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 45: 117 — 121.
- Sood S., Kalia N., Bhateria S., Kumar S. 2007. Detection of genetic components of variation for some biometrical traits in *Linum usitatissimum* L. in sub-mountain Himalayan region. *Euphytica* 155: 107 — 115.
- Trouve J. P. 1996. Textile flax breeding facing market demand. *Comptes Rendus de l'Academie d'Agriculture de France* 82 (8): 55 — 63.
- Tyson H. 1989. Genetic control of seed weight in flax (*Linum usitatissimum* L.) and possible implications. *Theor. Appl. Genet.* 77: 260 — 270.
- Van den Over M., Bas N., van Soest L., Melis C., Van Dam J. 2003. Improved method for fibre content and quality analysis and their application to flax genetic diversity investigations. *Ind. Crops Prod.* 18: 231 — 243.
- Vasile I. 2008. Efficiency of diverse germplasm and crossing methods in breeding flax. *Proc. conf. on Flax and Other Bast Plants*: 244 — 248.

<http://www.faostat.fao.org/site/567/desktopdefault.aspx?page/d=567>.