

REAKCJA OZIMYCH ODMIAN LNIANKI SIEWNEJ (*CAMELINA SATIVA* (L.)
CRANTZ) NA ZRÓŻNICOWANE NAWOŻENIE AZOTEM

Magdalena Czarnik, Waclaw Jarecki, Dorota Bobrecka-Jamro

Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski
ul. A. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów
e-mail: mkuch@ur.edu.pl

Streszczenie. Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2012/2013-2014/2015 w Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Przecławiu w układzie losowanych podbloków. Obiektami pierwszego czynnika były dawki azotu (50, 100 i 150 kg·ha⁻¹), a drugiego ozime odmiany lnianki siewnej (Maczuga, Luna, Przybrodzka). Doświadczenie założono na madzie wytworzonej z pyłu ilastego. Gleba ta jest zaliczona do kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa. Najwyższa dawka azotu (150 kg·ha⁻¹) wpłynęła istotnie na zwiększenie wysokości roślin oraz stopień ich wylegania, ponadto przyczyniła się do zwiększenia zawartości białka ogólnego w nasionach i zmniejszenia zawartości tłuszczu surowego w porównaniu do obiektu z dawką 50 N kg·ha⁻¹. Zastosowanie azotu w dawkach 100 lub 150 kg·ha⁻¹ skutkowało istotnym zwiększeniem liczby łuszczynek na roślinie, nasion w łuszczyńce, wskaźnika zieloności liścia (SPAD) oraz plonu nasion i tłuszczu. Odmiana Luna odznaczyła się większą obsadą roślin przed zbiorem w porównaniu do odmiany Przybrodzka oraz wyższymi roślinami w odniesieniu do odmiany Maczuga. Odmiana Luna charakteryzowała się najwyższym wskaźnikiem powierzchni liści (LAI) oraz stopniem wylegania. Odmiana Maczuga w porównaniu do Luna miała istotnie większe wartości cech, takich jak: liczba rozgałęzień pierwszego rzędu, liczba łuszczynek na roślinie, liczba nasion w łuszczyńce, wskaźnik SPAD, plon tłuszczu oraz zawartość białka ogólnego w nasionach.

Słowa kluczowe: *Camelina sativa* L., azot, SPAD, LAI, MTA, struktura plonu, plon, skład chemiczny nasion

WSTĘP

W Polsce najważniejszą rośliną oleistą jest rzepak. Jako roślinę alternatywną można polecić lniankę siewną (*Camelina sativa* (L.) Crantz), zwłaszcza w gorszych warunkach siedliskowych (Masłowski i in. 2013). Uprawiane są zarówno jare, jak i ozime formy tego gatunku, przy czym odmiany ozime plonują

lepiej od jarych (Mosio-Mosiewski i in. 2015). Lnianka dla wydania wysokiego i dobrego jakościowo plonu nasion wymaga prawidłowego nawożenia mineralnego. Podobnie jak inne rośliny uprawne z rodziny kapustowatych (*Brassicaceae* Burnett) silnie reaguje na nawożenie azotem (Budzyński i Jankowski 1999). Również Solis i in. (2013) oraz Jiang i Caldwell (2016) potwierdzili korzystną reakcję niektórych odmian lnianki siewnej na wyższe dawki azotu. Kurowski i Jankowski (2003) w omawianym aspekcie udowodnili, że dolistne nawożenie mocznikiem lnianki jarej korzystnie wpływa na zdrowotność roślin. Dotychczasowe wyniki badań wskazują, że lnianka może mieć wszechstronne zastosowanie, m.in. do celów spożywczych (Mińkowski i in. 2010, Zagórska i in. 2010), paszowych (Jaśkiewicz i Matyka 2001, Cherian i in. 2009, Pietras i in. 2012, Waraich i in. 2013) jak i przemysłowych, w tym na biopaliwo (Mosio-Mosiewski i in. 2010, Karcauskiene i in. 2014, Waraich i in. 2013). Stąd wynika zasadność prowadzenia badań nad udoskonalaniem agrotechniki tej alternatywnej rośliny uprawnej (Waraich i in. 2013).

Celem podjętych badań było określenie reakcji ozimych odmian lnianki siewnej na zróżnicowane dawki azotu mineralnego. W hipotezie badawczej założono, że zróżnicowanie nawożenia azotem zmodyfikuje cechy morfologiczne, wskaźniki wegetacyjne oraz wielkość i jakość plonu nasion badanych odmian.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2012/2013-2014/2015, na polach Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Przecławiu (50°11'N, 21°29'E). Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie założono w układzie split-plot i przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Pierwszym badanym czynnikiem (A) była dawka azotu: 50, 100, 150 kg·ha⁻¹. Drugim czynnikiem (B) była odmiana: Maczuga, Luna, Przybrodzka.

Doświadczenie założono na glebie średniej, należącej do kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa. Była to mada wytworzona z pyłu ilastego. Odczyn gleby był obojętny (pH w KCl od 7,0 do 7,11). W glebie oznaczono wysoką lub bardzo wysoką zasobność w przyswajalny fosfor, wysoką w potas, i bardzo wysoką w magnez (tab. 1). Próbkę glebowe pobierano jesienią z profilu 0-60 cm, a ich analizę wykonano w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Rzeszowie.

Warunki meteorologiczne podano według zapisów Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Przecławiu.

Tabela 1. Chemiczne właściwości gleby
Table 1. Chemical properties of soil

Rok Year	pH w KCl 1 mol·dm ³	Zawartość przyswajalnych składników Content of available nutrients (mg·100g ⁻¹ gleby-soil)		
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
2012	7,11	28,5	20,2	16,1
2013	7,00	19,7	24,0	20,0
2014	7,08	15,2	21,5	13,3

Nasiona do siewu pochodziły z Katedry Genetyki i Hodowli Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Powierzchnia poletek wyniosła 7,5 m² do siewu i 5 m² do zbioru. Ilość wysiewu wyniosła 300 szt·m⁻², rozstawa rzędów 15 cm, zaś głębokość siewu 1,5 cm. Przedplonem był owies. Siew przeprowadzono w następujących terminach: 17.09. 2012 r., 12.09. 2013 r. i 8.09. 2014 r. Przed siewem zastosowano superfosfat potrójny granulowany (40 P₂O₅ kg·ha⁻¹) oraz sól potasową (60 K₂O kg·ha⁻¹). Nawożenie azotem (saletra amonowa 34%) zastosowano w zróżnicowanych dawkach według poniższego schematu (tab. 2).

Tabela 2. Schemat nawożenia azotem
Table 2. Scheme of nitrogen fertilisation

Dawka N Dose N (kg·ha ⁻¹)	Termin nawożenia / Application time		
	przed siewem before sowing	po ruszeniu vegetacji na wiosnę after start of vegetation in the spring	faza pąkowania budding (BBCH 55)
50	50	–	–
100	50	50	–
150	50	50	50

Bezpośrednio po siewie zastosowano herbicyd Butisan 400 SC (2,5 dm³·ha⁻¹). Nie-duże zachwaszczenie wtórne usunięto ręcznie. Chorób i szkodników nie zwalczano.

Obsadę roślin na 1 m² policzono po wschodach, po ruszeniu vegetacji na wiosnę oraz przed zbiorem. W fazie dojrzałości technicznej oceniono wyleganie łanu (skala 1-9^o) oraz losowo pobrano 20 roślin do pomiarów biometrycznych. Zbiór nasion przeprowadzono kombajnem poletkowym w dniach: 8.07.2013 r., 2.07.2014 r. i 7.07.2015 r. Uzyskany plon nasion przeliczono na 1 ha przy uwzględnieniu wilgotności 15%. W trakcie vegetacji roślin wykonano pomiary wskaźników: wskaźnik powierzchni liści (LAI), wskaźnik kąta nachylenia liści (MTA) oraz wskaźnik zieleności liścia (SPAD) (od 0 do 99,9). Miernika LAI – 2000 firmy LI-COR (USA) i chlorofilomierza SPAD – 502P (Konica Minolta, Japan) użyto w fazie początku kwitnienia (BBCH 60). Wskaźnik SPAD zmierzono na 30 liściach w godzinach porannych. Skalę BBCH dla lnianki siewnej podano za Martinelli i Galasso (2011).

W pobranych ze zbioru próbkach nasion oznaczono zawartość białka ogólnego i tłuszczu surowego. Analizy chemiczne nasion wykonano metodą bliskiej podczerwieni na aparacie SPEKTROMETR FT; NIR MPA firmy Bruker. Plon tłuszczu z ha wyliczono na podstawie plonu nasion i procentowej zawartości w nich tłuszczu.

Istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami cech oceniono na podstawie półprzedziałów ufności Tukeya, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Obliczenia statystyczne wykonano programem FR-ANALWAR-5FR.

WYNIKI I DYSKUSJA

Układ warunków pogodowych był zmienny w latach badań. Wysokie opady deszczu przekraczające średnią wieloletnią wystąpiły w maju i czerwcu 2013 r. oraz maju i lipcu 2014 r. W sezonie 2014/2015 sumy opadów, dla większości miesięcy, były znacznie niższe od średniej wieloletniej. Najniższe temperatury w okresie zimy wystąpiły na przełomie lat 2012/2013. W sezonie tym odnotowano jednak najwyższe temperatury miesięczne w okresie wiosenno-letnim (tab. 3).

Tabela 3. Warunki pogodowe w latach 2013-2015

Table 3. Weather conditions in the years 2013-2015

Miesiąc Month	Opady / Rainfall (mm)				Temperatury / Temperatures (°C)			
	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	Wielolecie Multi-year	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	Wielolecie Multi-year
IX	55,0	68,6	39,7	54,7	14,3	11,4	12,2	13,3
X	80,6	4,2	33,4	43,4	8,4	9,6	8,3	8,8
XI	16,1	98,0	9,3	37,6	5,7	5,1	4,9	3,6
XII	30,4	15,3	30,3	35,1	-2,9	1,3	0,7	-0,3
I	65,4	24,7	34,2	34,3	-2,9	-0,8	0,6	-2,5
II	32,1	16,1	9,2	31,7	-0,4	1,8	-0,4	-1,2
III	73,6	49,6	44,1	35,9	-1,3	5,4	1,6	2,6
IV	39,4	34,8	25,4	48,1	8,8	8,8	6,4	8,8
V	111,7	108,9	110,3	39,2	15,0	13,3	12,4	14,2
VI	192,4	71,7	29,5	79,3	18,5	15,1	16,7	17,5
VII	58,3	146,8	100,3	101,6	19,4	19,4	18,1	19,4

Obsada roślin po wschodach oraz po ruszeniu wegetacji na wiosnę nie była istotnie zróżnicowana. Średnio wzeszło 273 rośliny na 1 m², a ubytki roślin po ruszeniu wegetacji na wiosnę stanowiły średnio 14 szt.·m⁻². Liczba roślin przed zbiorem wyniosła średnio 254 szt.·m⁻². Odmiana Luna odznaczyła się istotnie większym zagęszczeniem łanu przed zbiorem w porównaniu do odmiany Przybrodzka (tab. 4). Łuczkiwicz i Błaszczyk (1998) we wcześniejszych badaniach wykazali, że ozime odmiany lniarki siewnej odznaczają się dobrą zimotrwałością. Dotyczyło

to również nowej linii mutacyjnej. Koncius i Karcauskiene (2010) uzyskali zróżnicowanie obsady roślin lniarki na 1m² przy zmiennych dawkach NPK. Solis i in. (2013) podają, że obsada roślin lniarki decyduje o ich pokroju, w tym wysokości osadzenia rozgałęzień i liczbie łuszczynek.

Tabela 4. Obsada roślin (średnia z lat)
Table 4. Plant density (mean for years)

Obsada roślin Plant density (szt. / psc.·m ⁻²)	(A) – dawka azotu nitrogen dose (kg·ha ⁻¹)	(B) – odmiana / cultivar			Średnio dla A Mean for A
		Maczuga	Luna	Przybrodzka	
Po wschodach After emergence	50	273	271	271	272
	100	275	270	277	274
	150	271	276	273	273
	Średnio dla B Mean for B	273	272	274	273
Po ruszeniu wegetacji na wiosnę After start of vegetation in the spring	50	256	259	255	257
	100	258	263	260	260
	150	253	267	256	259
	Średnio dla B Mean for B	255	263	257	259
Przed zbiorem Before harvest	50	250	256	250	252
	100	253	259	252	255
	150	252	261	250	254
	Średnio dla - Mean for B	252	259	251	254

r.n. – różnica nieistotna / no significant difference

Wskaźnik powierzchni liści był istotnie większy u odmiany Luna w porównaniu do odmiany Przybrodzka i Maczuga. Średnio w przeprowadzonym doświadczeniu wskaźnik LAI wyniósł 2,7 m²·m⁻². Największe wartości wskaźnika SPAD stwierdzono po zastosowaniu 100 i 150 kg·ha⁻¹ azotu. Istotnie większymi wartościami tej cechy odznaczyła się odmiana Maczuga w porównaniu do Luna. Badane czynniki nie wpłynęły istotnie na wielkość MTA. Średnia jego wartość liczbowa wyniosła 50,4° (tab. 5). Współczesne techniki pomiarowe (np. niedestrukcyjne pomiary LAI lub SPAD) pozwalają na szybką ocenę stanu plantacji. Pomiary takie przydatne są zwłaszcza przy ustalaniu potrzeb pogłównego nawożenia roślin uprawnych, w tym głównie azotem (Zheng i Moskal 2009, Martinez i Guamet 2004).

Tabela 5. Wskaźniki SPAD, LAI i MTA (średnia z lat)
Table 5. SPAD, LAI and MTA indices (mean for years)

Wskaźnik Index	(A) – dawka azotu nitrogen dose ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	(B) – odmiana - cultivar			Średnio dla A Mean for A
		Maczuga	Luna	Przybrodzka	
SPAD	50	38,5	37,2	37,8	37,8
	100	39,2	37,9	38,6	38,6
	150	39,6	38,1	38,7	38,8
	Średnio dla B / Mean for B	39,1	37,7	38,4	38,4
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – 0,69; B – 1,23; AxB – r.n.				
LAI ($\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2}$)	50	2,47	2,77	2,57	2,6
	100	2,51	2,99	2,60	2,7
	150	2,53	2,95	2,64	2,7
	Średnio dla B / Mean for B	2,5	2,9	2,6	2,7
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – r.n.; B – 2,53; AxB – r.n.				
MTA (°)	50	47,3	51,0	48,7	49,0
	100	51,0	51,8	48,8	50,5
	150	52,4	53,0	49,5	51,6
	Średnio dla B / Mean for B	50,2	51,9	49,0	50,4
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – r.n.; B – r.n.; AxB – r.n.				

r.n. – różnica nieistotna / no significant difference

Dawka azotu istotnie wpływała na wysokość roślin. Zastosowanie $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ azotu spowodowało zwiększenie wysokości rośliny o 8 cm w odniesieniu do roślin nawożonych dawką $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Rośliny odmiany Luna były wyższe od roślin odmiany Maczuga (tab. 6). Solis i in. (2013) uzyskali zróżnicowanie wysokości roślin lnianki pod wpływem azotu, ale było to uzależnione od rejonu prowadzenia badań. Koncius i Karcauskiene (2010) udowodnili, że wyższe dawki nawozów NPK zwiększają wysokość roślin lnianki. Łuczkiwicz i Błaszczuk (1998) konkludują, że o wysokości roślin lnianki ozimej decydują przede wszystkim cechy genetyczne.

Liczba rozgałęzień pierwszego rzędu na roślinie była istotnie większa u odmiany Maczuga w porównaniu do Luna. Średnio badane odmiany wykształciły 8,7 rozgałęzień. W badaniach Koncius i Karcauskiene (2010) podają, że zróżnicowane nawożenie NPK lnianki ma istotny różnicujący wpływ na liczbę wykształconych rozgałęzień.

Wyleganie roślin było największe po zastosowaniu $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ azotu. W istotnie mniejszym stopniu wyległy rośliny nawożone dawką $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ azotu. Uzyskano również odmianowe zróżnicowanie badanej cechy. Rośliny odmiany Luna wyległy silniej niż odmiany Maczuga i Przybrodzka. Łuczkiwicz

i Błaszczyk (1998) podają, że cechą odporności na wyleganie można uzyskać w wyniku hodowli linii mutacyjnych.

Tabela 6. Wybrane pomiary biometryczne i wyleganie roślin (średnia z lat)
Table 6. Selected biometric measurements and lodging (mean for years)

Parametr Parameter	(A) – dawka azotu nitrogen dose (kg·ha ⁻¹)	(B) – odmiana / cultivar			Średnio dla A Mean for A
		Maczuga	Luna	Przybrodzka	
Wysokość roślin Plant height (cm)	50	116	124	119	120
	100	120	129	124	124
	150	124	132	129	128
	Średnio dla B / Mean for B	120	128	124	124
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – 7,02; B – 6,89; AxB – r.n.			
Liczba rozgałęzień na roślinie Number of branches per plant	50	8,8	8,3	8,5	8,5
	100	9,2	8,6	9,1	9,0
	150	8,9	8,4	8,7	8,7
	Średnio dla B / Mean for B	9,0	8,4	8,8	8,7
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – r.n.; B – 0,53; AxB – r.n.			
Wyleganie Lodging (1-9°)	50	7,5	6,3	8,2	7,3
	100	7,4	5,8	7,9	7,0
	150	6,9	5,6	7,6	6,7
	Średnio dla B / Mean for B	7,3	5,9	7,9	7,0
		NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – 0,49; B – 1,23; AxB – r.n.			

r.n. – różnica nieistotna / no significant difference

Zastosowanie 100 lub 150 kg·ha⁻¹ azotu wpłynęło na istotny wzrost liczby łuszczynek na roślinie w porównaniu do dawki 50 kg·ha⁻¹. Rośliny odmiany Maczuga wykształciły najwięcej łuszczynek na roślinie, a najmniej rośliny odmiany Luna. Solis i in. (2013) uzyskali znaczne zróżnicowanie liczby łuszczynek na roślinie lnianki w zależności od rejonu badań. Największa ich liczba wyniosła 369 a najmniejsza 113 szt. na roślinie.

Wyższe dawki azotu w porównaniu do najniższej (50 N kg·ha⁻¹) wpłynęły na wzrost liczby nasion w łuszczyńce. Średnio w łuszczyńce było 7,5 nasiona. Rośliny odmiany Maczuga wykształciły istotnie więcej nasion w łuszczyńce w porównaniu do odmiany Luna. Solis i in. (2013) wykazali wzrost liczby nasion w łuszczyńce pod wpływem nawożenia azotem. Nie dotyczyło to jednak najwyższej dawki, tj.: 300 kg·ha⁻¹ azotu.

Zróżnicowane nawożenia azotem oraz czynnik odmianowy nie wywarły istotnego wpływu na dorodność nasion. Średnio masa tysiąca nasion lnianki siewnej wyniosła 1,1 g. Podobne wyniki otrzymali Solis i in. (2013). Losak i in. (2010) udowodnili natomiast wzrost masy tysiąca nasion, ale pod wpływem najwyższej

dawki azotu. Jankowski i Budzyński (2003) udowodnili, że w kształtowaniu plonu nasion lnianki jarej decydującą rolę odgrywa MTN. Pozostałe elementy struktury plonu, choć silnie nawzajem na siebie oddziałują, w małym stopniu różnicowały wydajność jednostkową tego gatunku.

Tabela 7. Elementy struktury plonu i plon nasion (średnia z lat)

Table 7. Yield components and seed yield (mean for years)

Parametr Parameter	(A) – dawka azotu nitrogen dose (kg·ha ⁻¹)	(B) – odmiana - cultivar			Średnio dla A Mean for A
		Maczuga	Luna	Przybrodzka	
Liczba łuszczynek na roślinie Number of silicles per plant	50	112	96	108	105
	100	128	105	115	116
	150	122	104	114	113
	Średnio dla B / Mean for B	121	101	112	111
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – 6,92; B – 10,76; AxB – r.n.					
Liczba nasion w łuszczyńce Number of seeds per silicle	50	7,9	6,6	6,8	7,1
	100	7,8	7,5	7,7	7,7
	150	8,5	7,1	8,0	7,9
	Średnio dla B / Mean for B	8,1	7,1	7,5	7,5
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – 0,51; B – 0,85; AxB – r.n.					
MTN 1000 seeds weight (g)	50	1,12	1,07	1,16	1,1
	100	1,08	1,11	1,20	1,1
	150	1,05	1,26	1,24	1,2
	Średnio dla B / Mean for B	1,1	1,1	1,2	1,1
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – r.n.; B – r.n.; AxB – r.n.					
Plon nasion Seed yield (t·ha ⁻¹)	50	2,35	1,68	2,01	2,0
	100	2,61	2,23	2,56	2,5
	150	2,64	2,40	2,74	2,6
	Średnio dla B / Mean for B	2,5	2,1	2,4	2,4
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – 0,35; B – r.n.; AxB – r.n.					

r.n. – różnica nieistotna / no significant difference

Plon nasion lnianki ozimej kształtował się w zakresie od 1,68 do 2,74 t·ha⁻¹, a jego średnia wielkość w badanym trzyleciu wyniosła 2,4 t·ha⁻¹ (tab. 7). Plon nasion był istotnie wyższy po zastosowaniu 100 i 150 kg·ha⁻¹ azotu w porównaniu do dawki 50 kg·ha⁻¹. Różnica w plonie nasion po zastosowaniu azotu w dawkach 100 lub 150 kg·ha⁻¹ była nieistotna. Szczebiot (2002) wykazał, że lnianka jara plonowała najwyżej (21,4 dt z ha⁻¹) na obiektach nawożonych zarówno przedsewną, jak i pogłówną dawką azotu. Losak i in. (2010) oraz Solis i in. (2013) stwierdzili, że lnianka reaguje istotną zwyżką plonu na wyższe dawki azotu. Jiang i in. (2013) podają, że optymalna dawka azotu dla zapewnienia wysokiego plonu lnianki waha

się od 120 do 160 kg ha⁻¹. Urbaniak i in. (2008) zauważają, że o wysokości plonu lnianki decyduje też czynnik odmianowy.

Zawartość białka ogólnego w nasionach lnianki była najwyższa po zastosowaniu 150 kg·ha⁻¹ azotu (tab. 8). Nasiona odmiany Maczuga zawierały istotnie więcej omawianego składnika niż nasiona odmiany Luna. Wzrost nawożenia azotem z 50 do 150 kg·ha⁻¹ spowodował spadek zawartości tłuszczu w nasionach. Średnio nasiona lnianki siewnej zawierały 28,7% białka ogólnego i 33,0% tłuszczu surowego. Plon tłuszczu był najwyższy u odmiany Maczuga. Wyższe dawki azotu wpłynęły na przyrost plonu tłuszczu w porównaniu do najniższej dawki azotu (tab. 8). Zagórska i in. (2010) podają, że nasiona lnianki zawierają około 25% białka i 40% tłuszczu. Z kolei Zubr (2003) uzyskał średnią zawartość oleju w nasionach w zakresie od 39,6 do 44,1% a średnią zawartość białka ogólnego od 39,2 do 47,4%.

Tabela 8. Skład chemiczny nasion (% s.m.) (średnia z lat)

Table 8. Chemical composition of seeds (% D.M.) (mean for years)

Składnik Component	(A) – dawka azotu nitrogen dose (kg·ha ⁻¹)	(B) odmiana - cultivar			Średnio dla A Mean for A
		Maczuga	Luna	Przybrodzka	
Białko ogólne Total protein (%)	50	28,3	27,5	28,1	28,0
	100	28,8	28,1	28,7	28,5
	150	30,2	28,6	30,0	29,6
	Średnio dla B / Mean for B	29,1	28,1	28,9	28,7
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – 1,25; B – 0,89; AxB – r.n.				
Tłuszcz surowy Crude fat (%)	50	33,3	34,8	33,2	33,8
	100	33,0	33,5	33,0	33,2
	150	32,1	32,5	31,8	32,1
	Średnio dla B / Mean for B	32,8	33,6	32,7	33,0
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – 1,24; B – r.n.; AxB – r.n.				
Plon tłuszczu Oil yield (kg·ha ⁻¹)	50	780	580	670	680
	100	860	750	840	820
	150	850	780	870	830
	Średnio dla B / Mean for B	830	700	790	780
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05} A – 120; B – 110; AxB – r.n.				

r.n. – różnica nieistotna – no significant difference

Wielu autorów (Urbaniak i in. 2008, Losak i in. 2010, Jiang i in. 2014) we wcześniejszych badaniach z lnianką potwierdziło, że wzrost nawożenia azotem zwiększa w nasionach zawartość białka, a zmniejsza tłuszczu. Przy czym plon tłuszczu nie zmniejsza się, na co wskazały badania Johnson i Gesch (2013). Zubr (2003) oraz Jiang i in. (2014) wykazali, że o jakości nasion lnianki decydują też warunki siedliskowe oraz cechy genetyczne odmian.

WNIOSKI

1. Zastosowanie 150 kg·ha⁻¹ azotu wpłynęło na istotny wzrost wysokości roślin oraz stopnia ich wylegania w porównaniu do dawki 50 N kg·ha⁻¹. Wyższe dawki azotu, tj.: 100 i 150 kg·ha⁻¹ zwiększyły liczbę zawiązanych łuszczynek na roślinie, liczbę nasion w łuszczyńce oraz plon nasion i tłuszczu.

2. Najwyższa dawka azotu zwiększyła zawartość białka ogólnego, a zmniejszyła zawartość tłuszczu surowego w nasionach. Odmiana Maczuga charakteryzowała się istotnie większą zawartością białka ogólnego w nasionach porównaniu do odmiany Luna.

3. Odmiana Luna odznaczyła się istotnie większym zagęszczeniem łanu w porównaniu do odmiany Przybrodzka oraz wyższymi roślinami w porównaniu do odmiany Maczuga. Rośliny odmiana Luna charakteryzowały się najwyższym wskaźnikiem LAI oraz najsilniej wyległy. Rośliny odmiany Maczuga zawiązały więcej rozgałęzień pierwszego rzędu, łuszczynek na roślinie, nasion w łuszczyńce oraz wydały większy plon tłuszczu w porównaniu do odmiana Luna.

PIŚMIENICTWO

- Budzyński W., Jankowski K., 1999. Wpływ nawożenia siarką, magnezem i azotem na plonowanie i strukturę plonu lnianki jarej i katroanu abisyńskiego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 468, 311-321.
- Cherian G., Capbell A., Parker T., 2009. Egg quality and lipid composition of eggs from hens fed *Camelina sativa*. J. Appl. Poult. Res., 18(2), 143-150.
- Jankowski K., Budzyński W., 2003. Rola elementów struktury plonu w kształtowaniu plonu niektórych jarych roślin oleistych. Rośliny Oleiste, 24(2), 443-454.
- Jaśkiewicz T., Matyka S., 2001. Lnianka (*Camelina sativa*) w mieszankach paszowych dla kurcząt brojlerów. Rośliny Oleiste, 22(2), 623-629.
- Jiang Y., Caldwell C.D., 2016. Effect of nitrogen fertilization on camelina seed yield, yield components, and downy mildew infection. Can. J. Plant Sci., 96(1), 17-26.
- Jiang Y., Caldwell C.D., Falk K.C., 2014. Camelina seed quality in response to applied nitrogen, genotype and environment. Can. J. Plant Sci., 94(5), 971-980.
- Jiang Y., Caldwell C.D., Falk K.C., Lada R.R., MacDonald D., 2013. Camelina yield and quality response to combined nitrogen and sulphur. Agron. J., 105(6), 1847-1852.
- Johnson J.M.F., Gesch R.W., 2013. Calendula and camelina response to nitrogen fertility. Ind. Crop Prod., 43, 684-691.
- Karcauskiene D., Sendzikiene E., Makareviciene V., Zaleckas E., Repsiene R., Ambrazaitiene D., 2014. False flax (*Camelina sativa* L.) as an alternative source for biodiesel production. Zemdirbyste – Agriculture, 101(2), 161-168.
- Koncius D., Karcauskiene D., 2010. The effect of nitrogen fertilizers, sowing time and seed rate on the productivity of *Camelina sativa*. Zemdirbyste – Agriculture, 97(4), 37-46.
- Kurowski T.P., Jankowski K., 2003. Zdrowotność katroanu abisyńskiego i lnianki jarej w zależności od sposobu nawożenia. Rośliny Oleiste, 24(2), 477-488.

- Losak T., Vollmann J., Hlusek J., Peterk J., Filipcik R., Praskova L., 2010. Influence of combined nitrogen and sulphur fertilization on false flax (*Camelina sativa* L. Crtz.) yield and quality. *Acta Aliment Hung.*, 39(4), 431-444.
- Łuczkiwicz T., Błaszczak L., 1998. Karłowy mutant lnianki ozimej *Camelina sativa* L. *Rośliny Oleiste*, 19(2), 615-620.
- Martinelli T., Galasso I., 2011. Phenological growth stages of *Camelina sativa* according to the extended BBCH scale. *Ann. Appl. Bio.*, 158(1), 87-94.
- Martinez D., Guiamet J., 2004. Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. *Agronomie, EDP Sciences*, 24(1), 41-46.
- Mińkowski K., Grześkiewicz S., Jerzewska M., Ropelewska M., 2010. Charakterystyka składu chemicznego olejów roślinnych o wysokiej zawartości kwasów linolenowych. *ZNTJ*, 6(73), 146-157.
- Mosio-Mosiewski J., Łuczkiwicz T., Warzała M., Nawracała J., Nosal H., Kurasiak-Popowska D., 2015. Study on utilization of *Camelina* seed for production of biodiesel fuel. *Przem. Chem.*, 94(3), 369-373.
- Mosio-Mosiewski J., Warzała M., Nosal H., 2010. Olej lniankowy jako nowe źródło surowca do wytwarzania biodiesla. *Przem. Chem.*, 89(4), 490-494.
- Pietras M.P., Orczewska-Dudek S., Gąsior R., 2012. Wpływ diety z udziałem oleju z lnianki siewnej (*Camelina sativa*) na wyniki produkcyjne kur niosek, skład chemiczny lipidów żółtka oraz jakość sensoryczną jaj. *Rocz. Nauk Zoot.*, 39(2), 273-286.
- Solis A., Vidal I., Paulino L., Johnson B.L., Berti M.T., 2013. *Camelina* seed yield response to nitrogen, sulfur, and phosphorus fertilizer in South Central Chile. *Ind. Crops Prod.*, 44, 132-138.
- Szczebiot M. 2002. Effect of mineral fertilization on yielding of spring false flax and crambe. *Rośliny oleiste*, 23(1), 141-150.
- Urbaniak S.D., Caldwell C.D., Zheljazkov 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(1), 111-119.
- Waraich E.A., Ahmed Z., Ahmad R., Ashraf M.Y., Saifullah, Naeem M.S., Rengel Z., 2013. *Camelina sativa*, a climate proof crop, has high nutritive value and multiple-uses: a review. *Aust. J. Crop Sci.*, 7(10), 1551-1559.
- Zagórska K., Plawgo A., Wojtasik-Kalinowska I., Dymkowska-Malesa M., 2010. Wpływ dodatku nasion lnianki na jakość pieczywa z pszenżyta. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1(20/36), 23-25.
- Zheng G., Moskal L.M., 2009. Retrieving leaf area index (LAI) using remote sensing: theories, methods and sensors. *Sensors*, 9(4), 2719-2745.
- Zubr J., 2003. Qualitative variation of *Camelina sativa* seed from different locations. *Ind. Crops Prod.*, 17(3), 161-169.

RESPONSE OF WINTER VARIETIES OF CAMELINA
(*CAMELINA SATIVA* (L.) CRANTZ) TO VARIED NITROGEN FERTILIZATION

Magdalena Czarnik, Wacław Jarecki, Dorota Bobrecka-Jamro

Department of Plant Production, Faculty of Biology and Agriculture, University of Rzeszów
ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów, Poland
e-mail: mkuch@ur.edu.pl

Abstract. The field research was carried out in the Experimental Station of Variety Examination in Przecław in the seasons of 2012/2013-2014/2015. The first examined factor was nitrogen doses (50, 100 and 150 kg ha⁻¹) and the second was winter varieties of camelina (Maczuga, Luna, Przybrodzka). The experiment was established on alluvial soils developed from silt loam. The soil was classified in valuation class IIIa of the good wheat complex. The highest dose of nitrogen (150 kg ha⁻¹) caused a significant increase of plant height and of the degree of plant lodging, and additionally an increase in the seeds total protein content and a decrease in the level of crude fat in comparison to the treatment with the dose of 50 kg N ha⁻¹. The use of nitrogen in doses of 100 or 150 kg ha⁻¹ resulted in a significant increase in the number of silicles per plant, number of seeds per silicle, SPAD index value, and seed and oil yield. The variety Luna was characterised by higher plant density before harvest compared to the variety Przybrodzka, as well as taller plants in relation to the variety Maczuga. Variety Luna were characterised by the highest values of LAI and degree of lodging. The variety Maczuga, compared to Luna, had significantly higher performance characteristics such as the number of branches per plant, number of silicles per plant, number of seeds per silicle, SPAD index, oil yield and total protein content in seeds.

Keywords: *Camelina sativa* L., nitrogen, SPAD, LAI, MTA, yield component, yield, chemical composition