

Magdalena Kluza-Wieloch¹, Irmina Maciejewska-Rutkowska², Ilona Wysakowska¹,
Grażyna Silska³

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Botaniki

² Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Botaniki Leśnej

³ Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich

Autor korespondencyjny – M. Kluza-Wieloch, e-mail: kluza@up.poznan.pl

Zmienność morfologiczna ziarn pyłku odmian lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.), pochodzących z różnych części świata

Morphological variability of pollen grains of flax cultivars (*Linum usitatissimum* L.) of different geographical origin

Słowa kluczowe: len zwyczajny, odmiany włókniste, odmiany oleiste, ziarna pyłku, pochodzenie, morfologia, zmienność

Streszczenie

Obiektem badań było pięć odmian lnu zwyczajnego. Różniły się one miejscem swego pochodzenia – każda z nich została wyhodowana na innym kontynencie. W pracy testowano trzy odmiany włókniste pochodzące odpowiednio z Ukrainy, Japonii i Egiptu oraz dwie odmiany oleiste z Kanady i Argentyny. Badania przeprowadzono na kwiatach otrzymanych z kolekcji Zakładu Doświadczalnego Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Pętkowie. Wyizolowano z nich pylniki, które następnie poddano procesowi acetolizy. Otrzymane w ten sposób ziarna pyłku posłużyły do dalszych badań. Dla każdej z tych odmian wykonano pomiary biometryczne przy zastosowaniu mikroskopu świetlnego i elektronowego. Określono grubość egzyny, szerokość obszaru międzybruzdowego, średnicę pola biegunowego, liczbę wyrostków egzyny, długości osi biegunowej (P) i równikowej (E) oraz obliczono iloraz P/E. Celem badań było wykazanie zmienności w budowie morfologicznej ziarn pyłku pomiędzy odmianami uprawnymi lnu zwyczajnego, o różnym pochodzeniu geograficznym.

Typ odmiany nie miał istotnego wpływu na wielkość ziarn pyłku. Przeciętnie największe ziarna (długość osi P i E) stwierdzono u kanadyjskiego lnu oleistego, zbliżone do tych wymiarów były spory u egipskiej odmiany włóknistej, a najmniejsze zaobserwowano u ukraińskiego lnu włóknistego. Odmiany oleiste charakteryzowały się jedynie grubszą egzyną. Najszerszy obszar międzybruzdowy odnotowano u afrykańskiej odmiany włóknistej, a największą średnicę pola biegunowego u kanadyjskiej odmiany oleistej. Zmienność badanych cech była zawsze mała. Wynosiła od 2,13% (dla stosunku osi P/E u odmiany pochodzącej z Japonii) do 19,33% (dla liczby wyrostków egzyny u odmiany argentyńskiej).

Key words: common flax, fibrous cultivars, oily cultivars, pollen grains, origin, morphology, variability

Abstract

Five cultivars of *L. usitatissimum* have been investigated. Their origin differed – each one was grown up on another continent: three fibrous cultivars came from Ukraine, Japan, and Egypt and two

oily cultivars were from Canada and Argentina. The study was conducted on the flax flowers received from the collection of the Experimental Station of the Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants in Pętkowo (Poland). The anthers were isolated and subjected to acetolysis. Thus obtained pollen grains were used for further studies. For each investigated cultivar the biometry of pollen grains in LM and SEM was performed. The length of polar (P) and equatorial (E) axes, exine thickness, width of mesocolpium and diameter of apocolpium, number of exine processes were measured and P/E ratio was determined. The aim of the study was to determine the variation in pollen morphology among the flax cultivars of different geographical origin.

A type of flax cultivar had no significant effect on the size of pollen grains. On average, the largest grains (length of P and E axes) were noted in the Canadian flax, and the smallest in the Ukrainian flax. Oily cultivars were only marked out by thicker exine. The widest mesocolpium was observed in the fibrous African cultivar, and the largest diameter of apocolpium in the oily Canadian cultivar. The variability of the studied traits was always small. It ranged from 2.14% (P/E in Japanese cultivar) to 19.33% (number of exine processes in Argentinean cultivar).

Wstęp

Len zwyczajny (*Linum usitatissimum* L.) towarzyszy człowiekowi już od tysięcy lat (Zochary i in. 2012). Obecnie na świecie spotyka się cztery jego typy: włóknisty, oleisty, pośredni i ozdobny, a wśród nich setki odmian (Woyke i Muśnicki 2003). Len ma szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu. Przede wszystkim wykorzystuje się go w przemyśle farmaceutycznym, włókienniczym, spożywczym i kosmetycznym. Siemię lniane, w postaci oczyszczonych nasion czy spreparowanych tabletek, działa osłonowo na żołądek i poprawia perystaltykę jelit (Rumińska 1990). Z włókien długich lnu produkuje się tkaniny używane do wyrobu obrusów czy odzieży, a także wytwarza się plastry, zawierające kanabidiol, przyspieszające gojenie się ran i działające przeciwbólowo (Kruk 2016). Olej lniany, w którego skład wchodzi przede wszystkim trójnienasycone kwasy tłuszczowe omega-3, obniża poziom „złego” cholesterolu LDL (ang. low density lipoproteins) oraz ogranicza ryzyko wystąpienia chorób układu krążenia (Wielgosz 2008). Zawartość kwasu linolenowego, najcenniejszego z punktu widzenia żywieniowego, w badaniach 16 obiektów z polskiej kolekcji lnu zwyczajnego wynosiła nawet od 50,9 do 59,2% (Silska i Praczyk 2012). Z tego powodu olej ten stosowany w specjalnej diecie pomaga zwalczyć cukrzycę, stwardnienie rozsiane czy nawet nowotwory (Budwig 1994). W przemyśle kosmetycznym len wykorzystuje się do produkcji szamponów (jako środek przeciwłupieżowy i wzmacniający włosy), mydeł, kremów czy maseczek (Herse 1986). Ponadto len ma również zastosowanie do produkcji farb, lakierów, pokostu, linoleum, płyt wiórowych czy wysokiej jakości papieru (Wielgosz 2008). Produkty uboczne, powstające po wytlóczeniu z nasion oleju, czyli makuchy i śruty poekstrakcyjne, stanowią wartościową paszę dla różnych gatunków zwierząt (Sawicka 2000).

Celem badań było oszacowanie zakresu zmienności w morfologii ziarn pyłku u odmian lnu zwyczajnego, o różnym pochodzeniu geograficznym. Na podstawie

wcześniejszych badań przyjęto hipotezę, iż ziarna pyłku odmian oleistych będą większe od włóknistych (Kluza-Wieloch i in. 2014). *Linum usitatissimum* poświęcono wiele badań palinologicznych (np. Yunus i Nair 1988, Grigoryeva 1988, Chestler i Raine 2010, Lattar i in. 2012). Zwykle opisywana była morfologia ziarn pyłku, traktująca len jako gatunek botaniczny, bez uwzględnienia jego typów czy odmian. Do wyjątków należy opracowanie Kluza-Wieloch i in. (2014), w którym to porównano kilka cech diagnostycznych ziarn pyłku polskich odmian uprawnych lnu zwyczajnego. Mikrospory, choć same niewielkich rozmiarów, mają istotne znaczenie, gdyż ich żywotność decyduje o sukcesie w hodowli (Atlagić i in. 2009).

Material i metody

Obiektem badań było pięć odmian lnu zwyczajnego, z których każda została wyhodowana na innym kontynencie. Były to trzy odmiany włókniste pochodzące odpowiednio z Ukrainy (Ukraiński 2), Japonii (Blue no. 180) i Egiptu (Egipski) oraz dwie odmiany oleiste wyhodowane w Kanadzie (Dufferin) i Argentynie (Benvenuto Real). Kwiaty zebrano z roślin uprawianych w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Pętkowie. Wypreparowano z nich pylniki i poddano je procesowi acetolizy (Erdtman 1966). Z tak wyizolowanych ziarn pyłku wykonano serię zdjęć z użyciem mikroskopu elektronowego (SEM), a także preparaty mikroskopowe, w alkoholu etylowym, służące do dalszych obserwacji. Przy użyciu mikroskopu świetlnego i programu komputerowego cellSens Entry 1.7, firmy Olympus Corporation, dla 30 ziarn z każdej z pięciu odmian lnu, zmierzono grubość egzyny, szerokość obszaru międzybrzdowego, średnicę pola biegunowego, a także długość osi biegunowej (P) i równikowej (E) oraz obliczono stosunek obu tych pomiarów. Ponadto, wykorzystując zdjęcia SEM, w 30 kwadratach o powierzchni $25 \mu\text{m}^2$ policzono liczbę wyrostków egzyny. W opisie zastosowano nazewnictwo palinologiczne wzorując się na pracach Punta i współautorów (2007) oraz Hessego i współautorów (2009).

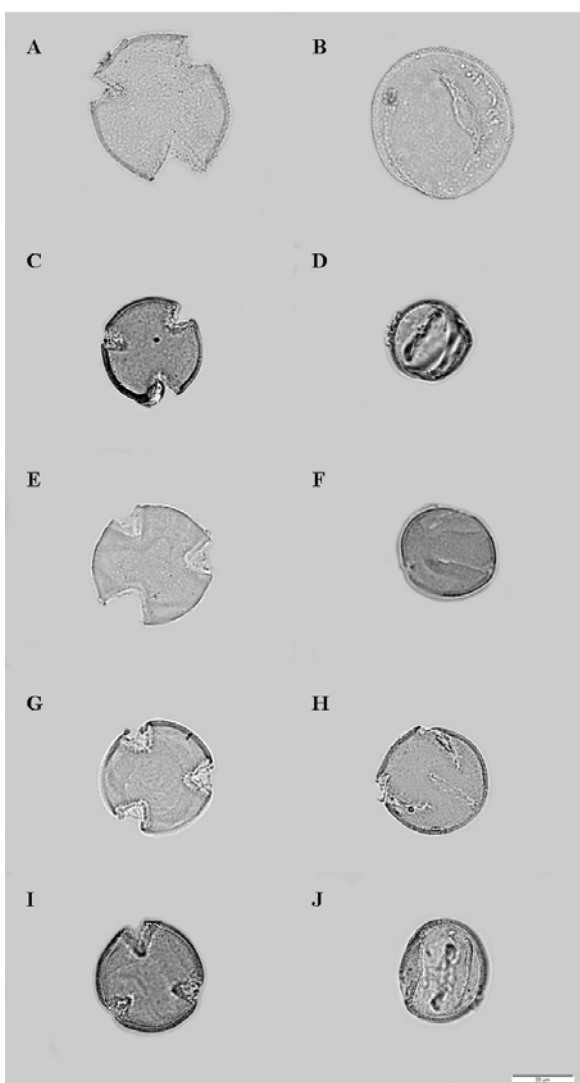
Uzyskane dane biometryczne poddano analizom statystycznym. Dla siedmiu badanych cech diagnostycznych ziarn pyłku, dla każdej odmiany obliczono średnie wartości, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Określono także minimalne i maksymalne wartości danej cechy. Następnie, przy wykorzystaniu programu Statistica 12, dla każdej z analizowanych cech z osobna wykonano analizę wariancji ANOVA w celu zbadania różnic pomiędzy odmianami. Istotność uzyskanych wyników sprawdzono testem NIR. Na surowych danych ($n = 150$ przypadków) przeprowadzono także analizę korelacji pomiędzy opisywanymi cechami (Sneath i Sokal 1973). Wykonano również analizę dyskryminacyjną metodą krokową postępującą. W celu zbadania związków pomiędzy odmianami przeprowadzono analizę zmiennych kanonicznych oraz zastosowano analizę skupień. Wykorzystując

obserwacje cech morfologicznych ziarn pyłku obliczono odległości Mahalanobisa i na tej podstawie wykreślono dendrogram metodą Warda, co umożliwiło wykazanie stopnia podobieństwa pomiędzy badanymi odmianami (Stanisz 2007).

Wyniki

Największe ziarna pyłku (długość osi P i E) zaobserwowano u odmiany olejistej Dufferin. Zbliżone do tych wymiarów były ziarna odmiany włóknistej Egipski, a najmniejsze zaobserwowano u lnu włóknistego Ukraiński 2. Stosunek długości osi P i E, wyznaczający kształt ziaren, u badanych odmian był podobny (ryc. 1). Lny oleiste (Benvenuto Real i Dufferin)

charakteryzowały się grubszą warstwą egzyny. Najszerszy obszar międzybrzdowy zaobserwowano też u odmiany olejistej Dufferin, a największą średnicę pola biegunowego u odmiany włóknistej Egipski. Największą liczbę wyrostków egzyny odnotowano u odmiany włóknistej Blue no. 180.



Ryc. 1. Zarysy ziarn pyłku badanych odmian *Linum usitatissimum* w położeniach biegunowym (A, C, E, G, I) i równikowym (B, D, F, H, J) – *Outlines of pollen grains of investigated cultivars of Linum usitatissimum in polar (A, C, E, G, I) and equatorial views (B, D, F, H, J)*

A, B – Benvenuto Real

C, D – Ukraiński 2

E, F – Blue no. 180

G, H – Egipski

I, J – Dufferin

Len włóknisty Ukraiński 2 charakteryzował się najmniejszymi wartościami czterech wymienionych cech ziarn pyłku. Zmienność badanych cech była zawsze mała. Wynosiła od 2,14% (dla stosunku osi P/E u odmiany włóknistej Blue no. 180) do 19,33% (dla liczby wyrostków egzyny u odmiany oleistej Benvenuto Real), (tab. 1, ryc. 2).

Tabela 1.

Podstawowe charakterystyki statystyczne badanych cech 5 odmian lnu zwyczajnego
Basic statistical characteristics of analyzed traits of 5 cultivars of common flax

Odmiana <i>Cultivar</i>	Typ <i>Type</i>	Średnia <i>Mean</i>	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	Odchylenie standardowe <i>Standard deviation</i>	Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variation</i>
Długość osi biegunowej (P) — <i>Length of polar axis P (μm)</i>						
Benvenuto Real	O/O	76,8	66,1	85,0	5,07	6,60
Ukraiński 2	W/F	63,4	53,6	74,4	5,61	8,86
Blue no. 180	W/F	77,2	66,7	85,0	3,74	4,85
Egipski	W/F	81,2	70,9	93,3	5,62	6,92
Dufferin	O/O	83,4	68,1	96,6	6,36	7,63
Długość osi równikowej (E) — <i>Length of equatorial axis E (μm)</i>						
Benvenuto Real	O/O	74,1	59,0	80,90	5,42	7,32
Ukraiński 2	W/F	61,2	51,1	71,36	5,29	8,65
Blue no. 180	W/F	75,2	62,6	81,92	4,23	5,63
Egipski	W/F	78,8	67,1	91,36	5,99	7,60
Dufferin	O/O	80,9	67,4	90,41	5,76	7,12
Stosunek P/E — <i>P/E ratio</i>						
Benvenuto Real	O/O	1,04	1,00	1,22	0,04	4,13
Ukraiński 2	W/F	1,04	1,00	1,15	0,03	2,79
Blue no. 180	W/F	1,03	1,00	1,07	0,02	2,14
Egipski	W/F	1,03	1,00	1,08	0,02	2,40
Dufferin	O/O	1,03	1,00	1,10	0,03	2,75
Grubość egzyny — <i>Exine thickness (μm)</i>						
Benvenuto Real	O/O	2,39	1,92	2,88	0,22	9,06
Ukraiński 2	W/F	2,15	1,95	2,45	0,14	6,36
Blue no. 180	W/F	2,18	2,00	2,35	0,11	5,08
Egipski	W/F	2,23	2,05	2,34	0,08	3,58
Dufferin	O/O	2,41	2,18	2,61	0,13	5,48
Szerokość obszaru międzybrzdowego — <i>Width of mesocolpium (μm)</i>						
Benvenuto Real	O/O	50,2	42,1	55,5	3,39	6,75
Ukraiński 2	W/F	43,9	35,6	51,1	4,49	10,23
Blue no. 180	W/F	51,2	44,5	58,3	3,43	6,70
Egipski	W/F	56,3	48,7	66,7	4,80	8,54
Dufferin	O/O	56,5	49,2	67,3	4,84	8,56

ciąg dalszy tabeli 1

Średnica pola biegunowego — <i>Apocolpium diameter</i> (µm)						
Benvenuto Real	O/O	26,20	15,10	33,00	4,09	15,63
Ukraiński 2	W/F	20,28	13,93	28,69	3,18	15,67
Blue no. 180	W/F	25,03	20,02	31,09	2,99	11,94
Egipski	W/F	28,47	21,66	37,69	4,37	15,35
Dufferin	O/O	26,97	21,40	33,50	2,91	10,79
Liczba wyrostków egzyny — <i>Number of exine processes</i> (per 25 µm ²)						
Benvenuto Real	O/O	52,50	28	70	10,15	19,33
Ukraiński 2	W/F	42,37	30	51	6,08	14,34
Blue no. 180	W/F	59,73	47	69	6,41	10,73
Egipski	W/F	46,53	37	62	6,39	13,73
Dufferin	O/O	47,40	39	55	3,92	8,27

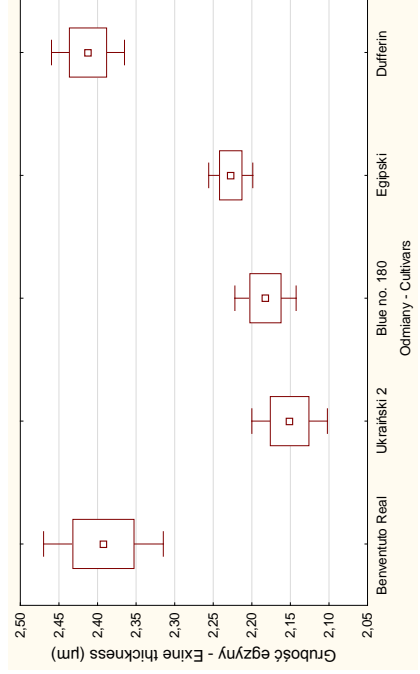
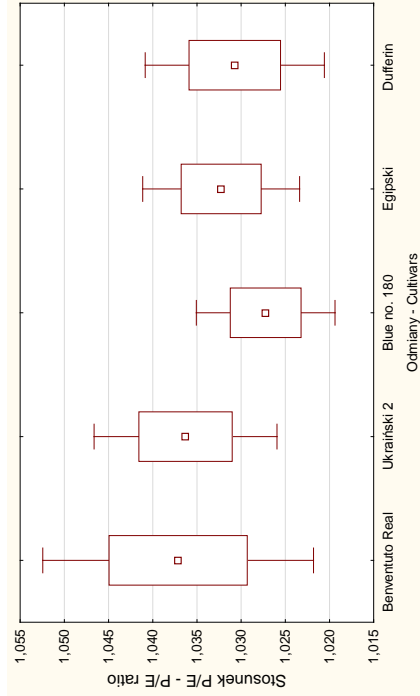
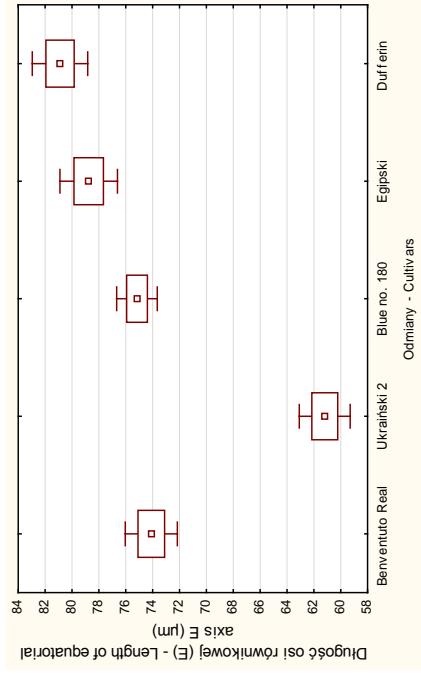
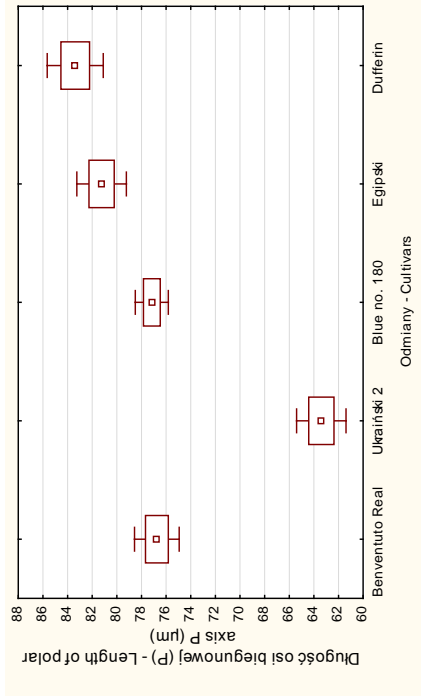
O – odmiana oleista / OS – *oilseed cultivar*, W – odmiana włóknista / F – *fibrous cultivar*

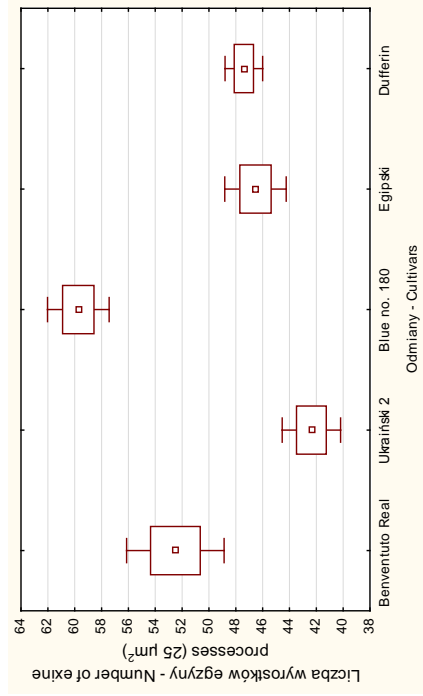
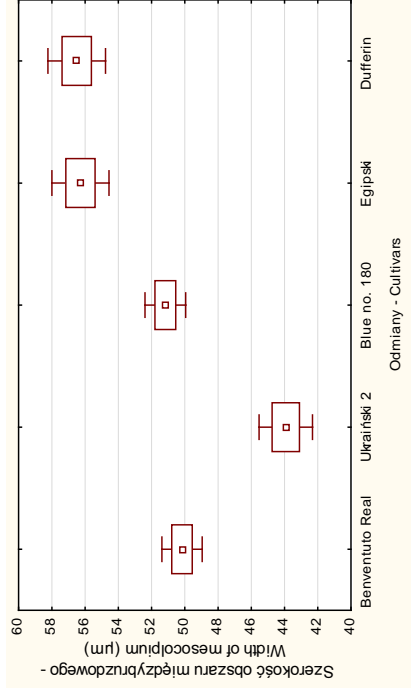
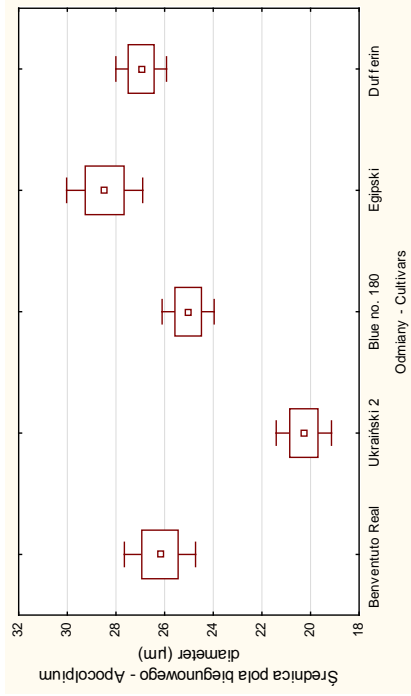
Analiza wariancji wykazała, że średnie wartości sześciu porównywanych cech morfologicznych ziarn pyłku w istotny sposób różnicowały odmiany. U badanych pięciu taksonów jedynie iloraz osi P/E był dość podobny. Długość osi biegunowej P najbardziej zróżnicowała odmiany, gdyż charakteryzowała się największą wartością statystyki testowej F, a najmniej istotnie odróżniała je grubość egzyny (tab. 2). Wykresy ramka-wąsy ukazały, które odmiany miały istotnie różne wartości średnie dla poszczególnych zmiennych (ryc. 2). Test NIR wyznaczający najmniejsze istotne różnice dla pary odmian wykazał, że w przypadku długości osi P i E oraz średnicy pola biegunowego nie różniły się istotnie od siebie tylko odmiana oleista Benvenuto Real i włóknista Blue no. 180 oraz odmiana włóknista Egipski i oleista Dufferin. Liczba wyrostków egzyny nie różnicowała istotnie tylko odmian Egipski i Dufferin. W przypadku szerokości obszaru międzybruzdowego niezróżnicowane istotnie były trzy pary odmian: Benvenuto Real i Blue no. 180, Egipski i Dufferin

Tabela 2.

Wyniki analizy wariancji dla siedmiu zmiennych zależnych i czynnika odmiana
The results of analysis of variance for seven dependent variables and factor of cultivar

Cecha <i>Trait</i>	df efekt <i>df effect</i>	df błąd <i>df error</i>	F	p
Długość osi biegunowej (P) — <i>Length of polar axis P</i>	4	145	63,33	0,00
Długość osi równikowej (E) — <i>Length of equatorial axis E</i>	4	145	61,22	0,00
Stosunek P/E — <i>P/E ratio</i>	4	145	0,55	0,70
Grubość egzyny — <i>Exine thickness</i>	4	145	21,66	0,00
Szerokość obszaru międzybruzdowego <i>Width of mesocolpium</i>	4	145	23,01	0,00
Średnica pola biegunowego — <i>Apocolpium diameter</i>	4	145	44,67	0,00
Liczba wyrostków egzyny — <i>Number of exine processes</i>	4	145	28,08	0,00





- średnia — mean
- średnia ± błąd standardowy — mean ± standard deviation
- ┌─┐ średnia ± 1,96*błąd standardowy
mean ± 1,96*standard deviation

Ryc. 2. Skategoryzowane wykresy, ramka – wąsy badanych cech ziarn pyłku — Categorized diagram boxes – plot of investigated traits of pollen grains

oraz oleiste Benvenuto Real i Dufferin. Grubość egzyny nie różnicowała istotnie również trzech par odmian: Benvenuto Real i Dufferin, a także włóknistych Blue no. 180 i Ukraiński 2 oraz Blue no. 180 i Egipski.

Dla siedmiu analizowanych cech wyliczono współczynniki korelacji. Liczba wyrostków egzyny korelowała istotnie tylko z długością osi P, a stosunek P/E z długością osi E oraz z szerokością obszaru międzybruzdowego. Natomiast długość osi P nie była istotnie skorelowana tylko ze stosunkiem P/E, a długość osi E oraz szerokość obszaru międzybruzdowego tylko z liczbą wyrostków egzyny. Najsilniejszą dodatnią korelację zaobserwowano dla pary długość osi P i długość osi E, a najsilniejszą ujemną dla pary długość osi E i stosunku P/E (tab. 3).

Tabela 3.

Macierz korelacji pomiędzy siedmioma analizowanymi cechami dla pięciu badanych odmian łącznie (n = 150) — *Correlation matrix of the seven analyzed traits for all five investigated cultivars*

Cecha — <i>Trait</i>	1	2	3	4	5	6	7
1. Długość osi biegunowej (P) <i>Length of polar axis P</i>	1						
2. Długość osi równikowej (E) <i>Length of equatorial axis E</i>	0,97**	1					
3. Stosunek P/E — <i>P/E ratio</i>	0,01	-0,23**	1				
4. Grubość egzyny — <i>Exine thickness</i>	0,40**	0,41**	-0,09	1			
5. Szerokość obszaru międzybruzdowego <i>Width of mesocolpium</i>	0,76**	0,79**	-0,18*	0,24**	1		
6. Średnica pola biegunowego <i>Apocolpium diameter</i>	0,89**	0,89**	-0,08	0,37**	0,75**	1	
7. Liczba wyrostków egzyny <i>Number of exine processes</i>	0,16*	0,142	0,07	-0,06	0,05	0,07	1

* — poziom istotności $\alpha = 0,05$ — *level of significance $\alpha = 0.05$*

** — poziom istotności $\alpha = 0,01$ — *level of significance $\alpha = 0.01$*

Metodą krokową postępującą wykonano analizę dyskryminacyjną dla sześciu badanych cech (nie wybrano nieistotnego statystycznie stosunku P/E) i odmian, jako zmiennej grupującej. Korelacje między analizowanymi cechami ziarna, a dwoma pierwszymi zmiennymi kanonicznymi pokazały, że z pierwszą zmienną najbardziej skorelowana była długość osi biegunowej P, a z drugą zmienną liczba wyrostków egzyny. Pierwsza zmienna kanoniczna opisywała 59,41% całkowitej zmienności, a druga zmienna 22,64%. Obydwie zmienne kanoniczne objaśniały łącznie 82,05% zmienności (tab. 4).

Tabela 4.

Współczynniki korelacji między mierzonymi cechami a pierwszymi dwoma zmiennymi kanonicznymi — *Coefficients correlations between measured traits and the first two canonical variables*

Cecha — Trait	V ₁	V ₂
Długość osi biegunowej (P) — <i>Length of polar axis (P)</i>	0,86	-0,46
Liczba wyrostków egzyny — <i>Number of exine processes</i>	0,37	0,72
Grubość egzyny — <i>Exine thickness</i>	0,32	-0,13
Szerokość obszaru międzybrzdowego — <i>Width of mesocolpium</i>	0,64	-0,64
Średnica pola biegunowego — <i>Apocolpium diameter</i>	0,48	-0,31
Długość osi równikowej (E) — <i>Length of equatorial axis (E)</i>	0,84	-0,43
Wartość własna — <i>Eigenvalue</i>	2,15	0,82
Procentowe wartości — <i>Percent value</i>	59,41	22,64

Obliczono także dwie pierwsze zmienne kanoniczne dla pięciu testowanych odmian, utworzone z sześciu mierzonych cech (tab. 5). Pierwszą grupę tworzyły odmiany oleista Benvenuto Real i włóknista Blue no. 180, powiązane dodatnio z obiema zmiennymi kanonicznymi. Drugą grupę stanowiły odmiany oleista Dufferin i włóknista Egipski, powiązane dodatnio z pierwszą zmienną kanoniczną i ujemnie z drugą. Odmiana włóknista Ukraiński 2, powiązana ujemnie z obiema zmiennymi kanonicznymi, wyraźnie różniła się od pozostałych odmian (tab. 5).

Utworzony na podstawie kwadratów odległości Mahalanobisa (tab. 6) dendrogram ukazał, że najbardziej podobne były odmiany oleista Dufferin i włóknista Egipski. Do nich zbliżona była odmiana oleista Benvenuto Real. Len włóknisty Blue no. 180 wykazał podobieństwo morfologiczne z grupą tych trzech odmian. Wyraźnie różnił się od nich len włóknisty Ukraiński 2 (ryc. 3).

Tabela 5.

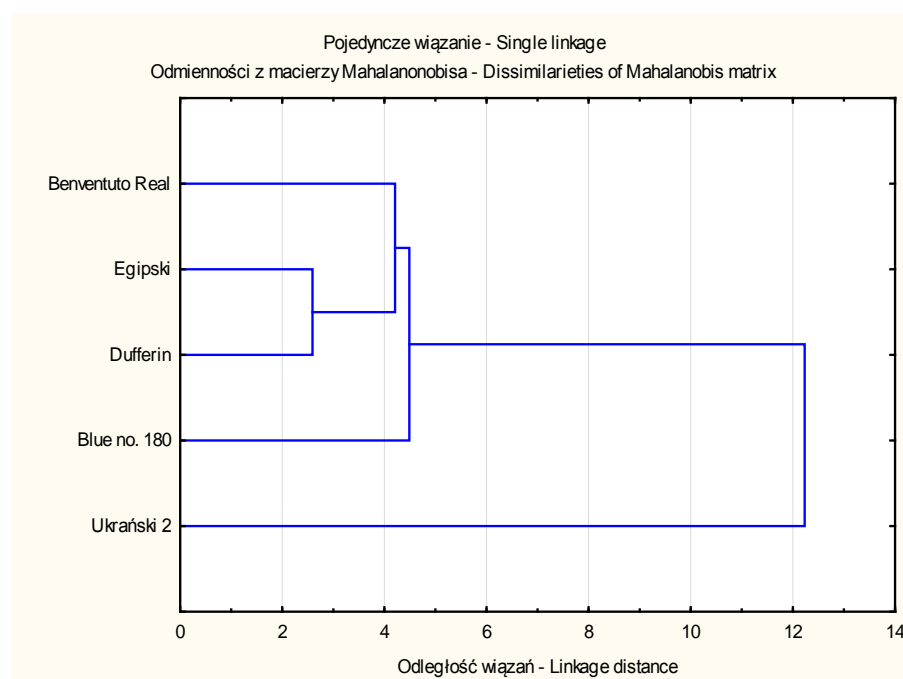
Dwie pierwsze zmienne kanoniczne dla testowanych pięciu odmian
The first two canonical variables for five studied cultivars

Odmiana — <i>Cultivar</i>	V ₁	V ₂
Benvenuto Real	0,49	0,82
Ukraiński 2	-2,83	-0,03
Blue no. 180	0,80	1,17
Egipski	0,39	-1,10
Dufferin	1,16	-0,85

Tabela 6.

Kwadraty odległości Mahalanobisa dla pięciu testowanych odmian
Squares of Mahalanobis distances for five tested cultivars

Odmiana <i>Cultivar</i>	Benvenuto Real	Ukraiński 2	Blue no. 180	Egipski	Dufferin
Benvenuto Real	0				
Ukraiński 2	13,01	0			
Blue no. 180	4,49	15,57	0		
Egipski	6,40	12,23	5,80	0	
Dufferin	4,21	16,95	6,32	2,59	0



Ryc. 3. Dendrogram skonstruowany na podstawie odległości Mahalanobisa dla pięciu odmian lnu zwyczajnego — *Dendrogram constructed on the basis of Mahalanobis distances for five cultivars of common flax*

Dyskusja

Punt i den Breejen (1981) w swojej pracy wykazali, że wymiary ziarn pyłku u badanych gatunków *Linum* z północno-zachodniej Europy, w tym i *Linum* zwyczajnego, różniły się w zależności od ośrodka, w którym umieszczano mikrospory w preparatach mikroskopowych. W glicerynie wielkości te były mniejsze niż w olejach silikonowych. Odpowiednio, dla *Linum* zwyczajnego, długość osi P w pierwszym typie preparatu wynosiła 40–55 μm , a w drugim 47–60 μm . Długość osi E osiągała w pierwszym przypadku 50–65 μm , a w drugim 50–62 μm . Stosunek P/E wynosił odpowiednio 0,76–1,00 i 0,90–1,05. Grubość egzyny mieściła się w przedziale 3,5–5,5 μm . Odmiany opisywane w pracy, obserwowane w preparatach z alkoholem etylowym, zawsze miały większą długość osi biegunowej P, a długość osi równikowej E była mniejsza tylko u odmiany włóknistej *Ukrainiński 2*. Stosunek tych dwóch pomiarów u każdej odmiany zbliżony był bardzo do kulistego (1,03–1,04), a egzyna była znacznie cieńsza od wartości podanych w cytowanym artykule.

Wielkość ziarn pyłku u odmian oleistych *Linum*, mających białe i niebieskie kwiaty, badali Atlagić i in. (2009). Większą długość osi biegunowej (P) i osi równikowej (E) autorzy ci zaobserwowali u *Linum* kwitnącego na biało (odpowiednio 68,31 i 63,01 μm). Niebiesko kwitnąca odmiana miała ziarna o wymiarach 66,64 i 62,52 μm . Autorzy mierzyli też nieżywotne ziarna pyłku. Dla obu typów kwiatów były one o ponad 10 μm mniejsze od żywotnych diaspor. Odmiany oleiste prezentowane w tym opracowaniu miały większe ziarna pyłku od wyników podawanych w pracy Atlagić i współautorów (2009).

Lattar i in. (2012), u różnych gatunków *Linum*, w tym i u *Linum* zwyczajnego, badali wielkość ziarn i grubość egzyny. Długość osi P wynosiła od 50 do 62,5, a średnio osiągała 56,25 μm . Długość osi E mieściła się w przedziale 47,5–62,5 μm , ze średnią 55 μm . Stosunek osi P/E wynosił średnio 0,78 i wahał się od 0,47 do 1,09. Grubość egzyny osiągała od 3,0 do 3,5 μm . W badaniach własnych autorów, zarówno ziarna pyłku odmian oleistych jak i włóknistych, były większe, ale miały one cieńszą warstwę egzyny, mierzoną w mikroskopie świetlnym.

W badaniach Talebi i in. (2012) ziarna pyłku *Linum* zwyczajnego były mniejsze niż u wybranych odmian w prezentowanej pracy. Długość osi biegunowej wynosiła tam 50,61 μm , a osi równikowej 50,40 μm . Ziarna były kulistego kształtu (stosunek P/E = 1,00). Średnica pola biegunowego była znacznie większa (42,60 μm), a szerokość obszaru międzybrzdowego mniejsza (40,27 μm).

Wnioski

1. Badania morfologii ziarn pyłku pięciu odmian oleistych i włóknistych lnu, pochodzących każda z innego kontynentu, wykazały że typ odmiany nie miał istotnego wpływu na ich wielkość.
2. Ziarna pyłku o kształcie najbardziej zbliżonym do kulistego (stosunek osi P/E w przybliżeniu = 1) miały zarówno odmiany włókniste, jak i oleiste.
3. Cechy morfologiczne ziarn pyłku pięciu badanych odmian lnu charakteryzowały się niskimi wartościami współczynnika zmienności.
4. Analizy statystyczne wykazały, że najbardziej do siebie podobne pod względem badanych parametrów ziarn pyłku były odmiana oleista Dufferin i włóknista Egipski.

Podziękowania

Autorzy dziękują Pani Doktor Mirosławie Sitek z Zakładu Biologii Rozwoju Człowieka, Instytutu Antropologii, Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu za pomoc przy wykonaniu analiz statystycznych. Badania były finansowane z funduszy Katedry Botaniki Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu i Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu.

Literatura

- Atlagić J., Marjanović-Jeromela A., Marinković R., Terzić S. 2009. Pollen grain traits of oil species from the Novi Sad collection. *Genetika*, 41 (3): 263-270.
- Budwig J. 1994. Flax Oil as a True Aid against Arthritis, Heart Infarction and Cancer. Apple Publishing Co Ltd.
- Chestler P.I., Raine J.I. 2010. Pollen and spore keys for Quaternary deposits in the northern Pindos Mountains, Greece. *Grana*, 40 (6): 297-387.
- Erdman G. 1966. Pollen morphology and plant taxonomy: Angiosperms. 2nd edition. Hafner Publishing Company, New York and London.
- Grigoryeva V.V. 1988. The pollen grain morphology in the genus *Linum* (Linaceae) of the flora of the USSR – Bot. Zhurn. SSSR, 73: 1409-1417.
- Herse J. (ed.). 1986. Szczegółowa uprawa roślin. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Hesse M., Halbritter H., Zetter R., Weber M., Buchner R., Frosch-Radivo A., Ulrich S. 2009. Pollen terminology: An illustrated handbook. New York: Springer. Wien.
- Kluza-Wieloch M., Maciejewska-Rutkowska I., Sitek M. 2014. Zmienność ziarn pyłku u różnych typów odmian lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L., Linaceae). *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, 35 (1): 71-86.
- Kruk M. 2016. Len jak antybiotyk, <http://www.swiat-zdrowia.pl/artykuly/len-jak-antybiotyk>.

- Lattar E.C., Pire S., Avanza M.M., Ferrucci M.S. 2012. Pollen analysis in some species of Linaceae-Linoideae from Argentina. *Palynology*, 36 (2): 254-263.
- Punt W., den Breejen P. 1981. The Northwest European pollen flora, 27 Linaceae. Review of Paleobotany and Palynology, 33: 75-115.
- Punt W., Hoen P.P., Blackmore S., Nilsson S., Thomas A.L. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. Review of Paleobotany and Palynology, 143: 1-81.
- Rumińska A. 1990. Len zwyczajny. W: Rumińska A., Ozarowski A. Leksykon roślin leczniczych. PWRiL, Warszawa: 263, 279.
- Sawicka B (ed.). 2000. Rośliny włókniste. Uprawa lnu. W: Agrotechnika i jakość cech roślin uprawnych. Wyd. AR w Lublinie: 399-417.
- Silska G., Praczyk M. 2012. Ocena obiektów lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.). Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, 33: 127-138.
- Sneath P.H.A., Sokal R.R. 1973. Numerical taxonomy: the principals and practice of numerical classification. Freeman, San Francisco.
- Stanisz A. 2007. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica Pl na przykładach z medycyny. T. 3. Analizy wielowymiarowe. StatSoft.
- Talebi S.M., Sheidai M., Atri M., Sharfinia F., Noormohammadi Z. 2012. Palynological study of the genus *Linum* in Iran (a taxonomic review). *Phytologia Balcanica*, 18 (3): 293-303.
- Wielgosz T. 2008. Wielka księga ziół polskich. Publicat S.A. Poznań.
- Woyke T., Muśnicki Cz. 2003. Rośliny włókniste. Len. W: Jasińska Z., Kotecki A. (eds) Szczegółowa uprawa roślin. Wyd. AR Wrocław, II: 527-539.
- Yunus D., Nair P.K.K. 1988. Pollen morphology of Indian Geraniales. *Advances in Pollen Spore Research. Today and Tomorrow Printers & Publishers, New Delhi.*
- Zochary D., Hopf M., Weiss E. 2012. Domestication of Plants in the Old World. Oxford University Press, New York.