

WOJCIECH RYBIŃSKI¹
JAN BOCIANOWSKI²
SZYMON DZIAMBA³

¹ Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu

² Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

³ Katedra Szczegółowej Uprawy, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Zmienność cech ilościowych u wybranych odmian lokalnych lędźwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.)

Variation of quantitative traits in Polish local grasspea accessions (*Lathyrus sativus* L.)

W latach 2004–2006 w warunkach pola doświadczalnego IGR PAN w Poznaniu założono doświadczenia polowe z 40 obiektami reprezentującymi lokalne odmiany lędźwianu siewnego z Podlasia i innych regionów wschodniej Polski. Oceniono termin kwitnienia oraz jedenaście cech ilościowych związanych z cechami plonotwórczymi roślin. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą wielocechowej analizy statystycznej. Dwuczynnikowa analiza wariancji (obiekty, lata) pozwoliła stwierdzić istotne różnice pomiędzy obiektami dla długości i szerokości strąka, liczby nasion ze strąka, i masy 1000 nasion. Rok badań determinował zmienność wszystkich badanych cech za wyjątkiem liczby nasion ze strąka. Nie stwierdzono interakcji genotypy × lata dla wszystkich obserwowanych cech lędźwianu. Analizowane obiekty charakteryzowały się szerokim zakresem zmienności cech. Najbardziej korzystnym pod względem cech plonotwórczych okazał się pierwszy oraz drugi rok badań. Pośród analizowanych dwunastu cech aż dla dziewięciu uzyskano najwyższe wartości średnich w pierwszym roku, w drugim dla trzech, a w trzecim dla żadnej z cech. Najbardziej różnicującym z kolei okazał się drugi rok badań, w którym najwyższe wartości współczynnika zmienności obserwowano dla siedmiu cech, w pierwszym dla pięciu, a w trzecim dla żadnej. Cechami wyróżniającymi analizowane obiekty były między innymi: barwa kwiatu i okrywy nasiennej, kształt strąka i nasion. MTN charakteryzuje się szerokim zakresem zmienności. MTN była istotnie i pozytywnie skorelowana z szerokością strąka i masą nasion ze strąka a ujemnie z liczbą nasion ze strąka i z rośliny. Wyrażając stopień podobieństwa obiektów pod względem analizowanych cech łącznie, najmniejszym podobieństwem od kilku obiektów (DZ: 21; 31; 38; 26; 7; 30, 6; 51; 37) charakteryzowała się forma DZ 2. Na podstawie wyliczonych odległości Mahalanobisa wyróżniono pary obiektów o największym, jak i najmniejszym podobieństwie, wskazując na szeroki zakres zróżnicowania analizowanego materiału pod względem kompleksu ocenianych cech. Umożliwia to efektywną selekcję najbardziej obiecujących genotypów jako materiału rodzicielskiego do krzyżowań i tym samym ulepszenia krajowych odmian lędźwianu siewnego.

Słowa kluczowe: cechy ilościowe, doświadczenia polowe, formy lokalne, *Lathyrus sativus*, wielocechowa metoda statystyczna

The field trials were conducted in 2004–2006 in conditions of experimental field of Cerekwica. For experiment 40 accessions (landraces) derived from Podlasie and other regions of West Poland were chosen. The flowering time and eleven quantitative traits connected with yield structure were assessed. Obtained results were analyzed with a use of multivariate statistical method. A two-way analysis of variance (genotypes, years) allowed to detect significant differences between objects concerning pod length and width, seed number per pod as well as weight of 1000 seeds. The genotypes \times years interactions had no significant effect on any of the analyzed traits. Analyzed objects presented a broad range of variability in tested traits. In analyzed years of field trials the most promising yield parameters were observed in the first year and at the lower level in the second. Among the 12 estimated traits, for nine traits the highest mean values were observed in the first year, for three in the second one and for none in third year. The second year had the biggest influence on variability of traits. In this year the highest coefficient of variation were obtained for seven traits, for five in first and for none in third year. Flower and seed coat colour, pod and seed shape belong to traits which allowed to distinguish analyzed forms: 1000 seed weight showed a very broad range of variation for analyzed forms. Weight of 1000 seeds showed significant and positive correlation with width of pod and weight of seeds per pod and a negative one with seed number per pod and per plant. The similarity of objects for all traits together on phenotypic level were expressed by Mahalanobis distance. The lowest similarity was observed for accession DZ 2, as compared to DZ: 21; 31; 38; 26; 7; 30, 6; 51; 37. On the basis of Mahalanobis distance we identified pairs of accessions with highest and lowest similarities indicating broad range of phenotypic variability of landraces derived from Podlasie region and another part of West Poland. This allowed an effective selection of most promising genotypes for parental initial material for crosses and improvement of domestic cultivars of grasspea.

Key words: field trials, *Lathyrus sativus*, accessions, multivariate statistic methods, quantitative traits

WSTĘP

Łędwian siewny należy do najstarszych gatunków uprawnych, a znany był już 8000 lat przed Chrystusem (Lambein i Kuo, 1997). Historia uprawy łądwianu na terenie Polski nie jest bliżej znana. Według Milczaka i in. (1997) łądwian 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 łądwian siewny, stając się z czasem gatunkiem dominującym. Wspomina o nim w encyklopedii rolniczej polski przyrodnik żyjący w XVIII wieku ks. Krzysztof Kluk (Dziamba, 1997). Pierwsze dane o hodowli łądwianu w Polsce (rejon Gdańska) pochodzą z 1937 roku. Po zakończeniu wojny prace kontynuowano w Państwowym Instytucie Naukowym Gospodarstwa Wiejskiego w Bydgoszczy jak również w IUNG w Bydgoszczy oraz Zakładach Doświadczalnych IUNG w Minikowie i Poświętnym, koncentrując się głównie na łądwianie afrykańskim (Mackiewicz, 1956). W latach sześćdziesiątych zaniechano dalszych prac aż do roku 1991.

W końcu lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia poszukując na rynku nasion soczewicy rodzimej, w sklepie spożywczym w Lubartowie natrafiono na drobnonasienną formę łądwianu, sprzedawanego jako soczewica. W wyniku uzyskanych informacji okazało się, że materiał ten od dawna ceniony jest na Podlasiu jako warzywo, pod tą właśnie nazwą (Milczak i in., 1997). Pierwsze doświadczenia przeprowadzone w Białej koło Radzyna Podlaskiego w 1991 roku, szczególnie suchym, co skłoniło do dalszych badań i rozpoczęcia selekcji indywidualnej, a prowadzenie hodowli twórczej w Nochowie od roku 1993 doprowadziło do rejestracji dwóch odmian łądwianu siewnego: Derek i Krab. Mimo

uzyskania niewątpliwego postępu hodowlanego i niezaprzeczalnych zalet użytkowych, lędźwian siewny nadal ma marginalne znaczenie w polskim rolnictwie. Jedną z przyczyn tego stanu rzeczy jest konieczność poprawienia wielu niekorzystnych cech jak również mało poznana pula genowa, którą reprezentują w Polsce dwie uzyskane odmiany oraz nieliczne formy lokalnie uprawiane dotąd na Podlasiu.

Biorąc pod uwagę zachodzące zmiany klimatyczne, walory żywieniowe (prozdrowotne) i priorytetowe znaczenie odporności roślin na stropy abiotyczne, w ostatnim czasie coraz większego znaczenia nabierają prace badawcze nad niedocenianymi i marginalnymi gatunkami roślin często o znaczeniu lokalnym. Potrzeby bytowe społeczeństw zaspakajane są między innymi przez zróżnicowaną paletę roślin uprawnych. Jednakże wśród nich, tylko niewielka liczba jest wykorzystywana jako główne źródło zaspakajania potrzeb żywnościowych. Badania rolnicze tradycyjnie skupiają się na gatunkach podstawowych, podczas gdy niewiele uwagi poświęca się gatunkom drugorzędym pomijanych przez naukowców, zwłaszcza w krajach rozwiniętych. Gatunki takie z reguły traktowane są jako mało atrakcyjne. Inaczej niż gatunki wiodące, wiele gatunków marginalnych jest doskonale zaadaptowanych do skrajnych warunków środowiskowych jak między innymi do terenów wyżynnych, 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 dobrze zbalansowanej diety. Czynnikiem ograniczającym upowszechnienie wielu niedocenianych gatunków jest brak wyczerpującej informacji o ich właściwościach rolniczych. Do takich gatunków należy także obecny w Polsce od ponad 200 lat lędźwian siewny.

Według Milczka i in. (1997, 2001) lędźwian siewny stanowi ważną roślinę proekologiczną i wyróżnia się kompleksem takich cech, jak odporność na niskie temperatury, wybitna odporność na suszę, tolerancja na rodzaj gleb, wyższa odporność na pęknięcie dojrzałych strąków niż groch, odporność polowa na choroby grzybowe i niską podatnością na uszkodzenia wywołane przez pachóweczkę strąkóweczkę. Nie bez znaczenia jest również pozytywna rola lędźwianu w płodozmianie. Głęboki system korzeniowy i zielona masa stanowią istotny dodatek masy organicznej, czemu towarzyszy uruchamianie nierozpuszczalnych substancji pokarmowych i ich transport z niższych warstw gleby, przy poprawie jej pojemności wodnej (Lazanyi, 2000). Z uwagi na swe unikalne właściwości w obrębie rodzaju *Lathyrus*, lędźwian siewny uznany został za modelową roślinę dla potrzeb rolnictwa zrównoważonego (Vaz Patto i in., 2006).

MATERIAŁ I METODY

Do doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 2004–2006 na polu doświadczalnym Instytutu Genetyki Roślin PAN w Cerkwicy wybrano 40 odmian lokalnych pochodzących z Podlasia i przyległych regionów wschodniej Polski pochodzących ze zbiorów prof. Szymona Działmy (UP Lublin). Nasiona wysiewano na poletkach w doświadczeniu założonym w układzie bloków losowanych w trzech

powtórzeniach w rozstawie 70 cm × 25 cm. Oprócz określenia terminu kwitnienia, wyrażonego liczbą dni od wysiewu (TK), po zbiorze roślin (na 15 losowo wybranych roślinach z każdego powtórzenia) oceniono wartości następujących cech: wysokość roślin (WS), wysokość osadzenia najniżej na roślinie zawiązanego strąka (WOS), liczbę rozgałęzień (LR), liczbę strąków z rośliny (LSR), długość i szerokość strąka (DS i SZS), liczbę i masę nasion ze strąka pędu głównego (LNS i MNS), liczbę i masę nasion z rośliny (LNR i MNR) oraz masę 1000 nasion (MTN).

Dwuczynnikowa analiza wariancji (ANOVA) została przeprowadzona w celu zweryfikowania hipotez o braku wpływu obiektów oraz lat, jak również interakcji genotypy × lata na obserwowane cechy. Obliczono wartości minimalne, średnie i maksymalne oraz współczynniki zmienności dla badanych cech. Ocena współzależności obserwowanych cech dokonana została w oparciu o odpowiednie współczynniki korelacji, estymowane na podstawie średnich genotypowych z trzech lat. Uzyskane wyniki analizowano również za pomocą metod wielowymiarowych (Caliński i Kaczmarek, 1973; Rencher, 1992). Wielowymiarowe zróżnicowanie obiektów kolekcji określono na podstawie odległości Mahalanobisa (Mahalanobis, 1936). W celu przedstawienia wielo cechowej oceny podobieństwa genotypów zastosowano analizę zmiennych kanonicznych (Camussi i in., 1985; Rencher, 1992). Umożliwia ona zobrazowanie zróżnicowania obiektów pod względem dwunastu cech w formie graficznej. Wszystkie obliczenia w analizie danych wykonano za pomocą pakietu statystycznego GenStat Release 10.1 (GenStat, 2007).

WYNIKI I DYSKUSJA

Środkowo-wschodnie tereny kraju (Podlasie i ziemie przyległe) stanowią cenne źródło starych historycznie materiałów wyjściowych do hodowli takich roślin jak: łądzwian siewny, soczewica i „słodka” wyka siewna. Według Milczka i in. (1997), jednym ze skarbów ziemi polskiej, a ściślej mówiąc Podlasia jest łądzwian siewny — uprawiany od dawnych czasów pod nazwą „soczewica”, z różnymi lokalnymi przydomkami: podlaska, biała, ruska itp. Nazwa ta ma niewątpliwie związek z pochodzeniem materiału wyjściowego, natomiast teren uprawy pokrywa się w zasadzie z osadnictwem Tatarów w XVII wieku. Należy też nadmienić, że biblijna soczewica (*Lens culinaris*) jest gatunkiem pierwotnym, pochodzącym z Azji Mniejszej, natomiast wspomniany łądzwian siewny (*Lathyrus sativus*) jest gatunkiem wtórnym, bowiem towarzyszy soczewicy jako chwast (podobnie jak wyka siewna), który przy przesuwaniu uprawy gatunku głównego na tereny mniej korzystne dla soczewicy (zakwaszenie gleb, większe ilości opadów) zdominował populację i stał się gatunkiem wiodącym. Podobny przykład dominacji gatunku wtórnego nad pierwotnym, z tym, że na glebach zwięzłych, można spotkać w okolicy Starego Zamościa (tereny osadnictwa ormiańskiego, tureckiego, greckiego), w XVI wieku, gdzie z kolei „słodka” wyka siewna (*Vicia sativa*) uprawiana jest w ogrodach przydomowych i użytkowana kulinarnie jako soczewica. Podobnie jak w innych krajach (Tavoletti i Capitani, 2000) we wschodnich rejonach Polski jak dotąd zachowały się lokalne odmiany łądzwianu. Głównie na Podlasiu uprawiany jest na niewielką skalę, po części na

przydomowych działkach i służy głównie jako roślina warzywna dla własnej konsumpcji, jak i do wytwarzania coraz bardziej popularnych ekologicznych lokalnych produktów spożywczych. Należą do nich między innymi kotlety mięsno-łędźwianowe, paluszki łędźwianowi, czy sałatka i zupa łędźwianowa (Lesisz, 1997), a na szerszą skalę nasiona o dojrzałości mleczno-woskowej wykorzystywane są w przemyśle warzywnym (Lisiewska i in., 1997).

Przeprowadzona dwuczynnikowa (genotypy, lata) analiza wariancji pozwoliła stwierdzić istotne różnice pomiędzy obiektami dla długości i szerokości strąka, liczby nasion ze strąka i MTN. Rok badań determinował zmienność wszystkich badanych cech za wyjątkiem liczby nasion ze strąka. Nie stwierdzono interakcji genotypy \times lata dla wszystkich obserwowanych cech łędźwianu (tab. 1).

Tabela 1

Średnie kwadraty z analizy wariancji dla badanych cech krajowych odmian lokalnych łędźwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.)
Mean squares from analysis of variance for the investigated traits for local forms of grasspea (*Lathyrus sativus* L.)

Źródło zmienności Source of variation	Genotyp (G) Genotype (G)	Rok (R) Year (Y)	G×R G×Y	Błąd Residual
Stopnie swobody Degrees of freedom	39	2	68	109
Czas kwitnienia Time of flowering	14,31	668,58***	5,59	17,75
Wysokość roślin Plant height	95,43	37061,35***	42,82	621,54
Wysokość osadzenia najniższego strąka Height of the lowest pod	21,23	565,89***	11,35	23,68
Liczba rozgałęzień z rośliny Number of branches per plant	1,27	56,77***	0,80	1,92
Liczba strąków z rośliny Number of pods/plant	175,47	19992,71***	131,28	419,62
Długość strąka Pod length	0,119***	0,150*	0,039	0,067
Szerokość strąka Pod width	0,016***	0,076***	0,003	0,008
Liczba nasion ze strąka Number of seeds/pod	0,313***	0,226	0,069	0,150
Masa nasion ze strąka Weight of seeds/pod	0,008	0,235***	0,004	0,009
Liczba nasion z rośliny Number of seeds/plant;	1899,20	95311,30***	1334,40	2783,34
Masa nasion z rośliny Weight of seeds/plant	38,80	1399,71***	27,88	48,87
Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds	2244,60*	30567,30***	399,30	1454,34

* Istotne na poziomie 0,05; Significant at 0.05 level

*** Istotne na poziomie 0,001; Significant at 0.001 level

W tabeli 2 przedstawiono wartości średnich, zakres zmienności (minimum i maksimum) oraz współczynnik zmienności dla poszczególnych cech. Najwyższe wartości średnich, dla dziewięciu cech obserwowano w pierwszym roku badań (2004), dla trzech

cech w roku 2005 i dla żadnej w roku 2006. Rozkład najwyższych wartości odpowiada poziomowi opadów w poszczególnych latach, spośród których tylko w roku 2004 nie odnotowano niedoboru wody w glebie (64 mm w czerwcu) przy stresie wodnym w roku 2005 (11,5 mm w tym samym miesiącu), a zwłaszcza w roku 2006 (33,3; 17,4 i 23,8 mm w maju, czerwcu i lipcu).

Tabela 2
Charakterystyka analizowanych cech krajowych form kolekcyjnych lędzwanu siewnego (*Lathyrus sativus* L.)
Characteristics of investigated traits of grasspea accessions (*Lathyrus sativus* L.)

Cecha Trait	2004				2005				2006				2004-2006			
	min	\bar{x}	max	CV%	min	\bar{x}	max	CV%	min	\bar{x}	max	CV%	min	\bar{x}	max	CV%
TK [#]	64,00	70,47	74,00	4,06	44,00	65,42	71,00	6,02	58,00	62,78	65,00	2,09	44,00	66,22	74,00	6,40
WS	86,00	109,57	130,00	9,92	38,20	55,81	81,20	12,47	43,20	57,09	66,00	8,13	38,20	74,15	130,00	35,15
WOS	19,00	25,70	39,60	20,74	12,20	17,84	25,60	19,00	14,60	21,52	27,00	11,69	12,20	21,68	39,60	22,82
LIR	3,60	5,50	8,00	18,97	2,60	4,25	7,20	27,59	5,40	6,62	8,20	8,26	2,60	5,45	8,20	25,44
LSR	19,40	66,54	114,40	27,89	11,50	26,59	52,00	39,60	22,40	32,15	41,20	12,85	11,50	41,76	114,40	51,85
DS	2,60	3,81	4,40	8,80	3,30	3,66	4,10	6,11	3,30	3,74	4,20	5,54	2,60	3,73	4,40	6,92
SZS	1,20	1,37	1,60	5,86	1,30	1,45	1,70	6,43	1,30	1,40	1,60	5,61	1,20	1,41	1,70	6,38
LNS	1,90	2,93	4,00	15,19	2,10	2,92	3,70	12,09	2,20	2,79	3,50	13,15	1,90	2,88	4,00	13,47
MNS	0,38	0,49	0,64	14,22	0,45	0,61	0,85	13,63	0,34	0,48	0,58	11,64	0,34	0,53	0,85	17,57
LNR	33,00	157,80	368,20	39,31	31,80	71,70	164,60	43,21	38,20	82,60	113,60	19,54	31,80	104,3	368,20	53,21
MNR	5,30	24,14	38,80	31,62	6,49	14,75	33,51	39,65	5,77	13,97	19,23	16,36	5,30	17,62	38,80	41,05
MTN	92,00	158,60	286,00	22,85	142,00	209,30	324,00	15,54	114,00	172,20	233,00	15,86	92,00	180,03	324,00	20,95

TK — Czas kwitnienia, Time of flowering; WS — Wysokość roślin, Plant height; WOS — Wysokość osadzenia najniższego strąka, Height of the lowest pod; LR — Liczba rozgałęzień z rośliny, Number of branches per plant; LSR — Liczba strąków z rośliny, Number of pods/plant; 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; LNR — Liczba nasion z rośliny, Number of seeds/plant; MNR — Masa nasion z rośliny, Weight of seeds/plant; MTN — Masa 1000 nasion, Weight of 1000 seeds
 CV — Współczynnik zmienności; Coefficient of variation
 \bar{x} — średnia; mean

Średnio za okres trzech lat rośliny rozpoczynały kwitnienie po 65 dniach od wysiewu (tab. 2). Najpóźniej, po 70 dniach rozpoczynały kwitnienie rośliny w mokrym roku 2004, a średnio pięć dni wcześniej w suchym roku 2005 i o osiem dni wcześniej w najbardziej suchym roku 2006. Różnice te mogą wynikać z faktu, że w momencie kwitnienia

(czerwiec) przy deficycie wody w glebie rośliny w 2005 i 2006 roku wcześniej rozpoczynały kwitnienie. Część lokalnych ekotypów niezależnie od roku badań charakteryzowała się wczesnym kwitnieniem. Pandey i in. (1995) analizowali 1187 obiektów kolekcyjnych i średnio rośliny rozpoczynały kwitnienie po 62 dniach, przy szerokim zakresie tej cechy od 47 do 94 dni, a w badaniach Polignano i in. (2005) po 75 dniach przy zakresie zmienności od 74 do 90 dni. Z kolei w warunkach Australii zakres zmienności terminu kwitnienia dla 451 obiektów wynosił od 70 do 120 dni (Hanbury i in., 1995) a w Bangladesz (1072 obiekty) od 43 do 88 dni (Sarwar i in., 1995). Cytowani powyżej autorzy podkreślają wcześniejsze kwitnienie drobnonasiennych form pochodzących z południowo-wschodniej Azji z porównaniu z grubonasiennymi formami europejskimi.

Analizując strukturę plonowania obiektów w poszczególnych latach (tab. 2) najwyższe wartości uzyskano w pierwszym roku badań w pierwszym roku badań przy wyraźnej redukcji plonowania w suchych latach 2005 i 2006. Średnia wysokość roślin w roku 2004 wynosiła 109 cm, a w suchych latach 2005 i 2006, odpowiednio, 55 i 57 cm przy szerokim zakresie zmienności tej cechy między obiektami. W badaniach Pandey i in. (1995), Hanbury i in. (1995) oraz Polignano i in. (2005) również obserwowano znaczne zróżnicowanie lędźwianu pod względem tej cechy odpowiednio: od 15–68 cm; 24,5–172 cm oraz 25–98 cm, przy czym formy europejskie były z reguły wyższe i o bujniejszej biomacie niż formy azjatyckie. Z kolei lokalne ekotypy z Włoch charakteryzowały się wysokością od 53,8 do 78,7 cm (Tavoletti i Capitani, 2000), a dla ekotypów indyjskich wysokość roślin nie przekraczała 56 cm (Kumari i Prasad, 2005). W badaniach krajowych, wysokość roślin dwóch rodów z Podlasia Der i Kra wynosiła odpowiednio 73 i 80 cm (Milczak i in., 1997). Niedobór wody w glebie w latach 2005 i 2006 wywołał silną redukcję plonowania roślin. Podobny efekt w latach 2006–2008 dla włoskich ekotypów obserwował Piergiovanni i in. (2010). Dotyczy to w szczególności liczby strąków z rośliny oraz liczby i masy nasion z rośliny (tab. 2). O ile w pierwszym roku badań rośliny średnio zawiązywały 66,5 strąków z rośliny przy liczbie i masie nasion z rośliny na poziomie 157,8 i 24,1 g, to liczba strąków z rośliny w drugim i trzecim roku badań nie przekraczała 33 strąków, a liczba nasion z rośliny była niższa niż 83 przy masie poniżej 15 g. Również zakres zmienności wspomnianych wyżej cech był wyraźnie węższy w latach 2005 i 2006 niż w roku 2004. Dla rodów z Podlasia Der i Kra liczba strąków z rośliny wynosiła odpowiednio 24 i 18,2 (Milczak i in., 1997). W badaniach Pandey i in. (1995) i Yadov (1995), średnia liczba strąków z rośliny wynosiła 194 i 36 przy szerokich zakresach zmienności tej cechy, odpowiednio, od 2,4 do 59 oraz od 13 do 59. Obydwaj cytowani powyżej autorzy wskazują ponadto na korelacje między liczbą strąków z rośliny a wysokością roślin i wielkością nasion. Pod względem wielkości nasion wyrażonych za pomocą masy 1000 nasion (MTN) obserwowano znaczne różnice między krajowymi ekotypami lędźwianu (tab. 2). Zgodnie z klasyfikacją Dziamby (1997) w zależności od MTN formy od 50–150 g to rośliny drobnonasienne, od 150–250 g średnio nasienne, a powyżej 250 g to formy grubonasienne. Oceniane obiekty o średniej MTN za okres trzech lat na poziomie 180 g zaliczyć można do form średnio nasiennych, przy czym uzyskany zakres zmienności od 92 do 324 g wskazuje, że część ekotypów to drobno- i grubonasienne formy. Badania Milczaka i in.

(1997) nad krajowymi rodami z Podlasia — Der i Kra w latach 1992–1996 wykazały, że pierwszy z nich charakteryzował się drobniejszymi nasionami o MTN 115 g, a drugi o większej masie — na poziomie 193 g. Z kolei włoskie ekotypy o wartości MTN od 228 do 394 g i od 211 do 455 g (Tavoletti i Capitani, 2000; Piergovanni i in., 2010) wskazują na odrębność krajowych od ekotypów basenu Morza Śródziemnego, bliżej charakteryzowanych przez Campbell (1997) oraz Hammer i in. (1989). Z drugiej strony, znaczną odrębnością pod względem MTN (również pod względem morfologii roślin) charakteryzują się lokalne formy azjatyckie o masie od 29,5 do 67,6 g (Sarwar i in., 1995) oraz od 62 do 74 g (Kumari i Prasad, 2005). Reasumując te dane można stwierdzić, że pod względem MTN (ale i innych cech) krajowe ekotypy są formami średnio nasiennymi i są formami pośrednimi między grubonasiennymi formami z południowej Europy a drobnonasiennymi z Azji. Do form średnio nasiennych zaliczyć można również ekotypy z Ukrainy i Rosji (Grela i in., 2010) zbliżone morfotypowo do form krajowych (co wskazuje na ich bliższe pokrewieństwo w aspekcie pochodzenia), a po części podobne są niektóre formy ze Słowacji, aczkolwiek niektóre z nich to typowe formy grubonasienne (Benkova i Zakova, 2001), zbliżone do form z Węgier (Lazanyi, 2000). Potwierdzało by to hipotezę Milczka i in. (2001) o wschodnim pochodzeniu krajowych ekotypów związanych z osadnictwem tatarskim i z drugiej strony o prawdopodobnym „przepływie” form gruboziarnistych z basenu Morza Śródziemnego poprzez Węgry na część Słowacji. Wszystkie nasiona krajowych form charakteryzowały się typowym dla lędźwianu kanciastym i toporkowatym kształtem nasion o barwie okrywy nasiennej od jasnokremowej (u form biało kwitnących) do mniej lub bardziej ciemnych u form o jasnej do ciemnoniebieskiej barwy kwiatu. Średnio strąki zawierały po 2,9 nasion przy zakresie zmienności tej cechy od 1,9 do 4, przy masie nasion ze strąką wynoszącej 0,53 g i zakresie zmienności od 0,34 do 0,85 g (tab. 2). W badaniach Campbell (1997) liczba nasion wynosiła od 1,6 do 4,6, a według Yadov (1995) i De la Rosa i Martin (2001) odpowiednio: 2–5 oraz 2,2–4, przy czym formy drobnonasienne przy zbliżonej długości strąka i jego bardziej równowąskim kształcie zawierały więcej nasion niż formy gruboziarniste z południa Europy, o lekko spłaszczonym kształcie dużych nasion i tym samym szerszym i bardziej eliptycznym kształcie strąka.

Obserwowana zmienność cech u krajowych ekotypów, w zależności od roku badań, znalazła odzwierciedlenie w wartości współczynnika zmienności (tab. 2). Jego najwyższe wartości za trzyletni okres badań uzyskano dla liczby strąków z rośliny oraz liczby i masy nasion z rośliny, przy czym występowały znaczne różnice w tym względzie w zależności od roku badań. Niższe wartości współczynnika zmienności uzyskano dla wysokości roślin, liczby rozgałęzień z rośliny, wysokości osadzenia najniższego od podstawy rośliny strąka i MTN, a najniższe dla terminu kwitnienia oraz długości i szerokości strąka. W badaniach Pandey i in. (1995) nad 1187 obiektami kolekcyjnymi również największej zmienności podlegała liczba i masa nasion z rośliny (50,1 i 59,8%), a także liczba strąków z rośliny i wysokość roślin (45,7 i 23 %). W badaniach nad rodami z Podlasia (Milczak i in., 1997) najwyższą wartość współczynnika zmienności (60%) uzyskano dla wysokości roślin, a następnie liczby strąków z rośliny (35,1%), liczby i masy nasion z rośliny (43,6 i 37,0%)

oraz MTN. Mniejszej zmienności (20%), podobnie jak w prezentowanej pracy, podlegała wysokość osadzenia najniższego strąka.

Wartości współczynnika korelacji dla analizowanych cech przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Współczynniki korelacji dla analizowanych cech krajowych form kolekcyjnych łądzwanu siewnego dla lat łącznie
Correlation coefficients between the mean values (all years together) of the studied traits of grasspea accessions

	TK	WS	WOS	LIR	LSR	DS.	SZS	LNS	MNS	LNR	MNR	MTN
TK	1,00	0,33*	0,41**	0,12	0,07	0,38*	0,01	0,34*	-0,02	0,17	-0,08	-0,29
WS		1,00	0,70***	-0,10	0,39*	0,45**	0,20	0,22	0,23	0,29	0,21	-0,01
WOS			1,00	-0,19	-0,08	0,48**	0,19	0,13	0,14	-0,13	-0,25	-0,01
LIR				1,00	0,36*	0,01	0,20	-0,29	0,15	0,19	0,51***	0,31
LSR					1,00	0,12	0,04	0,14	0,01	0,84***	0,81***	-0,11
DS						1,00	0,59***	0,22	0,57***	0,05	0,12	0,28
SZS							1,00	-0,31*	0,54***	-0,20	0,18	0,73***
LNS								1,00	0,21	0,51***	-0,01	-0,67***
MNS									1,00	-0,01	0,29	0,50***
LNR										1,00	0,73***	-0,43**
MNR											1,00	0,22
MTN												1,00

TK — Czas kwitnienia, Time of flowering; WS — Wysokość roślin, Plant height; WOS — Wysokość osadzenia najniższego strąka, Height of the lowest pod; LR — Liczba rozgałęzień z rośliny, Number of branches per plant; LSR — Liczba strąków z rośliny, Number of pods/plant; 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; LNR — Liczba nasion z rośliny, Number of seeds/plant; MNR — Masa nasion z rośliny, Weight of seeds/plant; MTN — Masa 1000 nasion, Weight of 1000 seeds

*, **, *** Istotne na poziomie 0,05, 0,01, 0,001; Significant at $\alpha = 0,05, 0,01, 0,001$ level

Liczba nasion ze strąka była dodatnio i istotnie skorelowana z terminem kwitnienia, liczbą nasion z rośliny, a ujemnie z MTN oraz szerokością strąka. Istotną cechą plonotwórczą jest liczba strąków z rośliny (Campbell i in., 1994). Cecha ta była dodatnio skorelowana z wysokością roślin, liczbą rozgałęzień z rośliny oraz liczbą i masą nasion z rośliny. Milczak i in. (1997) analizując rody z Podlasia wykazali również wysoką i dodatnią korelację między liczbą strąków z rośliny a wysokością roślin, wysokością osadzenia najniższego strąka, liczbą i masą nasion z rośliny, plonem nasion z poletka, a ujemną z MTN. Ujemną wartość korelacji wykazali także De la Rosa i Martin (2001), przy czym Piergiovanni i in. (2010) obserwowali dla włoskich ekotypów dodatnią korelację MTN z plonem nasion i ujemną z zawartością białka oraz antyżywniowej substancji neurotoksycznej β -ODAP. W przeprowadzonych badaniach MTN była dodatnio skorelowana z szerokością strąka i masą nasion ze strąka, a ujemnie z liczbą nasion ze strąka i rośliny. W badaniach Milczaka i in. (1997) MTN była ujemnie skorelowana z liczbą nasion z rośliny, a w badaniach nad lokalnymi formami łądzwanu z Indii również z liczbą strąków z rośliny (Kumari i Prasad, 2005). Z uwagi na znaczną skłonność łądzwanu do wylegania istotną cechą jest wysokość roślin (Dziamba, 1997). Cecha ta była dodatnio skorelowana z terminem kwitnienia, na co również wskazują Kumari i Prasad (2005). Ponadto wysokość roślin była dodatnio skorelowana z wysokością osadzenia najniższego strąka, co również potwierdziły wyniki innych autorów (De la Rosa i Martin, 2001; Lioi i

in., 2011). Ta wysoce istotna korelacja wskazuje na trudności uzyskania form o obniżonej wysokości i poprawionym wyleganiu, wiążących pierwsze od podstawy rośliny strąki na wysokości optymalnej dla mechanicznego zbioru roślin. Ponadto, wysokość rośliny była dodatnio skorelowana z liczbą strąków z rośliny oraz ich długością. Ważną cechą plonotwórczą jest liczba rozgałęzień z rośliny (Dziamba, 1997), która była pozytywnie skorelowana z plonem nasion (Campbell, 1997). W prezentowanej pracy liczba rozgałęzień z rośliny była dodatnio skorelowana z liczbą strąków z rośliny i wysoce istotnie z masą nasion z rośliny.

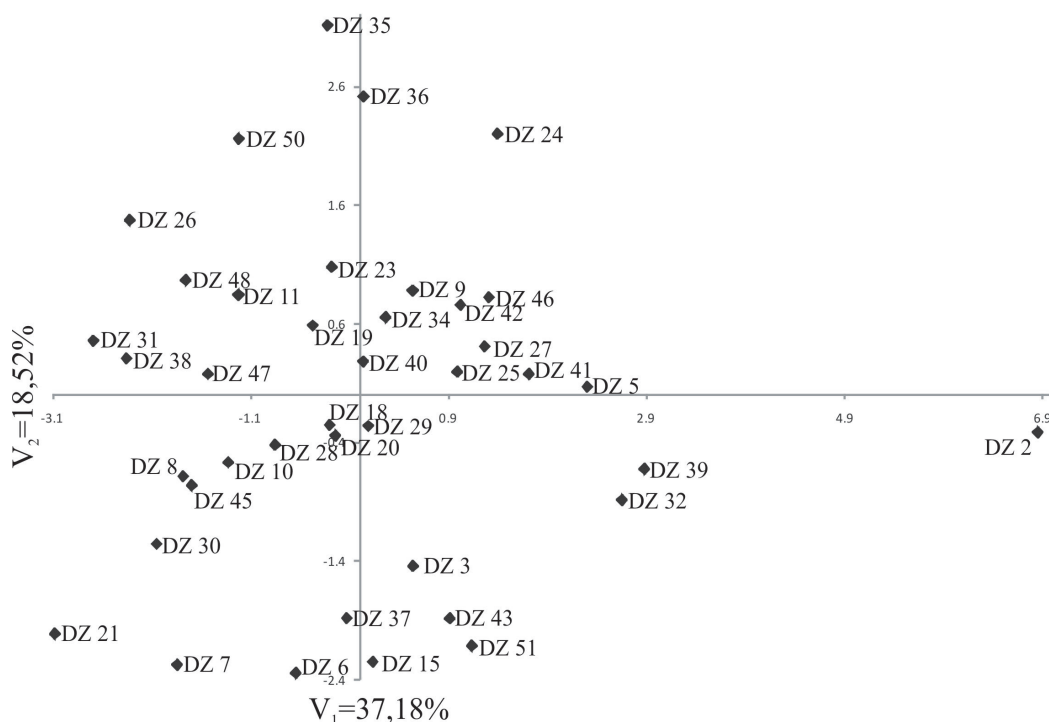
Tabela 4

Ocena podobieństwa wybranych form kolekcyjnych pod względem analizowanych cech łącznie wyrażona wybranymi odległościami Mahalanobisa
Estimation of similarity of chosen accessions for analyzed traits together expressed by Mahalanobis distance

Porównywane obiekty Compared objects	Najdłuższe odległości Longest distances	Porównywane obiekty Compared objects	Najkrótsze odległości Shortest distances
DZ 2 – DZ 21	10,48	DZ 29 – DZ 34	1,27
DZ 2 – DZ 31	9,83	DZ 29 – DZ 40	1,27
DZ 2 – DZ 38	9,66	DZ 41 – DZ 5	1,31
DZ 2 – DZ 26	9,51	DZ 28 – DZ 29	1,33
DZ 2 – DZ 7	9,34	DZ 42 – DZ 9	1,42
DZ 2 – DZ 30	9,30	DZ 41 – DZ 46	1,53
DZ 2 – DZ 6	8,23	DZ 34 – DZ 40	1,56
DZ 2 – DZ 6	7,89	DZ 20 – DZ 29	1,61
DZ 2 – DZ 51	7,59	DZ 30 – DZ 45	1,65
DZ 2 – DZ 37	7,39	DZ 34 – DZ 42	1,71
DZ 35- DZ 51	7,12	DZ 11 – DZ 48	1,75
DZ 36 – DZ 21	7,05	DZ 28 – DZ 34	1,87
DZ 24 – DZ 21	6,85	DZ 28 – DZ 8	1,87
DZ 50- DZ 51	6,70	DZ 34 – DZ 9	1,88
DZ 35 – DZ 15	6,49	DZ 45 – DZ 48	1,92
DZ 24 – DZ 51	6,36	DZ 45 – DZ 8	1,95
DZ 35 – DZ 7	6,24	DZ 20 – DZ 28	1,96
DZ 35 – DZ 21	6,16	DZ 32 – DZ 39	1,97
DZ 35 – DZ 6	6,11	DZ 24 – DZ 46	2,00
DZ 36 – DZ 51	5,76	DZ 40 – DZ 42	2,00
DZ 35 – DZ 43	5,50	DZ 20 – DZ 25	2,08
DZ 24 – DZ 37	5,09	DZ 46 – DZ 5	2,12

W badaniach nad lokalnymi formami łądzwianu obserwowano ich znaczne zróżnicowanie pod względem zarówno cech botanicznych jak i plonotwórczych (Tavoletti i Capitani, 2000; Kumari i Prasad 2005; Piergiovanni i in., 2010; Lioi i in., 2011). Zastosowana przez powyższych autorów wielocechowa analiza statystyczna umożliwiła między innymi ocenę zakresu zmienności badanych populacji. Pozwoliła również porównać między sobą poszczególne obiekty pod względem analizowanych cech łącznie. W niniejszej pracy w celu porównania zróżnicowań ocenianych form kolekcyjnych dla cech łącznie wyliczono odległości Mahalanobisa. Część uzyskanych wyników przedstawiono w tabeli 4. Najdłuższe odległości (najmniejsze podobieństwo) uzyskano dla formy DZ 2 w porównaniach z innymi obiektami. Wskazuje to na znaczną odrębność tej formy od pozostałych form lokalnych, przy czym także inne pary obiektów jak np. DZ 35 i DZ

51; DZ 36 i DZ 21 czy DZ 50 i DZ 51 charakteryzują się niskim stopniem podobieństwa. Uzyskanie z kolei najkrótszych odległości dla licznych par (od 1,27 do 2,12) wskazuje na znaczne podobieństwo ocenianych obiektów. W formie przestrzennej obrazuje to rysunek 1 obrazując położenie wszystkich obiektów w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych. Dwie pierwsze kanoniczne wyjaśniają w sumie 55,7% całkowitej zmienności. W tabeli 5 przedstawiono współczynniki korelacji między trzema pierwszymi zmiennymi kanonicznymi a analizowanymi cechami.



Rys. 1. Rozmieszczenie obiektów w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych pod względem badanych cech

Fig. 1. Distribution of accessions in the space of two canonical variates for the analyzed traits

Pierwsza zmienna kanoniczna skorelowana była dodatnio z długością i szerokością strąka, masą nasion ze strąka oraz MTN i ujemnie z liczbą nasion ze strąka oraz liczbą nasion z rośliny. Natomiast druga zmienna kanoniczna skorelowana była dodatnio z terminem kwitnienia, wysokością roślin, wysokością osadzenia najniższego od ziemi strąka, jego długością oraz liczbą i masą nasion ze strąka a ujemnie z liczbą rozgałęzień z rośliny. Wyniki te wskazując, że ich wykorzystanie w dostatecznym stopniu uwiarygodnia przestrzenne położenie obiektów oraz potwierdza efektywność charakterystyki wielocechowej. Ocena taka jest bardzo wiarygodna, czego potwierdzeniem jest jej szerokie zastosowanie przez hodowców i genetyków lędźwianu (Tavoletti i Capitani, 2000; Kumari

i Prasad 2005; Piergiovanni i in., 2010; Lioi i in., 2011). Powyżsi autorzy nie tylko opisali zmienność lokalnych populacji ale również dokonali wyboru najbardziej genetycznie zróżnicowanych form na poziomie fenotypowym i o wartościowych cechach użytkowych.

Tabela 5

Współczynniki korelacji między trzema pierwszymi zmiennymi kanonicznymi a cechami lędzwanu siewnego

Correlation coefficients between the first three canonical varieties and the characters of grasspea

Cecha Trait	Pierwsza zmienna kanoniczna First canonical variate	Druga zmienna kanoniczna Second canonical variate	Trzecia zmienna kanoniczna Third canonical variate
Czas kwitnienia Time of flowering	-0,090	0,530***	-0,608***
Wysokość roślin Plant height	0,235	0,479**	0,269
Wysokość osadzenia najniższego strąka Height of the lowest pod	0,244	0,567***	-0,168
Liczba rozgałęzień z rośliny Number of branches per plant	0,260	-0,348*	-0,255
Liczba strąków z rośliny Number of pods/plant	0,036	-0,100	0,227
Długość strąka Pod length	0,519***	0,750***	0,013
Szerokość strąka Pod width	0,880***	0,211	-0,024
Liczba nasion ze strąka Number of seeds/pod	-0,606***	0,689***	0,241
Masa nasion ze strąka Weight of seeds/pod	0,402*	0,372*	0,331*
Liczba nasion z rośliny Number of seeds/plant	-0,349*	0,070	0,217
Masa nasion z rośliny Weight of seeds/plant	0,163	-0,261	0,276
Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds	0,888***	-0,236	0,132
Wartości własne Eigenvalues	5,339	2,659	1,609
Procent zmienności Percentage of variability	37,18	18,52	11,20

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

** Istotne na poziomie 0,01, Significant at $\alpha = 0.01$ level

*** Istotne na poziomie 0,001, Significant at $\alpha = 0.001$ level

W badaniach krajowych na podstawie analizy wielocechowej określono zakres zmienności cech u indukowanych mutantów lędzwanu. Umożliwiło to dokonanie wyboru mutantów, które pod względem uzyskanej zmienności genetycznej najbardziej różniły się od swych form kontrolnych (bez traktowania mutagenami), a z uwagi na dodatkową zmienność wywołaną działaniem mutagennym, wybrane mutanty mogą stanowić wartościowy materiał wyjściowy w pracach nad genetycznym ulepszaniem lędzwanu siewnego (Bocianowski i Rybiński, 2006; Rybiński i Bocianowski, 2006 a; Rybiński i Bocianowski, 2006 b; Rybiński i in., 2008). Taką możliwość dają również lokalne ekotypy lędzwanu analizowane w niniejszej pracy. Wykazany szeroki zakres ich zmienności i

specyficzna, pozytywna reakcja niektórych form na stres wodny wskazują nie tylko na konieczność ich zachowania w banku genów przed ich bezpowrotnym utraceniem, ale również na możliwość ich wykorzystania w badaniach podstawowych i hodowlanych.

WNIOSKI

1. Badane obiekty różniły się genetycznie pod względem długości i szerokości strąka, liczby nasion ze strąka i MTN. Nie stwierdzono interakcji genotypy \times lata dla wszystkich obserwowanych cech lędźwianu
2. Rok badań miał istotny wpływ na wartości średnich analizowanych cech jak i obserwowany zakres zmienności. Dotyczy to w szczególności korzystnego dla wzrostu i rozwoju roślin wilgotnego roku 2004, dla którego uzyskano najwięcej wysokich wartości średnich i najszerszy zakres zmienności cech. W latach 2005 i 2006 charakteryzujących się znacznym deficytem wody w okresie czerwca, analizowane obiekty reagowały silnym obniżeniem wysokości roślin i znaczną redukcją liczby strąków z rośliny co powodowało znaczne obniżenie wartości cech plonotwórczych. Stwierdzono zróżnicowaną reakcję obiektów na stres wodny.
3. Oprócz pokroju roślin, barwy kwiatu, kształtu strąka oraz barwy okrywy nasiennej cechą różnicującą poszczególne obiekty była wielkość nasion. Generalnie krajowe ekotypy zaliczyć można do form średnio nasiennych zbliżonych MTN do form rosyjskich i ukraińskich, co po uwzględnieniu innych cech wskazuje na ich wzajemne pokrewieństwo w przeciwieństwie do lędźwianów grubonasiennych typowych dla południowej Europy czy drobnonasiennych pochodzenia azjatyckiego. Wspiera to hipotezę o wschodnim pochodzeniu rodzimych ekotypów związanych z ponad dwustuletnim osadnictwem tatarskim na wschodnich terenach kraju.
4. Zmienność obiektów była większa w warunkach sprzyjających. Największej zmienności, podlegały cechy w mokrym roku 2004, przy czym niedobór wody w okresie wegetacji w najbardziej suchym roku 2006 w znacznym stopniu ograniczał zakres zmienności obiektów.
5. Wykazano znaczne zróżnicowanie wartości współczynnika zmienności dla poszczególnych cech w odniesieniu do lat badań, a najwyższe wartości współczynnika zmienności za trzyletni okres uzyskano dla liczby strąków z rośliny oraz liczby i masy nasion z rośliny, a najniższe dla terminu kwitnienia oraz długości i szerokości strąka.
6. Wielocechowa analiza pozwoliła wykazać, że lokalne ekotypy z Podlasia i przyległych regionów wschodniej Polski charakteryzują się znaczną zmiennością i szerokim zróżnicowaniem cech morfologicznych i plonotwórczych.
7. Oprócz konieczności zachowania lokalnych ekotypów w banku genów i niedopuszczenia do ich utracenia przy postępującej erozji genetycznej lędźwianu, opisana zmienność może posłużyć do wyboru najbardziej interesujących ekotypów zarówno do badań podstawowych jak i praktyki hodowlanej zwłaszcza w aspekcie ich zróżnicowanej reakcji na niedobór wody w glebie.

LITERATURA

- Benkova M., Zakova M. 2001. Evaluation of selected traits in grasspea (*Lathyrus sativus* L.) genetic resources. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 2: 27 — 30.
- Bocianowski J., Rybiński W. 2006. Wykorzystanie wielowymiarowej metodyki oceny cech ilościowych mutantów lędźwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.) uzyskanych działaniem chemomutagenów i światła lasera helowo-neonowego. *Acta Agrophysica* 8 (4): 791 — 802.
- Caliński T., Kaczmarek Z. 1973. Metody kompleksowej analizy doświadczenia wielocechowego. *Colloquium Metodologiczne z Agro-Biometrii, PAN i PTB, Warszawa*, 3: 258 — 320.
- Campbell C. G., Mehra R. B., Agrawal S. K., Chen, Y. Z., Abd El Moneim A. M., Khawaja H. I. T., Yadov, C. R., Tay, J. U., Araya, W. A. 1994. Current status and future strategy in breeding grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Euphytica* 73: 167 — 17.
- 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.
- Camussi A., Ottaviano E., Caliński T., Kaczmarek Z. 1985. Genetic distances based on quantitative traits. *Genetics* 111: 945 — 962.
- 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 lędźwianu siewnego. Międzynarodowe Sympozjum Naukowe „Lędźwian siewny — agrotechnika i wykorzystanie w żywieniu zwierząt i ludzi”, Radom, 9–10 czerwca 1997: 27 — 33.
- GenStat 2007. GenStat Release 10 Reference Manual, Lawes Agricultural Trust Rothamsted.
- 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.
- 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.
- Kumari V., Prasad R. 2005. Model plant in Khesari (*Lathyrus sativus* L.) suitable for hill farming. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 4: 15 — 17
- Lambein F., Kuo Y.-H. 1997. *Lathyrus sativus*, a Neolithic crop with a modern future? Międzynarodowe Sympozjum Naukowe „Lędźwian siewny — agrotechnika i wykorzystanie w żywieniu zwierząt i ludzi”, Radom, 9-10 czerwca 1997: 6 — 12.
- Lazanyi J. 2000. Grass pea and green manure effects in Great Hungarian plain. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 1 : 28 — 30.
- Lesisz M. 1997. Zastosowanie lędźwianu siewnego w żywieniu ludzi. Międzynarodowe Sympozjum Naukowe „Lędźwian siewny — agrotechnika i wykorzystanie w żywieniu zwierząt i ludzi”, Radom, 9-10 czerwca 1997: 154 — 160.
- Lioi L., Sparvoli F., Sonante G., Laghetti G., Lupo F., Zaccardelli M. 2011. Characterization of Italian grasspea (*Lathyrus sativus* L.) germplasm using agronomic traits, biochemical and molecular markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* 58: 425 — 437.
- Lisewska Z., Budnik A., Kmieciak W. 1997. Wykorzystanie nasion lędźwianu (*Lathyrus sativus* L.) o dojrzałości mleczno-woskowej w przemyśle spożywczym. Międzynarodowe Sympozjum Naukowe „Lędźwian siewny — agrotechnika i wykorzystanie w żywieniu zwierząt i ludzi”, Radom, 9-10 czerwca 1997: 161 — 164.
- Mackiewicz Z. 1956. Lędźwian 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.

- Milczak M., Pędziński M., Mnichowska H., Szwed-Urbaś K. 1997. Hodowla twórcza łądzwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.) – podsumowanie pierwszego etapu. Międzynarodowe Sympozjum Naukowe „Łądzwian 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 grasspea (*Lathyrus sativus* L.) in Poland. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 2: 18 — 23.
- 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.
- Piergiorgio A.R., Lupo F., Zaccardelli M. 2010. Environmental effects on yield, composition and technological seed traits of some Italian ecotypes of grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *J. Sci. Food Agric.* 91: 122 — 129.
- 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. 1992. Interpretation of canonical discriminant functions, canonical varieties, and principal components. *Am. Stat.* 46: 217 — 225.
- Rybiński W., Bocianowski J. 2006 a. Zmienność cech ilościowych roślin łądzwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.) pokolenia M₁ uzyskanego działaniem chemomutagenów. *Biuletyn IHAR* 240/241: 285 — 290.
- Rybiński W., Bocianowski J. 2006 b. Zmienność cech morfologicznych i struktury plonu nasion mutantów łądzwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.). *Biul. IHAR* 240/241: 291 — 297.
- Rybiński W., Bocianowski J., Pankiewicz K. 2008. Zróżnicowanie cech morfologicznych i plonotwórczych u indukowanych mutantów odmian łądzwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.). *Biul. IHAR* 249: 217 — 231.
- 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, Bangladesh.
- Tavoletti S., Capitani E. 2000. Field evaluation of grass pea population collected in the Marche region (Italy). *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 1: 17 — 20.
- Vaz Patta 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.
- Yadow A. G. 1995. Genetic evaluation and varietal improvement of grasspea in Nepal. In: *Lathyrus genetic resources in Asia. Proceedings of Regional Workshop, 27-29 December 1995. Indira Gandhi Agricultural University, Raipur, India: 27 — 29.*