

Jan Bocianowski¹, Grażyna Silska², Marcin Praczyk²

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych

² Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu

Autor korespondencyjny – J. Bocianowski, e-mail: jboc@up.poznan.pl

DOI: 10.5604/12338273.1101407

Analiza współzależności między plonem nasion a cechami ilościowymi lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.)

Analysis of relationships between seed yield and quantitative traits of oilseed flax (*Linum usitatissimum* L.)

Słowa kluczowe: len, *Linum usitatissimum*, plon nasion, regresja wielokrotna

Streszczenie

Celem pracy było określenie zależności pomiędzy plonem nasion osiemnastu genotypów lnu oleistego a wybranymi cechami ilościowymi oraz zbadanie wzajemnych korelacji pomiędzy analizowanymi cechami. Plon nasion wybrano jako cechę odniesienia z uwagi na to, iż ma ona decydujący wpływ na wartość gospodarczą odmian lnu. Oceniano wpływ, jaki na plon nasion wywierają: wysokość roślin, długość techniczna, długość wiechy, średnica łodyg, liczba rozgałęzień wiechy i masa 1000 nasion oraz plon ogólny, plon słomy i zawartość włókna. Do oceny zależności stosowano analizę regresji wielokrotnej. W dwóch latach prowadzenia doświadczenia stwierdzono piętnaście par cech charakteryzujących się istotną statystycznie współzależnością. Analiza funkcji regresji wielokrotnej wykazała natomiast, że na plon nasion w największym stopniu wpływały plon słomy oraz masa 1000 nasion.

Key words: flax, *Linum usitatissimum*, seed yield, multiple regression analysis

Abstract

The aim of the presented study was to determine the relationship between seed yield of eighteen genotypes of flax and selected quantitative traits and an investigation of correlations between analyzed traits. Seed yield was chosen as the reference trait due to the fact that it has a decisive influence on the economic value of flax varieties. The influence of plant height, technical length, panicle length, stem diameter, number of branches and 1000 seeds weight on the total seed yield was defined. Multiple regression analysis was used to evaluate the relationship. In the two years of the experiment fifteen pairs of traits were characterized by a statistically significant interdependence. Multiple regression analysis showed, however, that the weight of the seeds tested was mostly influenced by the straw yield and weight of 1000 seeds.

Wstęp

Zasoby genowe rodzaju lnu (*Linum L.*) chronione są za pomocą metod *in situ* w parkach narodowych i rezerwatach przyrody oraz *ex situ* w ogrodach botanicznych i bankach genów (Silska i Praczyk 2009). W ochronę *ex situ* poszczególnych gatunków roślin uprawnych zaangażowanych jest wiele instytucji naukowych w Polsce. Kolekcje krajowe poszczególnych gatunków są zobowiązane przede wszystkim zabezpieczyć zasoby genowe pochodzące z Polski” dzikie gatunki, ekotypy, odmiany miejscowe i krajowe formy uprawne, rejestrowane odmiany i odmiany skreślone z rejestru oraz wartościowe materiały genetyczne wytworzone w placówkach badawczych (Podyma 1998). W Polsce, do niedawna, w uprawach dominowała włóknista forma lnu z przeznaczeniem dla szeroko pojętego przemysłu tekstylnego. Głównym surowcem była nieodziarniona słoma oraz pozyskiwane z niej włókno. W latach 1960–1984 przeciętny obszar przeznaczony pod uprawę lnu włóknistego wynosił 91,5 tys. ha, z czego 83% zajmowała kontraktacja słomy, a 17% przypadało na kontraktację włókna (Mrozińska 1990). Nasiona stanowiły produkt uboczny, z uwagi na wczesny sprzęt roślin na plantacjach. Globalne i głębokie zmiany na rynku włókien naturalnych, jak również ekspansja włókien sztucznych doprowadziły do załamania krajowego przemysłu lniarskiego. Stopniowo podstawowym surowcem pozyskiwanym z lnu stawały się nasiona zawierające tzw. NNKT, czyli niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (Silska i Praczyk 2011). Obecnie powierzchnia uprawy lnu jest zdecydowanie mniejsza, a proporcja pomiędzy formami włóknistymi i oleistymi kształtuje się na bardzo zbliżonym poziomie. Z danych GUS wynika, że w 2009 roku powierzchnia uprawy lnu włóknistego wynosiła 1897 ha, natomiast lnu oleistego 1624 ha (Silska i Praczyk 2012). Dodatkowo, w celu zwiększenia opłacalności uprawy, obserwuje się tendencje do hodowli tzw. odmian dwucelowych (ang. dual purpose varieties), łączących w sobie wysoki plon włókna i nasion. Do tego konieczna jest jednak zmiana dotychczasowego kierunku użytkowania włókna lnianego, z włókna tekstylnego wysokiej jakości na włókno techniczne gorszej jakości oraz wykonywanie sprzętu roślin w okresie pełnej dojrzałości nasion. Plon nasion jest zatem w chwili obecnej jednym z podstawowych kryteriów, decydujących o wartości ekonomicznej uprawnych odmian lnu.

Najważniejszymi cechami użytkowymi oleistej formy lnu są plon nasion i zawartość tłuszczu w nasionach. Są to cechy finalne, w dużym stopniu uzależnione od innych cech składowych. Na plon nasion duży wpływ wywiera MTN, liczba rozgałęzień wiechy, długość wiechy, liczba torebek na roślinie. Z kolei zawartość tłuszczu w nasionach zależy od barwy nasion (oraz genów ją warunkujących), MTN, liczby nasion w torebkach. Podobnie jest w przypadku form włóknistych — plon włókna jest uzależniony od długości technicznej, średnicy, wysmukłości itp.

Celem pracy było określenie zależności pomiędzy plonem nasion osiemnastu genotypów lnu uprawnego (*Linum usitatissimum* L.) a wybranymi cechami ilościowymi przy zastosowaniu wielokrotnej analizy regresji oraz zbadanie wzajemnych korelacji pomiędzy analizowanymi cechami. W pracy wykorzystano dane otrzymane z dwuletniej serii doświadczeń polowych, w których oceniano plon nasion 18 form oleistych lnu oraz inne cechy fenotypowe.

Material i metody

Materiał roślinny obejmował dwanaście rodów hodowlanych i sześć odmian lnu uprawnego (*Linum usitatissimum* L.) (tab. 1). Wyboru genotypów lnu do doświadczenia dokonano tak, aby materiał badawczy obejmował zarówno stary materiał selekcyjony (linie hodowlane i odmiany), jak i odmiany najnowsze będące w rejestrze odmian uprawnych COBORU oraz aby był to materiał genetyczny pochodzący z różnych polskich ośrodków hodowlanych (tab. 1).

Tabela 1

Wykaz odmian i rodów lnu (*Linum usitatissimum* L.) badanych w doświadczeniu
The list of accessions of flax (Linum usitatissimum L.) in the experiment

Lp. No.	Nazwa obiektu Accession name	Hodowca Breeder
1	Kujawa 1-362	nieznany*
2	Puławski 2-43	
3	Puławski odporny	
4	Puławski różowy	
5	Puławski 2-I-II	
6	JJ	Państwowy Instytut Naukowy Gospodarstwa Wiejskiego w Puławach
7	K-291	
8	RJ-15	
9	RJ-16	
10	Jenny	
11	Bukoz	
12	CVT-LC-36	Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu
13	LS-153	
14	LG-0,1-96	
15	Opal	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Poznaniu
16	Szafir	
17	Oliwin	
18	Jantarol	
		Hodowla Roślin Strzelce

* Odmiana Kujawa 1-362 jest polską odmianą, której hodowca nie jest znany. Nasiona tej odmiany otrzymano z Agritec Plant Research, Sumperk, Czechy.

Kreacje hodowlane lnu przedstawione w tabeli 1 wysiano w trzech powtórzeniach, w dwóch sezonach wegetacji (2008, 2009), w Zakładzie Doświadczalnym IWNiRZ w Wojciechowie, w województwie opolskim. Warunki pogodowe (opady i temperatura) panujące w okresie wegetacji w obu latach prowadzenia badań przedstawiono w tabeli 2. Doświadczenie mikropoletkowe założono w układzie całkowicie losowym na glebie płowej, klasy IV a. Powierzchnia poletek wynosiła 1,6 m². W doświadczeniach stosowano standardowe zabiegi agrotechniczne, typowe dla plantacji oleistych form lnu.

W przeprowadzonym doświadczeniu oceniano cechy o charakterze ilościowym, zarówno morfologiczne: wysokość roślin (cm), długość techniczną (cm), długość wiechy (cm), średnicę łodyg (mm), liczbę rozgałęzień wiechy (szt.), masę 1000 nasion (g), jak i rolnicze: plon ogólny (dt/ha), plon słomy (dt/ha), plon nasion (dt/ha), procentową zawartość włókna (%). Procentowa zawartość włókna oceniana była w jednym powtórzeniu. Za długość techniczną roślin lnu przyjęto odległość od pierwszego rozgałęzienia wiechy do szyjki korzeniowej, średnicę łodyg wyrażono jako wynik pomiaru wykonanego elektroniczną suwmiarką w środku długości technicznej. Plon ogólny oznaczono ważąc całe rośliny lnu wraz z korzeniami, natomiast masa słomy została wyrażona przez zważenie roślin po odziarnieniu i usunięciu części korzeniowej. Zawartość włókna ogółem określono według normy PN-91/P-04684, stosując roszenie biologiczne. 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 kąpeli wodnej. Następnie włókno wysuszono i pozbawiono paździerzy. Oczyszczone w ten sposób włókno ważono i określano jego procentową zawartość. Próba roślin do pomiarów morfologicznych została pobrana przed sprzętem z każdego poletka z powierzchni 0,25 m². Z każdej próby wybrano losowo 25 roślin.

Do obliczeń statystycznych wykorzystano pakiet GenStat 15. W pierwszej kolejności testowano normalność rozkładu obserwowanych cech przy użyciu testu Shapiro-Wilka (Shapiro i Wilk 1965) oraz przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji. Oszacowano i przetestowano istotność współczynników korelacji liniowej Pearsona (Kozak i in. 2010) pomiędzy średnimi fenotypowymi obserwowanych cech, niezależnie dla poszczególnych lat. Również na podstawie średnich fenotypowych, niezależnie dla lat obserwacji, wykonano analizę funkcji regresji wielokrotnej z selekcją zmiennych wstecz (Seber i Lee 2003, Kleinbaum i in. 2008). Wyznaczono współczynniki regresji w celu określenia wpływu poszczególnych cech ilościowych genotypów lnu uprawnego (*Linum usitatissimum* L.) na plon nasion. W pierwszej kolejności wyznaczono model zawierający wszystkie zmienne objaśniające (niezależne). Następnie określono wartości bezwzględnych statystyk t-Studenta dla każdej z nich i wskazano zmienną o najmniejszej wartości. Kolejnym etapem było porównanie wartości statystyki z wartością krytyczną przy

Tabela 2
Dane meteorologiczne w okresie wegetacji w obu latach badań — *The meteorological data in period of vegetation in both years of study*

2008																				
Dekada <i>Decade</i>	opady — <i>precipitation</i> [mm]						temperatura — <i>temperature</i> [°C]													
	III	IV	V	VI	VII	VIII	III	IV	V	VI	VII	VIII								
I	33,5	23,8	6,8	16,5	21,1	6,1	średnia min. mean	średnia min. mean	średnia min. mean	średnia min. mean	średnia min. mean	średnia min. mean								
II	20,7	13,2	35,2	8,4	40,4	66,5	4,0	1,6	6,8	2,8	9,8	5,6	18,2	11,9	19,1	13,4	20,1	16,0		
III	21,9	27,1	17,0	11,9	10,3	5,0	3,7	0,7	6,5	3,0	11,7	6,3	15,9	10,3	18,3	14,0	18,0	13,4		
Średnia wielolecia <i>Multiyear means</i>	48,2	42,8	66,9	53,5	87,2	65,8	3,7	0,7	8,6	3,0	14,3	8,4	19,8	14,1	19,6	14,9	17,3	13,4		
							2,7		7,8		13,9		17,3		18,9		18,2			
2009																				
Dekada <i>Decade</i>	opady — <i>precipitation</i> [mm]						temperatura — <i>temperature</i> [°C]													
	III	IV	V	VI	VII	VIII	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX							
I	16,4	0,0	3,0	16,5	21,1	6,1	średnia min. mean	średnia min. mean	średnia min. mean	średnia min. mean	średnia min. mean	średnia min. mean	średnia min. mean							
II	33,8	0,0	5,3	52,8	99,5	18,0	3,3	1,2	11,0	4,3	11,9	5,5	11,9	7,0	18,8	14,4	18,7	14,3	15,8	11,4
III	20,0	0,0	52,0	76,5	34,0	4,0	1,7	0,0	9,7	3,0	12,5	8,5	14,0	10,3	19,1	14,1	17,7	13,9	14,9	10,0
Średnia wielolecia <i>Multiyear means</i>	48,0	42,1	66,9	54,9	88,4	65,3	3,9	0,6	11,2	3,9	12,9	8,9	15,3	11,2	18,9	14,5	18,6	14,7	12,7	6,2
							2,7		7,8		13,8		17,2		18,9		18,2			

założonym poziomie istotności i odpowiedniej liczbie stopni swobody. Jeżeli wartość statystyki testowej dla wskazanej zmiennej nie była większa od wartości krytycznej na poziomie $\alpha = 0,05$, to zmienną tę usuwano i ponownie szacowano model. Jeżeli wartość statystyki była większa od wartości krytycznej, to zbiór zmiennych objaśniających przyjęto.

Wyniki i dyskusja

Wszystkie analizowane cechy ilościowe charakteryzowały się rozkładem normalnym. Zaobserwowano istotne statystycznie różnicowanie badanych genotypów pod względem wszystkich obserwowanych w doświadczeniu cech (tab. 3). Analiza statystyczna wykazała, że lata prowadzenia obserwacji były czynnikiem determinującym wszystkie cechy oprócz średnicy łodygi, liczby rozgałęzień i masy

Tabela 3

Średnie kwadraty odchyleń z analizy wariancji dla badanych cech lnu uprawnego
Mean squares from analysis of variance for investigated traits of linseed

Źródło zmienności <i>Source of variation</i>	Odmiana <i>Cultivar</i>	Rok <i>Year</i>	Odmiana × rok <i>Cultivar × year</i>	Błąd <i>Residual</i>
Liczba stopni swobody <i>Number of degrees of freedom</i>	17	1	17	72
Wysokość rośliny <i>Plant natural height [cm]</i>	685,26***	3820,97***	71,83**	27,8
Długość techniczna <i>Technical length [cm]</i>	795,68***	2624,04***	95,87***	32,48
Długość wiechy <i>Panicle length [cm]</i>	62,44**	136,44*	37,98	21,91
Średnica łodygi <i>Stem diameter [mm]</i>	0,27883***	0,02582	0,0906	0,06147
Liczba rozgałęzień [szt.] <i>Number of branches [pcs.]</i>	1,6879*	0,1358	0,6332	0,7913
Masa 1000 nasion <i>1000 seeds weight [g]</i>	5,112**	3,5	1,904	1,859
Plon ogólny — <i>Total yield [dt/ha]</i>	2621,6***	83555,7***	738,1***	140,2
Plon słomy — <i>Straw yield [dt/ha]</i>	1334,6***	58000,1***	261,4***	61,35
Plon nasion — <i>Seed yield [dt/ha]</i>	37908***	55443***	10168***	3394
Liczba stopni swobody <i>Number of degrees of freedom</i>	17			18
Zawartość włókna <i>Fibre content in straw [%]</i>	16,531***			2,783

* P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001

1000 nasion. Wielu autorów wspomina o wysokiej odziedziczalności średnicy łodyg oraz masy 1000 nasion, co może wyjaśniać otrzymane wyniki prezentowanego doświadczenia. Zastanawiający był natomiast brak wpływu lat prowadzenia doświadczenia na liczbę rozgałęzień – cechę, która w wielu doniesieniach literaturowych przedstawiana jest zgoła odmiennie (Pavelek 1985, Popescu i in. 1999, Zając 2004, Praczyk i in. 2010). Wartości średnie oraz współczynniki zmienności obserwowanych cech w poszczególnych latach badań przedstawiono w tabeli 4. Wszystkie cechy (oprócz średnicy łodygi) charakteryzowały się większą zmiennością w pierwszym roku badań.

Tabela 4.

Wartości średnie oraz współczynniki zmienności obserwowanych cech w poszczególnych latach badań — *Mean values and coefficient of variation for observed traits in both years of the study*

Cecha — <i>Trait</i>	Rok <i>Year</i>	Średnia <i>Mean</i>	Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i>
Wysokość rośliny — <i>Plant natural height</i> [cm]	2008	71,80	18,36
	2009	83,69	12,36
Długość techniczna — <i>Technical length</i> [cm]	2008	54,49	26,79
	2009	64,35	16,80
Długość wiechy — <i>Panicle length</i> [cm]	2008	17,29	31,45
	2009	19,54	29,13
Średnica łodygi — <i>Stem diameter</i> [mm]	2008	2,257	10,49
	2009	2,226	17,16
Liczba rozgałęzień [szt.] <i>Number of branches</i> [pcs.]	2008	6,329	16,99
	2009	6,258	13,02
Plon ogólny — <i>Total yield</i> [dt/ha]	2008	64,56	42,38
	2009	120,19	18,96
Plon słomy — <i>Straw yield</i> [dt/ha]	2008	38,43	43,72
	2009	84,78	20,87
Plon nasion — <i>Seed yield</i> [dt/ha]	2008	10,05	55,43
	2009	12,24	37,20
Masa 1000 nasion — <i>1000 seeds weight</i> [g]	2008	5,49	28,89
	2009	5,85	17,45

Współczynniki korelacji pomiędzy analizowanymi cechami wykazywały zróżnicowaną istotność w zależności od roku prowadzenia doświadczenia (tab. 5). Długość wiechy była w 2008 roku ujemnie skorelowana z długością techniczną, natomiast w 2009 roku korelacja nie wystąpiła. Ponadto następujące pary cech: wysokość roślin – średnica łodygi, długość wiechy – średnica łodygi, liczba rozgałęzień – długość wiechy, liczba rozgałęzień – średnica łodygi, masa 1000 nasion – liczba rozgałęzień oraz zawartość włókna – długość techniczna były skorelowane w 2009 roku, przy braku istotności tych korelacji w pierwszym roku prowadzenia badań. O silnej dodatniej korelacji masy 1000 nasion i liczby rozgałęzień wspomina między innymi Zajac (2004). Wskazuje on ponadto, że liczba rozgałęzień wpływa na plon nasion i masę 1000 nasion w sposób pośredni, determinując bezpośrednio liczbę torebek nasiennych na roślinie. W obu latach prowadzenia obserwacji zaobserwowano osiem par cech charakteryzujących się istotną statystycznie, dodatnią współzależnością: wysokość roślin – długość techniczna, wysokość roślin – plon ogólny, wysokość roślin – plon słomy, plon ogólny – długość techniczna, plon słomy – długość techniczna, plon słomy – plon ogólny, plon nasion – plon ogólny, plon nasion – plon słomy. Podobne wyniki otrzymali Zajac i in. (2010), którzy prowadzili doświadczenia nad uwarunkowaniem plonowania formy oleistej lnu zwyczajnego.

W celu określenia znaczenia poszczególnych cech w kształtowaniu się plonu nasion przeprowadzono analizę liniowej funkcji regresji wielokrotnej z procedurą eliminacji zmiennych niezależnych (tab. 6). Jest to metoda bardzo użyteczna, stąd bywa często stosowana w badaniach genetyczno-hodowlanych (Menke i in. 1979, Bocianowski i Krajewski 2000, 2001, 2003, Kadłubiec i Kuriata 2004, Krajewski i in. 2004, Bocianowski 2008, Brzozowska i in. 2008, Dmowski i in. 2008, Singh i Sharma 2008, Mousanejad i in. 2009, Oleksiak 2009, Bocianowski i in. 2010). W analizie tej zmienną zależną był plon nasion, a zmiennymi przyczynowymi – pozostałe analizowane cechy. Wyniki uzyskane po zastosowaniu analizy funkcji regresji wielokrotnej wskazują, że istotny wpływ (w obu latach badań) na plon nasion badanych obiektów lnu miały plon słomy (wprost proporcjonalny) oraz wysokość roślin (odwrotnie proporcjonalny). Ponadto na plon nasion genotypów lnu wpływ miała: w 2008 roku średnica łodygi (dodatni), a w 2009 roku masa 1000 nasion (również dodatni). Uzyskane procenty wyjaśnianej zmienności (wyrażone odpowiednimi współczynnikami determinacji, R^2) masy nasion (75,2% w 2008 i 62,2% w 2009 roku) świadczą o przydatności otrzymanych wyników w pracach hodowlanych nad nowymi odmianami oleistej formy lnu uprawnego.

Tabela 5
 Macierz współczynników korelacji obserwowanych cech lnu uprawnego dla roku 2008 (powyżej przekątnej) i 2009 (poniżej przekątnej) — *The correlation matrix for the traits of linseed (Linum usitatissimum L.) studied in years 2008 (above the diagonal) and 2009 (below the diagonal)*

Cecha — Trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 wysokość rośliny <i>plant natural height</i> [cm]	1	0,965***	-0,300	0,234	-0,281	0,476*	0,610**	-0,142	0,169	0,001
2 długość techniczna <i>technical length</i> [cm]	0,897***	1	-0,540*	0,093	-0,372	0,518*	0,638**	-0,187	0,211	-0,012
3 długość wiechy <i>panicle length</i> [cm]	0,193	-0,253	1	0,409	0,450	-0,351	-0,356	0,223	-0,221	0,044
4 średnica łodygi <i>stem diameter</i> [mm]	0,493*	0,195	0,657**	1	0,436	-0,097	-0,095	0,000	-0,111	-0,316
5 liczba rozgałęzień [szt.] <i>number of branches</i> [pcs.]	0,041	-0,254	0,678**	0,661**	1	-0,167	-0,253	0,312	0,058	-0,173
6 plon ogólny <i>total yield</i> [dt/ha]	0,628**	0,542*	0,146	0,297	-0,060	1	0,966***	0,282	0,909***	0,150
7 plon słomy <i>straw yield</i> [dt/ha]	0,765***	0,743***	0,008	0,231	-0,233	0,942***	1	0,170	0,786***	0,162
8 masa 1000 nasion <i>1000 seeds weight</i> [g]	-0,161	-0,333	0,359	0,446	0,519*	-0,079	-0,272	1	0,422	0,044
9 plon nasion <i>seed yield</i> [dt/ha]	0,171	0,061	0,207	0,030	0,030	0,757***	0,562*	0,140	1	0,162
10 zawartość włókna <i>fibre content in straw</i> [%]	0,336	0,492*	-0,298	-0,135	-0,081	0,285	0,369	-0,285	0,032	1

* P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001

Tabela 6

Cechy wpływające istotnie na plon nasion lnu uprawnego — *Characteristics significantly affecting the seed yield of linseed*

Rok — Year	2008		2009	
Źródło zmienności — Source of variation	d.f.	średni kwadrat mean squares	d.f.	średni kwadrat mean squares
Model — Model	3	291372***	3	291661***
Błąd — Residual	15	2599	15	2096
Razem — Total	18	50728	18	66444
Zmienna — Variate	cząstkowe współczynniki regresji i ich istotności — partial regression coefficients and their significance			
Stała regresji — Regression constant	ns		ns	
Wysokość rośliny — Plant natural height [cm]	-4,53**		-4,70**	
Długość techniczna — Technical length [cm]	ns		ns	
Długość wiechy — Panicle length [cm]	ns		ns	
Średnica łodygi — Stem diameter [mm]	106,7**		ns	
Liczba rozgałęzień [szt.] Number of branches [pcs.]	ns		ns	
Masa 1000 nasion — 1000 seeds weight [g]	ns		22,85*	
Plon ogólny — Total yield [dt/ha]	ns		ns	
Plon słomy — Straw yield [dt/ha]	7,44***		3,87**	
Zawartość włókna — Fibre content in straw [%]	ns		ns	
Procent wyjaśnianej zmienności ($R^2 \cdot 100$) Percentage of variation accounted ($R^2 \cdot 100$)	75,2		62,2	

* istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ — significant at $\alpha = 0.05$ level

** istotne na poziomie $\alpha = 0,01$ — significant at $\alpha = 0.01$ level

*** istotne na poziomie $\alpha = 0,001$ — significant at $\alpha = 0.001$ level

d.f. — liczba stopni swobody — number of degrees of freedom

ns — nieistotne statystycznie — not significant

Wnioski

1. Wszystkie obserwowane w doświadczeniu cechy charakteryzowały się istotnym statystycznie zróżnicowaniem.
2. Średnica łodyg, liczba rozgałęzień i masa 1000 nasion były cechami, których wartości nie zależały od warunków środowiskowych. Można więc wnioskować, że wymienione cechy wykazują tendencję większej stabilności niż pozostałe z obserwowanych.

3. W obu latach prowadzenia doświadczenia stwierdzono dodatnią współzależność w ośmiu parach analizowanych cech ilościowych: wysokość roślin – długość techniczna, wysokość roślin – plon ogólny, wysokość roślin – plon słomy, plon ogólny – długość techniczna, plon słomy – długość techniczna, plon słomy – plon ogólny, plon nasion – plon ogólny, plon nasion – plon słomy. Świadczy to o dużym wzajemnym powiązaniu ważnych cech użytkowych lnu oraz o złożoności cech finalnych (plon nasion, plon słomy, zawartość włókna), na które istotny wpływ wywiera znaczna liczba cech składowych.
4. Plon nasion lnu uprawnego determinowany był przez wysokość rośliny (ujemnie) oraz plon słomy, średnicę łodygi oraz masę 1000 nasion (dodatnio). Stwierdzenie takich zależności może być bardzo pomocne w procesie nowego programu hodowlanego lnu oleistego.

Literatura

- Bocianowski J. 2008. Comparison of two methods of estimation of nonallelic interaction of QTL effects on the basis of doubled haploid lines in barley. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 73 (3): 183-187.
- Bocianowski J., Liersch A., Bartkowiak-Broda I. 2010. Zależność plonu nasion mieszańców F₁ CMS *ogura* rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) od wybranych cech fenotypowych roślin oceniona przy zastosowaniu analizy regresji wielokrotnej. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXXI (2): 373-389.
- Bocianowski J., Krajewski P. 2000. Estymacja efektów genetycznych na podstawie fenotypu i genotypu markerowego. *Colloquium Biometryczne*, 30: 270-280.
- Bocianowski J., Krajewski P. 2001. Numerical comparison of classical and marker-based methods of QTL effects estimation. In: Gallais A., Dillmann C., Goldringer I. (eds.). *Quantitative genetics and breeding methods: the way ahead*, Proceedings of the Eleventh Meeting of the EUCARPIA Section Biometrics in Plant Breeding, Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France, Les Colloques, 96: 35-40.
- Bocianowski J., Krajewski P. 2003. Porównanie dwóch metod estymacji efektu addytywnego działania genów na podstawie linii podwojonych haploidów jęczmienia. *Biuletyn IHAR*, 226/227: 41-47.
- Brzozowska I., Brzozowski J., Hruszka M. 2008. Plonowanie i struktura plonu pszenicy ozimej w zależności od sposobu pielęgnacji i nawożenia azotem. *Acta Agrophysica*, 11 (3): 597-611.
- Dmowski Z., Dzieżyc H., Nowak L. 2008. Ocena wpływu wybranych parametrów opadu i gleby na plonowanie pszenicy jarej w rejonie południowo-zachodniej Polski. *Acta Agrophysica*, 11 (3): 613-622.
- Kadłubiec W., Kuriata R. 2004. Wielocechowa analiza kształtowania plonu ziarna linii wsobnych i mieszańców F₁ kukurydzy. *Biuletyn IHAR*, 231: 419-424.
- Kleinbaum D.G., Kupper L.L., Nizam A., Muller K.E. 2008. *Applied regression analysis and other multivariable methods*. Fourth Edition. Thompson Brooks/Cole. Belmont, USA, s. 928.

- Kozak M., Bocianowski J., Sawkojć S., Wnuk A. 2010. Call for more graphical elements in statistical teaching and consultancy. *Biometrical Letters*, 47 (1): 57-68.
- Krajewski P., Bocianowski J., Kaczmarek Z. 2004. Ocena efektów nieallelicznej interakcji QTL metodą regresji wielokrotnej. W: Krajewski P., Zwierzykowski Z., Kachlicki P. (red.). *Genetyka w ulepszaniu roślin użytkowych. Rozprawy i Monografie 11*, Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu, 275-282.
- Menke K.H., Raab L., Salewski A., Steingass H., Fritz D., Schneider W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *Journal of Agricultural Science*, 93: 217-222.
- Mousanejad S., Alizadeh A., Safaie N. 2009. Effect of weather factors on spore population dynamics of rice blast fungus in guilan province. *Journal of Plant Protection Research*, 49 (3): 319-329.
- Mrozińska J. 1990. Kształtowanie się krajowej bazy włókien naturalnych na tle sytuacji na rynkach światowych. *Natural Fibres*, XXXIV.
- Oleksiak T. 2009. Plony pszenicy ozimej w zależności od jakości stosowanego materiału siewnego. *Biuletyn IHAR*, 251: 83-93.
- Pavelek M. 1985. Combination abilities of flax varieties. *Len a Konopi*, 20: 91-106.
- Podyma W. 1998. Zbiór zasobów genowych roślin użytkowych i ich dzikich przodków oraz stan kolekcji w Polsce. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 563: 31-50.
- Popescu F., Marinescu I., Vasile I. 1999. Combining ability and heredity of some important traits in linseed breeding. *Rom. Agric. Res.*, 11: 33-43.
- Praczyk M., Bocianowski J., Silska G. 2010. Analiza zmienności wybranych cech ilościowych w kolekcji lnu włóknistego (*Linum usitatissimum* L.). *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 555: 339-345.
- Seber G.A.F., Lee A.J. 2003. *Linear regression analysis* (2nd ed.). Wiley-InterScience, New York, s. 557.
- Shapiro S.S., Wilk M.B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52: 591-611.
- Silkska G., Praczyk M. 2009. Obowiązujące podstawy prawne i metody ochrony zasobów genowych roślin w Polsce – na przykładzie gatunków z rodzaju len (*Linum* L.) *Herba Polonica*, 55 (3): 319-327.
- Silkska G., Praczyk M. 2011. Nasiona lnu i olej lniany to cenne źródło kwasów tłuszczowych Omega 3. *Biuletyn Informacyjny Polskiej Izby Lnu i Konopi. Len i Konopie*, 17: 50-56.
- Silkska G., Praczyk M. 2012. Ocena obiektów lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.). *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXXIII: 127-138.
- Singh M.P., Sharma S.C. 2008. Studies on bio-energetics of draught buffalo. *Technical Sciences*, 11: 21-34.
- Zajac T. 2004. Analiza rozgałęziania się roślin lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) z uwzględnieniem wkładu tego procesu w zmienność i współzależność cech. *Acta Agrobotanica*, 57: 1-2.
- Zajac T., Oleksy A., Kulig B., Klimek A. 2010. Uwarunkowania plonowania formy oleistej lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.) oraz jej znaczenie żywieniowe i lecznicze. *Act Sci. Pol., Agricultura*, 9 (2): 47-63.