

WOJCIECH RYBIŃSKI¹**JAN BOCIANOWSKI**²**MICHAŁ STARZYCKI**³¹ Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu² Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu³ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział w Poznaniu

Analiza zmienności cech ilościowych i składu chemicznego nasion wybranych obiektów kolekcyjnych łądzwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.) i czerwonego (*Lathyrus cicera* L.) o zróżnicowanym pochodzeniu geograficznym

Analysis of variability for quantitative traits and chemical composition of seeds of chosen accessions of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) and red pea (*Lathyrus cicera* L.) with different geographical origins

Ograniczona wiedza na temat licznych marginalnych i niedocenianych gatunków roślin limituje ich dalsze doskonalenie. W wielu wypadkach są one bardzo dobrze zaadaptowane do marginalnych warunków środowiskowych, stanowią dodatkowe źródło żywności w określonych porach roku jak i element dobrze zbilansowanej diety. W obrębie rodzaju *Lathyrus* do najbardziej użytkowo rozpowszechnionych gatunków należy łądzwian siewny (*Lathyrus sativus* L.) i łądzwian czerwony (*Lathyrus cicera* L.). W krajowym rolnictwie w marginalnej skali uprawiany jest wyłącznie łądzwian siewny reprezentowany przez dwie odmiany oryginalne i nieliczne formy lokalne od ponad 200 lat obecne na terenie Podlasia. Z uwagi na wąską pulę genową ograniczonych geograficznie wyżej wspomnianych ekotypów, postęp hodowlany uwarunkowany jest wzbogaceniem puli genowej (poszerzeniem istniejącej zmienności cech) przez dopływ nowych genów reprezentowanych przez materiały łądzwianu o zróżnicowanym pochodzeniu geograficznym. Celem badań była ocena zmienności cech ilościowych i składu chemicznego nasion materiałów łądzwianu siewnego i czerwonego pochodzących z kolekcji IGR PAN i reprezentujących wybrane kraje Europy, Azji i Afryki. Na podstawie trzyletnich doświadczeń polowych dotyczących głównie struktury plonowania wykazano, że oceniane obiekty kolekcyjne charakteryzowały się szerokim zakresem zmienności cech ilościowych, po części specyficznej do kraju ich pochodzenia. Największą odrębnością na poziomie fenotypowym od łądzwianu siewnego charakteryzowały się pokrewne genetycznie obiekty łądzwianu czerwonego. W obrębie łądzwianu siewnego wyróżniono grupy obiektów (reprezentujących

poszczególne kraje) o największym i najmniejszym podobieństwie pod względem ocenianych cech ilościowych. Na tle wszystkich grup krajowe formy wyróżniały się przede wszystkim wysokimi wartościami liczby strąków z rośliny, liczby nasion ze strąka i masy nasion z rośliny, a niska masa pojedynczego nasiona rzutowała na bardzo niską masę 1000 nasion, bardziej zbliżoną do drobnonasiennych form azjatyckich aniżeli do grubonasiennych ze Słowacji, Czech czy Węgier. Obiekty z tych ostatnich krajów mogą stanowić wartościowy materiał wyjściowy do poprawienia wielkości nasion i plonu (bez redukcji liczby nasion w strąku) drobnonasiennych lokalnych form krajowych. Na podstawie składu chemicznego nasion wyodrębniono grupy obiektów o najwyższej zawartości białka, tłuszczu i odrębnym profilu kwasów tłuszczowych.

Słowa kluczowe: doświadczenia polowe, ekotypy, *Lathyrus*, skład chemiczny nasion, zmienność cech ilościowych

The limited information available on many important and frequently basic aspects of neglected and underutilized crops hinders their development. In many cases this neglected species are very well adapted to various marginal growing conditions, contribute considerably to food supply in certain periods of year or are important for a nutritionally well-balanced diet. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) and red pea (*Lathyrus cicera* L.) belong to such species in the genus *Lathyrus*. In Polish agriculture only grass pea is cultivated on a marginal scale and it is represented by two original cultivars and small number of local ecotypes grown since over 200 years in isolate area of Podlasie region. Considering a very narrow gene pool of local varieties of grass pea, the breeding progress depends on enrichment of existing gene pool by an inflow of new genes represented by genetic resources of various geographical origin. The attempt was made at estimation of variation of quantitative traits as well as chemical composition of seeds using genetic resources represented by accessions derived from different countries of Europe, Asia and Africa and collected in Institute of Plant Genetics in Poznań. In result of three year field trials a broad variability of quantitative traits, particularly yield contributing traits was observed. The biggest differences were noticed in comparisons between *L. sativus* and *L. cicera*. Among grass pea materials originated from various countries the groups of accessions with highest and smallest similarity level for quantitative traits were distinguished. It was particularly true for Polish accessions characterized by high number of pods per plant, seed number per pod, seed weight per plant and low weight of 1000 seeds, more similar to small-seeded accessions of Asia origin in opposite to large-seeded material derived from Slovakia, Czech Republic and Hungary. This large-seeded accession may constitute a valuable initial material for seed size and yield improvement (without reduction of seed number per pod) of more primitive Polish small-seeded local varieties. On basis of performed chemical analysis of seeds the groups of accessions with high protein and fat content and valuable fatty acid profile were identified.

Key words: chemical composition of seeds, ecotypes, field trials, *Lathyrus*, variability of quantitative traits

WSTĘP

Badania rolnicze tradycyjnie skupiają się na gatunkach podstawowych, o największym znaczeniu gospodarczym, podczas gdy niewiele uwagi poświęca się gatunkom drugorzędnym czy marginalnym o ograniczonym areale uprawy. Gatunki takie z reguły traktowane są jako mało atrakcyjne. W porównaniu do gatunków wiodących, wiele gatunków marginalnych jest doskonale zaadaptowanych do skrajnych warunków środowiskowych: do wyżynnych terenów Andów czy Himalajów, terenów suchych czy gleb o znacznym zasoleniu. Ponadto wiele gatunków uprawnych o marginalnym znaczeniu w skali globalnej ma duże znaczenie na poziomie krajowym, a zwłaszcza regionalnym, dostarczając często żywności w określonych porach wegetacji lub będącej lokalnie

ważnym elementem zbilansowanej diety (Campbell, 1997). Czynnikiem ograniczającym upowszechnienie wielu niedocenianych gatunków jest brak wyczerpujących informacji na ich temat, mimo prezentowanych walorów użytkowych. Ponadto wiedza o genetycznym potencjale gatunków marginalnych jest bardzo ograniczona. Biorąc pod uwagę zachodzące zmiany klimatyczne, i w związku z tym priorytetowe znaczenie ma odporność roślin na stropy abiotyczne, ostatnio coraz większego znaczenia nabierają prace badawcze nad niedocenianymi i marginalnymi gatunkami roślin. Należy do nich niewątpliwie łądzwian siewny (*Lathyrus sativus* L.) obecny na Podlasiu od ponad 200 lat oraz łądzwian czerwony (*Lathyrus cicera* L.) uprawiany głównie w krajach Basenu Morza Śródziemnego.

Łądzwian siewny należy do najstarszych gatunków uprawnych, a znany był już 8000 lat przed Chrystusem. Historia uprawy łądzwianu na terenie Polski nie jest bliżej znana. Według prof. Milczaka z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie łądzwian siewny dotarł do Polski (rejon Podlasia) towarzysząc soczewicy jako chwast już w XVII wieku wraz z osadnictwem tatarskim. W miarę ekspansji obu gatunków na dalsze tereny, przewagę adaptacyjną uzyskiwał łądzwian siewny, stając się z czasem gatunkiem dominującym. Jest on ważną rośliną proekologiczną i wyróżnia się kompleksem takich cech, jak: odporność na niskie temperatury, wybitna odporność na suszę, tolerancja na rodzaj gleb, odporność na pęknięcie dojrzałych strąków, odporność polowa na choroby grzybowe i niska podatność na uszkodzenia wywołane przez pachóweczkę strąkóweczkę. Wyróżnia się także wysoką zawartością białka w nasionach na poziomie nawet 33% (Dziamba, 1997). Z uwagi na swe unikalne właściwości łądzwian siewny w obrębie rodzaju *Lathyrus*, uznany został za modelową roślinę dla potrzeb rolnictwa zrównoważonego (Vaz Pato i in., 2006).

Pierwsze dane o hodowli łądzwianu w Polsce (rejon Gdańska) pochodzą z 1937 roku. Po zakończeniu wojny prace kontynuowano w Państwowym Instytucie Naukowym Gospodarstwa Wiejskiego w Bydgoszczy, jak również w Instytucie Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Bydgoszczy oraz Zakładach Doświadczalnych Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Minikowie i Poświętnym, które koncentrowały się głównie na łądzwianie afrykańskim (Mackiewicz, 1956). W latach sześćdziesiątych zaniechano dalszych prac, aż do roku 1991, kiedy w wyniku selekcji ekotypów z Podlasia i kilkuletnich doświadczeń polowych w 1997 roku zarejestrowano dwie odmiany: Derek i Krab (Milczak i in., 2001). Z uwagi na wąską pulę genową reprezentowaną przez nieliczne lokalne formy łądzwianu ograniczone terytorialnie do rejonu Podlasia, dokonanie istotnego postępu hodowlanego może być efektywne między innymi przez poszerzenie istniejącej zmienności genetycznej cech. W tym celu zgromadzono w kolekcji obiekty łądzwianu pochodzące z różnych krajów głównie europejskich, z których wybrano materiał do badań w celu oceny ich zmienności i podobieństwa pod względem cech morfologicznych i struktury plonowania. Badania poszerzono o analizę składu chemicznego nasion.

MATERIAL I METODY

Materiałem do badań był łądzwian siewny (*Lathyrus sativus* L.) i łądzwian czerwony (*Lathyrus cicera* L.), pochodzące z kolekcji marginalnych roślin strączkowych Instytutu Genetyki Roślin PAN w Poznaniu. Wybrane materiały charakteryzują się zróżnicowanym

pochodzeniem geograficznym i reprezentują takie kraje jak: Polska, Rosja, Ukraina, Słowacja, Węgry, Czechy, Etiopia, Afganistan i Indie — łądzian siewny oraz Grecję — łądzian czerwony. Nasiona 32 obiektów kolekcyjnych pochodzących z wyżej wymienionych krajów, w tym 24 z Polski, Rosji, Ukrainy, Słowacji, Węgier i Czech, stanowiły materiał wyjściowy do trzyletnich doświadczeń polowych zakładanych w układzie całkowicie losowym. Każdy obiekt występował jeden raz. Wysiew nasion na poletka prowadzono w rozstawie 70×25 cm, co umożliwiało swobodny dostęp do roślin i prowadzenie obserwacji w okresie wzrostu i rozwoju roślin. W odniesieniu do zabiegów chemicznych ograniczono się wyłącznie do posiewnego zastosowania chwastobójczego środka Afalon, bez stosowania nawożenia mineralnego. Na pierwszym etapie badań oceniano termin kwitnienia (DK) w momencie, kiedy około 50% roślin znajdowało się w fazie kwitnienia, wyrażając obserwacje liczbą dni od wysiewu. Po zbiorach na wybranych losowo 15 roślinach określano wartość cech ilościowych, głównie plonotwórczych obejmujących: wysokość roślin (WS), wysokość osadzenia najniższego strąka (WOS), liczbę rozgałęzień z rośliny (LR), liczbę strąków z rośliny (LSR), liczbę strąków z nasionami z rośliny (LSN), długość i szerokość strąka (DS i SZS), liczbę i masę nasion ze strąka pędu głównego (LNS i MNS), masę nasion z rośliny (MSR) oraz masę 1000 nasion (MTN). W zebranych nasionach analizowano ich skład chemiczny w obrębie materiału pochodzącego z jednego roku badań. Zawartość białka oznaczano metodą Kjeldahla. Do oceny zawartości tłuszczu wykorzystano metodę ekstrakcyjno-wagową, a oznaczenia wykonano w aparacie ekstrakcyjnym Soxhleta. Zawartość kwasów tłuszczowych oznaczono według metody podanej przez Starzyckiego i Starzycką (1999) przy wykorzystaniu chromatografu (Hewlett Packard, Gas Chromatograph 5890) i kolumny kapilarnej (30 m, RTX-225).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy użyciu wielocechowej metody statystycznej. Analiza wariancji (ANOVA) została przeprowadzona w celu zweryfikowania hipotezy zerowej o braku wpływu pochodzenia geograficznego na wartości obserwowanych cech. Dla każdej cechy oszacowano najmniejsze istotne różnice ($NIR_{0,05}$). Współzależność pomiędzy obserwowanymi cechami oceniano na podstawie wartości współczynnika korelacji. Podobieństwo obiektów kolekcyjnych pod względem kompleksu analizowanych cech i pochodzenia obiektów (krajów) określono na podstawie odległości Mahalanobisa (Mahalanobis, 1936) obliczając również tzw. odległości krytyczne Mahalanobisa — D^2_{kr} . W celu graficznego przedstawienia badanych obiektów zastosowano analizę zmiennych kanonicznych (Rencher, 1998). Umożliwia ona obrazowanie odległości 20-cechowych z metryką odległości Mahalanobisa w formie graficznej i w ten sposób ułatwić grupowanie i charakterystykę wielocechową. Wszystkie obliczenia wykonano, korzystając z pakietu statystycznego GenStat v. 7.1.

WYNIKI I DYSKUSJA

Dane meteorologiczne (tab. 1) z lat doświadczeń polowych wskazują na znaczne różnice w ilości opadów, szczególnie w porównaniu z latami 2009 i 2010 z suchym rokiem 2011. Przekładało się to na zróżnicowane warunki wzrostu i rozwoju roślin w badanych

latach. Dotyczy to nie tyle różnic w sumie opadów od siewów do zbioru roślin, ile raczej rozkładu opadów w poszczególnych miesiącach. W nietypowym 2011 roku, po silnym niedoborze wody począwszy od marca do końca drugiej dekady czerwca, poziom opadów w lipcu był ekstremalnie wysoki rzutując na opóźnienie w zbiorze roślin. Podobnie wysoki poziom opadów wystąpił w czerwcu 2009 i sierpniu 2010 roku.

Tabela 1

Opady atmosferyczne i średnie temperatury w okresie doświadczeń polowych
Level of rainfall (mm) and air temperature during field trials period

Miesiące Month	Opady (mm) Rainfall (mm)						Temperatura (°C) Temperature (°C)		
	2009		2010		2011		2009	2010	2011
	suma total	dekady decade	suma total	dekady decade	suma total	dekady decade			
Marzec March	54,2	9,8 15,0 29,4	46,6	10,6 4,4 31,6	27,6	6,2 18,2 3,2	5,5	4,1	3,1
Kwiecień April	19,6	0,2 4 15,4	19,4	1,4 2,8 15,2	9,2	7,6 1,6 0	11,7	9,1	12,6
Maj May	85,4	12,4 12,8 60,2	70,6	34,4 32,4 3,8	32,8	1,2 22,6 9	12,5	12,5	16,4
Czerwiec June	160	61,8 24,8 73,4	33,4	2,2 20,0 11,2	56,2	14,4 13 28,8	14,6	18,0	18,6
Lipiec July	79,4	33,4 34 12	86,0	10,0 1,8 74,2	182,4	21,4 85 76	18,5	22,0	17,8
Sierpień August	32,8	15,2 17,6 0	153,6	51,4 43,8 58,4	32,4	9,8 9,6 13	18,8	18,5	19
Suma III–VIII Sum III–VIII	431,4	-	409,6	-	340,6	-	-	-	-

Badania w latach o tak znacznie zróżnicowanych warunkach pogodowych (interakcja genotypowo-środowiskowa) pozwoliły na bardziej wszechstronną i obiektywną ocenę obserwowanej zmienności cech u analizowanych obiektów kolekcyjnych. Miało to wpływ na wyniki analizy wariancji. Wykazała ona, że większość obserwowanych cech była istotnie zróżnicowana ze względu na kraj pochodzenia obiektów (tab. 2). Wartości średnich z doświadczeń polowych dla analizowanych cech obiektów pochodzących z różnych krajów przedstawia tabela 3. Z wyjątkiem obiektów z Węgier, wszystkie pozostałe rozpoczynały kwitnienie średnio po 60 dniach od terminu wysiewu, przy zakresie zmienności od 59 dni (obiekty z Węgier) do 64 dni dla form z Indii.

Średnie kwadraty z analizy wariancji cech
Mean squares from analysis of variance for investigated traits

Źródło zmienności Source of variation	Rok Year	Kraje pochodzenia Countries of origin	Rok × Kraj pochodzenia Year × Countries of origin	Błąd Residual
Stopnie swobody Degree of freedom	2	9	18	66
LDK [#]	989,8***	17,6****	2,46	3,23
WS	22233***	389,48***	219,04***	51,20
WOS	658,2***	26,775***	16,038**	5,902
LIR	35,62***	4,340***	3,143***	0,860
LSR	9108***	533,94***	171,13*	90,72
LSN	7229***	434,2***	152,00*	85,16
DS	1,021***	0,973***	0,132***	0,038
SZS	0,125***	0,197***	0,017**	0,006
LNS	0,841	3,379	3,071	2,467
MNS	0,263***	0,063***	0,007	0,006
MSR	1066***	62,58*	30,58	26,24
MTN	55572***	30380***	942,3	842,9
Stopnie swobody Degree of freedom		9		22
Białko — Protein		11,504*		4,11
Tłuszcz — Fat		1,082		1,607
C _{16:0}		10,889***		0,194
C _{18:0}		1,183**		0,25
C _{18:1}		57,128***		4,245
C _{18:2}		101,727***		4,627
C _{18:3}		5,314***		1,001
C _{20:0}		0,528**		0,117
C _{22:1}		0,118		0,095

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

[#]LDK — liczba dni od wysiewu do kwitnienia — number of days from sowing to flowering; WS — Wysokość roślin — plant height; WOS — Wysokość osadzenia najniższego strąka — height of the lowest pod; LIR — Liczba rozgałęzień z rośliny — number of branches/plant; LSR — Liczba strąków z rośliny — number of pods/plant; LSN — Liczba strąków z rośliny z nasionami — number of pods/plant with seeds; DS — Długość strąka — pod length; SZS — Szerokość strąka — pod width; LNS — Liczba nasion ze strąka — number of seeds/pod; MNS — Masa nasion ze strąka — weight of seeds/pod; MSR — Masa nasion z rośliny — weight of seeds/plant; MTN — Masa 1000 nasion — weight of 1000 seeds; C_{16:0} — kwas palmitynowy — palmitic acid; C_{18:0} — kwas stearynowy — stearic acid; C_{18:1} — kwas oleinowy — oleic acid; C_{18:2} — kwas linolowy — linoleic acid; C_{18:3} — kwas linolenowy — linolenic acid; C_{20:0} — kwas eikozenowy — eicosenic acid; C_{22:1} — kwas erukowy — erucic acid

Krajowe odmiany lędźwianu rozpoczynały kwitnienie po około 66 dniach od wysiewu natomiast najwcześniej (w 58–59 dniu) materiały kolekcyjne pochodzące z Basenu Morza Śródziemnego (Rybiński i in., 2008). W warunkach Indii okres ten wynosił od 47 do 94 dni; od 76 do 123 dni u 451 ocenianych form kolekcyjnych w Australii (Hanbury i in., 1995) oraz w Bangladesz od 43 do 88 dni u 1072 form kolekcyjnych (Sarwar in., 1995). W warunkach klimatycznych Włoch rośliny zakwitły średnio po 75 dniach (Polignano i in., 2005). Lędźwian siewny, a w mniejszym stopniu lędźwian czerwony, charakteryzuje się tendencją do wytwarzania bujnej biomasy i szybkiego wzrostu, co przy stosunkowo wiotkiej łodydze prowadzi do wylegania roślin (Rybiński i Pankiewicz, 2010). Według Campbell (1997) wysokość roślin, w zależności od genotypu i poziomu opadów, podlega bardzo szerokiej zmienności.

Wartości średnie (i współczynniki zmienności) analizowanych cech
Means (and coefficients of variation) for analyzed traits

Kraj Country	LDK Days	WS (cm)	WOS (cm)	LIR	LSR	LSN	DS. (cm)	SZS (cm)	LNS	MNS (g)	MSR (g)	MTN (g)
Afganistan	62,00	62,07	17,77	5,40	49,00	43,93	3,527	1,083	3,007	0,427	14,73	143,2
Afghanistan	(7,4)	(42,4)	(44,1)	(11,1)	(23,5)	(19,2)	(3,5)	(1,4)	(15,7)	(14,1)	(17,0)	(31,5)
Czechy	61,50	66,20	16,57	6,43	37,00	34,86	3,940	1,350	2,583	0,662	19,73	252,8
Czech	(7,9)	(44,4)	(20,2)	(10,3)	(46,7)	(46,3)	(2,9)	(5,6)	(8,4)	(23,0)	(38,9)	(22,9)
Etiopia	60,66	54,44	15,37	4,87	35,3	31,64	3,463	1,208	2,603	0,546	15,88	198,2
Ethiopia	(8,4)	(28,9)	(16,8)	(17,8)	(43,4)	(40,3)	(7,6)	(13,9)	(14,5)	(13,5)	(29,6)	(21,1)
Grecja	60,66	40,40	10,20	5,80	30,45	27,73	2,795	0,760	4,048	0,343	8,13	83,2
Greece	(7,0)	(20,8)	(24,3)	(32,9)	(59,7)	(59,1)	(9,1)	(17,4)	(6,7)	(13,3)	(63,6)	(14,6)
Indie	64,00	55,02	15,64	5,40	37,84	34,91	3,477	1,242	2,638	0,568	15,50	202,3
India	(9,2)	(33,6)	(17,4)	(26,6)	(44,3)	(44,1)	(3,8)	(13,9)	(14,1)	(14,2)	(39,1)	(12,1)
Polska	62,67	65,30	17,06	5,61	55,18	51,06	3,275	1,213	3,353	0,486	19,07	143,8
Poland	(8,3)	(44,1)	(34,8)	(18,8)	(51,6)	(50,5)	(7,7)	(12,0)	(12,0)	(26,1)	(45,9)	(36,8)
Rosja	62,58	64,77	16,73	6,85	38,42	36,03	3,667	1,230	2,595	0,539	16,75	210,4
Russia	(8,6)	(42,9)	(26,5)	(19,4)	(36,3)	(34,1)	(9,3)	(8,2)	(8,5)	(10,9)	(29,5)	(16,0)
Słowacja	60,58	58,22	16,47	6,73	30,51	28,87	3,931	1,330	2,375	0,623	15,66	265,9
Slovakia	(7,6)	(43,2)	(31,9)	(25,3)	(53,9)	(53,2)	(7,3)	(5,9)	(14,7)	(19,0)	(56,5)	(19,7)
Ukraina	61,67	59,99	15,55	6,79	39,75	36,37	3,706	1,211	2,438	0,522	16,28	212,4
Ukraine	(8,8)	(43,1)	(35,4)	(24,6)	(43,3)	(45,9)	(7,9)	(4,3)	(11,5)	(27,5)	(46,5)	(25,9)
Węgry	59,22	61,18	16,18	5,98	35,91	33,02	3,778	1,299	2,909	0,588	16,43	276,3
Hungary	(9,0)	(40,0)	(33,0)	(25,0)	(47,9)	(46,0)	(11,1)	(3,9)	(13,1)	(18,2)	(34,7)	(16,9)
NIR _{0,05}	1,47	4,19	1,47	0,63	5,61	5,515	0,145	0,061	0,742	0,049	2,76	22,8
LSD _{0,05}												

[#]LDK — liczba dni od wysiewu do kwitnienia — number of days from sowing to flowering; WS — Wysokość roślin — plant height; WOS — Wysokość osadzenia najniższego strąka — height of the lowest pod; LIR — Liczba rozgałęzień z rośliny — number of branches/plant; LSR — Liczba strąków z rośliny — number of pods/plant; LSN — liczba strąków z rośliny z nasionami — number of pods/plant with seeds; DS — Długość strąka — pod length; SZS — Szerokość strąka — pod width; LNS — Liczba nasion ze strąka — number of seeds/pod; MNS — Masa nasion ze strąka — weight of seeds/pod; MSR — Masa nasion z rośliny — weight of seeds/plant; MTN — Masa 1000 nasion — weight of 1000 seeds

W warunkach Kanady zmienność tej cechy zamykała się w przedziale od zaledwie 24,5 do aż 172 cm. W badaniach nad europejskimi materiałami kolekcyjnymi w warunkach stresu wodnego zakres wysokości roślin wynosił od 37,2 cm do 63,6 cm (Rybiński i in., 2008). Wcześniejsze pomiary wysokości roślin łądzwanu wskazują, że w roku o normalnej wielkości opadów (516 mm w roku 2002) wysokość roślin wynosiła od 67,8 do 94,3 cm lecz w bardziej suchym roku 2003 (331 mm) zakres zmienności tej cechy wynosił zaledwie od 25,6 do 42,7 cm (Kozak i in., 2008). W przypadku 1187 form z Indii wysokość roślin wynosiła od 15 do 68 cm (Pandey i in., 1995), a w pracach Dziamby (1997) od 60 do 120 cm. W prezentowanej pracy najniższą wysokością charakteryzowały się formy łądzwanu czerwonego z Grecji (40,4 cm), a pośród łądzwanu siewnego obiekty z Etiopii i Indii, odpowiednio 54,4 i 55 cm. Obok form z Czech (66 cm) do najwyższych należały również krajowe obiekty łądzwanu (65,3 cm). Powyższe obserwacje potwierdzają opinię Campbell (1997), że drobnonasienne formy afro-azjatyckie są niższe aniżeli formy europejskie charakteryzujące się większą MTN. Na dodatnią zależność między wysokością osadzania najniższego strąka a wysokością roślin wskazuje niskie zawiązywanie najniższych strąków u krótkich form łądzwanu czerwonego z Grecji i łądzwanu siewnego z Etiopii i Indii. Z

wyjątkiem form z Etiopii wykształcających najmniej rozgałęzień z rośliny (poniżej pięciu), średnia wartość tej cechy w odniesieniu do pozostałych obiektów była zbliżona, a tylko obiekty z Czech, Rosji, Słowacji i Ukrainy rozwijały powyżej sześciu rozgałęzień w zakresie od 6,4 do 6,9. Na stosunkowo wąski zakres zmienności, zbliżony do uzyskanych w prezentowanej pracy wskazuje Mehra i in. (1995). W odniesieniu do form pochodzących z Francji, Bangladeszu, Etiopii, Cypru, Afganistanu i Niemiec liczba rozgałęzień z rośliny wynosiła odpowiednio: 5,2; 5,7, 5,0; 5,5; 5,0 i 5,0, aczkolwiek według opracowanego katalogu obiektów lędźwianu (Pandey i in., 1995) liczba rozgałęzień z rośliny oceniana w Indiach podlegała znacznej zmienności od zaledwie 1,8 do 28,4, natomiast w warunkach Kanady liczba rozgałęzień dochodziła nawet do 40 (Campbell, 1997). Większa liczba rozgałęzień nie zawsze znajdowała odzwierciedlenie we wzroście liczby strąków z rośliny, na co wskazują wyniki dotyczące lędźwianu czerwonego z Grecji o najniższej liczbie strąków z rośliny (30,4) czy z Polski o najwyższej liczbie (55,2) uzyskanych przy zbliżonej liczbie rozgałęzień. Oprócz krajowych form, powyżej 40 strąków z rośliny wykształcały jedynie rośliny z Afganistanu. W zakresie od 2,4 do 59 i od 13 do 59 strąków z rośliny obserwowano odpowiednio w badaniach Pandey i in. (1995) i Yadov (1995). Na wyraźną tendencję krajowych odmian lędźwianu do zawiązywania na roślinie wysokiej liczby strąków wskazują prace Greli i in. (2010; 2012). Wysoka liczba strąków z rośliny krajowych obiektów przekładała się bezpośrednio na najwyższą, obok form z Czech, średnią masę nasion z rośliny na poziomie 19 g w porównaniu z masą zaledwie 8,1 g dla lędźwianu czerwonego z Grecji. Dla obiektów z pozostałych krajów masa nasion z rośliny nie przekraczała 17 g, w zakresie od 14,7 g dla roślin z Afganistanu do 16,7 z Rosji. Masa nasion z rośliny jest wypadkową wzajemnych powiązań liczby strąków z rośliny z liczbą i masą nasion ze strąka oraz w mniejszym stopniu z jego długością. Najkrótszymi strąkami charakteryzowały się obiekty lędźwianu czerwonego z Grecji (poniżej 3 cm), a najdłuższymi, nie przekraczającymi 4 cm obiekty z Czech i Słowacji. Zmienność tej cechy w zakresie od 1,7–5,6; 1,9–5,2 i 3,0–4,0 cm obserwowali odpowiednio Campbel (1997) w Kanadzie oraz Pandey i in. (1995) i Mehra i in. (1995) w Indiach. Najwięcej nasion w strąku (3,3) zawiązywały krajowe obiekty, mniej nasion na poziomie trzech formy z Afganistanu, a poniżej trzech obiekty z pozostałych krajów. Więcej niż cztery nasiona w strąku (4,04) zawiązywały jedynie rośliny lędźwianu czerwonego pochodzące z Grecji, aczkolwiek z uwagi na niską masę pojedynczego nasiona ich masa ze strąka była najniższa (0,34 g) w porównaniu z najwyższymi wartościami (powyżej 0,6 g) obserwowanymi dla roślin z Czech i Słowacji. Według Campbella (1997) rośliny obiektów kolekcyjnych badanych w Kanadzie zawiązywały w strąku od 1 do 4,3 nasion, w warunkach klimatycznych Indii od 1,6 do 4,6 (Pandey i in., 1995), a w odniesieniu wyłącznie do form europejskich od 1,6 do 3,3 (Grela i in., 2012). Mimo, że rośliny krajowych obiektów zawiązywały najwięcej nasion w strąku, z uwagi na ich drobnoziarnistość masa nasion ze strąka była niższa niż u form o mniejszej liczbie nasion w strąku lecz grubszych nasionach tak jak formy ze Słowacji, Czech czy Węgier. Znalazło to odzwierciedlenie w niskiej MTN w przypadku krajowych obiektów (143,8 g) w porównaniu do form gruboziarnistych o wysokich wartościach MTN (od 252 do 276 g) reprezentowanych przez rośliny z Węgier, Czech i Słowacji, co potwierdzają badania Benkova i Zakova (2001) dla form słowackich

oraz Lazanyi (2000) dla obiektów z Węgier. Niższymi wartościami MTN charakteryzowały się obiekty z Ukrainy i Rosji (212 i 210 g), a najniższymi, zbliżonymi do form krajowych obiekty z Afganistanu (143,2 g). W Australii pośród 451 form kolekcyjnych MTN wynosiła od 190 do 220g (Hanbury i in., 1995), a w Bangladesz od 29,5 do 67,6 g (Sarwar i in. 1995). Z kolei pośród 272 ocenianych form MTN wynosiła od 34,5 do 225,9 g (Robertson i Abd El Moniem, 1995), a w Kanadzie pośród 732 form od 56 do 288 g (Campbell, 1997). W badaniach powyższych autorów formy drobnonasienne z reguły pochodziły z Azji Południowo-Wschodniej, a wielkonasienne z terenów Basenu Morza Śródziemnego. Wartości MTN dla obiektów z krajów rejonu śródziemnomorskiego (Hammer 1989; De La Rosa, Martin 2001, Grela i in., 2010) przekraczały 300 g, a dla niektórych form nawet 400 g.

Ocenę podobieństwa grup obiektów w zależności od kraju ich pochodzenia, a wyrażoną odległościami Mahalanobisa przedstawia tabela 4.

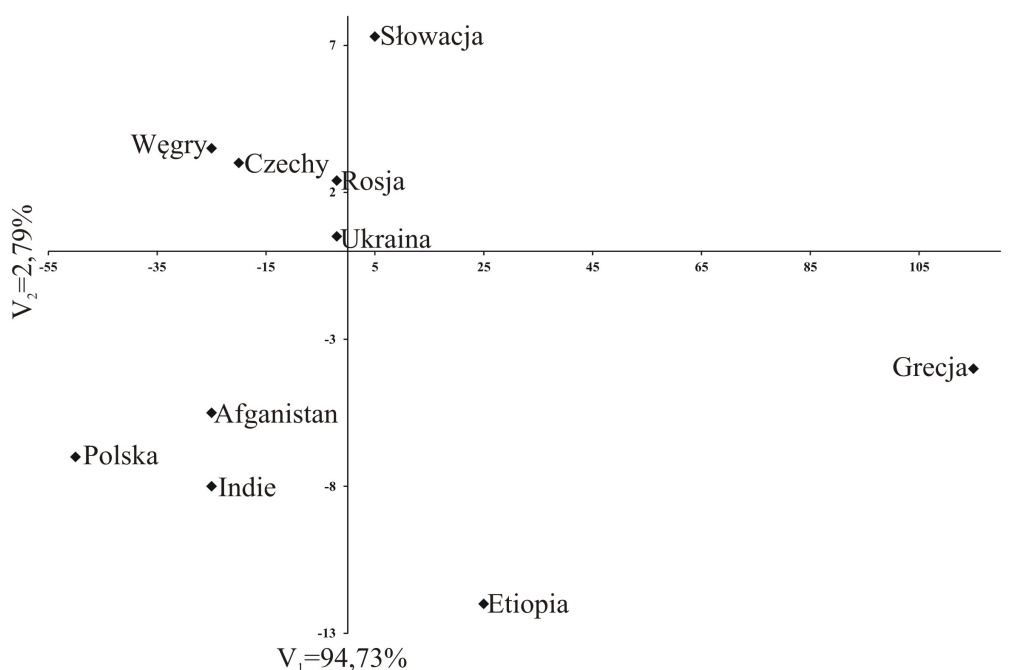
Tabela 4

Podobieństwo analizowanych obiektów pod względem cech ilościowych wyrażone odległościami Mahalanobisa
Similarity of analyzed accessions for quantitative traits expressed in Mahalanobis distance

	Słowacja Slovakia	Czechy Czech Republic	Rosja Russia	Ukraina Ukraine	Węgry Hungary	Afganistan Afghanistan	Indie India	Etiopia Ethiopia	Polska Poland	Grecja Greece
Słowacja Slovakia	0									
Czechy Czech Republic	9,07	0								
Rosja Russia	9,35	9,01	0							
Ukraina Ukraine	9,52	10,69	7,31	0						
Węgry Hungary	10,32	13,01	12,86	9,41	0					
Afganistan Afghanistan	15,28	14,63	10,16	8,87	14,84	0				
Indie India	16,21	13,42	13,35	11,75	14,78	10,46	0			
Etiopia Ethiopia	20,74	19,97	18,57	15,28	18,92	14,26	13,15	0		
Polska Poland	19,58	16,06	14,96	16,11	19,31	12,34	10,87	21,55	0	
Grecja Greece	33,85	38,86	37,49	34,23	37,08	36,87	37,84	32,05	44,6	0
$D_{kr}^2 = 22,19$										

Najdłuższe odległości Mahalanobisa (najmniejszy stopień podobieństwa) uzyskano pod względem analizowanych cech łącznie między obiektami łądzwanu czerwonego z Grecji a wszystkimi obiektami łądzwanu siewnego niezależnie od kraju pochodzenia. W obrębie obiektów łądzwanu siewnego najmniejszym podobieństwem charakteryzowały się obiekty z Etiopii i Słowacji, a formy krajowe były najbardziej odmienne od obiektów ze Słowacji, Węgier i Etiopii. Najkrótsze odległości (największe podobieństwo)

obserwowano między obiektami pochodzącymi z Rosji i Ukrainy, a w dalszej kolejności z Rosji i Czech oraz Słowacji i Czech. Przestrzenne położenie obiektów w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych pod względem cech łącznie potwierdza odrębność lędzwanu czerwonego z Grecji w porównaniu z lędzwanem siewnym reprezentującym pozostałe kraje (rys. 1). W obrębie lędzwanu siewnego znaczną odrębnością wyróżniają się obiekty z Etiopii. Pozostałe obiekty tworzą trzy grupy o zbliżonym wzajemnym podobieństwie obejmujące obiekty ze Słowacji, Węgier i Czech; Rosji i Ukrainy oraz bardziej odległe pochodzące z Polski, Indii i Afganistanu. Położenie obiektów z Polski jest zbliżone przestrzennie do form z Azji (Indie, Afganistan), a w drugiej kolejności z Rosji i Ukrainy, co może wskazywać na wschodni rodowód krajowych obiektów.



Afganistan — Afghanistan, Czechy — Czech Republic; Etiopia — Ethiopia; Grecja — Greece, Indie — India; Rosja — Russia; Słowacja — Slovakia; Ukraina — Ukraine; Węgry — Hungary

Rys. 1. Rozmieszczenie obiektów kolekcyjnych o zróżnicowanym pochodzeniu geograficznym w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych

Fig. 1. Distribution of analyzed accessions for quantitative traits in two first canonical variables

Zmienność badanych obiektów w kontekście składu chemicznego nasion przedstawiono w tabeli 5. Lędzwan siewny, podobnie jak inne gatunki roślin strączkowych, charakteryzuje się wysoką zawartością białka (Grela i Winiarska 1997; Grela i in., 2010; 2012). W prezentowanej pracy najwyższą zawartością białka (powyżej 30%) charakteryzowały się obiekty z Indii i Czech.

Tabela 5

Wartości średnie (i współczynniki zmienności) dla białka, tłuszczu oraz składu kwasów tłuszczowych
Means (and coefficients of variation) for protein, fat and fatty acids composition

Kraj pochodzenia Country of origin	Białko Protein (%)	Tłuszcz Fat (%)	C _{16:0} (%)	C _{18:0} (%)	C _{18:1} (%)	C _{18:2} (%)	C _{18:3} (%)	C _{20:0} (%)	C _{22:1} (%)
Afganistan Afghanistan	27,90 (0,0)	0,600 (0,0)	7,60 (0,0)	3,3 (0,0)	19,8 (0,0)	56,4 (0,0)	12,9 (0,0)	0 (#)	0 (#)
Czechy Czech Republic	31,54 (5,6)	0,650 (10,9)	7,10 (4,0)	2,4 (41,3)	22,15 (1,0)	55,6 (1,8)	11,8 (2,4)	0,95 (7,4)	0 (#)
Etiopia Ethiopia	28,89 (0,6)	1,100 (25,7)	7,30 (7,7)	3,95 (12,5)	18,5 (0,0)	59,3 (0,2)	10,9 (10,4)	0 (#)	0 (#)
Grecja Greece	24,66 (0,1)	0,750 (28,3)	14,55 (0,5)	5,45 (1,3)	37,15 (10,9)	34 (13,7)	7,65 (6,5)	1,2 (23,6)	0 (#)
Indie India	30,75 (9,7)	0,767 (27,2)	7,30 (2,4)	4,067 (5,7)	23,3 (4,6)	54,53 (1,9)	10,77 (6,0)	0 (#)	0 (#)
Polska Poland	28,24 (1,5)	1,433 (106,8)	7,37 (8,3)	3,967 (19,3)	23,07 (10,9)	52,93 (5,4)	12,27 (11,7)	0,4 (173,2)	0 (#)
Rosja Russia	26,60 (7,7)	2,250 (84,7)	7,35 (5,0)	3,925 (15,1)	20,43 (12,8)	56,38 (3,7)	10,97 (8,0)	0,45 (116,9)	0,55 (115,5)
Słowacja Slovakia	26,92 (9,7)	1,863 (46,6)	8,99 (5,0)	3,725 (10,5)	24,34 (8,3)	52,41 (4,2)	9,64 (12,7)	0,713 (44,0)	0,186 (190,0)
Ukraina Ukraine	26,23 (4,4)	1,100 (51,4)	7,98 (6,4)	4,05 (10,4)	20,8 (3,8)	55,35 (3,0)	11,8 (4,6)	0 (#)	0 (#)
Węgry Hungary	29,08 (5,3)	1,933 (133,5)	7,70 (6,0)	4,333 (9,6)	22,23 (10,6)	55,37 (3,0)	10,37 (9,2)	0 (#)	0 (#)
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	2,10	1,320	0,46	0,52	2,14	2,23	1,04	0,35	0,32

- brak możliwości obliczenia współczynnika zmienności

- without possibility of coefficient of variation estimation

C_{16:0} — kwas palmitynowy — palmitic acid; C_{18:0} — kwas stearynowy — stearic acid; C_{18:1} — kwas oleinowy — oleic acid; C_{18:2} — kwas linolowy — linoleic acid; C_{18:3} — kwas linolenowy — linolenic acid; C_{20:1} — kwas eikozenowy — eicosenic acid; C_{22:1} — kwas erukowy — erucic acid

Wartości na poziomie 28 i 29% posiadały obiekty z Węgier, Etiopii i Polski, a na poziomie 26–27% obiekty z Afganistanu, Rosji, Słowacji i Ukrainy. W podsumowaniu wyników zawartości białka ocenianego w pracach różnych autorów, średnia zawartość wynosiła 29,6%, a zakres zmienności wynosił od 26,3 do 34,3% (Hanbury i in., 2000). W porównaniu z analizowanymi obiektami lędźwianu siewnego, lędźwian czerwony z Grecji zawierał w nasionach najmniej białka (24,6%), co potwierdzają badania Greli i in. (2012). Zawartość tłuszczu w nasionach była niska i nie przekraczała 2,3% przy szerokiej zmienności tej cechy od zaledwie 0,6% dla obiektów z Afganistanu i Czech do 2,2% dla form pochodzących z Rosji. Średnia zawartość tłuszczu u krajowych obiektów wynosiła 1,4%. Zbliżone zawartości u form kolekcyjnych lędźwianu wynoszące 0,9% uzyskali Adsule i in. (1989), a na poziomie 1,0; 1,2 i 1,6% odpowiednio: Latif i in. (1975); Kuo i in. (1995) oraz Infascelli i in. (1995). Zawartość tłuszczu w nasionach lędźwianu czerwonego z Grecji nie odbiegała od wartości uzyskanych dla lędźwianu siewnego. Znaczne natomiast różnice dla obydwu gatunków obserwowano w profilu kwasów tłuszczowych. O ile w tłuszczu lędźwianu siewnego, niezależnie od pochodzenia obiektów, kwas linolowy wyraźnie dominował nad kwasem oleinowym (kwasy te stanowią ponad 70% sumy

wszystkich kwasów), to w nasionach lędzwanu czerwonego reprezentowanych przez obiekty z Grecji, zawartość obydwu kwasów była prawie na tym samym poziomie (tab. 5). Ponadto nasiona lędzwanu czerwonego (Grecja) wyróżniały się w stosunku do lędzwanu siewnego najwyższą zawartością kwasu palmitynowego i stearynowego oraz najniższą kwasu linolenowego. W obrębie lędzwanu siewnego najniższą zawartością kwasu oleinowego (poniżej 20%) charakteryzowały się obiekty z Afganistanu i Etiopii, a najwyższą ze Słowacji 24,3%. W odniesieniu do kwasu linolowego uzyskane wartości wynosiły od 52,4% dla obiektów ze Słowacji do 59,3% dla nasion z Etiopii. Wysoka zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych ma wpływ na wartość żywieniową lędzwanu. Znaczny udział w tłuszczu kwasu linolowego, oleinowego oraz palmitynowego i linolenowego wskazuje, że tłuszcz nasion lędzwanu siewnego jest wysoce dietetyczny, zbliżony składem i przydatnością do oleju sojowego (Grela i Winiarska, 1997).

Wzajemne zależności między analizowanymi cechami wyrażono wartościami współczynnika korelacji (tab. 6). Wykazano, że wysokość roślin była pozytywnie skorelowana z wysokością osadzenia najniższego strąka, liczbą strąków z rośliny, ich długością i szerokością oraz masą nasion ze strąka i rośliny. Ponadto wysokość roślin była także skorelowana z zawartością pięciu kwasów tłuszczowych: dodatnio z zawartością wielonienasyconych kwasów linolowego i linolenowego, a ujemnie z kwasem palmitynowym, stearynowym i oleinowym.

Tabela 6

Współczynniki korelacji prostej pomiędzy obserwowanymi cechami materiałów kolekcyjnych lędzwanu

Coefficients of correlation among the analyzed traits of collected accessions

Cecha Trait	LDK	WS	WOS	LIR	LSR	LSN	DS	SZS	LNS	MNS
WS	0,16									
WOS	0,23	0,77***								
LIR	0,05	0,35	0,31							
LSR	0,36*	0,54**	0,26	-0,07						
LSN	0,36*	0,58***	0,30	-0,03	1,00***					
DS	-0,2	0,42*	0,50**	0,47**	-0,27	-0,2				
SZS	-0,06	0,56***	0,65***	0,25	-0,10	-0,1	0,82***			
LNS	0,09	-0,08	-0,01	-0,16	0,11	0,04	-0,41*	-0,37*		
MNS	-0,17	0,39*	0,56***	0,29	-0,32	-0,1	0,81***	0,84***	-0,3	
MSR	0,18	0,82***	0,61***	0,33	0,63***	0,20	0,40*	0,51**	-0,14	0,43*
MTN	-0,23	0,34	0,47**	0,41*	-0,42*	-0,2	0,88***	0,84***	-0,22	0,87***
Białko Protein	-0,02	0,2	0,16	-0,53**	-0,02	0,08	0,08	0,33	-0,05	0,28
Tłuszcz Fat	-0,19	0,12	-0,01	0,14	0,02	0	0,2	0,17	-0,25	0,05
C _{16:0}	-0,24	-0,69***	-0,65***	0,07	-0,38*	-0,3	-0,44*	-0,67***	0,23	-0,44*
C _{18:0}	0,04	-0,48**	-0,45**	-0,13	-0,18	-0,1	-0,59***	-0,51**	0,38*	-0,50**
C _{18:1}	-0,16	-0,62***	-0,61***	-0,12	-0,31	-0,3	-0,47**	-0,55**	0,28	-0,36*
C _{18:2}	0,19	0,65***	0,66***	0,1	0,26	0,25	0,56***	0,68***	-0,28	0,46**
C _{18:3}	0,07	0,52**	0,42*	-0,15	0,55**	0,28	0,07	0,18	-0,16	0,09
C _{20:0}	-0,25	-0,27	-0,31	0,12	-0,24	-0,2	-0,12	-0,22	0,04	-0,05
C _{22:1}	0,06	0,05	-0,09	0,26	-0,01	-0,1	0,13	0,02	-0,16	0

Cecha Trait	MSR	MTN	Białko Protein	Tłuszcz Fat	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{20:0}
WS										
WOS										
LIR										
LSR										
LSN										
DS										
SZS										
LNS										
MNS										
MSR										
MTN	0,33									
Białko Protein	0,07	0,12								
Tłuszcz Fat	0,05	0,08	-0,2							
C _{16:0}	-0,60***	-0,37*	-0,45*	-0,11						
C _{18:0}	-0,52**	-0,34	-0,32	-0,08	0,53**					
C _{18:1}	-0,58***	-0,39*	-0,24	-0,06	0,83***	0,45*				
C _{18:2}	0,60***	0,49**	0,31	0,13	-0,88***	-0,48**	-0,97***			
C _{18:3}	0,45**	-0,11	0,33	-0,14	-0,67***	-0,54**	-0,60***	0,50**		
C _{20:0}	-0,22	-0,1	-0,19	-0,07	0,46**	-0,1	0,52**	-0,57***	-0,26	
C _{22:1}	0,12	0,14	-0,31	0,06	-0,07	-0,1	-0,17	0,09	-0,04	0,39*

* p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001

Objaśnienia symboli w tabeli 2

Symbols explanation in table 2

Z kolei MTN była dodatkowo skorelowana z wysokością osadzenia najniższego strąka, liczbą rozgałęzień, długością i szerokością strąka oraz masą nasion ze strąka, a ujemnie z liczbą strąków z rośliny i liczbą nasion ze strąka. Najwyższą bezwzględną wartość współczynnika korelacji (-0,97) uzyskano dla zawartości kwasu linolowego i oleinowego. Brak istotnej korelacji między zawartością białka i tłuszczu wskazuje na możliwość prowadzenia niezależnej selekcji na każdą z obydwu cech.

WNIOSKI

1. Analiza wariancji wykazała, że oceniane na podstawie doświadczeń polowych cechy ilościowe były istotnie zróżnicowane pozostając w zależności od pochodzenia geograficznego analizowanych obiektów kolekcyjnych.
2. Pośród wszystkich ocenianych cech ilościowych, obiekty kolekcyjne lędzwanu najbardziej różnicowała wielkość nasion wyrażona masą 1000 nasion. Wartość tej cechy była związana z geograficznym pochodzeniem materiałów kolekcyjnych reprezentowanych przez obiekty drobno-, średnio - i grubonasienne. Oprócz zróżnicowania masy 1000 nasion między obiektami w obrębie gatunku *Lathyrus sativus*, największą odrębność pod względem wielkości nasion i innych cech obserwowano dla obiektów *L. cicera*.
3. W odniesieniu do krajowych obiektów lędzwanu siewnego cechami wyróżniającymi na tle pozostałych były najwyższe wartości liczby strąków z rośliny i liczby nasion ze

- strąka oraz najniższe wartości masy 1000 nasion. Drobnonasiennosc krajowych obiektów, podobnie jak i obiektów z Azji potwierdzałyby hipotezę o wschodnim rodowodzie krajowych ekotypów łądzwianu związanych z osadnictwem Tatarów na ziemiach Podlasia w XVII wieku.
4. Z hodowlanego punktu widzenia obiekty o dużych nasionach i mniejszej liczbie nasion ze strąka mogą stanowić interesujący materiał wyjściowy do krzyżowań z drobnonasiennymi formami krajowymi (o większej liczbie nasion ze strąka) w celu uzyskania mieszańców o zwiększonej wielkości nasion bez redukcji ich liczby w strąku. Pozwoliłoby to na zwiększenie plonu nasion krajowych ekotypów.
 5. Wszystkie obiekty *Lathyrus sativus* charakteryzowały się wysoką zawartością białka, wyższą niż nasiona blisko genetycznie pokrewnego gatunku *Lathyrus cicera*. Nasiona obydwu gatunków łądzwianu zawierały mało tłuszczu przy znacznym zróżnicowaniu profilu kwasów tłuszczowych. W szczególności dotyczy to zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych, głównie kwasu oleinowego i linolowego o wyraźnie różnych proporcjach ich udziału w tłuszczu nasion łądzwianu siewnego i łądzwianu czerwonego.

LITERATURA

- Adsule R. N., Kadam S. S., Salunkhe D. K. 1989. Lathyrus bean. In: Salunkhe D.K., Kadam S.S. (Eds.). CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilization. Vol. 2 CRC Press, Boca Raton, FL: 115 — 130.
- Benkova M., Zakova M. 2001. Evaluation of selected traits in grasspea (*Lathyrus sativus* L.) genetic resources. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 2: 27 — 30.
- Campbell C.G., 1997. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 18. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- De la Rosa L., Martin I. 2001. Morphological characterization of Spanish genetic resources of *Lathyrus sativus* L. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 2: 31 — 34.
- Dziamba S., 1997. Biologia i agrotechnika łądzwianu siewnego. Międzynarodowe Sympozjum Naukowe „Łądzwian siewny – agrotechnika i wykorzystanie w żywieniu zwierząt i ludzi”, Radom, 9-10 czerwca 1997: 27 — 33.
- Grela E., Winiarska A., 1997. Skład chemiczny i wartość pokarmowa nasion łądzwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.). Międzynarodowe Sympozjum Naukowe „Łądzwian siewny – agrotechnika i wykorzystanie w żywieniu zwierząt i ludzi”, Radom, 9-10 czerwca 1997: 49 — 58.
- Grela E. R., Rybiński W., Klebaniuk R., Matras J., 2010. Morphological characteristics of some accessions of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) grown in Europe and nutritional traits of their seeds. *Genet. Resour. Crop. Evol.* 57 (5): 693 — 701.
- Grela E.R., Rybiński W., Matras J., Sobolewska S. 2012. Variability of phenotypic and morphological characteristics of some *Lathyrus sativus* L. and *Lathyrus cicera* L. accessions and nutritional traits of their seeds. *Genet. Resour. Crop. Evol.* 59(8): 1687 — 1703.
- Hammer K., Laghetti G., Perrino P. 1989. Collection of plant genetic resources in South Italy. *Kulturpflanze* 37: 401 — 414.
- Hanbury C.D., Sarker A., Siddique K.H.M., Perry M. W., 1995. Evaluation of *Lathyrus* germplasm in a Mediterranean type environment in South-Western Australia. Co-operative Research Center for Legumes in Mediterranean Agriculture, Occasional Paper, No 8. Perth.
- Hanbury C.D., White C.L., Mullan B.P., Siddique K.H.M., 2000. A review of the potential of *Lathyrus sativus* L. and *L. cicera* L. grain for use as animal feed. *Anim. Feed Sci. Tech.* 87: 1 — 27.

- Infascelli F., Di Lella T., Piccolo V. 1995. Dry matter, organic matter and crude protein degradability of high protein feeds in buffaloes and sheep. *Zoot. Nutr. Anim.* 21: 89 — 94.
- Kozak M., Bocianowski J., Rybiński W. 2008. Selection of promising genotypes based on path and cluster analyses. *J. Agric. Sci.* 146: 85 — 92.
- Kuo H., Bau H. M., Quemener B., Khan J. K., Lambein F. 1995. Solid-state fermentation of *Lathyrus sativus* seeds using *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oligosporus* sp T-3 to eliminate the neurotoxin beta-ODAP without loss of nutritional value. *J. Sci. Food Agric.* 69: 81 — 89.
- Latif M. A., Morris T. R., Jayne-Williams D. J. 1975. Use of khesari (*Lathyrus sativus*) in chick diets. *Br. Poult. Sci.* 17: 539 — 546.
- Lazanyi J. 2000. Grass pea and green manure effects in Great Hungarian plain. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 1: 28 — 30.
- Mackiewicz Z. 1956. *Łędwian afrykański*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1956: 1 — 33.
- Mahalanobis P. C. 1936. On the generalized distance in statistics. *Proceedings of the National Institute of Science of India*, 12: 49 — 55.
- Mehra R. B., Raju D. B., Himabindu K. 1995. Evaluation and utilization of *Lathyrus sativus* collection in India. In: *Lathyrus Genetic Resources in Asia*. Proc. Reg. Workshop, December 27–29, Raipur, India.
- Milczak M., Pędziński M., Mnichowska H., Szwed-Urbaś K. 1997. Hodowla twórcza łądwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.) — podsumowanie pierwszego etapu. Międzynarodowe Sympozjum Naukowe „Łędwian siewny – agrotechnika i wykorzystanie w żywieniu zwierząt i ludzi”, Radom, 9–10 czerwca 1997: 13 — 22.
- Milczak M., Pędziński M., Mnichowska H., Szwed-Urbaś K., Rybiński W. 2001. Creative breeding of grass pea (*Lathyrus sativus*) in Poland. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 2: 85 — 88.
- Pandey R. L., Agrawal S. K., Chitale M. W., Sharma R. N., Kashyap O. P., Geda A. K., Chandrakar H. K., Agrawal K. K. 1995. Catalogue of grasspea (*L. sativus* L.) germplasm. I. Gandhi Agric. Univ. Press, Raipur, India: 72 — 81.
- Polignano G.P., Ugetti P., Olita G., Bisiganano V., Alba V., Perrino P. 2005. Characterization of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) entries by means of agronomically useful traits. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 4: 10 — 14.
- Rencher A. C. 1998. Interpretation of canonical discriminant functions, canonical variates, and principal components. *Am. Stat.* 46: 217 — 225.
- Robertson L. D., Abd El Moneim A. M. 1995. *Lathyrus germplasm* collection, conservation and utilization. In: *Lathyrus Genetic Resources in Asia*. Proceedings of a Regional Workshop, 27–29 December 1995, Indira Gandhi Agricultural University, Raipur, India, 97 — 111.
- Rybiński W., Szot B., Rusinek R. 2008. Estimation of morphological traits and mechanical properties of grasspea seeds (*Lathyrus sativus* L.) originating from EU countries. *Int. Agrophysics* 22 (3): 261 — 275.
- Rybiński W., Pankiewicz K. 2010. Łędwian siewny (*Lathyrus sativus* L.) — perspektywiczna roślina strączkowa – charakterystyka, zmienność i wykorzystanie na przykładzie materiałów kolekcyjnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 555: 361 — 372.
- Sarwar C. D. M., Sarkar A., Murshed A. N. M. M., Malik M. A. 1995. Variation in natural population of grass pea. In: *Lathyrus sativus* and Human Lathyrism. Progress and Prospects. Proc. 2nd Int. Colloq. Lathyrus Lathyrism, 10–12 December 1993, Dhaka.
- Starzycki M., Starzycka E. 1999. Biochemiczne metody identyfikacji nasion i roślin z rodziny *Brassicaceae*. Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa. Opracowanie nr: ZniN 72/3/99 Radzików.
- Vaz Patto M. C., Skiba B., Pang E. C. K., Ochatt S. J., Lambein F., Rubiales D. 2006. *Lathyrus* improvement for resistance against biotic and abiotic stresses: From classical breeding to marker assisted selection. *Euphytica* 147: 133 — 147.
- Yadov C. R. 1995. Genetic evaluation and varietal improvement of grasspea in Nepal. In: *Lathyrus Genetic Resources in Asia*. Proc. Reg. Workshop, December 27–29, Raipur, India.

