

OCENA ZMIENNOŚCI I WSPÓLZALEŻNOŚCI CECH UŻYTKOWYCH W KOLEKCJI OLEISTYCH ODMIAN I RODÓW LNU ZWYCZAJNEGO (*LINUM USITATISSIMUM* L.)

MAGDALENA WALKOWIAK¹, KRYSZYNA KRÓTKA¹, FRANCISZEK WIELEBSKI²,
KRZYSZTOF MICHAŁSKI³, GRAŻYNA SILSKA⁴, MARCIN PRACZYK⁴, STANISŁAW SPASIBONEK¹

¹Pracownia Genetyki i Hodowli Jakościowej, ²Samodzielna Pracownia Stresów Środowiskowych Roślin Oleistych, ³Laboratorium Biochemiczne, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Poznaniu, ul. Strzeszyńska 36, 60-479 Poznań

⁴Zakład Hodowli i Agrotechniki Roślin Włóknistych i Energetycznych, Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71b, 60-630 Poznań

Synopsis. Celem pracy była ocena różnorodności fenotypowej dla cech agronomicznych i jakościowych nasion w kolekcji roboczej lnu zwyczajnego, zgromadzonej w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB w Poznaniu oraz w Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu. Badano 31 odmian i rodów hodowlanych pochodzących z różnych stref klimatycznych. Przedstawione wyniki dotyczą średnich wieloletnich (z 3 lat badań), zakresów zmienności i współczynników korelacji dla 11 cech agronomicznych i jakościowych. Do podziału badanych obiektów na grupy i określenia odległości pomiędzy grupami wykorzystano analizę skupień Warda. Wydzielenie jednorodnych grup obiektów metodą najdalszego sąsiedztwa umożliwiło określenie podobieństwa między grupami. Spośród pięciu grup skupień na szczególną uwagę zasługuje najdalej oddalona od pozostałych, grupa piąta skupiająca pięć form o skrajnie obniżonej zawartości kwasu α -linolenowego w nasionach. Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie badanych obiektów dla wszystkich analizowanych cech. Zakres zmienności w obrębie odmian i rodów hodowlanych lnu zwyczajnego był najwyższy dla 3 cech: zawartości kwasu linolowego i α -linolenowego oraz plonu nasion. Stwierdzono wysoce ujemną korelację pomiędzy zawartością kwasu linolowego a zawartością kwasu α -linolenowego. Krzyżowanie linii hodowlanych o różnych pulach genowych może być wykorzystane w dalszych pracach nad jeszcze większym różnicowaniem składu kwasów tłuszczowych w oleju nasion lnu zwyczajnego.

Słowa kluczowe: len zwyczajny (*Linum usitatissimum* L.), kolekcja, kwasy tłuszczowe, cechy agronomiczne, cechy jakościowe.

WSTĘP

Zainteresowanie nowymi roślinami alternatywnymi w ostatnich latach wyraźnie wzrasta. Poszukuje się jarych roślin oleistych o zróżnicowanej jakości oleju, których plon nasion byłby najbardziej stabilny i najmniej zależny od warunków agroklimatycznych. Spośród jarych roślin oleistych największe znaczenie w Polsce mają gatunki z rodziny kapustowatych (krzyżowych): rzepak jary, gorczyca biała i lnianka. W tej grupie najwierniej plonuje gorczyca biała, która potencjałem plonotwórczym dorównuje formom jarym rzepaku [Muśnicki i in. 1997].

Obecnie obserwuje się coraz większe zainteresowanie możliwością uprawy lnu zwyczajnego jako rośliny alternatywnej w stosunku do wyżej wymienionych roślin oleistych z uwagi na

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address*: sspas@nico.ihar.poznan.pl

dużą wartość siemienia lnianego jako paszy treściwej i surowca z którego pozyskuje się olej o korzystnym wpływie na zdrowie ludzi i zwierząt. Nasiona lnu w zależności od gatunku i odmiany są bogate w tłuszcz (30–45%), białko (20–31%) i błonnik pokarmowy (20–46%) co decyduje o ich wysokiej wartości energetycznej (ok. 5100 kcal·kg⁻¹) [Coskuner i Karababa 2007, Mueller i in. 2010]. Wartość oleju determinowana jest przez skład kwasów tłuszczowych. Olej lniany spośród wszystkich roślin oleistych jest najbogatszym źródłem kwasu α -linolenowego (ω -3) (ok. 57%) [Barceló-Coblign i Murphy 2009, Rubilar i in. 2010]. Wysoki udział tego kwasu w diecie wywiera korzystny wpływ na zdrowie poprzez działanie m.in. antyzapalne, obniża ryzyko wystąpienia chorób układu krążenia i otyłości, co zostało opisane w literaturze przez wielu autorów [Carraro i in. 2012, Carter 1993, Ganorkar i Jain 2013, Rubilar i in. 2010, Singh i in. 2011].

W ostatnim czasie na świecie obserwuje się wzrost areалу uprawy oleistych odmian lnu zwyczajnego. Powierzchnia zasiewu z 2237 tys. ha w 2011 roku wzrosła do poziomu 2764 tys. ha w 2016 roku. Najwięcej lnu uprawiano w Federacji Rosyjskiej – 710 tys. ha, Kazachstanie – 634 tys. ha, Kanadzie – 338 tys. ha, Chinach – 295 tys. ha, Indiach – 293 tys. ha oraz USA – 149 tys. ha. W Europie lnu zwyczajny uprawiano na powierzchni 899 tys. ha, z czego aż 79% tego areálu przypadło na Federację Rosyjską, mniejszy areal zasiewów odnotowano na Ukrainie – 69 tys. ha, w Anglii – 27 tys. ha, we Francji – 23 tys. ha oraz na Białorusi – 22 tys. ha. Zainteresowanie uprawą oleistymi odmianami lnu zwyczajnego w Polsce również wzrasta. Od 3 lat obserwuje się systematyczny wzrost areálu uprawy tego gatunku. Jeszcze w 2013 r. uprawiano go na zaledwie 1,5 tys. ha. Dwa lata później był to już obszar ok. 4,5 tys. ha. Natomiast w 2016 roku powierzchnia uprawy tej rośliny wzrosła do 7,5 tys. ha (FAOSTAT 2017).

Prace badawcze i hodowlane prowadzone nad lnem zwyczajnym przyniosły na przestrzeni ostatnich 20 lat ogromny postęp. Wytworzono nowe oleiste odmiany zarówno o brązowych, jak i żółtych nasionach charakteryzujące się korzystnymi cechami gospodarczymi [Piotrowska i Furowicz 1998]. Obecnie w Krajowym Rejestrze znajdują się cztery polskie oleiste odmiany lnu zwyczajnego: Szafir, Oliwin, Jantarol oraz Bukoz – wzorzec w doświadczeniach COBORU [COBORU 2018]. Odmiany te są nie tylko źródłem oleju roślinnego o różnorodnym zastosowaniu między innymi do celów spożywczych i do przerobu w różnych technologiach, ale dostarczają również cennego białka paszowego. W związku z rosnącym zastosowaniem nasion oraz oleju lnianego w różnych działach przemysłu zwiększa się różnorodność pożądanych cech jakościowych w połączeniu ze stabilnym i wysokim plonowaniem, które dyktują nowe cele badawcze w programach hodowli i technologii uprawy lnu zwyczajnego.

Celem badań było przeprowadzenie oceny różnorodności fenotypowej pod względem 11 cech w kolekcji roboczej lnu zwyczajnego, zgromadzonej w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB w Poznaniu oraz w Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu do wykorzystania jako materiał wyjściowy w programach hodowli nowych oleistych odmian lnu zwyczajnego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiła kolekcja 26 oleistych odmian i 5 rodów hodowlanych lnu zwyczajnego pochodzących z różnych stref klimatycznych (tab. 1).

Zestaw 31 odmian i rodów hodowlanych oceniano na poletkach doświadczalnych IHAR-PIB w Poznaniu (52°27' N, 16°47' E) w trzech sezonach wegetacyjnych 2013–2015. Doświadczenia zakładano co roku metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach, stosując siew punktowy, w rozstawie 12 cm na poletkach o powierzchni 1 m² w ilości 500 nasion m⁻². Szczegółowe dane

Tabela 1. Oleiste odmiany i rody lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.) zgromadzonej kolekcji
 Table 1. Cultivars and strains of linseed (*Linum usitatissimum* L.) accumulated collection

Lp No	Odmiany i rody Cultivars and strains	Barwa nasion Seed colour	Kod instytucji, Institution code ¹	Kraj pochodzenia Country of origin
Odmiany i rody wysokolinolenowe/Cultivars and strains of high content of linolenic acid				
1	Abby	brązowa/brown	POL026	Anglia/England
2	AcMc-Duff	żółta/yellow	POL026	Kanada/Canada
3	Bukoz	brązowa/brown	POL026	Polska/Poland
4	Dufferin	brązowa/brown	POL026	Kanada/Canada
5	Eole	brązowa/brown	POL026	Francja/France
6	Eurodor	żółta/yellow	POL026	Francja/France
7	Golda	żółta/yellow	POL026	Niemcy/Germany
8	Jantarol	żółta/yellow	POL026	Polska/Poland
9	Kreola	brązowa/brown	POL026	Niemcy/Germany
10	La Estanzuela E	brązowa/brown	POL026	Urugwaj/Uruguay
11	La Estanzuela 117	brązowa/brown	POL026	Urugwaj/Uruguay
12	Lindor	żółta/yellow	POL026	Francja/France
13	Lino de Pedre 8''c''	brązowa/brown	POL026	Niemcy/Germany
14	Martin	brązowa/brown	POL026	Niemcy/Germany
15	Olin	brązowa/brown	POL026	Węgry/Hungary
16	Olinette	brązowa/brown	POL026	Dania/Denmark
17	Oliwin	żółta/yellow	POL026	Polska/Poland
18	Pacyfic	brązowa/brown	POL026	Dania/Denmark
19	Peak	brązowa/brown	POL026	Anglia/England
20	Raciol	brązowa/brown	POL026	Czechy/Czech Republic
21	Redwood	brązowa/brown	POL026	Kanada/Canada
22	Royale	brązowa/brown	POL026	Dania/Denmark
23	Symphonia	brązowa/brown	POL026	Anglia/England
24	Szafir	brązowa/brown	POL094	Polska/Poland
25	Szegedi 30	brązowa/brown	POL026	Węgry/Hungary
26	Tabare	brązowa/brown	POL026	Argentyna/Argentina
Odmiany i rody hodowlane niskolinolenowe/Cultivars and breeding lines of low linolenic acid content				
27	Amon	żółta/yellow	POL094	Czechy/Czech Republic
28	Linola	żółta/yellow	POL094	Kanada/Canada
29	Linola KLA	żółta/yellow	POL094	Kanada/Canada
30	Linola KLB	żółta/yellow	POL094	Kanada/Canada
31	Lola	brązowa/brown	POL094	Czechy/Czech Republic

¹ Kod instytucji, która zgromadziła obiekt/Institution code – code of the institute where the accession is maintained (the codes consist of the 3-letter ISO country code plus number):

POL026 Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich/Institute of Material Fibers and Medicinal Plants in Poznan
 POL094 Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB w Poznaniu/Institute of Plant Breeding and Acclimatization – National Research Institute in Poznan

dotyczące warunków polowych prowadzenia doświadczeń zostały zawarte w tabeli 2. Przedplonem w pierwszym i trzecim roku badań było pszenżyto ozime natomiast w drugim roku badań, żyto ozime. Kolekcję lnu wysiewano w terminach: 18 kwietnia 2013 i 2 kwietnia 2014 oraz 24 marca 2015. Przedsięwzięcie zastosowano nawożenie P_2O_5 i K_2O w ilości odpowiednio 60 i 90 $kg N \cdot ha^{-1}$. Azot stosowano w formie saletry amonowej w dawce 60 $kg N \cdot ha^{-1}$ (40 $kg N \cdot ha^{-1}$ przed siewem i 20 $kg N \cdot ha^{-1}$ w fazie jodełki). W trakcie wegetacji przeprowadzono niezbędne zabiegi na szkodniki i choroby grzybowe. Zbiór przeprowadzono ręcznie 19 (2013), 12 (2014) i 4 sierpnia (2015).

Tabela 2. Warunki polowe doświadczeń
Table 2. Field experiment conditions

Miejscowość Locality	Klasa gleby Soil class	pH	Przedplon Previous crop	Data siewu Date of sowing	Data zbioru Date of harvest
Poznań	IV b	5,7	Pszenżyto ozime Winter triticale	18.04.2013	19.08.2013
		5,9	Żyto ozime Winter rye	02.04.2014	12.08.2014
		6,1	Pszenżyto ozime Winter triticale	24.03.2015	04.08.2015

W trakcie wegetacji badano następujące cechy: początek wschodów wyrażony w liczbie dni od daty siewu, początek kwitnienia (data) dla określenia wczesności wyrażonej liczbą dni od daty siewu, koniec kwitnienia w celu określenia długości kwitnienia oraz plon nasion ($t \cdot ha^{-1}$).

W zebranych nasionach oznaczono masę 1000 nasion (g), zawartość tłuszczu (%) oraz zawartość kwasów tłuszczowych: palmitynowego, stearynowego, oleinowego, linolowego i α -linolenowego w oleju (%).

Skład kwasów tłuszczowych oznaczano metodą chromatografii gazowej na chromatografie firmy Hewlett Packard, Agilent Technologies 6890N Network GC System. Zawartość tłuszczu w nasionach oznaczano za pomocą szerokopasmowego analizatora magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR) firmy Newport Instruments Ltd.

Do obliczeń analizy wariancji wykorzystano program własny ANVAR. Natomiast wyznaczenie współczynników korelacji oraz porównanie średnich wykonano z wykorzystaniem programu Microsoft Excel. Istotność różnicowania badanych obiektów została ustalona na podstawie współczynnika Snedecora i obliczonych najmniejszych różnic istotnych statystycznie dla poziomu ufności $p=0,05$ w analizach wariancji dla doświadczenia. W celu określenia różnic między badanymi obiektami przeprowadzono analizy wariancji dla 11 cech. Na podstawie odległości Mahalanobisa obliczonych dla tych cech wykorzystując metodę Warda wykreślono dendrogram podobieństwa oleistych odmian i rodów lnu zwyczajnego.

WYNIKI I DYSKUSJA

Postęp w hodowli lnu jest ściśle związany z dostępem do wartościowych materiałów wyjściowych oraz wykonaniem ich oceny pod kątem przydatności do krzyżowań i wytworzenia pożądanych rekombinantów. Dlatego każdy hodowca wysiewa różne formy w tzw. kolekcji

Tabela 3. Charakterystyka odmian i rodów badanych w doświadczeniach porównawczych (średnia z lat 2013–2015)
 Table 3. Characteristics of cultivars and strains tested in a comparative studies (mean 2013–2015)

Odmiany i rody Cultivars and strains	Plon nasion Seed yield (t·ha ⁻¹)	Masa 1000 nasion 1000 seed weight (g)	Zawartość tłuszczu Oil content (%)	Kwasy tłuszczowe/Fatty acid (%)					Stosunek Ratio ω-6/ω-3	Kielkowanie Germination Dni od daty siewu Days from sowing date	Wczesność Earliness	Długość kwitnienia Flowering length	
				C _{16:0}	C _{18:0}	SFA	C _{18:1}	C _{18:2} ω-6					C _{18:3} ω-3
Odmiany i rody wysokolinolenowe/Cultivars and strains of high linolenic acid content													
Abby	1,40	5,8	43,1	5,9	4,0	9,8	18,3	18,5	53,3	0,35:1	16,7	69,0	24,0
AcMc-Duff	0,93	6,2	45,7	6,0	3,8	8,9	19,9	18,5	51,9	0,36:1	16,0	67,7	24,3
Bukoz	1,21	6,7	42,5	6,0	2,9	9,2	19,7	15,6	55,7	0,28:1	14,0	69,3	23,3
Dufferin	1,33	5,9	42,8	5,2	4,0	10,1	21,2	17,0	52,6	0,32:1	18,3	69,0	23,0
Eole	0,80	7,0	40,7	5,6	4,5	10,1	41,5	11,2	37,0	0,30:1	14,7	68,7	22,7
Eurodor	0,69	9,6	40,2	5,3	4,8	10,0	22,9	18,4	48,5	0,38:1	17,3	63,7	27,7
Golda	1,37	9,4	45,8	5,5	4,5	8,9	22,5	16,2	50,6	0,32:1	16,7	69,0	23,0
Jantarol	0,99	7,0	44,3	5,8	3,1	10,8	25,7	15,4	50,0	0,31:1	14,0	70,7	22,3
Kreola	1,06	8,1	42,1	6,3	4,5	10,1	21,6	14,3	53,2	0,27:1	14,0	66,3	26,7
La Estanzuela E	1,12	6,1	40,8	5,7	4,4	10,1	21,9	14,9	53,1	0,28:1	14,7	67,7	26,3
La Estanzuela 117	1,02	6,9	41,7	5,7	4,4	10	21,9	14,6	53,3	0,27:1	16,7	68,7	25,0
Lindor	0,86	9,0	40,8	5,4	4,6	9,1	20,5	21,2	48,2	0,44:1	16,0	62,3	29,7
Lino de Pedre 8 ^o c ^o	0,86	6,0	41,0	5,4	3,7	9,4	23,8	14,3	52,8	0,27:1	18,3	66,0	27,3
Martin	1,56	6,6	39,8	5,6	3,8	9,1	28,5	15,7	46,3	0,34:1	15,3	67,3	26,3
Olin	1,54	6,1	40,2	5,7	3,4	11,2	26,7	15,1	49,1	0,31:1	18,3	69,0	23,0
Olinette	1,47	6,6	42,3	6,3	4,9	9,4	22,2	14,4	52,0	0,28:1	16,7	69,0	23,3

Tabela 3. cd.
Table 3. cont.

Oliwin	1,29	6,8	45,1	5,6	3,8	9,7	20,7	16,0	53,8	0,30:1	14,7	67,7	25,0
Pacyfic	1,79	7,6	42,3	4,7	5,0	8,9	20,8	15,5	53,9	0,29:1	16,0	68,0	24,0
Peak	2,02	6,0	39,1	5,3	3,6	9,9	22,7	15,7	52,5	0,30:1	16,7	66,3	27,7
Raciol	0,47	5,6	43,1	6,0	3,9	8,9	29,4	34,9	25,7	1,36:1	14,7	66,3	27,3
Redwood	1,27	6,1	43,2	5,9	3,0	9,7	20,6	17,3	53,2	0,33:1	18,3	69,0	23,0
Royale	1,66	8,3	41,1	4,8	4,9	10,7	21,8	15,2	53,3	0,29:1	16,0	67,3	25,0
Symphonia	1,51	7,1	41,7	5,5	5,2	10,6	21,8	14,8	52,7	0,28:1	18,7	67,3	26,3
Szafir	1,35	7,7	41,9	6,0	4,6	9,9	22,5	12,3	54,6	0,23:1	15,3	68,7	24,0
Szegedi 30	2,11	7,6	41,1	6,0	3,9	9,4	24,4	14,5	51,0	0,28:1	14,7	69,3	23,0
Tabare	1,27	6,5	40,8	5,7	3,7	9,8	25,6	14,8	50,1	0,30:1	17,0	68,7	23,3
Odmiany i rody niskolinolenowe/Cultivars and strains of low linolenic acid content													
Annon	1,33	5,8	43,8	6,5	4,0	10,5	19,2	65,8	4,5	14,6:1	19,0	69,0	25,7
Linola	1,12	5,8	44,3	6,4	3,9	10,3	22,9	64,4	2,5	25,8:1	20,3	69,0	23,3
Linola KLA	0,56	6,1	44,6	6,3	3,8	10,1	18,4	68,6	2,9	23,7:1	20,3	69,0	23,3
Linola KLB	1,67	6,0	46,1	6,7	3,9	10,6	19,6	67,7	2,2	30,8:1	20,3	69,0	23,3
Lola	1,21	6,4	41,9	6,3	3,7	10,0	21,4	52,8	15,8	3,3:1	19,0	68,7	23,7
Średnia/Mean	1,25	6,8	42,4	5,8	4,1	9,9	22,9	24,1	43,1	–	16,7	68,0	24,7
F	4,01**	23,7*	5,53*	13,9**	9,10**	11,4**	5,10**	213,8**	119,0**	–	2,45**	1,78*	1,86*
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}	0,55	0,62	2,24	0,36	0,54	0,45	5,46	3,54	4,61	–	3,51	3,62	3,92

C_{16:0} kwas palmitynowy/palmitic acid (%), C_{18:0} kwas stearynowy/stearic acid (%), C_{16:0}+C_{18:0} – SFA – nasycone kwasy tłuszczowe/saturated fatty acids (%), C_{18:1} kwas oleinowy/oleic acid (%), C_{18:2} kwas linolowy/linoleic acid (%), C_{18:3} kwas α-linolenowy/linolenic acid (%)

roboczej, aby mieć możliwość ich wykorzystania do zaplanowanych prac badawczych. Trzyletnie badania pozwoliły na wykonanie oceny przydatności do prac hodowlanych 31 oleistych odmian i rodów lnu zwyczajnego pochodzących z różnych stref klimatycznych. Sporządzona analiza wariancji 11 cech fenotypowych wykazała, że wszystkie analizowane cechy istotnie różnicowały badane obiekty (tab. 3).

Analizując główne cechy agronomiczne stwierdzono, że dwie odmiany lnu brązowonasiennego, węgierska Szegedi 30 (2,11 t·ha⁻¹) i angielska Peak (2,02 t·ha⁻¹) uzyskały istotnie (na poziomie $\alpha=0,05$) wyższy plon nasion od średniej wszystkich badanych obiektów (1,25 t·ha⁻¹) oraz od najlepiej plonującej (będącej wzorcem w doświadczeniach COBORU) polskiej odmiany Bukoz (1,21 t·ha⁻¹). Selekcja materiałów hodowlanych nastawiona jest również na otrzymanie odmian o masie 1000 nasion powyżej 6,5 gramów. Poniżej tej wartości nasiona uznawane są za drobnonasienne, a w przedziale (6,5–16,0 g) za grubonasienne [Wałkowski i in. 1998]. Wśród ocenianych materiałów osiem form charakteryzowało się istotnie (na poziomie $\alpha=0,05$) wyższą masą 1000 nasion w przedziale (7,4–9,6 g) w stosunku do średniej odmian i rodów hodowlanych (6,8 g). Zdecydowanie największe nasiona (≥ 9 g) wykształcały trzy odmiany Lindor (9,0 g), Golda (9,4 g) i Eurodor (9,6 g). Inne badane cechy użytkowe jak kiełkowanie, wczesność czy długość kwitnienia istotnie różnicowały genotypy, nie mniej jednak były w znacznym stopniu uzależnione od przebiegu pogody. Potwierdzają to wcześniejsze badania D'Antuono i Rossini [1995], którzy wykazali, że dla lnu zwyczajnego długość okresu od siewu do wschodów nie zależy od właściwości odmian, ale od przebiegu warunków meteorologicznych, mogących opóźnić lub przyspieszać wzrost i rozwój roślin. Obecnie w pracach hodowlanych, poza wysokim plonowaniem, dąży się do uzyskania odmian wczesnych wykorzystujących zgromadzone zasoby wilgoci z okresu zimowo-wiosennego. Spośród badanej populacji najwcześniej rozpoczynały kwitnienie 2 francuskie odmiany Lindor i Eurodor, od 8,4 do 7,0 dni wcześniej od najpóźniejszej rozpoczynającej kwitnienie odmiany Jantarol. Odmiany te można zaliczyć do form wczesnych. Ponadto Lindor i Eurodor charakteryzowały się również w porównaniu do odmiany Jantarol (22,3 dni) najdłuższym okresem kwitnienia od 27,7 do 29,7 dni.

W twórczej hodowli nowych oleistych odmian lnu zwyczajnego niezbędne jest również dysponowanie materiałem kolekcyjnym o pożądanych cechach jakościowych nasion tj. wysokiej zawartości tłuszczu oraz o zróżnicowanej zawartości kwasów tłuszczowych w oleju z nasion. Przeprowadzona ocena wykazała, że trzy odmiany (Golda, AcMc-Duff, Oliwin) i dwa rody (Linola KLB, Linola KLA) charakteryzowały się istotnie wyższą (na poziomie $\alpha=0,05$) zawartością tłuszczu od 44,6 do 46,1% w stosunku do średniej wszystkich odmian i rodów (42,4%).

Większość uprawianych obecnie oleistych odmian polskich i zagranicznych lnu zwyczajnego dostarczają oleju o typowym dla tego gatunku składzie kwasów tłuszczowych tj. kwasów tłuszczowych nasyconych: palmitynowego (około 6%) i stearynowego (około 3%) oraz nienasyconych kwasów tłuszczowych: oleinowego (16–20%), linolowego (13–18%) i α -linolenowego (52–60%) [Barceló-Coblign i Murphy 2009, Morris 2001]. Natomiast na drodze mutagenety i hodowli rekombinacyjnej uzyskano linie hodowlane (typu Linola) o niskiej zawartości kwasu α -linolenowego na poziomie 2% [Green 1986, Green i Marshall 1984].

Wszystkie analizowane kwasy tłuszczowe istotnie różnicowały badaną populację (tab. 3). Wyodrębniono dwie grupy jednorodne pod względem zawartości kwasu α -linolenowego (C18:3, ω -3).

Pierwsza grupa 25 obiektów tzw. wysokolinolenowych charakteryzowała się znacznie podwyższoną zawartością kwasu α -linolenowego (C18:3, ω -3) od 25,7 do 55,7% i obniżoną zawartością kwasu linolowego (C18:2, ω -6) od 12,3 do 34,9%, a stosunek tych kwasów tj. ω -6/ ω -3 wynosił od 0,23:1 do 1,36:1. Spośród olejów jadalnych, olej lniany jest najbogatszym źródłem kwasu α -linolenowego dzięki któremu posiada właściwości prozdrowotne, lecznicze i znalazł

zastosowanie m.in. w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, paszowym oraz jako składnik suplementów diety i żywności funkcjonalnej [Barceló-Coblijn 2007]. Poza tym olej lniany ze względu na dużą zawartość kwasu α -linolenowego posiada właściwości szybko schnące i jest wykorzystywany w przemyśle chemicznym do produkcji farb, lakierów i tuszy drukarskich [Ayhan 2009, Rumińska 1990].

Istotnym ograniczeniem komercjalizacji oleju lnianego na szeroką skalę jest jego niska trwałość. Ze względu na wysoką zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych olej lniany jest wrażliwy na działanie światła i temperatury oraz może ulegać szybkim przemianom oksydacyjnym. Porównując stabilność oksydacyjną oleju lnianego z innymi olejami tłoczonymi na zimno Kruszewski i in. [2013] stwierdzili, że czas indukcji jest istotnie krótszy niż np. oleju rzepakowego czy oliwy z oliwek. Szybkość utleniania tłuszczów jest w dużej mierze uwarunkowana składem kwasów tłuszczowych. Kwas α -linolenowy jest podatny na zmiany oksydacyjne i utlenia się 20–40 razy szybciej niż kwas oleinowy i 2–4 razy szybciej niż kwas linolowy [Frankel 2005]. Utlenianie kwasów tłuszczowych może skutkować niepożądanymi zmianami zapachu i smaku, obniżeniem wartości odżywczej produktu, a także powstawaniem związków szkodliwych dla zdrowia [Choe i Min 2009, Zabłocka i Janusz 2008]. Dalsze prace w hodowli nowych oleistych odmian lnu zwyczajnego prowadzone w IHAR-PIB w Poznaniu zmierzają nie tylko do zwiększenia plonu nasion ale również do poprawienia składu kwasów tłuszczowych tj. obniżenia zawartości kwasu α -linolenowego. W związku z powyższym poszukuje się genotypów lnu o obniżonej zawartości kwasów wielonienasyconych. W niniejszych badaniach wyodrębniono grupę 5 obiektów tzw. niskolinolenowych, cechujących się skrajnie obniżoną zawartością kwasu α -linolenowego (C18:3, ω -3) od 2,2 do 15,8% i podwyższoną zawartością kwasu linolowego (C18:2, ω -6) od 52,8 do 68,6%. Dla tych form obliczony stosunek kwasów: linolowego (ω -6) do α -linolenowego (ω -3) wynosił od 3,3:1 do 30,8:1. Taki skład kwasów tłuszczowych warunkuje wyższą trwałość produktu, lecz znacznie niższą wartość żywieniową. Tego typu materiał kolekcyjny będzie stanowił ważne źródło zmienności genetycznej (niskiej zawartości kwasu α -linolenowego), który w wyniku krzyżowania z formami o wysokiej zawartości tego kwasu pozwoli otrzymać genotypy o zmienionych proporcjach kwasów (ω -6) i (ω -3) w stosunku 1:1.

Ze względów zdrowotnych dąży się również do obniżenia sumy nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA): palmitynowego (C16:0) i stearynowego (C18:0) [Scarth i McVetty 1999]. Pod względem kwasów SFA kolekcja była zróżnicowana w zakresie od 8,9 do 11,2% i nie odbiegała znacznie od średniej wartości tych kwasów (9,9%) z wszystkich badanych obiektów.

Na podstawie ocen odchyłeń standardowych i współczynników zmienności dla średnich genotypowych opracowano charakterystykę zmienności kolekcji lnu pod względem badanych 11 cech (tab. 4). Na tej podstawie można wnioskować, że pod względem pięciu ocenianych cech agronomicznych największą zmiennością charakteryzował się plon nasion, (współczynnik zmienności – 31,0%) a także masa 1000 nasion, (współczynnik zmienności – 15,8%). Powodem tej zmienności poza cechą odmianową był wpływ niekorzystnych warunków pogodowych jakie obserwowano podczas prowadzonych doświadczeń. Wielu autorów uważa, że plony nasion lnu szczególnie w krajach europejskich są bardzo zmienne [Bravi i Sommovigo 1997, Cremaschi 1997, D'Antuono i Rossini 2006, Diepenbrock i in. 1995, Stražil i Vorlíek 2004, Zubal 2001]. Bravi i Sommovigo [1997] stwierdzili, że w głównym stopniu na wielkość plonu nasion lnu oddziałują warunki pogodowe szczególnie w dwóch fazach rozwojowych, tj. w okresie siewu i wschodów oraz w fazie dojrzewania roślin. Spośród badanych 11 cech mniejszą zmiennością charakteryzowała się wczesność odmian i rodów hodowlanych, (współczynnik zmienności – 2,53%) oraz długość kwitnienia, (współczynnik zmienności – 7,69%).

Tabela 4. Charakterystyka zmienności kolekcji odmian i rodów pod względem 11 cech (średnia z lat 2013–2015)

Table 4. Variability characterization for 11 traits in cultivars and strains (mean 2013–2015)

Cecha Trait	Średnia Mean	Min. Min	Maks. Max	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Coefficient of variability (%)
Plon nasion (t·ha ⁻¹) Seed yield (t·ha ⁻¹)	1,25	0,47	2,11	3,88	31,0
Masa 1000 nasion (g) 1000 seed weight (g)	6,9	5,6	9,6	1,09	15,8
Zawartość tłuszczu (%) Oil content (%)	42,4	39,1	46,1	1,86	4,39
C _{16:0} kwas palmitynowy (%) Palmitic acid (%)	5,8	4,7	6,7	0,47	8,10
C _{18:0} kwas stearynowy (%) Stearic acid (%)	4,1	2,9	5,2	0,59	14,4
C _{18:1} kwas oleinowy (%) Oleic acid (%)	22,9	18,3	41,5	4,36	19,0
C _{18:2} kwas linolowy (%) Linoleic acid (%)	24,0	11,2	68,6	18,3	76,3
C _{18:3} kwas α-linolenowy (%) Linolenic acid (%)	43,1	2,2	55,7	17,8	41,3
Kiełkowanie (Dni od daty siewu) Germination (Days from sowing date)	16,7	14,0	20,3	1,93	11,6
Wczesność (Dni od daty siewu) Earliness (Days from sowing date)	68,0	62,3	70,7	1,72	2,53
Długość kwitnienia Flowering length	24,7	22,3	29,7	1,90	7,69

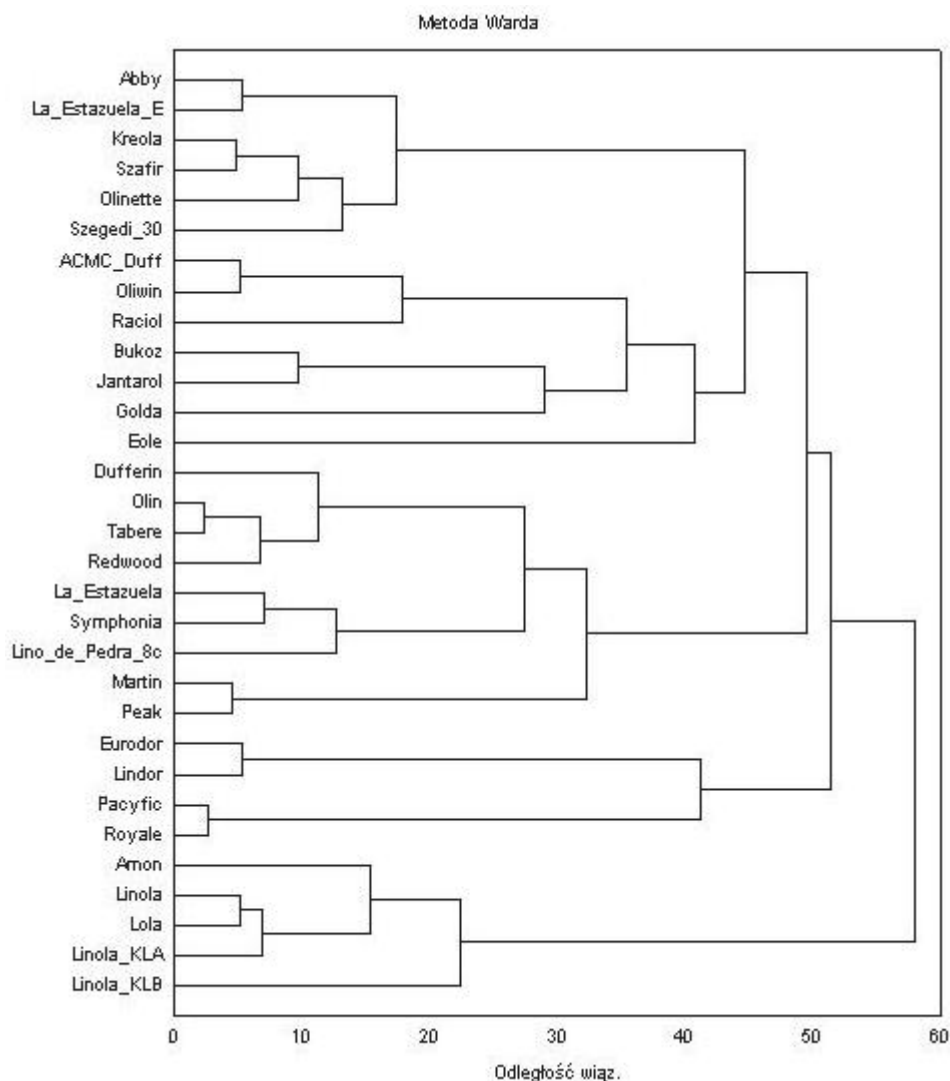
Największą zmiennością z pośród sześciu badanych cech jakościowych nasion charakteryzowały się dwie cechy: zawartość kwasu linolowego (C18:2, ω-6), (współczynnik zmienności – 76,3%) i zawartość kwasu α-linolenowego (C18:3, ω-3), (współczynnik zmienności – 41,3%). Wysokie współczynniki zmienności szczególnie dla zawartości kwasu linolowego i α-linolenowego wskazują na możliwość selekcji w kierunku uzyskania dalszych zmian zawartości tych związków. Najmniejszą zmiennością cechowała się zawartość tłuszczu, (współczynnik zmienności – 4,39%). Na podstawie tych badań można przypuszczać, że odmiany i rody hodowlane zawierają różne pule genowe. Połączenie ich poprzez krzyżowanie może przyczynić się do jeszcze większego zróżnicowania składu kwasów tłuszczowych w oleju lnianym.

W celu wyjaśnienia współzależności pomiędzy cechami agronomicznymi a cechami jakościowymi nasion dokonano obliczeń współczynników korelacji (tab. 5). Obliczone współ-

Tabela 5. Współczynniki korelacji pomiędzy badanymi cechami
Table 5. Correlation coefficients between the studied traits

	Cecha/Trait										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Plon nasion (t·ha ⁻¹) Seed yield (t·ha ⁻¹)	1										
Masa 1000 nasion (g) 1000 seed weight (g)	-0,05	1									
Zawartość tłuszczu (%) Oil content (%)	-0,13	-0,16	1								
C _{16:0} kwas palmitynowy (%) Palmitic acid (%)	-0,09	-0,41*	0,46**	1							
C _{18:0} kwas stearynowy (%) Stearic acid (%)	0,04	0,55**	-0,18	-0,34	1						
C _{18:1} kwas oleinowy (%) Oleic acid (%)	-0,17	0,01	0,38*	-0,15	0,02	1					
C _{18:2} kwas linolowy (%) Linoleic acid (%)	-0,05	-0,37*	0,48**	0,63**	-0,17	-0,28	1				
C _{18:3} kwas αlinolenowy (%) Linolenic acid (%)	0,09	0,37*	-0,41*	-0,63**	0,15	0,04	-0,97**	1			
Kielkowanie (Dni od daty siewu) Germination (Days from sowing date)	0,14	-0,33	0,24	0,27	-0,05	-0,33	0,68**	-0,63**	1		
Wczesność (Dni od daty siewu) Earliness (Days from sowing date)	0,29	-0,45*	0,42*	0,38*	-0,38*	0,02	0,18	-0,18	0,12	1	
Długość kwitnienia Flowering length	-0,24	0,24	-0,43*	-0,27	0,31	-0,08	-0,11	0,13	-0,14	-0,90**	1

r ≥ 0,35 istotne przy p = 0,05 i r ≥ 0,45 istotne przy p = 0,01/r ≥ 0,35 significant at p = 0,05 and r ≥ 0,45 significant at p = 0,01



Rys. 1. Dendrogram odmian i rodów lnu oleistego uzyskany metodą Warda
 Fig. 1 Dendrogram of linseed cultivars and strains obtained by the Ward method

czynniki korelacji pomiędzy plonem nasion a pozostałymi cechami nie osiągnęły istotnie zróżnicowanych wartości. Brak korelacji pomiędzy zawartością kwasów tłuszczowych a plonem nasion sugeruje o dalszej możliwości ich różnicowania bez ujemnego wpływu na plenność nowych genotypów. Na uwagę zasługuje istotnie ujemna korelacja pomiędzy masą 1000 nasion a wczesnością (-0,45). Oznacza to, że najwcześniejsze oleiste odmiany i rody hodowlane lnu zwyczajnego charakteryzowały się najwyższą masą 1000 nasion. Odnotowano również istotne statystycznie dwie korelacje, odpowiednio dodatnią i ujemną pomiędzy zawartością kwasu pal-

mitynowego a kwasami: linolowym (0,63) i α -linolenowym (-0,63) oraz wysoce istotnie ujemną korelację pomiędzy zawartością kwasu linolowego a zawartością kwasu α -linolenowego (-0,97). Te zależności mogą być wykorzystane w pracach nad dalszym różnicowaniem składu kwasów tłuszczowych oleju lnianego. Stwierdzone istotnie dodatnie korelacje pomiędzy zawartością tłuszczu w nasionach a zawartością kwasów: oleinowego (0,38) i linolowego (-0,48) oraz istotnie ujemna korelacja pomiędzy zawartością tłuszczu w nasionach a zawartością kwasu α -linolenowego (-0,41) stwarza możliwości dalszych zmian zawartości tych kwasów bez ujemnego wpływu na zawartość tłuszczu w nasionach nowych genotypów.

W dalszym etapie badań w celu określenia podobieństwa pod względem 11 analizowanych cech agronomicznych i jakościowych dla 31 badanych oleistych odmian i rodów lnu zwyczajnego, zastosowano algorytm aglomeracji tych cech (rys. 1).

Graficzna ilustracja (dendrogram) uzyskanych wyników analizy skupień metodą Warda pozwoliła na określenie pięciu grup skupień oleistych odmian i rodów hodowlanych lnu zwyczajnego pochodzących z różnych krajów Europy oraz Ameryki Północnej i Południowej (tab. 6). Metoda ta według wielu autorów pozwala na podział obiektów na grupy o podobnej i relatywnie małej liczbie wyrównanych (jednorodnych) obiektów. Z tego powodu jest ona uznana za bardzo efektywną i najczęściej stosowaną w ocenie zarówno genotypowej, jak i fenotypowej zmienności kolekcji roślinnych zasobów genowych [Crossa i Franco 2004, Mądry 2007, Mohammadi i Prasanna 2003].

Tabela 6. Grupy jednorodne oleistych odmian i rodów lnu zwyczajnego wydzielone na podstawie 11 cech za pomocą metody Warda analizy skupień

Table 6. Homogeneous groups of linseed cultivars and strains accessions revealed on the basis of 11 traits using the Ward clustering method

Grupa/Group	Odmiany i rody/Cultivars and strains
1	Abby, La Estanzuela E, Kreola, Szafir, Olinette, Szegedi 30
2	AcMc-Duff, Oliwin, Raciol, Bukoz, Jantarol, Golda, Eole
3	Dufferin, Olin, Tabare, Redwood, La Estanzuela 117, Symphonia, Lino de Pedre 8''c'', Martin, Peak
4	Eurodor, Lindor, Pacyfic, Royale
5	Amon, Linola, Lola, Linola KLA, Linola KLB

Na podstawie tych badań można jedynie wnioskować, że genotypy bardziej oddalone od siebie są silniej zróżnicowane pod względem niektórych cech. Im bliższe jest położenie względem siebie grup, tym większe jest podobieństwo między odmianami i rodami hodowlanymi. Spośród pięciu grup skupień na szczególną uwagę zasługuje najdalej oddalona od pozostałych, grupa piąta skupiająca pięć form o skrajnie obniżonej zawartości kwasu α -linolenowego w nasionach (C18:3, ω -3) od 2,2 do 15,8%. Grupa ta stanowi odrębną pulę genową, która może być wykorzystana do prac badawczo-hodowlanych w kierunku uzyskania odmian o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych wielonienasyconych.

WNIOSKI

1. Badana kolekcja oleistych odmian i rodów lnu zwyczajnego jest zróżnicowana pod względem wszystkich analizowanych cech ilościowych, przy czym największą zmienność stwierdzono dla zawartości kwasu linolowego (C18:2, ω -6) i kwasu α -linolenowego (C18:3, ω -3) oraz plonu nasion.
2. Stwierdzono wysoce ujemne korelacje pomiędzy zawartością kwasu linolowego (C18:2, ω -6) a zawartością kwasu α -linolenowego (C18:3, ω -3) oraz dodatnie korelacje pomiędzy zawartością tłuszczu w nasionach a zawartością kwasów: oleinowego i linolowego co stwarza możliwości dalszych zmian zawartości tych kwasów bez ujemnego wpływu na zawartość tłuszczu w nasionach nowych genotypów.
3. Wydzielono pięć grup jednorodnych o różnej liczebności genotypów. Na szczególną uwagę zasługuje, grupa piąta (najdalej oddalona od pozostałych) skupiająca trzy odmiany (Amon, Linola, Lola) i dwa rody (Linola KLA, Linola KLB) o skrajnie obniżonej zawartości kwasu α -linolenowego (C18:3, ω -3) w nasionach. Grupa ta stanowi odrębną pulę genową, która może być wykorzystana w pracach badawczo-hodowlanych w kierunku jeszcze większego zróżnicowania składu kwasów tłuszczowych oleju lnianego.

PIŚMIENNICTWO

- Ayhan D. 2009. Production of biodiesel fuels from linseed oil using methanol and ethanol in noncatalytic SCF conditions. *Biomass Bioenergy* 33: 113–118.
- Barceló-Coblign G. 2007. Alfa-linolenic acid-enriched diets. A valid strategy to increase n-3 fatty acids levels. *International News on Fats, Oils, and Related Materials INFORM* 18(11): 719–721.
- Barceló-Coblign G., Murphy E.J. 2009. Alpha-linolenic acid and its conversion to longer chain n-3 fatty acids: benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 fatty acid levels. *Prog. Lipid Res.* 48: 355–374.
- Bravi R., Sommovigo A. 1997. Seed production and certification of flax/linseed (*Linum usitatissimum*). *Sementi-Elette* 43(2): 5–8.
- Carraro J.C.C., Dantas M.I.D.S., Espescht A.C.R., Martino H.S.D., Ribeiro S.M.R. 2012. Flaxseed and Human Health: Reviewing Benefits and Adverse Effects. *Food Reviews Inter.* 28: 203–230.
- Carter J.F. 1993. Potential of flaxseed and flaxseed oil in baked goods and other products in human nutrition. *Cereal Foods World* 38: 753–759.
- Choe E., Min D.B. 2009. Mechanisms of antioxidants in the oxidation of foods. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety* 8: 345–358.
- COBORU 2018. (<http://www.coboru.pl/>).
- Coskuner Y., Karababa E. 2007. Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *J. Food Eng.* 78: 1067–1073.
- Cremaschi D. 1997. Flax and linseed (*Linum usitatissimum*). Introduction to the crop and main agronomic aspects of the seed productivity. *Sementi-Elette* 43(2): 25–31.
- Crossa J., Franco J. 2004. Statistical methods for classifying genotypes. *Euphytica* 153: 1–37.
- D'Antuono L.F., Rossini F. 1995. Experimental estimation of linseed (*Linum usitatissimum* L.) crop parameters. *Ind. Crops Prod.* 3: 261–271.
- D'Antuono L.F., Rossini F. 2006. Field potential and ecophysiological traits of the Altamurano linseed (*Linum usitatissimum* L.), a landrace of southern Italy. *Genetic Res. Crop Evol.* 53: 65–75.
- Diepenbrock W., Leon J., Clasen K. 1995. Yielding ability and yield stability of linseed in Central Europe. *Agron. J.* 87: 84–88.
- FAOSTAT 2017. (<http://www.fao.org/faostat/en/>).
- Frankel E. N. 2005. *Lipid Oxidation*, Scotland, The Oily Press.

- Ganorkar P.M., Jain R.K. 2013. Flaxseed – a nutritional punch. *Int. Food Res. J.* 20: 519–525.
- Green A.G. 1986. A mutant genotype of flax (*Linum usitatissimum* L.) containing very low levels of linolenic acid in its seed oil. *Can. J. Plant Sci.* 66: 499–503.
- Green A.G., Marshall D.R. 1984. Isolation of induced mutants in linseed (*Linum usitatissimum* L.) having reduced linolenic acid content. *Euphytica* 33: 321–328.
- Kruszewski B., Fąfara P., Ratusz K., Obiedziński M. 2013. Ocena pojemności przeciwutleniającej i stabilności oksydacyjnej wybranych olejów roślinnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 572: 43–52.
- Mądry W. 2007. Metody statystyczne do oceny różnorodności fenotypowej dla cech ilościowych w kolekcjach roślinnych zasobów genowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 517: 21–41.
- Mohammadi S.A., Prasanna B.M. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants – salient statistical tools and considerations. *Crop Sci.* 43: 1235–1248.
- Morris D. 2001. Essential nutrients and other functional compounds in flaxseed. *Nutr. Today* 36: 159–162.
- Mueller K., Eisner P., Yoshie-Stark Y., Nakada R., Kirchhoff E. 2010. Functional properties and chemical composition of fractionated brown and yellow linseed meal (*Linum usitatissimum* L.). *J. Food Eng.* 98: 453–460.
- Muśnicki Cz., Toboła P., Muśnicka B. 1997. Produkcyjność alternatywnych roślin oleistych w warunkach Wielkopolski oraz zmienność ich plonowania. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 18(2): 295–304.
- Piotrowska A., Furowicz B. 1998. Postęp w hodowli jasnonasiennego lnu oleistego. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 19: 641–643.
- Rubilar M., Gutiérrez C., Verdugo M., Shen C., Sineiro J. 2010. Flaxseed as a source of functional ingredients. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 10: 373–377.
- Rumińska A. 1990. Len zwyczajny. W: *Leksykon roślin leczniczych*. Rumińska A., Ożarowski A. (red.). PWRiL, Warszawa.
- Scarth R., McVetty P.B.E. 1999. Designer oil canola a review of new food-grade *Brassica* oils with focus on high oleic, low linolenic types. *Proc. 10th Int. Rapeseed Congress, Canberra, Australia, 26–29 September 1999, CD ROM*.
- Singh K.K., Mridula D., Rehal J., Barnwal P. 2011. Flaxseed: A potential source of food, feed and fiber. *Crc. Cr. Rev. Food Sci.* 51: 210–222.
- Stražil Z., Vorlíek Z. 2004. Effect of soil and weather conditions and some agricultural practices on yield and yield components in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Sci. Agric. Bohemica* 35(2): 52–56.
- Wałkowski T., Ladek A., Piotrowska A. 1998. Len oleisty. *Wyd. IHAR Poznań*, ss. 36.
- Zabłocka A., Janusz M. 2008. Dwa oblicza wolnych rodników tlenowych. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 62: 118–124.
- Zubal P. 2001. Vplyv terminu sejby, výsevu a výživy na urodu lanu siateho olejneho (*Linum usitatissimum* L.). *Ved. Prace Vys. Ust. Rastl. Vyr. Piestany* 30: 33–38.

M. WALKOWIAK, K. KRÓTKA, F. WIELEBSKI, K. MICHALSKI, G. SILSKA,
M. PRACZYK, S. SPASIBIONEK

ANALYSIS OF VARIABILITY AND CORRELATION OF FUNCTIONAL TRAITS OF LINSEED (*LINUM USITATISSIMUM* L.) OIL CULTIVARS AND STRAINS

Summary

The purpose of the paper was to evaluate the phenotypic diversity for selected agronomic and quality characteristics of seeds in linseed collection maintained by the Institute of Plant Breeding and Acclimatization – National Research Institute in Poznan and the Institute of Material Fibers and Medicinal Plants in Poznan. 31 varieties and breeding lines from different geo-climatic conditions were studied. The obtained results involve multiannual averages (3-years research), ranges of variation and correlation coefficients of 11 agronomic and qualitative traits. The analysis of Ward clusters was used to divide the studied objects

into groups and to determine the distance between the groups. Separation of homogeneous groups of objects by the furthest neighborhood method made it possible to determine the similarity between the groups. Among the five groups of clusters, the most distant from the others, the fifth group gathering five forms with an extremely low of linolenic acid content in seeds deserves particular attention. Variance analysis showed significant genetic variability for all studied traits. The range of variability within varieties and growing lines of oil flax was the highest for 3 traits: the content of linoleic and linolenic acid and the seed yield. A highly negative correlation was found between the content of linoleic acid and the content of linolenic acid. Crossing of breeding lines with different gene pools can be used in further work on even greater differentiation of the fatty acid composition in the linseed oil.

Key words: linseed collection, fatty acids content, agronomic traits, quality characteristics of seeds

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 9.11.2018

Do cytowania – *For citation*

Wąlkowiak M., Krótka K., Wielebski F., Michalski K., Silska G., Praczyk M., Spasibionek S. 2018. Ocena zmienności i współzależności cech użytkowych w kolekcji oleistych odmian i rodów lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.). *Fragm. Agron.* 35(4): 123–137.