

LNIANKA SIEWNA – ROŚLINA HISTORYCZNA CZY PERSPEKTYWICZNA?

DANUTA KURASIAK-POPOWSKA¹

*Katedra Genetyki i Hodowli Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań*

Synopsis. Lnianka siewna (*Camelina sativa*) jest rośliną jednoroczną z rodziny *Brassicaceae*. Charakteryzuje się wysoką adaptacją do zróżnicowanych warunków klimatycznych i glebowych oraz wysokim poziomem odporności na choroby i szkodniki. Jest najmniej wrażliwa na przejściowe niedobory wody w glebie ze wszystkich roślin krzyżowych. Należy do gatunków, których uprawa jest prosta i przyjazna dla środowiska. W Polsce ochronie prawnej podlegają 2 odmiany lnianki jarej oraz 3 odmiany lnianki ozimej. Lnianka siewna uprawiana jest głównie ze względu na wysoką zawartość oleju w nasionach zwanego olejem rydzowym. Olej rydzowy bogaty jest w kwasy linolowy, linolenowy i eikozenowy. Jest on wykorzystywany do celów spożywczych, jako składnik mieszanek paszowych i na cele przemysłowe, w tym do produkcji oleju napędowego i jako paliwo lotnicze.

Słowa kluczowe: *Camelina sativa*, hodowla, olej rydzowy, kwasy tłuszczowe

Charakterystyka botaniczna

Lnianka siewna (*Camelina sativa* L. Crantz.) należy do rodziny *Brassicaceae* i pochodzi z terenu Europy Wschodniej oraz zachodniej Azji [Vollmann i Eynck 2015]. O bardzo długim jej użytkowaniu świadczy bogactwo nazw ludowych: lnianka, rydz, ryżyk, lnicznik czy lennica (w j. angielskim gold-of-pleasure lub false flax). Jest rośliną jednoroczną; znane są zarówno formy jare i ozime, przy czym w świecie rozpowszechnione są głównie formy jare. Na podstawie wieloletnich badań własnych można stwierdzić, iż długość okresu wegetacji form jarych wynosi około 100–130 dni a form ozimych od 280 do 300 dni. Wysokość lnianki waha się od 50 do 90 cm w przypadku form jarych i od 80 do 120 cm dla form ozimych. Lnianka jest rośliną samopylną, a średnica kwiatów wynosi od 5 do 7 mm. Owocem jest łuszczyńka zawierająca od 8 do 15 bardzo małych nasion, o długości około 2 mm, których masa tysiąca wynosi średnio od 0,8 do 1,8 g.

Historia uprawy

Pierwotnie uprawy lnianki były ściśle powiązane z uprawą lnu w Europie. Uważa się, że lnianka rozwinęła się jako chwast w uprawach lnu i być może roślin zbożowych na terenie południowo-wschodniej Europy i południowo zachodniej Azji [Larsson 2013]. Najstarsze znalezisko lnianki z terenu Europy Środkowej pochodzi 4 w. p.n.e. z Auvernier w Szwajcarii [Zohary i in. 2012]. W wyniku prac archeologicznych znaleziono nasiona lnianki siewnej datowane na epokę brązu na terenie Skandynawii, obecnej Rumuni czy Węgier [Zeist i in. 1991, Zubr i in. 1997]. Ponieważ nasiona tej rośliny zawierały dużo tłuszczu z upływem czasu lnianka zaczęła

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address*: danuta.kurasiak-popowska@up.poznan.pl

być uprawiana jako roślina oleista. Badania przeprowadzone przez Larssona [2013] wskazują, iż w okresie rzymskim epoki żelaza na terenie południowej Skandynawii Lnianka siewna była celowo uprawiana jako roślina oleista. W Polsce, w próbach ze stanowisk archeologicznych w Biskupinie, Kamieńcu i Polanowie znajdowano dużo nasion Lnianki siewnej [Latałowa i Pińska 2010]. Podczas badań archeobotanicznych na terenie dzisiejszego Krakowa znaleziono zarówno nasiona *Camelina sativa*, jak i *Camelina* cf. *Alyssum* i *Camelina microcarpa*. Gatunki te określono jako archeofity czyli taksony zawleczone przez człowieka między okresem neolitu a XV wiekiem [Woch 2012]. Z czasem Lnianka traciła na znaczeniu na rzecz bardziej plennych upraw. Na terenie Polski Lnianka siewna była jednak uprawiana na stosunkowo dużym obszarze do lat 50 XX w. Celka [2011] zaliczył Lniankę siewną do gatunków uprawianych głównie w średniowieczu, o sporadycznym znaczeniu w czasach prehistorycznych.

Po II Wojnie Światowej Poznański zespół naukowo-badawczy IHAR pod kierunkiem Moldehawera wyhodował Lniankę odmiany Borowska [Lityński 1955]. W Poznaniu badania agrotechniczne nad Lnianką siewną prowadzone były od lat 50-tych XX w. W latach powojennych w czasie ostrych zim plonowanie rzepaku było o 5–6% wyższe od plonowania Lnianki. W czasie łagodnych zim różnica ta wynosiła około 40% [Muśnicki 1962]. W latach powojennych badano potencjał produkcyjny Lnianki, parametry siewu oraz potrzeby nawozowe [Muśnicki 1962, 2002]. Średnie plonowanie Lnianki siewnej jarej odmiany Borowska w Stacji Doświadczalnej Przybroda (Wielkopolska) w latach 1979–1998 wynosiło 1,05 t·ha⁻¹, a zakres plonu wahał się od 0,33 t·ha⁻¹ do 2,44 t·ha⁻¹ [Toboła i Muśnicki 1999].

Do dziś Lnianka ma małe znaczenie jako roślina uprawna na terenie Polski, a coraz większe zainteresowanie tą rośliną odnotowuje się w rejonach świata, gdzie jeszcze 20 lat temu roślina ta nie występowała. Wiąże się to z faktem, iż Lnianka charakteryzuje się wysoką adaptacją do zróżnicowanych warunków klimatycznych i glebowych [Berti i in. 2016, Zubr 2003]. Należy do gatunków, których uprawa jest prosta i przyjazna dla środowiska [Zubr 2003]. Lnianka jest najmniej wrażliwa na przejściowe niedobory wody w glebie ze wszystkich roślin krzyżowych.

Uprawa Lnianki

Lnianka charakteryzuje się wysokim poziomem odporności na choroby i szkodniki co może wiązać się z produkcją fitoaleksyn o działaniu przeciwdrobnoustrojowym oraz ograniczonym arealem upraw tego gatunku [Vollmann i in. 2001]. Swoją odporność na grzyby z rodzaju *Alternaria* zawdzięcza dwóm fitoaleksynom, których struktura chemiczna zbliżona jest do tiabendazolu stosowanego w rolnictwie [Bednarek i in. 2011, Browne i in. 1991, Sellam i in. 2007]. Lnianka odznacza się bardzo dużą odpornością na suchą zgniliznę kapustnych oraz pchełki ziemne [Bayat i in. 2015, Li i in. 2005, Henderson i in. 2004, Séguin-Swartz i in. 2009]. W przypadku Lnianki nigdy nie zgłoszono zainfekowania przez *Alternaria brassicae*, która jest ekonomicznie ważną chorobą większości innych roślin krzyżowych [Vollmann i in. 2001].

Jedyną chorobą, która obserwowano wielokrotnie na Lniance siewnej w krajach Europy Środkowej oraz w USA jest mączniak rzekomy (*Peronospora camelinae*) [Vollmann i in. 2001]. Z kolei badania Majchrzak i in. [2002] wykazały, że na liściach Lnianki w małym nasileniu wystąpiła szara pleśń (indeks porażenia wynosił od 0,15 do 1,15%) oraz w jednym roku badań zaobserwowano porażenie przez mączniaka prawdziwego liści (indeks porażenia 12%) bądź łuszczyn (indeks porażenia 6,63%).

W Europie zachodniej, jak i w Kanadzie i USA generalnie uprawia się Lniankę jarą. Zastosowane w różnych doświadczeniach polowych, w różnych krajach gęstości siewu Lnianki, rozstawę rzędów oraz plonowanie Lnianki jarej zebrano w tabeli 1. Wyższe plonowanie i większa

Tabela 1. Wybrane zalecenia agrotechniczne i plonowanie lniarki siewnej jarej w różnych krajach
 Table 1. Selected agrotechnical recommendations and yielding of spring Camelina in various countries

Kraj Country	Lata badań Years of research	Gęstość wysiewu Sowing rate	Rozstawa rzędów (cm) Row distance (cm)	Herbicyd przedwzchodowy Pre-emergence herbicide	Potencjał plonowania Potential yielding (kg·ha ⁻¹)	Źródło Source
Austria/Austria	1997–2001	300 nasion/seeds·m ⁻²			1574–2248	Vollmann i in. 2001
Włochy/Italy	2011–2012	4,2 kg·ha ⁻¹		metazachlor	1100	Bacchetti in. 2017
Dania/Denmark	1994–1995	5–7 kg·ha ⁻¹	10–13	Trifluralin	2600	Zubr 1997
Litwa/Lithuania	2008–2009	6–10 kg·ha ⁻¹	20–28		410–740	Končius i Karčauskienė 2010
Grecja/Greece	2015–2016	500 nasion/seeds·m ⁻²	15		1200	Zanetti i in. 2017
Polska/Poland	2015–2016	500 nasion/seeds·m ⁻²	15		1600	Zanetti i in. 2017
Kansas, Nebraska	2005–2006	2,2 kg·ha ⁻¹			340–1000	Aiken i in. 2015
Wyoming					1000–1200	Sintim i in. 2016
Pacyfik	2008–2010	6 kg·ha ⁻¹	30	Sethoxydim, quizalofop-p-ethyl	100–2900	Schillinger i in. 2012
Stan/State Nebraska	2005–2006	7–9 kg·ha ⁻¹		Trifluralina	556–1305	Pavlista i in. 2011
Minnesota	2008–2010	4,5 kg·ha ⁻¹	30	Trifluralina	743–2300	Gesch 2014
Waszyngton, Oregon	2008–2010	6 kg·ha ⁻¹	15	Sethoxydim, quizalofop-p-ethyl	500–2200	Wysocki i in. 2013
Ottawa, Ontario, Vermillion, Alberta	1960–1970				1240–2143	Plessers i in. 1962
Zachodnia Kanada Western Canada	2002–2005		20–30	Trifluralina	962–3320	Gugel i Falk 2006
Wschodnia Kanada Eastern Canada	2005–2006	5 kg·ha ⁻¹	15		1200–1550	Urbaniak i in. 2008
Wschodnia Kanada Eastern Canada	2012	500 nasion/seeds·m ⁻²			1450–2000	Jiang i in. 2013
Chile	2008–2009	5 kg·ha ⁻¹	30	Trifluralina	514–1995	Berti i in. 2011

odporność na niekorzystne warunki glebowo-klimatyczne sprawia, iż w Europie wschodniej od lat obserwuje się większą powierzchnię upraw form ozimych. Na Ukrainie lnianka w małych ilościach uprawiana jest w obwodzie kijowskim, czerkaskim i sumaskim [Dubel 2010].

Wyniki plonowania zarówno form jarych jak i ozimych z własnych doświadczeń upraw o powierzchni wynoszącej minimum 0,5 ha założonych w Rolniczym Gospodarstwie Doświadczalnym Dłoń przedstawiono w tabeli 2. W RGD Dłoń przed wysiewem lnianki przeprowadza się głęboką orkę. Formy ozime wysiewane są między 10 a 20 września, a jare na przełomie marca i kwietnia. W RGD Dłoń norma wysiewu wynosi 5 kg·ha⁻¹, a rozstawa rzędów 15 cm dla lnianki jarej i 30 cm dla ozimej; głębokość 1–1,5 cm. Przed wschodami stosowany jest herbicyd zawierający metazachlor, dimetenamid-P oraz chinomerak.

Tabela 2. Plonowane plantacje nasiennych lnianki jarej i ozimej w RGD Dłoń w latach 2015–2018 (t·ha⁻¹)
Table 2. Yields of spring and winter camelina in ARS Dłoń in 2015–2018 (t·ha⁻¹)

Rok Year	Termin siewu Sowing date	Termin zbioru Harvest time	Plon produkcyjny (t·ha ⁻¹) Production yield (t·ha ⁻¹)
Lnianka jara/Spring camelina – Omega			
2015	26.03.2015	2.08.2015	2,0
2016	5.04.2016	21.07.2016	1,5
2017	28.03.2017	18.07.2017	1,8
2018	9.04.2018	23.07.2018	1,2
Lnianka ozima/Winter camelina – Luna			
2013	30.09.2013	15.07.2014	2,0
2015	28.09.2015	8.07.2016	2,3
2016	26.09.2016	20.07.2017	2,1
2017	20.09.2017	2.07.2018	1,8

Uprawa lnianki na świecie

Na początku XXI w. najwięcej lnianki uprawiano w Stanach Zjednoczonych [Hunsaker i in. 2011, Kakani i in. 2012] oraz Kanadzie. W krajach tych początkowy nacisk kładziony był na wykorzystanie lnianki jako rośliny niskonakładowej rosnącej na słabych glebach do produkcji biopaliw [Lu i in. 2011]. Popularność lnianki w krajach Ameryki Północnej związana była z odpornością tej rośliny na niekorzystne warunki glebowe i klimatyczne oraz dużą odpornością na choroby i szkodniki [Henderson i in. 2004, Sharma i in. 2002].

Lnianka siewna została przywieziona do Kanady w 1863 roku, ale dopiero w 1999 roku zainteresowali się nią naukowcy z Centrum Badawczego Saskatoon (<http://www.agr.gc.ca>). W wyniku prac Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC) w roku 2013 zarejestrowano pierwszą kanadyjską odmianę lnianki siewnej Midas [Li i Mupondwa 2016]. Potencjał tej rośliny przyciągnął uwagę rządu i organizacji pozarządowych w Kanadzie. W efekcie Ministerstwo Rolnictwa Kanady w latach 2007–2012 przekazało łącznie ponad 2 mln USD na finansowanie

programów związanych z badaniami agronomicznymi, hodowlanymi oraz wykorzystaniem lniarki siewnej. Projekt Prairie Gold o wartości 4,5 miliona dolarów przeznaczony został na rozwój przemysłowego rynku lniarki siewnej i kapusty abisyńskiej w regionie Prairie. W Kanadzie w 2009 roku było zakontraktowane ponad 10 tys. ha lniarki siewnej (Saskatchewan Ministry of Agriculture, Canada).

W USA można zaobserwować bardzo dużą zmienność w powierzchni uprawy lniarki wynikającą m.in. z niestabilnego plonowania i niestabilnych cen skupu tej rośliny. Przykładowo, w stanie Montana do roku 2004 nie notowano komercyjnej produkcji lniarki siewnej. W roku 2007 lniarkę siewną w tym stanie uprawiano na obszarze ponad 9 tys. ha, w roku 2008 – 4,9 tys. ha, 2009 – 8,4 tys. ha. Od roku 2014 do 2016 powierzchnia uprawy lniarki w tym stanie nie przekraczała 600 ha (Montana Annual Statistics Book 2011 i 2018). W roku 2011 w USA uruchomiono program rządowy mający pomóc w zwiększeniu powierzchni uprawy lniarki siewnej i wykorzystaniu tej rośliny do produkcji biodiesla (Biomass Crop Assistance Program -BCAP).

Hodowla nowych odmian

Wzrost zainteresowania lniarką znalazł odzwierciedlenie we wzroście zainteresowania hodowlą nowych, lepszych odmian tego gatunku. Poprawa zarówno plonowania jak i innych ważnych z punktu agrotechnicznego i przemysłowego parametrów, takich jak termin kwitnienia, termin zbioru czy skład poszczególnych kwasów tłuszczowych może być uzyskana w różnorodny sposób. Najczęściej w celu wyprowadzenia nowej odmiany wykorzystuje się dostępną pulę genetyczną, w której skład wchodzi odmiany zarejestrowane, gatunki dzikie, populacje mieszcowe, populacje mieszańcowe, mutanty czy rośliny transgeniczne.

W Polsce, w Księdze Ochrony Wyłącznego Prawa (KO) ochronie podlegają wyłącznie 2 odmiany lniarki jarej: Śmiłowska (w KO od 2012) i Omega (w KO od 2013) oraz 3 odmiany lniarki ozimej: odmiana Przybrodzka (w KO w roku 2008), odmiana Luna i Maczuga (w KO od 2012). Odmiana Omega oraz odmiany ozime Luna i Maczuga zostały wyhodowane na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu w Katedrze Genetyki i Hodowli Roślin. W Unii Europejskiej obecnie (luty 2019) są dwie odmiany lniarki siewnej chronione wspólnym wyłącznym prawem oraz 3 genotypy zgłoszone o przyznanie wyłącznego prawa (Community Plant Variety Office, <https://cpvoextranet.cpvo.europa.eu>). W Czechach od 2013 ochronie podlega odmiana jara Zuzana [Bulletin of the Central Institute for supervising and testing in agriculture 2017]. W Niemczech od lat 90-tych XX w chronione są odmiany Dolly, Sonny i Ligena, a od 2017 odmiana Eica. Przy tak małej liczbie dostępnych odmian hodowcy szukają genotypów danego gatunku w bankach genów. Niestety, w przypadku lniarki, banki genów nie dysponują dużą ilością zgromadzonych genotypów. W roku 2018 w Krajowym Centrum Roślinnych Zasobów Genowych dostępne były 93 genotypy, w banku genów w USA (USDA/ARS) dostępne były tylko 44 genotypy lniarki siewnej, w Niemczech (IPK Gatersleben) 183 genotypy a w Czechach 88 [<https://wyszukiwarka.ihar.edu.pl/>, <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal>, <https://gbis.ipk-gatersleben.de>, <http://genbank.vurv.cz/genetic/resources/>].

W celu sprawdzenia podobieństwa genetycznego wśród dostępnych genotypów przeprowadzono szereg analiz molekularnych. Manca i in. [2012] wykorzystał markery molekularne oparte na sekwencjach mikrosatelitarnych. Sekwencje te to powtórzenia tandemowe od 1 do 6 nukleotydów występujące zarówno w genach jak i w obszarach pozagenowych, dziedziczone zgodnie z prawami Mendla. W sekwencjach tych obserwuje się duży poziom mutacji. Wszystkie pary stererów (za wyjątkiem pary P4B3) użyte do analiz sekwencji mikrosatelitarnych w pracy Manca i in. [2012] wykazywały polimorfizm. Zestawienie ilości uzyskiwanych produk-

tów w pracy Manca i in. [2013] dotyczyły jednak niemieckiej jarej odmiany Calena. W badaniach własnych zaobserwowano mniejszy polimorfizm zgromadzonych polskich i ukraińskich odmian niż w pracy Manca i in. [2013]. W badaniach własnych obserwowano od 1 do 3 produktów amplifikacji dla każdej użytej pary starterów, podczas gdy Manca i in. [2013] obserwowali analogicznie od 1 do 13 produktów [Kurasiak-Popowska i in. 2018].

Do wyhodowania nowej odmiany niezbędne jest zgromadzenie możliwie dużej ilości materiałów wyjściowych posiadających możliwie dużą zmienność genetyczną. Ponieważ obserwuje się małą zmienność wewnątrzgatunkową, można szukać zmienności pokrewnych gatunków i rodzajów, bądź indukować zmienność poprzez mutagenезę lub na skutek inżynierii genetycznej.

W Katedrze Genetyki i Hodowli Roślin [KGiHR] Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu od lat 80-tych realizowano prace nad wykorzystaniem mutagenезy w celu poszerzenia zmienności form lnianki ozimej. Nasiona ozimej odmiany Przybrodzka zostały napromieniowane promieniami g w następujących dawkach: 0 Gy, 200 Gy, 400Gy, 600Gy ze źródła ^{60}Co . Po wielu latach selekcji w KGiHR uzyskano 9 stabilnych linii mutacyjnych o zmienionej budowie kwiatostanu [Łuczkiwicz i Błaszczak 1998]. Średnie dla pięciu lat badań plonowanie pięciu linii mutacyjnych (Żółta, K10/1, 14/2/2, 14/2/3 and C5/1) przekraczało 2 t/ha i było wyższe od plonowania odmiany wyjściowej Przybrodzka której średnie plonowanie wynosiło 1,92 t·ha⁻¹ [Kurasiak-Popowska i in 2018]. Efektem tych badań było zarejestrowanie odmian ozimych Luna i Maczuga oraz zgłoszeniu do badań OWT genotypu UPP817 w roku 2017.

W literaturze dostępne są liczne publikacje opisujące transformacje genetyczne lnianki siewnej. Celem wielu transformacji jest modyfikacja składu kwasów tłuszczowych czy parametrów oleju – zawartości kwasu linolowego, linolenowego, oleinowego, kwasów długołańcuchowych, kwasów ω -3 i ω -7 [Huai i in. 2015, Kang i in. 2011, Marmon i in. 2017, Petrie i in. 2014]. Oczywiście transformacje dotyczą również innych cech, takich jak wprowadzanie genów biorących udział w wytwarzaniu biodegradowalnych polimerów [Snell i Peoples 2009, Tsui i in. 2013], wzroście plonowania [Chhikara i in. 2017, Roy Choudhury i in. 2014, Zhang i in. 2012], produkcji wosków i terpenów [Borghi i Xie 2016, Iven i in. 2016, Rossi i in. 2017].

Poszerzenie zmienności genetycznej możliwe jest również dzięki zastosowaniu fuzji protoplastów. Jiang i in. [2009] uzyskali hybrydy między *Brassica napus* i *Camelina sativa*. W przeprowadzonym doświadczeniu uzyskano hybrydy o pośredniej morfologii między oboma gatunkami i zmodyfikowanym poziomie kwasów tłuszczowych.

Zainteresowanie lnianką wynika głównie z szerokiej możliwości wykorzystania tej rośliny. Lnianka siewna uprawiana jest głównie ze względu na wysoką zawartość oleju w nasionach zwanego olejem rydzowym. Ponieważ staropolska nazwa lnianki to rydz, to porzekadło: „lepszy rydz niż nic” oznaczało, że gdy brakowało tłuszczu zwierzęcego do okraszania potraw używano roślinnego oleju rydzowego. Porzekadło to można jeszcze tłumaczyć w inny sposób – lnianka czyli rydz rosła na bardzo słabych glebach, które nie mogły zostać wykorzystane do uprawy innych gatunków roślin.

Ekstrakcja oleju rydzowego

Olej z nasion lnianki jest najczęściej wytwarzany poprzez tłoczenie na zimno. Możliwe jest jeszcze poddanie nasion ekstrakcji lub połączenie obu metod [Sikorski 2009]. O możliwości wytlaczania oleju z lnianki prasą ślimakową pisał Frąckowiak i in. [2010]. Autorzy z Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych w Poznaniu skonstruowali prasę oraz wytypowali jej ustawienia, przy których możliwe jest efektywne wytlaczanie nasion roślin oleistych. Jednym z problemów w tłoczeniu nasion prasą ślimakową może być bardzo mała średnica nasion

lnianki siewnej. Spychała i in. [2011] analizowali wytlaczanie oleju z całych oraz zgniecionych przez gniotownik nasion lnianki. Autorzy uzyskali wyższą średnią wydajność tłoczenia, niższą przepustowość oraz niższą temperaturę oleju w przypadku wytłaczania oleju z wstępnie zgniecionych nasion w porównaniu z całymi nasionami. Opracowanie konstrukcji, zestawu urządzeń przeznaczonych do wytłaczania oleju z nasion lnianki siewnej i innych oleistych roślin drobnodziarnistych oraz optymalizacja procesu wykonano w ramach projektu INICJATYWA EU-REKA- E!4018 CAMELINA – BIOFUEL.” pn. „Rozwój technologii wytwarzania biopaliw z olejów roślinnych, tłuszczów zwierzęcych z wykorzystaniem olejów z lnicznika siewnego, jako nowej bazy surowcowej”

Skład oleju rydzowego

Badania wielu autorów wykazały, że zawartość oleju w nasionach lnianki siewnej wynosi około 40% [Budin i in. 1995, Nguyen i in. 2013]. Camelina jest bogata w kwas oleinowy (18:1), linolowy, (18:2), linolenowy (18:3), i eikozenowy (20:1) (tab. 3).

W oleju wykorzystywanym na cele konsumpcyjne bardzo istotnym parametrem jest zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych [NNKT], które nie są syntetyzowane przez człowieka, i w związku z tym muszą być dostarczane z pożywieniem. Wyróżniamy dwie główne rodziny NNKT: kwasy tłuszczowe ω -3 będące pochodnymi kwasu α -linolenowego (ALA, C₁₈:3, n-3), oraz kwasy ω -6 – pochodne kwasu linolowego (LA, C₁₈:2, n-6). Proporcjonalny udział kwasów ω -6 do ω -3 nie powinien przekraczać 5 : 1 [Karłowicz-Bodalska i Bodalski 2007].

Stosunek kwasu linolowego (18: 2n-6) – (LA) do kwasu α -linolenowego (18: 3n-3) – (ALA) w oleju rydzowym wynosi około 1:2 i jest unikalny wśród olejów roślinnych, takich jak olej sojowy, olej słonecznikowy, olej rzepakowy, oliwa z oliwek [Zubr i Matthäus 2002]. Jest to wynikiem wysokiej zawartości kwasu linolowego w nasionach lnianki (tab. 3) w porównaniu z zawartością tego kwasu w oleju rzepakowym (18,9–19,7%) i lnianym (16–17%). Z kolei zawartość kwasu linolenowego w oleju lnianym sięga 43–45%, w oleju rydzowym 36–37%, a w oleju rzepakowym 9,8–10,6%. [Masłowski i in. 2013]. Dla porównania dominującym kwasem tłuszczowym w oleju rzepakowym jest kwas oleinowy i jego zawartość wynosi od 55 do 59% w sumie kwasów tłuszczowych [Masłowski i in. 2013].

Czynnikiem ograniczającym zastosowanie olejów roślinnych w żywieniu człowieka jest zawartość kwasu erukowego. Wyniki badań własnych wskazują jednak na duże zróżnicowanie zawartości kwasu erukowego w analizowanych genotypach. Bardzo małe ilości kwasu erukowego posiadały wybrane formy ozime lnianki siewnej. Podobnie badania przeprowadzone przez Zubr i Matthäus [2002] wykazały małe, lecz istotne różnice pomiędzy badanymi odmianami w składzie kwasów tłuszczowych oleju tłoczonego z lnianki siewnej jarej.

Na zawartość i skład kwasów tłuszczowych wpływają czynniki klimatyczne i agrotechniczne. W uprawach roślin oleistych poziom wielonienasyconych kwasów tłuszczowych jest ogólnie wspierany przez niskie temperatury podczas okresu napełniania nasion, podczas gdy w wyższych temperaturach wzrasta stężenie nasyconych kwasów tłuszczowych [Velasco i Fernández-Martínez 2002, Vollmann i in. 2007]. W doświadczeniu przeprowadzonym przez Vollmann i in. [2007] zawartość kwasu linolowego była negatywnie skorelowana z okresem od siewu do kwitnienia rośliny oraz z zawartością ogólną oleju, a pozytywnie skorelowana z masą 1000 nasion.

Tabela 3. Skład wybranych kwasów tłuszczowych (udział procentowy w sumie kwasów) w oleju rydzowym, rzepakowym i lnianym
 Table 3. Composition of selected fatty acids (percentage of total acids) in Camelina, rapeseed and linseed oil

Olej/Oil	Lokalizacja Location	Lata badań Years of research	Kwas Oleinowy, Oleic acid (C18:1)	Kwas linolowy Linoleic acid (C18:2)	Kwas linolenowy Linolenic acid (C18:3)	Kwas eikozenowy eicosenoic acid (C20:1)	Kwas erukowy erucic acid (C22: 1)	Źródło source
Rydzowy Camelina	Niemcy, Dania, Irlandia, Szwecja, Finlandia	1997– 1998	14,0–16,9	13,5–16,5	34,9–39,7	15,1–15,8	2,6–3,0	Zubr 2003, Zubr i Matthäus 2002
		1992– 1995	12,8–15,1	18,7–25,9	25,5–34,7	11,9–16,9		Angelini i in. 1997
		1997– 1999	11,9–20,5	13,5–21,4	25,3–42,5	12,5–18,3	2,1–4,4	Vollmann i in. 2007
Rzepakowy Rapeseed	Polska		18,6	20,2	37,8	10,2	2,2	Maslowski i in. 2013
			58,2	19,7	9,8	3,1	1,7	Maslowski i in. 2013
Lniany Linseed	Polska		26,7	16,8	45,0			Maslowski i in. 2013

Zastosowanie oleju rydzowego

Tradycyjnie olej rydzowy wykorzystywano głównie do celów spożywczych. Prozdrowotne właściwości oleju oraz wielowiekowa tradycja tłoczenia oleju rydzowego sprawiły, iż w 2006 r. został on wpisany na listę produktów tradycyjnych dla Województwa Wielkopolskiego [<http://www.minrol.gov.pl>]. Obecnie najwięcej uwagi poświęca się wykorzystaniu oleju rydzowego do produkcji oleju napędowego oraz do wykorzystania jako paliwo lotnicze [Berti i in. 2016, Gómez-Monedero i in. 2016]. Pierwsze testy z paliwem lotniczym w którym wykorzystano olej rydzowy zostały przeprowadzone przez US Air Force (USAF) w 2009 [Eynck i Falk 2013]. Od tego czasu wiele myśliwców (Thunderbirds) and samolotów pasażerskich (KLM Royal Dutch and Japan Airlines) przetestowało paliwo bazujące na połączeniu JP-8 (typowe paliwo dla silników odrzutowych) z paliwem uzyskanym z lnianki siewnej [Berti i in. 2016].

Od dłuższego już czasu również w Polsce trwają badania nad możliwością wykorzystania lnianki siewnej do produkcji oleju napędowego. W Polsce Wojtkowiak i in. [2009] oraz Mosio-Mosiewski i in. [2015] stwierdzili, iż z oleju rydzowego można produkować estry metylowe wyższych kwasów tłuszczowych, określonych jako FAME (Fatty Acid Metyl Esters), które mogą służyć do zasilania tłokowych silników spalinowych z zapłonem samoczynnym. Z kolei Niewczas i in. [2012] potwierdzili, iż olej z lnianki poddany procesowi estryfikacji może być używany jako paliwo silnikowe silników o zapłonie samoczynnym lub jako biokomponent dodawany do tradycyjnych paliw. Dodatkowo wstępne analizy ekonomiczne potwierdziły niskie koszty wyprodukowania oleju rydzowego. W roku 2009 r. (korzystając z dopłat) wyprodukowanie 1 l oleju rydzowego zostało oszacowane przez Państwowy Instytut Maszyn Rolniczych na 0,48 zł.

Olej rydzowy może być również wykorzystywany jako źródło związków biologicznie czynnych w przemyśle spożywczym oraz kosmetycznym [Kurasiak-Popowska i in. 2017]. Może być używany w przemyśle polimerów bazujących na produktach petrochemicznych, gdyż po odpowiedniej obróbce może być stosowany do wytwarzania wrażliwych na nacisk klejów, powłok lub żywic [Kim i in. 2015].

Wyłoki z lnianki, będące produktem ubocznym ekstrakcji oleju mogą być wykorzystywane jako bogaty w białko składnik mieszanek paszowych dla zwierząt [Zubr 1993, Hixson i in. 2014, Woyengo i in. 2016]. Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków [USDA] zatwierdziła stosowanie do 10% lnianki siewnej do skarmiania bydła i kurczaków bojlerów [Moser 2010]. Łodygi z upraw mogą być wykorzystane jako surowiec do produkcji masy włóknistej i ulepszonych produktów, takich jak papier, płyty itp. [Zubr 1997].

PODSUMOWANIE

Prawie 32% ogólnej powierzchni gruntów ornych w Polsce zajmują grunty słabe i bardzo słabe [Skłodowski i Bielska 2009]. Obecnie na tych gruntach uprawia się głównie żyto. Lnianka siewną może stać się rośliną alternatywną. Uprawiana w warunkach Polski, plonuje na poziomie, który umożliwia wykorzystanie tej niskonakładowej rośliny do produkcji oleju na cele spożywcze, jako składnik mieszanek paszowych oraz na cele przemysłowe. Uprawa lnianki siewnej w Polsce jest obecnie marginalna. Na potencjalny wzrost arealu tej rośliny będzie miało wpływ oczywiście wiele czynników, z których najważniejszym będzie rachunek ekonomiczny – opłacalność uprawy oraz możliwość zbytu surowca. W chwili obecnej rolnicy albo wykorzystują lniankę na własne potrzeby albo jest sprzedawana do lokalnych olejarni. Trudno przewidzieć czy pojawią się instrumenty wspierające tą niskonakładową roślinę w Polsce i Unii Europejskiej.

PIŚMIENNICTWO

- Aiken R., Baltensperger D., Krall J., Pavlista A., Johnson J. 2015. Planting methods affect emergence, flowering and yield of spring oilseed crops in the U.S. central High Plains. *Ind. Crops Prod.* 69: 273–277.
- Angelini L.G., Moscheni E., Colonna G., Belloni P., Bonari E. 1997. Variation in agronomic characteristics and seed oil composition of new oilseed crops in central Italy. *Ind. Crops Prod.* 6: 313–323.
- Bacenetti J., Restuccia A., Schillaci G., Failla S. 2017. Biodiesel production from unconventional oilseed crops (*Linum usitatissimum* L. and *Camelina sativa* L.) in Mediterranean conditions: Environmental sustainability assessment. *Renew. Energy* 112: 444–456.
- Bayat A.R., Kairenius P., Stefański T., Leskinen H., Comtet-Marre S., Forano E., Chaucheyras-Durand F., Shingfield K.J. 2015. Effect of camelina oil or live yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal methane production, rumen fermentation, and milk fatty acid composition in lactating cows fed grass silage diets. *J. Dairy Sci.* 98: 3166–3181.
- Bednarek P., Piślewska-Bednarek M., van Themaat E., Maddula R.K., Svatoš A., Schulze-Lefert P. 2011. Conservation and clade-specific diversification of pathogen-inducible tryptophan and indole glucosinolate metabolism in *Arabidopsis thaliana* relatives. *New Phytol.* 192: 713–726.
- Berti M., Gesch R., Eynck C., Anderson J., Cermak S. 2016. Camelina uses, genetics, genomics, production, and management. *Ind. Crops Prod.* 94: 690–710.
- Berti M., Wilckens R., Fischer S., Solis A., Johnson B. 2011. Seeding date influence on camelina seed yield, yield components, and oil content in Chile. *Ind. Crops Prod.* 34: 1358–1365.
- Borgi M., Xie D.-Y. 2016. Tissue-specific production of limonene in *Camelina sativa* with the Arabidopsis promoters of genes BANYULS and FRUITFULL. *Planta* 243: 549–561.
- Browne L.M., Conn K.L., Ayer W.A., Tewari J.P. 1991. The camalexins: New phytoalexins produced in the leaves of *Camelina sativa* (*Cruciferae*). *Tetrahedron* 47: 3909–3914.
- Budin J.T., Breene W.M., Putnam D.H. 1995. Some compositional properties of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) seeds and oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72: 309–315.
- Bulletin of the Central Institute for supervising and testing in agriculture. Series: National Plant variety office Czech Gazette For Plant Breeders Rights And National List Of Plant Varieties No. 16/7 of 15 October 2017.
- Celka Z. 2011. Relics of cultivation in the vascular flora of medieval West Slavic settlements and castles. *Biodiv. Res. Conserv.* 22(1): 1–110.
- Chhikara S., Abdullah H.M., Akbari P., Schnell D., Dhankher O.P. 2017. Engineering *Camelina sativa* (L.) Crantz for enhanced oil and seed yields by combining diacylglycerol acyltransferase1 and glycerol-3-phosphate dehydrogenase expression. *Plant Biotechnol. J.* 16: 1034–1045.
- Dubel A. 2010. Peculiarities and economic efficiency of rape cultivation. *Innovative Economics* 2: 88–91.
- Eynck C., Falk K.C. 2013. Camelina (*Camelina sativa*). In: *Biofuel crops: production, physiology and genetics*. Singh B.P. (ed). CABI, 369–391.
- Frąckowiak P., Adamczyk F., Spychała W., Wojtkowiak R. 2010. Analiza możliwości wyłaczania oleju z lnianki siewnej (*Camelina sativa* L.) prasą ślimakową. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 55(3): 71–74.
- Gesch R.W. 2014. Influence of genotype and sowing date on camelina growth and yield in the north central U.S. *Ind. Crops Prod.* 54: 209–215.
- Goímez-Monedero B., Bimbela F., Arauzo, J.S. Faria, J., Ruiz M.P. 2015. Pyrolysis of red eucalyptus, camelina straw, and wheat straw in an ablative reactor. *Energy Fuels* 29: 1766–1775.
- Gugel R.K., Falk K.C. 2006. Agronomic and seed quality evaluation of *Camelina sativa* in western Canada. *Can. J. Plant Sci.* 86: 1047–1058.
- Henderson A.E., Hallett R.H., Soroka J.J. 2004. Prefeeding behavior of the Crucifer Flea Beetle, *Phyllotreta cruciferae*, on host and nonhost crucifers. *J. Insect Behav.* 17: 17–39.
- Hixson S.M., Parrish C.C., Anderson D.M. 2014. Full substitution of fish oil with camelina (*Camelina sativa*) oil, with partial substitution of fish meal with camelina meal, in diets for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) and its effect on tissue lipids and sensory quality. *Food Chem.* 157: 51–61.
- Huai D., Zhang Y., Zhang C., Cahoon E.B., Zhou Y. 2015. Combinatorial effects of fatty acid elongase enzymes on nervonic acid production in *Camelina sativa*. *PLoS One* 10: e0131755.
- Hunsaker D.J., French A.N., Clarke T.R., El-Shikha D.M. 2011. Water use, crop coefficients, and irrigation management criteria for camelina production in arid regions. *Irrig. Sci.* 29: 27–43.

- Iven T., Hornung E., Heilmann M., Feussner I. 2016. Synthesis of oleyl oleate wax esters in *Arabidopsis thaliana* and *Camelina sativa* seed oil. *Plant Biotechnol. J.* 14: 252–259.
- Jiang J.J., Zhao X.X., Tian, W., Li T.B., Wang Y.P. 2009. Intertribal somatic hybrids between *Brassica napus* and *Camelina sativa* with high linolenic acid content. *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 99: 91–95.
- Jiang Y., Caldwell C.D., Falk K.C., Lada R.R., MacDonald D. 2013. *Camelina* yield and quality response to combined nitrogen and sulfur. *Agron. J.* 105: 1847.
- Kakani R., Fowler J., Haq A.-U., Murphy E.J., Rosenberger T.A., Berhow M., Bailey C.A. 2012. *Camelina* meal increases egg n-3 fatty acid content without altering quality or production in laying hens. *Lipids* 47: 519–526.
- Kang J., Snapp A.R., Lu C. 2011. Identification of three genes encoding microsomal oleate desaturases (FAD2) from the oilseed crop *Camelina sativa*. *Plant Physiol. Biochem.* 49: 223–229.
- Karłowicz-Bodalska K., Bodalski T. 2007. Nienasycone kwasy tłuszczowe, ich właściwości biologiczne i znaczenie w lecznictwie. *Post. Fitoterapii* 1: 46–56.
- Kim N., Li Y., Sun X.S. 2015. Epoxidation of *Camelina sativa* oil and peel adhesion properties. *Ind. Crops Prod.* 64: 1–8.
- Končius D., Karčauskienė D. 2010. The effect of nitrogen fertilisers, sowing time and seed rate on the productivity of *Camelina sativa*. *Žemdirbystė Agriculture* 97(4): 37–46.
- Kurasiak-Popowska D., Stuper-Szablewska K., Nawracała J. 2017. Olej rydzowy jako naturalne źródło karotenoidów dla przemysłu kosmetycznego. *Przem. Chem.* 96: 2077–2080.
- Kurasiak-Popowska D., Tomkowiak A., Czołpińska M., Bocianowski J., Weigt D., Nawracała J. 2018. Analysis of yield and genetic similarity of Polish and Ukrainian *Camelina sativa* genotypes. *Ind. Crop Prod.* 123: 667–675.
- Larsson M. 2013. Cultivation and processing of *Linum usitatissimum* and *Camelina sativa* in southern Scandinavia during the Roman Iron Age. *Veg. Hist. Archaeobot.* 22: 509–520.
- Latałowa M., Pińska K. 2010. Zawartość botaniczna dwóch naczyń z pozostałości osady ludności łużyckich pól popielnicowych w Polanowie na Pojezierzu Gnieźnieńskim. *Archeologia Jeziora Powidzkiego*. Pydyn A. (red.). Toruń, 197–226.
- Li H., Barbetti M.J., Sivasithamparam K. 2005. Hazard from reliance on cruciferous hosts as sources of major gene-based resistance for managing blackleg (*Leptosphaeria maculans*) disease. *Field Crops Res.* 91: 185–198.
- Li X., Mupondwa E. 2016. Production and value-chain integration of *Camelina sativa* as a dedicated bioenergy feedstock in the Canadian Prairies. 24th European Biomass Conference and Exhibition, 6–9 June 2016, Amsterdam, The Netherlands, 151–157.
- Lityński A. 1955. Ważniejsze osiągnięcia polskiej hodowli roślin oleistych w latach powojennych ze szczególnym uwzględnieniem IHAR. *Zesz. Probl. PWN* 1: 78–116.
- Lu C., Napier J.A., Clemente T.E., Cahoon E.B. 2011. New frontiers in oilseed biotechnology: meeting the global demand for vegetable oils for food, feed, biofuel, and industrial applications. *Curr. Opin. Biotechnol.* 22: 252–259.
- Łuczkiwicz T., Błaszczak L. 1998. Karłowy mutant Inianki ozimej *Camelina sativa* L. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 19(2): 615–620.
- Majchrzak B., Kurowski T.P., Karpińska Z. 2002. Zdrowotność jarych roślin krzyżowych a grzyby zasiedlające ich nasiona. *Acta Agrobot.* 55(1): 199–210.
- Manca A., Pecchia P., Mapelli S., Masella P., Galasso I. 2012. Evaluation of genetic diversity in a *Camelina sativa* (L.) Crantz collection using microsatellite markers and biochemical traits. *Genet. Resour. Crop Evol.* 60: 1223–1236.
- Marmon S., Sturtevant D., Herrfurth C., Chapman K., Stymne S., Feussner I. 2017. Two acyltransferases contribute differently to linolenic acid levels in seed oil. *Plant Physiol.* 173: 2081–2095.
- Masłowski A., Andrejko D., Ślaska-Grzywna B., Sagan A., Szmigielski M., Mazur J., Rydzak L., Sobczak P. 2013. Wpływ temperatury i czasu przechowywania na wybrane cechy jakościowe oleju rzepakowego, Inianego i Iniankowego. *Inż. Rol.* 17(1): 115–124.
- Moser B.R. 2010. *Camelina* (*Camelina sativa* L.) oil as a biofuels feedstock: golden opportunity or false hope? *Lipid Technol.* 22(12): 270–273.
- Mosio-Mosiewski J., Łuczkiwicz T., Warzała M., Nawracała J., Nosal H., Kurasiak-Popowska D. 2015. Badania nad zagospodarowaniem Inianki siewnej do wytwarzania biodiesla. *Przem. Chem.* 94(3): 369–373.

- Muśnicki Cz. 1962. Czteroletnie doświadczenia uprawowe z lnianką ozimą w Zakładzie Doświadczalnym Poznańskiej Wyższej Szkoły Rolniczej w Przybrodziej. Pam. Puł. 5: 15–32.
- Muśnicki CZ. 2002. Przegląd prac agrotechnicznych nad roślinami oleistymi wykonanych pod kierunkiem profesora Felicjana Dembińskiego. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops 23: 1: 23–30.
- Nguyen H.T., Silva J.E., Podicheti R., Macrander J., Yang W., Nazarenus T.J., Nam J.-W., Jaworski J.G., Lu C., Scheffler B.E., Mockaitis K., Cahoon E.B. 2013. Camelina seed transcriptome: a tool for meal and oil improvement and translational research. Plant Biotechnol. J. 11: 759–769.
- Niewczas A., Gil L., Ignaciuk P. 2012. Chosen aspects of biofuel usage on the example of camelina oil methyl ester. Silniki Spalinowe 51(1): 89–94.
- Pavlista A.D., Isbell T.A., Baltensperger D.D., Hergert G.W. 2011. Planting date and development of spring-seeded irrigated canola, brown mustard and camelina. Ind. Crops Prod. 33: 451–456.
- Petrie J.R., Shrestha P., Belide S., Kennedy, Y., Lester G., Liu Q., Divi U.K., Mulder R.J., Mansour M.P., Nichols P.D., Singh S.P. 2014. Metabolic engineering *Camelina sativa* with fish oil-like levels of dha. PLoS One 9, e85061.
- Plessers A.G., McGregor W.G., Carson R.B., Nakoneshny W. 1962. Species trials with oilseed plants: II. Camelina. Can. J. Plant Sci. 42: 452–459.
- Rossi L., Borghi M., Yang J., Xie D.-Y. 2017. Overexpression of *Populus* × *canescens* isoprene synthase gene in *Camelina sativa* leads to alterations in its growth and metabolism. J. Plant Physiol. 215: 122–131.
- Roy Choudhury S., Riesselman A.J., Pandey S. 2014. Constitutive or seed-specific overexpression of Arabidopsis G-protein γ subunit 3 (AGG3) results in increased seed and oil production and improved stress tolerance in *Camelina sativa*. Plant Biotechnol. J 12: 49–59.
- Schillinger W.F., Wysocki D.J., Chastain T.G., Guy S.O., Karow R.S., 2012. Camelina: Planting date and method effects on stand establishment and seed yield. Field Crop. Res. 130: 138–144.
- Séguin-Swartz G., Eynck C., Gugel R.K., Strelkov S.E., Olivier C.Y., Li J.L., Klein-Gebbinck H., Borhan H., Caldwell C.D., Falk K.C. 2009. Diseases of *Camelina sativa* (false flax). Can. J. Plant Pathol. 31: 375–386.
- Sellam A., Iacomi-Vasilescu B., Hudhomme P., Simoneau P. 2007. *In vitro* antifungal activity of brassinin, camalexin and two isothiocyanates against the crucifer pathogens *Alternaria brassicicola* and *Alternaria brassicae*. Plant Pathol. 56: 296–301.
- Sharma G., Dinesh Kumar V., Haque A., Bhat S.R., Prakash S., Chopra V.L. 2002. *Brassica coenospecies*: a rich reservoir for genetic resistance to leaf spot caused by *Alternaria brassicae*. Euphytica 125: 411–417.
- Sikorski Z. E. 2009. Chemia żywności. T 2. Wyd. WNT Warszawa.
- Sintim H.Y., Zheljajkov V.D., Obour A.K., Garcia A., Foulke T.K. 2016. Evaluating agronomic responses of camelina to seeding date under rain-fed conditions. Agron. J. 108: 349–357.
- Skłodowski P., Bielska A. 2009. Właściwości i urodzajność gleb Polski – podstawą kształtowania relacji rolno-środowiskowych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie 9(4): 203–214.
- Snell K.D., Peoples O.P. 2009. PHA bioplastic: a value-added coproduct for biomass biorefineries. Biofuels Bioprod. Biorefin. 3: 456–467.
- Spychała W., Frąckowiak P., Adamczyk F. 2011. Efekt wstępnego zgniatania ziarna w procesie wytwarzania oleju z lnianki siewnej. J. Res. Appl. Agric. Eng. 56(1): 135–138.
- Toboła P., Muśnicki C. 1999. Zmienność plonowania jarych roślin oleistych z rodziny krzyżowych. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops 20(1): 93–100.
- Tsui A., Wright Z.C., Frank C.W. 2013. Biodegradable polyesters from renewable resources. Annu. Rev. Chem. Biomol. Eng. 4: 143–170.
- Urbaniak S.D., Caldwell C.D., Zheljajkov V.D., Lada R., Luan L. 2008. The effect of cultivar and applied nitrogen on the performance of *Camelina sativa* L. in the Maritime Provinces of Canada. Can. J. Plant Sci. 88: 111–119.
- Velasco L., Fernández-Martínez J.M. 2002. Breeding oilseed crops for improved oil quality. J. Crop Prod. 5: 309–344.
- Vollmann J., Eynck C. 2015. Camelina as a sustainable oilseed crop: Contributions of plant breeding and genetic engineering. Biotechnol. J. 10: 525–535.
- Vollmann J., Moritz T., Kargl C., Baumgartner S., Wagentristsl H. 2007. Agronomic evaluation of camelina genotypes selected for seed quality characteristics. Ind. Crops Prod. 26: 270–277.

- Vollmann J., Steinkellner S., Glauning J. 2001. Variation in resistance of camelina (*Camelina sativa* (L.) Crtz.) to downy mildew (*Peronospora camelinae* Gäum.). J. Phytopathol. 149: 129–133.
- Woch M. W. 2012. The anthropophytes found during the archaeobotanical studies of medieval Kraków. In: Plants in the daily lives of the people of medieval. Mueller-Bieniek A. (ed.). Instytut Botaniki im. W. Szafera, PAN, Kraków, pp. 1–25.
- Wojtkowiak R., Frąckowiak P., Kaczyński P. 2009. Nowa metoda otrzymywania z oleju lnianki siewnej (*Camelina sativa* L.) estrów metylowych do zasilania tłokowych silników spalinowych z zapłonem samoczynnym (ZS). J. Res. Appl. Agric. Eng. 54(4): 171–178.
- Woyengo T.A., Patterson R., Slominski B.A., Beltranena E., Zijlstra R.T. 2016. Nutritive value of cold-pressed camelina cake with or without supplementation of multi-enzyme in broiler chicken. Poultry Science 95: 2314–2321.
- Wysocki D.J., Chastain T.G., Schillinger W.F., Guy S.O., Karow R.S., 2013. Camelina: Seed yield response to applied nitrogen and sulfur. Field Crop. Res. 145: 60–66.
- Zanetti F., Eynck C., Christou M., Krzyżaniak M., Righini D., Alexopoulou E., Stolarski M.J., Van Loo E.N., Puttick D., Monti A. 2017. Agronomic performance and seed quality attributes of Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) in multi-environment trials across Europe and Canada. Ind. Crops Prod. 107: 602–608.
- Zeist W. van, Wasylkowa K., Behre K.-E. 1991. Progress in Old World Palaeoethnobotany. Brookfield, Rotterdam.
- Zhang Y., Yu L., Yung K.-F., Leung D.Y.C., Sun F., Lim B.L. 2012. Over-expression of AtPAP2 in *Camelina sativa* leads to faster plant growth and higher seed yield. Biotechnol. Biofuels 5: 19.
- Zohary D., Hopf M., Weiss E. 2012 Domestication of plants in the old world, 4th ed. Oxford University Press, Oxford.
- Zubr J. 1993. New source of protein for laying hens. Feed Compounder, 23–25 April 1993.
- Zubr J. 1997. Oil-seed crop: Camelina sativa. Ind. Crops Prod. 6: 113–119.
- Zubr J. 2003. Qualitative variation of *Camelina sativa* seed from different locations. Ind. Crops Prod. 17: 161–169.
- Zubr J., Matthäus B. 2002. Effects of growth conditions on fatty acids and tocopherols in *Camelina sativa* oil. Ind. Crops Prod. 15: 155–162.

D. KURASIAK-POPOWSKA

CAMELINA SATIVA – A HISTORICAL OR PERSPECTIVE PLANT?

Summary

Camelina sativa (*Camelina sativa*) is an annual plant from the *Brassicaceae* family. It is characterized by a high adaptation to different climatic and soil conditions and a high level of resistance to diseases and pests. Camelina is the least sensitive to temporary water deficits in the soil from all cruciferous plants. It is a species whose cultivation is simple and environmentally friendly. In Poland, two varieties of spring Camelina and three varieties of winter Camelina are protected by National Plant Breeders' Rights. Camelina is grown mainly due to the high content of oil in seeds. The oil is rich in linoleic, linolenic and eicosenoic acids. Camelina oil is used for food and feed purposes and for industrial purposes, including the production of biofuel.

Key words: *Camelina sativa*, breeding, Camelina oil, fatty acids

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 17.04.2019

Do cytowania – *For citation*

Kurasiak-Popowska D. 2019. Lnianka siewna – roślina historyczna czy perspektywiczna? *Fragm. Agron.* 36(2): 42–54.