

Tadeusz Zając, Franciszek Borowiec, Piotr Micek
Akademia Rolnicza w Krakowie

Porównanie produktywności, składu chemicznego i profilu kwasów tłuszczowych żółtych i brązowych nasion lnu oleistego*

Comparison of productivity, chemical composition and fatty acid profile of yellow and brown linseeds

Słowa kluczowe: len oleisty, odmiany, kolor nasion, plon, skład chemiczny, kwasy tłuszczowe

Key words: linseed, cultivars, seed colour, yield, chemical composition, fatty acids

W doświadczeniach polowych prowadzonych w latach 1998–2000, badano wielkość i strukturę plonu oraz skład chemiczny nasion dwóch odmian lnu oleistego: krajowej, brązowonasiennej odmiany Opal oraz węgierskiej, żółtonasiennej Hungarian Gold. Wielkość powierzchni liści pojedynczej rośliny i wszystkich roślin lnu oleistego różnicowały głównie lata wegetacji. Indeks powierzchni liści lnu w fazie kwitnienia w nikłym stopniu determinował plonowanie lnu oleistego. Plonowanie obu odmian lnu oleistego, było bardzo zbliżone i uzależnione głównie od dwóch cech strukturalnych — zagęszczenia roślin i masy 1000 nasion. W dobrych warunkach glebowych Polski południowej len oleisty plonujący 2 t/ha może być rekomendowany do uprawy jako alternatywna roślina oleista, a uzyskane nasiona z uwagi na skład chemiczny można wykorzystać dla celów żywieniowych. Odmiana Opal posiada wyższą zawartość białka, natomiast niższą zawartość tłuszczu w porównaniu do odmiany Hungarian Gold. Dobór odmiany lnu oleistego wywiera większy wpływ na profil kwasów tłuszczowych uzyskanego oleju lnianego niż rok uprawy. Korzystniejszym pod względem żywieniowym składem kwasów charakteryzuje się odmiana Hungarian Gold.

The amount of linseed yield, its structure and chemical composition were investigated in field experiments carried out in 1998–2000. The brown linseed Polish Opal cv. was compared with yellow linseed Hungarian Gold cv. The size of leaf and stand area of linseed were diversified mainly by the growing years. Leaf area index of stand at the flowering stage only very slightly determined the linseed cropping. Yielding of linseed cultivars, which differed by their seed colour, was very similar and depended mainly on two structural traits, i.e. shoot density and the weight of 1000 seeds. Under favourable soil conditions of southern Poland the linseed yield of about 2 tons per ha may be recommended for cultivation as an alternative oil-bearing crop, whereas the obtained seed yield, due to its chemical composition, may be used as food. Opal cv. has higher content of crude protein but lower content of fat in comparison with Hungarian Gold cv. The choice of oily linseed cultivars has bigger influence on fatty acids profile than the year of cultivation. Favourable fatty acids proportion is characteristic for the Hungarian Gold cultivar.

* Praca finansowana ze środków KBN — Grant 6 P06Z 013 21

Aktualnie panuje przekonanie co do celowości powiększenia obszaru uprawy lnu oleistego w krajach klimatu umiarkowanego. W wyniku prowadzonej hodowli lnu oleistego, do listy odmian tego gatunku wprowadzane są nowe kreacje hodowlane, reprezentujące wyższy potencjał plonowania i nowe właściwości rolniczo-użytkowe. Szczególnie intensywnie prowadzona jest hodowla lnu oleistego w Kanadzie (Rowland i in. 1990, Grady 1994, Dribnenki i Green 1995, Kenaschuk i Rashid 1998, Grant i in. 1999) i na Węgrzech (Anonim 1999), a jej wynikiem jest duża liczba zarejestrowanych i ciągle zgłaszanie do badań nowych odmian. W Polsce prowadzi się także twórczą hodowlę lnu oleistego, której efektem są dwie odmiany brązowonasienne plonujące na poziomie 1500 kg/ha (Heimann 1996). Porównanie produktywności krajowych i zagranicznych odmian lnu oleistego, w oparciu o dane literaturowe, wskazuje na lepsze plonowanie tych ostatnich, dla przykładu wielkość plonu nasion odmiany Barbara wyniosła 4400 kg z 1 ha (Anonim 1999).

Diepenbrock i Porksen (1992) podkreślają że osiągnięte plony nasion zależą w dużej mierze od doboru odmian, których produktywność kształtuje poziom agrotechniki i warunki siedliska. Oddziaływanie plonotwórczych czynników w uprawie lnu oleistego ujawnia się w wielkości plonu nasion, cechy rejestrowanej najczęściej. Wartości poszczególnych komponentów struktury plonu nasion są na ogół pomijane (Stevenson i in. 1998). Warunki glebowo-klimatyczne miejsca uprawy silnie determinują rozwój roślin, indeks powierzchni liści, co skutkuje zmiennym plonowaniem lnu oleistego w latach (Marshall i in. 1989, Casa i in. 1999, Grant i in. 1999). Produktywność pojedynczej rośliny i całego łanu lnu oleistego zależy od wielu cech, głównie morfologicznych wiążących się z ulistnieniem, a także biologicznych i rolniczych, mających wpływ na gromadzenie w plonie energii promieniowania fotosyntetycznie czynnego (Aufhammer i in. 2000). Jak wykazali Hassan i in. (1999) gromadzenie suchej masy w różnych częściach lnu oleistego zaczyna się już przy temperaturze powietrza $> 4^{\circ}\text{C}$, lecz właściwości odmian w tym względzie są różne. Powszechnie uważa się, że w warunkach Kanady odmiany o żółtych nasionach odznaczają się gorszymi wschodami, niższym plonem nasion, lecz zawartość oleju w nasionach jest podobna w stosunku do odmian brązowonasiennych (Saeidi i Rowland 1999). Sporadycznie i jedynie w badaniach hodowlanych (Foster i in. 1998, Gürbüz 1999) przeprowadzono ocenę współzależności niektórych cech strukturalnych i morfologicznych różnych form i odmian lnu oleistego.

Ze względu na wszechstronne użytkowanie nasion lnu oleistego, ważnym aspektem oceny odmian jest ich skład chemiczny. Wyniki badań Borowca i in. (2001) dostarczają danych, że porównywane odmiany handlowe lnu oleistego różniły się zawartością poszczególnych składników pokarmowych w nasionach,

zwłaszcza wiążących się z białkiem, włóknem i jego frakcjami. W warunkach Polski nie podjęto i nie prowadzono badań dotyczących kształtowania się składu chemicznego nasion odmian lnu oleistego, różniących się barwą w różnych latach wegetacji, z nawiązaniem do potencjału produkcyjnego łanu.

Celem przeprowadzonych badań było porównanie plonowania oraz składu chemicznego nasion dwu odmian lnu oleistego, różniących się barwą, a także porównanie cech morfologicznych roślin w fazie kwitnienia.

Material, metody i warunki badań

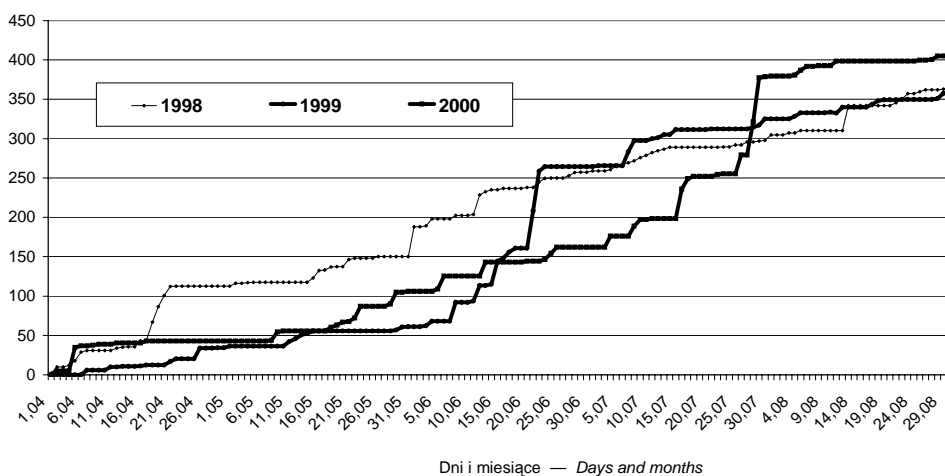
W latach 1998–2000 przeprowadzono jednoczynnikowe ściśle doświadczenie polowe, zlokalizowane w miejscowości Prusy koło Krakowa. Corocznie zakładano doświadczenia na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu i zaliczanym do kompleksu pszennego bardzo dobrego, I klasy bonitacyjnej. Przedplon dla lnu oleistego stanowiły rośliny okopowe (ziemniaki średniowczesne), uprawiane bez obornika. Odczyn gleby i jej zasobność w przyswajalne składniki pokarmowe w latach 1998, 1999 i 2000 wynosiły odpowiednio: pH (KCl) — 6,2, 5,9 i 6,0; P₂O₅ — 14,9, 15,7 i 18,4; K₂O — 17,9, 12,8 i 21,5. Przed siewem nasion zastosowano (na ha) nawozy fosforowe i potasowe w dawce 48 kg P₂O₅ i 72 kg K₂O oraz 30 kg N w formie saletry amonowej. Drugą dawkę azotu, w analogicznej dawce i formie jak pierwsza, zastosowano w fazie jodełki. Wielkość składników dawki pokarmowej dla lnu oleistego, ustalono w oparciu o sugestie zawarte w pracy Hockinga i in. (1987). Czynniki doświadczenia stanowiły dwie odmiany: Opal (polska), posiadająca brązowe nasiona i węgierska Hungarian Gold, o żółtych nasionach. Na 1 m² wysiewano 600 kielkujących nasion, przy użyciu poletkowego siewnika „Bratek”, w rozstawie rzędów co 15 cm. Przedsięwzięte zabiegi uprawowe wykonano według zasad prawidłowej agrotechniki. W fazie jodełki chwasty dwuliścienne i jednoliścienne niszczone przy pomocy herbicydów Chiesel 75 WG i Targa Super 5 EC, stosując ilości zalecane przez producentów. W roku 1999 i 2000 po wschodach lnu przeprowadzono zwalczanie pchełek przy użyciu Karate 025 EC w ilości 0,3 l na 1 ha. W żadnym roku badań nie obserwowano zakłóceń w okresie kiełkowania i wschodów wysianych nasion lnu oleistego. W okresie fazy pełni kwitnienia obliczono zagęszczenie pędów na powierzchni 0,5 m² oraz pobrano losowo po 10 roślin z każdego poletka celem wykonania analiz: powierzchni i liczby liści na roślinie, długości i jej świeżej masy. Powierzchnię każdego liścia mierzono planimetrem firmy LI-COR model 3100. W oparciu o cechy empiryczne wyliczono dwa wskaźniki pośrednie: 1 — indeks powierzchni liści i 2 — stosunek powierzchni blaszek liści na 1 cm wysokości łanu.

Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach, a wielkość poletka do zbioru wynosiła 10 m². Zbioru lnu dokonano na

przełomie drugiej i trzeciej dekady sierpnia, po uprzednio wykonanej desykcji, przy użyciu Reglone. Przed zbiorem z każdego poletka pobrano losowo po 10 roślin dla określenia komponentów struktury plonu — liczby torebek na pędzie oraz liczby nasion w pojedynczej torebce, a także masy nasion i słomy w próbce, które umożliwiły wyliczenie wskaźnika plonowania. Po omłocie roślin dokonanym kombajnem poletkowym w próbach nasion oznaczono udział zanieczyszczeń, a następnie zawartość wody i masę 1000 nasion. Skład chemiczny nasion lnu oleistego oznaczono standardowymi metodami (AOAC 1995). Zawartość NDF oznaczono w aparacie ANKOM²²⁰ Fiber Analyser (Ankom, USA), według zmodyfikowanej metody Goeringa i Van Soesta (1970). Zawartość energii brutto określono bombą kalorymetryczną (KL-10, PRECYZJA, Bydgoszcz, Polska) (Skulmowski 1974), a skład kwasów tłuszczowych oleju lnianego, przy użyciu chromatografu gazowego (Varian Star 3400CX).

Do obliczeń wykorzystano arkusz kalkulacyjny Excel dla Windows oraz procedury statystyczne programu SAS (SAS 1995). Analizę statystyczną cech morfologicznych i strukturalnych oraz wielkości plonu nasion, a także składu chemicznego wykonano w oparciu o dwuczynnikową analizę wariancji dla modelu mieszanego (lata stanowiły czynnik losowy), wykorzystując test t-Studenta do formalnej oceny istotności różnic. Efekty pomiędzy grupami doświadczalnymi uznawano za statystycznie istotne na poziomie $\alpha < 0,05$.

Obserwacje warunków atmosferycznych w okresach prowadzenia doświadczeń ograniczono do wielkości i rozłożenia opadów, a przedstawiono je na rysunku 1, który sporządzono podobnie jak uczynili to Casa i in. (1999). Sumy opadów w sezonach wegetacyjnych 1998–2000 wynosiły odpowiednio: 363, 365 i 421 mm.



Rys. 1. Opady w czasie wegetacji lnu oleistego — *Precipitation during vegetation of linseed*

Analiza wielkości i rozłożenia opadów atmosferycznych pozwala na wysunięcie stwierdzenia, że rośliny lnu w trakcie swego wzrostu i rozwoju nie odczuwały znaczącego braku wody. Jedynie w roku 2000 w okresie kwietnia wystąpiły niewielkie opady, lecz czarnoziem zdegradowany, stanowiący glebę pola doświadczalnego, charakteryzuje się dużą zdolnością do utrzymywania wilgoci, co sprawiło, że wschody i w tym roku przebiegły normalnie. Pomimo podobnej ilości opadów w latach, ich miesięczne sumy w poszczególnych latach były nieco odmienne, lecz nie wystąpiło znaczne zróżnicowanie produktywności i składu chemicznego w latach, co pozwala na stwierdzenie że len oleisty cechuje się znaczną odpornością na krótkotrwałe niedobory wody.

Omówienie wyników i dyskusja

W tabeli 1 przedstawiono wyniki dotyczące kształtowania się parametrów ulistnienia roślin i łanu odmian lnu oleistego w fazie pełni kwitnienia, w poszczególnych sezonach wegetacji. Pomimo mniejszej powierzchni liści na pędzie u odmiany Hungarian Gold w porównaniu do odmiany Opal, wykazane różnice między odmianami były statystycznie nieistotne. Sumaryczna powierzchnia liści pędu różniła się istotnie w poszczególnych latach wegetacji, a zwłaszcza w roku 1999 i 2000. Istotnie również wymiar tej cechy kształtowała interakcja, zachodząca pomiędzy latami uprawy a odmianami. Podobnie jak całkowita powierzchnia liści pędu ułożyła się również liczba liści na pędzie. Należy podkreślić fakt wykształcania przez pędy lnu oleistego dużej liczby liści, bardzo gęsto ułożonych na łodydze, co warunkowało wytworzenie przez nie znacznej powierzchni asymilacyjnej blaszek liściowych pojedynczego pędu, a w konsekwencji również łanu. Liczba liści na pędzie, podobnie jak ich powierzchnia istotnie zależała tylko od lat wegetacji i współdziałania zachodzącego pomiędzy odmianami i latami.

W każdym z trzech lat wegetacji świeża masa pędu lnu oleistego odmiany Opal była większa w porównaniu do odmiany Hungarian Gold, a układ współzależności (odmiany \times lata) przebiegał bardzo podobnie jak w przypadku wcześniej omówionych cech. W oparciu o cechy empiryczne obliczono powierzchnię liści przypadającą na 1 cm wysokości łanu lnu oleistego. Silny i istotny wpływ na wartość tej cechy wywierały lata wegetacji. Natomiast czynnik odmianowy, tak w wymiarze indywidualnym jak i we współdziałaniu z latami miał słabsze oddziaływanie. Za nieoczekiwany należy uznać fakt, że pomiędzy wysokością pędów i powierzchnią ich blaszek liściowych nie wykazano liniowej współzależności, bowiem w roku 2000 obydwie odmiany wytworzyły najdłuższe pędy, które zarazem miały najmniejszą powierzchnię blaszek liściowych. Natomiast przeciwna sytuacja zaznaczyła się w roku 1999, w którym najkrótsze pędy z kolei były najlepiej ulistnione, tak w odniesieniu do liczby, jak i sumarycznej powierzchni blaszek liści.

Tabela 1

Kształtowanie się wybranych cech roślin i ładu dwóch odmian lnu oleistego w fazie pełni kwitnienia w poszczególnych latach — *Development of selected plants traits and stand two linseed cultivar at full flowering stage in individual years*

Cechy Traits	Odmiana Cultivar	Lata — Years			Średnia Mean
		1998	1999	2000	
Powierzchnia liści pędu [cm ²] <i>Stem leaf area</i>	Opal	80,22 bc*	98,96 c	65,28 abc	81,49 a
	Hungarian Gold	62,54 ab	91,18 bc	36,70 a	63,47 a
	średnia — mean	71,38 ab	95,07 b	50,99 a	
Liczba liści na pędzie [szt.] <i>Number of leaves per stem [pcs]</i>	Opal	94,0 ab	135,2 c	75,6 a	101,6 a
	Hungarian Gold	77,4 a	111,8 bc	72,2 a	87,1 a
	średnia — mean	85,7 a	123,5 b	73,9 a	
Świeża masa pędu [g] <i>Stem fresh mass</i>	Opal	5,65 ab	7,34 b	5,67 ab	6,22 b
	Hungarian Gold	4,25 a	5,38 ab	3,41 a	4,35 a
	średnia — mean	4,95 a	6,36 a	4,54 a	
Powierzchni blaszek liściowych na 1 cm wysokości ładu <i>Leaf area crop per 1 cm canopy height above ground</i>	Opal	1,304 bc	1,824 c	0,866 ab	1,331 a
	Hungarian Gold	1,196 abc	1,678 c	0,584 a	1,153 a
	średnia — mean	1,250 b	1,751 c	0,725 a	
Powierzchnia liści ładu [m ² .m ⁻²] <i>Leaf area index</i>	Opal	4,09	4,35	3,47	3,97
	Hungarian Gold	3,15	4,11	2,03	3,10
	średnia — mean	3,62	4,23	2,75	
Wysokość roślin [mm] <i>Plant height</i>	Opal	614 b	540 a	752 c	635 b
	Hungarian Gold	514 a	515 a	628 b	552 a
	średnia — mean	564 a	528 a	690 b	

* Wartości danej cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie
Values of the given trait denoted by the same letter do not differ significantly

Odmiana Opal miała istotnie wyższe pędy w porównaniu do Hungarian Gold, i ta tendencja była wyraźna w dwóch latach wegetacji. Jedynie w roku 1999 wysokość pędów obu porównywanych nie była istotnie zróżnicowana, aczkolwiek nieco wyższe pędy wykształciła odmiana Opal, co należy przyjąć za stałą tendencję. Powierzchnia liści ładu (LAI) lnu oleistego odmiany Opal była większa, ponieważ jej cechy składowe osiągały większe wartości w porównaniu do odmiany Hungarian Gold.

Analiza wielkości plonu nasion lnu oleistego wykazała stabilność plonowania obu porównywanych odmian (tab. 2). Za okres trzech lat obydwie badane odmiany dały plon nasion wynoszący około 2 ton z 1 ha, co należy uznać za obiecującą perspektywę odnośnie szerszego wprowadzenia do uprawy tego gatunku w Polsce. Z uwagi na niższe, jak i delikatniejsze pędy odmiana Hungarian Gold miała

korzystniejszy współczynnik plonowania w porównaniu do odmiany Opal. W oparciu o obserwację pracy kombajnu poletkowego, zbiór żółtonasiennej odmiany przebiegał znacznie łatwiej w porównaniu do cięcia roślin brązowo nasiennej krajowej odmiany Opal. Taki układ wartości wskazuje że w przyszłości do uprawy będą wprowadzane odmiany o krótszej i delikatnej słomie, ze względu na łatwiejszy zbiór kombajnowy i zadawalający poziom plonowania. Dobrym przykładem takiego modelu odmiany jest węgierska odmiana Barbara, posiadająca krótsze pędy w porównaniu do odmian kanadyjskich lnu oleistego (Saeidi i Rowland 1999).

Tabela 2
Plonowanie odmian lnu oleistego oraz elementy struktury plonu nasion w poszczególnych latach — *Cropping of linseed cultivars and seed yield components in individual years*

Cechy <i>Traits</i>	Odmiana <i>Cultivar</i>	Lata — <i>Years</i>			Średnia <i>Mean</i>
		1998	1999	2000	
Plon nasion [t/ha] <i>Seed yield</i>	Opal	1,97 ab*	2,30 b	1,75 a	2,00 a
	Hungarian Gold	1,94 ab	1,96 ab	2,22 b	2,04 a
	średnia — <i>mean</i>	1,95 a	2,13 a	1,98 a	
Wskaźnik plonowania <i>Harvest index</i>	Opal	0,375 ab	0,408 ab	0,365 a	0,383 a
	Hungarian Gold	0,403 ab	0,417 b	0,385	0,402 a
	średnia — <i>mean</i>	0,389 ab	0,412 b	0,375 a	
Obsada pędów [szt./m ²] <i>Stem density [pcs/m²]</i>	Opal	397 b	440 b	256 a	364 a
	Hungarian Gold	373 b	402 b	372 b	382 a
	średnia — <i>mean</i>	385 ab	421 b	314 a	
Liczba torebek na 1 pędzie <i>Number capsules per stem</i>	Opal	16,4 a	19,0 a	17,2 a	17,6 a
	Hungarian Gold	16,0 a	16,4 a	18,0 a	16,8 a
	średnia — <i>mean</i>	16,2 a	17,7 a	17,6 a	
Liczba nasion w torebce <i>Seed capsule</i>	Opal	5,04 a	5,53 a	5,09 a	5,22 a
	Hungarian Gold	5,51 a	5,60 a	4,75 a	5,29 a
	średnia — <i>mean</i>	5,28 a	5,57 a	5,28 a	
Masa 1000 nasion [g] <i>Seed weight</i>	Opal	6,11 a	8,04 b	7,94 b	7,36 a
	Hungarian Gold	6,57 a	8,44 b	7,82 b	7,61 a
	średnia — <i>mean</i>	6,34 a	8,24 b	7,88 b	

* Wartości danej cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie
Values of the given trait denoted by the same letter do not differ significantly

Obsada pędów na jednostce powierzchni zależała głównie od lat wegetacji i ich interakcji z czynnikiem odmianowym. Jednakże nawet pobieżna analiza danych, odnoszących się do wielkości plonu i zagęszczenia pędów, pozwala na wysunięcie stwierdzenia, że pomiędzy tymi cechami zachodzi co najmniej umiarkowany związek.

Ze względu na dużą zmienność pozostałych cech struktury plonu nasion, a odnosząc się do liczby torebek na pędzie jak i liczby nasion w torebce, nie wykazano wpływu wywieranego przez odmiany jak i lata uprawy na wymiary tych cech strukturalnych. Odmiana Hungarian Gold miała nieco większą masę 1000 nasion, co w zestawieniu z mniejszym ulistnieniem i mniejszą masą pędu dobitnie pokazuje, że w pracy hodowlanej należy preferować kreacje nie osiągające maksymalnych wymiarów cech morfologicznych, a więc również o krótszym okresie wegetacji.

Skład chemiczny nasion lnu zamieszczono w tabeli 3. Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic w zawartości suchej masy pomiędzy badanymi odmianami. Istotne różnice ($\alpha < 0,05$) stwierdzono w zawartości suchej masy pomiędzy kolejnymi latami uprawy. Zróżnicowanie zawartości suchej masy w nasionach lnu mogło być spowodowane nieznacznie różnymi warunkami przechowywania nasion do czasu przeprowadzenia analiz chemicznych. Bez względu na odmianę i rok uprawy nie wykazano statystycznie istotnych różnic ($\alpha > 0,05$) w zawartości masy organicznej i włókna surowego w nasionach. Średnia zawartość włókna wynosiła około 88 g/kg SM i była zbliżona do podawanych przez innych autorów (IZ-INRA 1997, Wałkowski i in. 1998, Brzóska i in. 1999). Ziiolecka i in. (1985) podają w tabelach składu chemicznego pasz krajowych wyższą zawartość włókna (112 g/kg SM). Wartość ta odnosi się prawdopodobnie do odmian lnu przejściowego (oleisto-włóknistego) lub włóknistego. Zawartość NDF w nasionach odmiany brązowonasiennej (Opal) wynosiła 414 g/kg SM i była prawie identyczna jak w nasionach odmiany żółtonasiennej (Hungarian Gold). Największe, statystycznie istotne różnice ($P < 0,05$) pomiędzy odmianami lnu zanotowano w odniesieniu do zawartości białka i tłuszczu surowego. Odmiana Opal charakteryzowała się wyższą zawartością białka (240 g/kg SM) i zarazem niższą zawartością tłuszczu (447 g/kg SM) w porównaniu do odmiany Hungarian Gold (odpowiednio 213 i 473 g/kg SM). Prawdopodobnie cechy te są ze sobą ujemnie skorelowane. Potwierdzają to również wyniki składu chemicznego nasion lnu opublikowane przez Brzóska i in. (1999) oraz Ziiolecką i in. (1995), w których wyższej zawartości białka towarzyszyła niższa zawartość tłuszczu. Analiza składu chemicznego nasion większej ilości (7) odmian lnu (Borowiec i in. w druku) wykazała, że wyższa zawartość białka przy jednoczesnej niższej zawartości tłuszczu nie jest cechą charakterystyczną dla grup odmian żółto- czy brązowonasiennych, lecz zależy bezpośrednio od konkretnej odmiany. Bez względu na odmianę lnu, nie wykazano istotnych różnic w zawartości tłuszczu surowego pomiędzy kolejnymi latami uprawy. Uzyskane wyniki świadczą, że len oleisty jest gatunkiem stabilnym pod względem zawartości tłuszczu w nasionach, niezależnie od odmiany. W przypadku obu odmian wykazano natomiast istotne zróżnicowanie zawartości białka w nasionach pochodzących z roku 1999, w porównaniu do pozostałych dwóch lat badań. Bez względu na rok uprawy, wyższą, choć statystycznie nieistotną, zawartość energii brutto uzyskano dla odmiany Hungarian Gold (6847 kcal/kg SM).

Tabela 3

Skład chemiczny oraz zawartość energii brutto w nasionach dwóch odmian lnu oleistego w kolejnych latach uprawy (g kg⁻¹ SM) — *Chemical composition and gross energy content of two linseed cultivars in successive years of cultivation (g kg⁻¹ DM)*

Składnik pokarmowy <i>Nutrients</i>	Odmiana <i>Cultivar</i>	Lata — <i>Years</i>			Średnia <i>Mean</i>	BSS* <i>SEM*</i>
		1998	1999	2000		
Sucha masa <i>Dry matter</i> [g kg ⁻¹]	Opal	950	919	972	947	9,7
	Hungarian Gold	952	925	977	951	
	średnia — <i>mean</i>	951b**	922c	974a		
Masa organiczna <i>Organic matter</i>	Opal	962	958	959	959	0,8
	Hungarian Gold	961	958	961	960	
	średnia — <i>mean</i>	962a	958a	960a		
Białko ogólne <i>Crude protein</i>	Opal	211	271	237	240a	11,9
	Hungarian Gold	193	242	204	213b	
	średnia — <i>mean</i>	202b	267a	221b		
Ekstrakt eterowy <i>Ether extract</i>	Opal	463	438	440	447b	7,1
	Hungarian Gold	478	467	475	473a	
	średnia — <i>mean</i>	470	453	457		
Włókno surowe <i>Crude fiber</i>	Opal	85	84	77	82	3,2
	Hungarian Gold	83	95	98	92	
	średnia — <i>mean</i>	84	90	88		
Związki bezazotowe wyciągowe <i>N-free extractives</i>	Opal	204	164	204	191	9,4
	Hungarian Gold	207	154	184	182	
	średnia — <i>mean</i>	205a	186b	194ab		
NDF***	Opal	468	472	301	414	21,5
	Hungarian Gold	466	411	369	415	
	średnia — <i>mean</i>	467a	441ab	335b		
ADF****	Opal	–	160	164	162	–
	Hungarian Gold	–	144	152	148	
	średnia — <i>mean</i>	–	152	158		
Energia brutto <i>Gross energy</i> [kcal kg ⁻¹ SM]	Opal	28,70	28,52	26,83	28,02	0,37
	Hungarian Gold	29,0	29,24	27,70	28,65	
	średnia — <i>mean</i>	28,85a	28,88a	27,26b		

* BSS – błąd standardowy średniej — *SEM – standard error mean*

** Wartości danej cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie

Values of the given trait denoted by the same letter do not differ significantly

*** Włókno neutralno-detergentowe — *Neutral detergent fibre*

**** Włókno kwaśno-detergentowe — *Acid detergent fibre*

Tabela 4

Skład kwasów tłuszczowych w dwóch odmianach nasion lnu oleistego (% sumy kwasów)
Fatty acid contents of linseed oily cultivars, % of total fatty acids

Kwas tłuszczowy <i>Fatty acids</i>	Odmiana <i>Cultivar</i>	Lata — Years			Średnia <i>Mean</i>	BŚŚ* <i>SEM*</i>
		1998	1999	2000		
C _{14:0}	Opal	0,00	0,04	0,00	0,01a**	0,01
	Hungarian Gold	0,00	0,03	0,00	0,01a	
	średnia — mean	0,00b	0,04a	0,00b		
C _{16:0}	Opal	6,32	6,20	9,20	7,24a	0,52
	Hungarian Gold	6,35	5,90	5,83	6,03a	
	średnia — mean	6,34a	6,05a	7,52a		
C _{18:0}	Opal	3,25	4,64	5,19	4,36a	0,37
	Hungarian Gold	3,32	4,32	2,93	3,52a	
	średnia — mean	3,29a	4,48a	4,06a		
C _{18:1}	Opal	22,55	27,86	24,70	25,04a	1,53
	Hungarian Gold	18,47	20,10	18,54	19,04b	
	średnia — mean	20,51a	23,98a	21,62a		
C _{18:2}	Opal	15,95	14,47	15,30	15,24a	0,49
	Hungarian Gold	14,32	14,04	12,47	13,61a	
	średnia — mean	15,14a	14,26a	13,89a		
C _{18:3}	Opal	51,50	46,05	44,63	47,39a	2,52
	Hungarian Gold	57,25	54,71	60,20	57,38a	
	średnia — mean	54,38a	50,38a	52,42a		
C _{20:0}	Opal	0,11	0,20	0,00	0,10a	0,03
	Hungarian Gold	0,09	0,15	0,00	0,08a	
	średnia — mean	0,10a	0,18a	0,00b		
C _{20:1}	Opal	0,20	0,20	0,00	0,13a	0,04
	Hungarian Gold	0,19	0,12	0,00	0,10a	
	średnia — mean	0,20a	0,16a	0,00b		
Pozostałe kwasy <i>Other unidentified acids</i>	Opal	0,12	0,34	0,98	0,48a	0,16
	Hungarian Gold	0,01	0,63	0,03	0,22a	
	średnia — mean	0,07a	0,49a	0,51a		
Suma kwasów nasyconych <i>Sum of saturated acids</i>	Opal	9,68	11,08	14,39	11,71a	
	Hungarian Gold	9,76	10,40	8,76	9,64a	
	średnia — mean	9,72a	10,74a	11,58a		
Suma kwasów nienasyconych <i>Sum of unsaturated acids</i>	Opal	90,20	88,58	84,63	87,80a	0,95
	Hungarian Gold	90,23	88,97	91,21	90,14a	
	średnia — mean	90,22a	88,78a	87,92a		
Kw. nasycone : nienasycone <i>Saturated : unsaturated acid ratio</i>	Opal	1 : 9,32	1 : 7,99	1 : 5,88	1 : 7,7a	0,63
	Hungarian Gold	1 : 9,24	1 : 8,55	1 : 10,41	1 : 9,4a	
	średnia — mean	1 : 9,28a	1 : 8,22a	1 : 8,15a		
C _{18:2} (n-6) / C _{18:3} (n-3)	Opal	0,31 : 1	0,31 : 1	0,34 : 1	0,32 : 1a	0,02
	Hungarian Gold	0,25 : 1	0,26 : 1	0,21 :	0,24 : 1a	
	średnia — mean	0,28 : 1a	0,29 : 1a	0,28 : 1a		

* BŚŚ – błąd standardowy średniej — SEM – standard error mean

** Wartości danej cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie
Values of the given trait denoted by the same letter do not differ significantly

Skład kwasów tłuszczowych oleju lnianego zamieszczono w tabeli 4. Uzyskane wyniki nie odbiegały od podawanych przez innych autorów (Borowiec i in. 2001, Froment i in. 1998), przy czym nie brano pod uwagę odmian o zmodyfikowanym genetycznie składzie kwasów tłuszczowych (odmiana Linola, Omega). Jedynie zawartość kwasu oleinowego nieznacznie przewyższała wartości uzyskane przez Froment i in. (1998). Nie wykazano statystycznie istotnych różnic w zawartości kwasów tłuszczowych pomiędzy kolejnymi latami uprawy tej samej odmiany lnu, jak również pomiędzy badanymi odmianami. Wyjątek stanowiła zawartość kwasu oleinowego (stwierdzona pomiędzy odmianami) i kwasu palmitynowego (stwierdzona pomiędzy latami ich uprawy). Analiza wyników pozwala jednak przypuszczać, że tak małe różnice w składzie chemicznym nasion lnu wynikają głównie z niskiej liczby obiektów doświadczalnych ($n = 2$ — odmiana i $n = 3$ — lata uprawy). Bez względu na rok uprawy wyższy udział kwasu oleinowego $C_{18:1}$, n-9 w sumie kwasów tłuszczowych posiadała odmiana Opal (o około 6%) przy jednoczesnym niższym udziale kwasu linolenowego $C_{18:3}$, n-3 (o około 10%). Odmiana ta miała również wyższy udział kwasów nasyconych w sumie kwasów tłuszczowych. Żółtonasienna odmiana Hungarian Gold charakteryzowała się korzystniejszą proporcją kwasów nasyconych do nienasyconych i proporcją $C_{18:2}$ (n-6) do $C_{18:3}$ (n-3).

Wnioski

1. Wielkość powierzchni liści z pojedynczej rośliny i z całego łanu lnu oleistego różnicowały głównie lata wegetacji. Indeks powierzchni liści łanu w fazie kwitnienia w nikłym stopniu determinował plonowanie lnu oleistego.
2. Plonowanie odmian lnu oleistego, różniących się kolorem nasion było bardzo zbliżone i uzależnione głównie od dwóch cech strukturalnych — zagęszczenia pędów i masy 1000 nasion.
3. W dobrych warunkach glebowych Polski południowej len oleisty dając plony nasion na poziomie 2 ton z ha może być rekomendowany do uprawy jako alternatywna roślina oleista, a uzyskany plon nasion z uwagi na skład chemiczny można wykorzystać dla celów żywieniowych.
4. Poza dużymi wahaniami w zawartości białka, brązowo- i żółtonasienne odmiany lnu oleistego charakteryzują się stabilną zawartością składników pokarmowych w nasionach. Odmiana Opal posiada wyższą zawartość białka natomiast niższą zawartość tłuszczu w porównaniu do odmiany Hungarian Gold.
5. Dobór odmiany lnu oleistego wywiera większy wpływ na skład kwasów tłuszczowych uzyskanego oleju niż rok uprawy. Korzystniejszymi pod względem żywieniowym proporcjami kwasów charakteryzuje się odmiana Hungarian Gold.

Conclusion

1. The size of leaf single plant and stand area of linseed were diversified mainly by the growing years. Leaf area index of stand at the flowering stage only very slightly determined the linseed cropping.
2. Yielding of linseed cultivars, which differed by their seed colour, was very similar and depended mainly on two structural traits, i.e. shoot density and the weight of 1000 seeds.
3. Under favourable soil conditions of southern Poland the linseed yield of about 2 tons per ha may be recommended for cultivation as an alternative oil-bearing crop, whereas the obtained seed yield, due to its chemical composition, may be used as food.
4. Except for crude protein, there is a stable content of nutrients in both brown and yellow linseed cultivars. Opal cv. has higher content of crude protein but lower content of fat in comparison with Hungarian Gold cv.
5. The choice of oily linseed cultivars has bigger influence on fatty acids content than the year of cultivation. The Hungarian Gold cultivars have favourable fatty acids proportion.

Literatura

- Anonim 1999. Linseed breeding. Gabonatermesztesi Kutato Kft.: 15-22.
- AOAC 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th Edition, Arlington, Virginia, USA.
- Aufhammer W., Wagner W., Kaul H.-P., Kubler E. 2000. Strahlungsnutzung durch Bestande olreicher Kornerfruchtarten – Winterraps, ollein und Sonnenblume im Vergleich. J. Agronomy & Crop Sci. 184: 277-286.
- Borowiec F., Zajac T., Kowalski Z.M., Micek P., Marciński M. 2001. Comparison of nutritive value of some new commercial linseed oily cultivars for ruminants. J. Anim. Feed Sci. (w druku).
- Brzoska F., Brejta W., Gašior R. 1999. Wpływ rodzaju kiszonki z traw, poziomu paszy treściwej i dodatku nasion lnu na efektywność opasania buhajkow oraz jakość tusz i skład mięsa. Roczn. Nauk. Zoot. T. 26, z. 1: 141-154.
- Casa R., Russell G., Lo Cascio B., Rossini F. 1999. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. Eur. J. Agron. 11: 267-278.
- Diepenbrock W., Porksen N. 1992. Phenotypic plasticity and yield components of linseed (*Linum usitatissimum* L.) in response to spacing and N-nutrition. J. Agron. Crop. Sci. 169: 46-60.
- Dribnenki J.C.P., Green A.G. 1995. Linola TM '947' low linolenic acid flax. Can. J. Plant Sci. 75: 201-202.

- Foster R., Pooni H.S., Mackay I.J. 1998. Quantitative analysis of *Linum usitatissimum* crosses for dual-purpose traits. Jour. Agric. Sci. (Camb.) 131: 285-292.
- Froment M.A., Smith J.M., Turley D. 1998. Fatty acids profiles in the seed oil of linseed and fibre flax cultivars (*Linum usitatissimum* L.) grown in England and Scotland. Tests of Agrochemicals and Cultivars No. 19. Ann. appl. Biol. 132 (supplement): 60-61.
- Goering H.K., Van Soest P.J. 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA. Washington, DC.
- Grady K.A., Lay G.L. 1994. Registration of 'Day' flax. Crop Sci. 34 (1): 308.
- Grant C.A., Dribnenki J.C.P., Bailey L.D. 1999. A comparison of the yield response of solin (cv. Linola 947) and flax (cvs. McGregor and Vimy) to application of nitrogen, phosphorus, and Provide (*Penicillium bilaji*). Can. J. Plant Sci. 79: 527-533.
- Gürbüz B. 1999. Determination of cross – pollination in flax (*Linum usitatissimum*) using different experimental designs. Jour. Agric. Sci. (Camb.) 133: 31-35.
- Hassan F.U., Leitch M.H., Ahmad S. 1999. Dry matter partitioning in linseed (*Linum usitatissimum* L.). J. Agronomy & Crop Sci. 183: 213-216.
- Heimann S. 1996. Len włóknisty, len oleisty. Synteza wyników doświadczeń odmianowych 1995; z. 1080. Słupia Wielka, COBORU.
- Hocking P.J., Randall P.J., Pinkerton A. 1987. Mineral nutrition of linseed and fiber flax. Adv. Agron. 41: 221-296.
- IZ-INRA 1997. Normy żywienia bydła, owiec i kóz. Praca zbiorowa, Kraków.
- Kenaschuk E.O., Rashid K.V. 1998. AC Watson flax. Can. J. Plant Sci. 78: 465-466.
- Marshall G., Morrison I.N., Nawolsky K. 1989. Studies on the physiology of (*Linum usitatissimum* L.): The application of mathematical growth analysis. Flax: Breeding and utilisation, Kluwer academic publishers: 39-47.
- Rowland G.G., Kenaschuck E.O., Bhatti R.S. 1990. Flanders flax. Can. J. Plant Sci. 70: 543-544.
- Saeidi G., Rowland G.G. 1999. Seed colour and linolenic acid effects on agronomic traits in flax. Can. J. Plant Sci. 79: 521-526.
- Skulmowski J. 1974. Metody określania składu pasz i ich jakości. PWRiL, Warszawa.
- Stevenson F.C., Johnston A.M., Beckie H.J., Brandt S.A., Townley-Smith L. 1998. Cattle manure as a nutrient source for barley and oilseed crops in zero a conventional tillage systems. Can. J. Plant Sci. 78: 409-416.
- Wałkowski T., Ladek A., Piotrowska A. 1998. Len oleisty. IHAR Poznań s. 36.
- Ziołocka A., Kuźdowicz M., Kielanowski J. 1985. Tabele składu chemicznego i wartości pokarmowej pasz krajowych. PWN, Warszawa.