

WPLYW NAWOŻENIA AZOTEM I SIARKĄ NA PLONOWANIE ŻÓLTO I BRĄZOWONASIENNYCH ODMIAN LNU OLEISTEGO (*LINUM USITATISSIMUM* L.)

FRANCISZEK WIELEBSKI¹, MAREK WÓJTOWICZ¹, STANISŁAW SPASIBIONEK²

¹Samodzielna Pracownia Technologii Produkcji Roślin Oleistych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin
– Państwowy Instytut Badawczy Oddział w Poznaniu, ul. Strzeszyńska 36, 60-479 Poznań
²Pracownia Genetyki i Hodowli Jakościowej, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin
– Państwowy Instytut Badawczy Oddział w Poznaniu, ul. Strzeszyńska 36, 60-479 Poznań

Synopsis. W ścisłym doświadczeniu polowym prowadzonym w latach 2011–2012, badano reakcję dwóch odmian lnu oleistego: krajowej, brązownonasiennej odmiany Szafir, oraz czeskiej, żółtonasiennej Amon, nawożonych 5 dawkami azotu (0, 20, 40, 60 i 80 kg N·ha⁻¹). Dawki azotu 40 i 60 kg N·ha⁻¹ stosowano łącznie z dawką 10 kg S·ha⁻¹, oraz stosowano je bez siarki. Stwierdzono, że w warunkach dobrych gleb Łągownik najwyższy plon nasion obu odmian uzyskano stosując łącznie 60 kg N·ha⁻¹ i 10 kg S·ha⁻¹, natomiast istotny wzrost plonu słomy obserwowano tylko u żółtonasiennej odmiany Amon po zastosowaniu 60 kg N·ha⁻¹ i 10 kg S·ha⁻¹ bądź po podaniu najwyższej dawki azotu (80 kg N·ha⁻¹). Na wysokość plonu oraz efektywność zastosowanego azotu istotny wpływ miał przebieg pogody w latach badań. Warunki pogodowe istotnie także kształtowały obsadę i pokrój roślin oraz elementy struktury plonu, natomiast tylko nieistotnie modyfikował te cechy czynnik nawożenia. Wyższe wartości analizowanych cech notowano w 2012 roku, charakteryzującym się lepszymi warunkami wilgotnościowymi w okresach krytycznego zapotrzebowania na wodę. Badane odmiany lnu oleistego tylko nieistotnie różniły się plonem nasion. Żółtonasienna odmiana Amon mniejszą obsadę roślin (słabsze wschody) kompensowała istotnie większą liczbą rozgałęzień i torebek na roślinie oraz lepszym wypełnieniem torebek nasionami.

Słowa kluczowe: len oleisty, nawożenie azotem i siarką, plon nasion, komponenty plonu, cechy morfologiczne

WSTĘP

Obecnie na świecie uprawiana jest głównie oleista forma lnu, której powierzchnia zasiewu jak podaje FAOSTAT [2015] w roku 2013 wynosiła 2270 tys. ha. Według tego źródła najczęściej lnu uprawiano w Kanadzie – 412 tys. ha, Rosji – 410 tys. ha, Kazachstanie – 384 tys. ha, Indiach – 338 tys. ha oraz Etiopii – 106 tys. ha. W Europie len oleisty uprawiano na powierzchni 557 tys. ha, z czego aż 73,6% tego arealu przypadało na Federację Rosyjską, natomiast znacznie mniejszy areal zasiewów był na Ukrainie – 38 tys. ha, Anglii – 34 tys. ha, Białorusi – 29 tys. ha oraz Francji – 8 tys. ha. Udział Unii Europejskiej w światowym areale upraw lnu stanowił jedynie 3,4% (76,6 tys. ha), co więcej w ostatnich latach wystąpiła tendencja do zmniejszania powierzchni uprawy tej rośliny w Europie [Popis i in. 2015]. W Polsce powierzchnia zasiewów była niewielka i wynosiła zaledwie 1470 ha. Osiągane plony nasion są niskie i średnio na świecie jak podają Zajac i Oleksy [2010] zbiera się 0,86 t·ha⁻¹, a w Europie tylko 0,73 t·ha⁻¹. Niski potencjał produkcyjny oraz duża zmienność plonowania w latach są prawdopodobnie przyczy-

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

ną dużych wahań w globalnym areale uprawy lnu [Diepenbrock i in. 1995, Zajac i in. 2010, Zubal 2001]. Niemniej obserwuje się obecnie systematyczny wzrost powierzchni uprawy lnu oleistego na świecie (zwłaszcza w krajach rejonu Morza Czarnego) a także w Polsce, głównie ze względu na prozdrowotne wykorzystanie nasion i oleju lnianego oraz wielorakość zastosowań i nowe technologie wykorzystania surowców pochodzących z roślin włóknistych [Antoniewicz i Zajac 2003, Jelińska 2005, Sielicka 2014, Popis i in. 2015]. Rosnące zapotrzebowanie na nasiona i olej lniany jak uważają Zajac i in. [2010], może być pokryte wzrostem powierzchni uprawy i zwiększeniem plonowania. Stwierdzają oni jednak, że dotychczasowy stan wiedzy nie pozwala na wypracowanie skutecznych technologii gwarantujących uzyskanie możliwie dużego oraz stabilnego plonu zapewniającego osiągnięcie odpowiedniego efektu ekonomicznego. Konieczne są zatem dalsze szczegółowe badania, które pozwolą na pełne poznanie wszystkich uwarunkowań mających wpływ na poziom plonowania tej cennej rośliny uprawnej.

Szczegółowych badań wymagają zagadnienia dotyczące efektywności nawożenia mineralnego, zwłaszcza dawek azotu zapewniających optymalne warunki do wzrostu i rozwoju roślin lnu oleistego. Azot powoduje wzrost masy nadziemnej i zwiększenie powierzchni asymilacyjnej, przez co jest najbardziej plonotwórczym składnikiem nawożenia [Demiński 1975, Mańkowski 1994, Zajac 2004]. Przeprowadzone badania [Mańkowski 1994, Zajac 2004] wykazały, że optymalna dawka azotu dla lnu wynosiła 40–50 kg N·ha⁻¹. Najczęściej zalecana dawka mieści się w granicach 25–60 kg N·ha⁻¹, a jej zwiększenie jak podają Zajac i Kulig [2001] nie powoduje wzrostu plonu nasion. Zbyt wysokie dawki azotu jak wskazują dotychczasowe badania, mogą powodować zwiększone zagęszczenie pędów w łanie lnu prowadzące na ogół do wczesnego i silnego wylegania oraz opóźnienia dojrzewania nasion [Grant i in. 1999, Zajac 2005]. Badania Kraski i in [2016] wykazały, że poziom nawożenia mineralnego i chemicznego zwalczania chwastów nie miał istotnego wpływu na zawartość makro i mikrośladników w nasionach lnu, przy tendencji w kierunku wyższych ich zawartości na obiektach nawożonych niższą dawką azotu. Równocześnie nie istnieje wyraźny związek pomiędzy składem chemicznym nasion lnu i plonem nasion, a także architekturą łanu [Andruszczak i in. 2015]. Z kolei badania Zajaca i in [2013] dowodzą, że nie tylko nawożenie azotem wpływa na wzrost plonowania lnu, ale również siew lnu oleistego z roślinami strączkowymi. Ponadto mieszanka lnu z grochem może być skutecznym rozwiązaniem problemów agrotechnicznych z jakimi borykają się oba gatunki w siewie czystym.

W warunkach powszechnie występujących niedoborów siarki, wielu autorów zwraca uwagę na odpowiednią dostępność tego składnika, który jest niezbędny dla prawidłowego rozwoju, a także stymuluje pobranie azotu przez rośliny, przez co zwiększa efektywność i skuteczność nawozów azotowych [Fotyma 2003, Wielebski i Wójtowicz 2000].

Celem podjętych badań było zbadanie wpływu nawożenia azotem i siarką na cechy morfologiczne roślin oraz plon i komponenty plonu odmian lnu oleistego o brązowych i żółtych nasionach.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań była reakcja dwóch odmian lnu oleistego (krajowej brązowonasiennej – Szafir, oraz czeskiej żółtonasiennej – Amon) na siedem wariantów nawożenia azotem i siarką (A, B, C, D, E, F, G) obejmujących 5 dawek azotu (0, 20, 40, 60 i 80 kg N·ha⁻¹) i 2 dawki siarki (0 i 10 kg S·ha⁻¹). Azot zgodnie ze schematem doświadczenia stosowano w saetrze amonowej (-S) lub w saetrze amonowej i siarczanie amonu (+S) w całości przed siewem (20 lub 40 kg N·ha⁻¹) (warianty B, C, D), bądź dzielono na dwie części i stosowano 40 kg przed siewem,

a 20 lub 40 kg N·ha⁻¹ w fazie jodełki, BBCH15 (warianty E, F, G). Siarkę podawano w siarczanie amonu przed siewem w dawce 10 kg·ha⁻¹ (warianty D, F), łącznie z dawkami azotu (40 i 60 kg N·ha⁻¹) (tab. 1).

Tabela 1. Schemat nawożenia azotem i siarką
Table 1. Schema of nitrogen and sulphur fertilization

Całkowita dawka azotu i siarki Total dose nitrogen and sulphur (kg·ha ⁻¹)			Termin i dawka aplikacji azotu (N) i siarki (S) Date and rate of N and S application (kg·ha ⁻¹)			
			Przed siewem pre-sowing		Po wschodach after emergence (BBCH 15)	
	N	S	N	S	N	S
A	0	0	-	-	-	-
B	20	0	20	-	-	-
C	40	0	40	-	-	-
D	40	10	40	10	-	-
E	60	0	40	-	20	-
F	60	10	40	10	20	-
G	80	0	40	-	40	-

Ścisłe doświadczenia polowe w układzie losowanych podbloków i w czterech powtórzeniach realizowane były na polach Gospodarstwa Łągiewniki (51°46' N, 17°14' E) należącego do Spółki Hodowla Roślin Smolice w latach 2011–2012. Doświadczenia zakładano na glebach brunatnych właściwych, kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa. Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu i potasu była bardzo wysoka bądź wysoka, a w magnez wysoka. Zawartość siarki siarczanowej w warstwie ornej wahała się od 5,6–6,7 mg·kg⁻¹ gleby SO₄. Przedplonem była pszenica ozima w pierwszym i groch w drugim roku badań. Przedsięwzięcie zastosowano nawożenie PK w ilości odpowiednio 60 i 90 kg·ha⁻¹. Odmiany wysiewano 6 (2011) i 4 (2012) kwietnia w ilości 550 nasion·m⁻².

Przed zbiorem określono na 10 roślinach z każdego poletka cechy biometryczne (wysokość roślin, liczbę rozgałęzień) i elementy struktury plonu (liczbę torebek na roślinie, liczbę nasion w torebce, masę 1000 nasion). Masę 1000 nasion określono w czterech próbach po 100 nasion (powietrznie suchych) odliczonych z czystych nasion. Określono liczbę roślin na 1m² oraz pobrano z każdego poletka rośliny z powierzchni 0,5 m². Po odziarnieniu zważono powietrznie suche rośliny i określono plon słomy. Zbiór kombajnem przeprowadzono 1 września (2011) i 24 sierpnia (2012), po uprzednio wykonanej desykcji preparatem Reglone. Wielkość poletka do zbioru wynosiła 10 m².

Rozkład opadów i temperatury powietrza w miesiącach wegetacji lnu przedstawiono w tabeli 2. Warunki termiczne i wilgotnościowe zwłaszcza w okresie przedwiośnia i wczesnej wiosny znacząco odbiegały od średnich z wielolecia. Przy temperaturach wyższych od średnich wieloletnich znacznie niższe od normy miesięczne sumy opadów notowano w okresie od kwietnia do

Tabela 2. Warunki pogodowe w okresie wegetacji lnu oleistego
 Table 2. Meteorological conditions during growing period of linseed

Rok – Year	Miesiące – Months					Średnia/Suma Mean/Sum
	IV	V	VI	VII	VIII	
Temperatura – Temperature (°C)						
2011	11,4	14,5	19,3	18,3	19,2	16,5
2012	9,3	15,7	16,8	19,8	19,4	16,2
1957–2012	8,3	13,6	16,8	18,4	17,9	15,0
Opady – Rainfalls (mm)						
2011	12,3	20,9	56,7	94,2	66,3	250
2012	16,3	19,5	99,0	71,8	95,2	302
1957–2012	31,6	54,8	66,0	82,4	68,7	304

maja w obu latach badań. Niższe od normy opady notowano także w czerwcu (o 15%) i sierpniu (o 14%) w pierwszym roku badań oraz w lipcu (o 13%) drugiego roku badań. Wyższe natomiast od normy sumy opadów notowano w lipcu (o 15%) w pierwszym roku oraz w czerwcu (o 50%) i sierpniu (o 40%) w drugim roku badań.

Dokonano syntezy zebranych wyników i poddano je analizie wariancji za pomocą pakietu statystycznego STATISTICA 6. Istotność różnic określono testem Tukeya na poziomie ufności $p=0,05$ i wyrażono literowo.

WYNIKI I DYKUSJA

Zaskorupienie gleby i brak opadów po siewie w obu latach badań sprawiły, że wschody były słabe (średnio 44%) i zróżnicowane między odmianami. W niekorzystnych warunkach pogodowych istotnie lepsze wschody (65%) notowano u polskiej odmiany Szafir o brązowych nasionach, natomiast znacznie gorzej w obu latach badań wschodziły żółte nasiona czeskiej odmiany Amon (zaledwie 23%) (tab. 3). Bardzo słabe wschody, zwłaszcza nasion lnu o jasnej okrywie obserwowali autorzy również w innych równolegle prowadzonych przez siebie badaniach [Wielebski i in. 2016]. Podobnie gorsze wschody odmian o żółtych nasionach wykazano w warunkach Kanady [Saeidi i Rowland 1999]. Wielu autorów uważa, że obok czynnika genetycznego [Wondolowska-Grabowska 2011], trudności w utrzymaniu właściwej obsady roślin wynikają również z niskiej polowej zdolności wschodów nasion formy oleistej lnu [Flenet i in. 2006] oraz z wpływu warunków siedliskowych, zwłaszcza wilgotnościowo-termicznych [Zubal 2001]. Na obsadę roślin w badaniach własnych nie miał wpływu poziom nawożenia azotem, chociaż zauważyć można, że najwięcej roślin przed zbiorem obserwowano na obiektach, które nawożono dodatkowo siarką ($10 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$). Korzystny wpływ nawożenia siarką na zagęszczenie roślin przed zbiorem u wszystkich badanych odmian, zwłaszcza u jasnonasiennej odmiany Oliwin wykazała także Wondolowska-Grabowska [2011].

Po wschodach na wzrost i rozwój roślin, zwłaszcza fazę kwitnienia w większym stopniu wpływały warunki hydro-termiczne (lata) i odmiana niż dawki nawożenia. Badane warianty nawożenia azotem i siarką nieistotnie tylko modyfikowały pokrój roślin przed zbiorem: wysokość

Tabela 3. Wpływ badanych czynników na termin i czas kwitnienia oraz pokrój roślin lnu przed zbiorem

Table 3. Effect of estimated factors on time of flowering and morphological features of linseed before harvesting

Czynniki Factors	% wschodów emergence	*Początek kwitnienia Beginning of flowering	*Koniec kwitnienia End of flowering	Liczba dni kwitnienia Number of days of flowering	Wysokość roślin Height of plants (cm)	Liczba rozgałęzień Number of branches (szt.– pcs)
(1) Lata – Years						
2011	43,7	153 a	168 b	15 b	48,0 b	4,5 b
2012	43,4	152 b	185 a	33 a	63,5 a	7,5 a
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	0,41	0,71	0,59	1,99	1,2
(2) Dawka aplikacji azotu (N) i siarki (S) – Rate of N and S application (kg·ha ⁻¹)						
A 0 N	41,9	153	177	24	55,5	5,9
B 20 N	44,0	153	177	24	56,6	6,2
C 40 N	39,3	153	177	24	53,8	5,9
D 40 N+10 S	44,7	153	177	24	57,4	5,9
E 60 N	44,4	153	177	24	56,2	6,2
F 60 N+10 S	47,1	153	177	24	55,0	5,7
G 80 N	43,5	154	177	24	56,4	6,4
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
NIR _{0,05} –LSD _{0,05} (1x2)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
(3) Odmiana – Cultivar						
Szafir	64,5 a	150 b	176 b	26 a	48,8 b	4,4 b
Amon	22,6 b	156 a	178 a	22 b	62,7 a	7,7 a
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	7,16	0,63	0,44	0,35	1,58	0,6
NIR _{0,05} –LSD _{0,05} (2x3)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

A, B, C, D, E, F, G – warianty nawożenia azotem i siarką – variants of nitrogen and sulphur fertilization

* Liczba dni od 1 stycznia – days from 1 January

r.n. – różnice nieistotne – no significant difference

roślin, liczbę rozgałęzień (tab. 3) oraz elementy struktury plonu: liczbę torebek na pojedynczej roślinie, liczbę nasion w torebce oraz masę 1000 nasion i masę nasion w torebce (tab. 4). Badania Zająca i in. [2002] udowodniły również, że wysokość roślin i liczba rozgałęzień nie była zależna od nawożenia NPK. Hocking [1995] w doświadczeniu wazonowym udowodnił natomiast, że wzrastające dawki azotu stymulowały wytwarzanie pędów bocznych przez rośliny. W doświadczeniach Wondolowskiej-Grabowskiej [2011] wykazano korzystny wpływ nawożenia podstawową dawką NPK + Plonvit R na masę 1000 nasion, natomiast nie stwierdzono istotnego zróżnicowania w liczbie torebek na roślinie. Według badań przeprowadzonych przez Zająca i in. [2001] oba te komponenty plonu były stabilne i nie różnicowały je dawki nawożenia,

Tabela 4. Wpływ badanych czynników na elementy struktury plonu lnu oleistego
 Table 4. Effect of estimated factors on yield components of linseed varieties

Czynniki Factors	Liczba roślin na m ² przed zbiorem No. of plants per m ² before harvest	Liczba torebek na roślinie No. capsules per plant (szt.– pcs)	Liczba torebek na m ² No. capsules per unit area (szt.– pcs)	Liczba nasion w torebce No. of seeds in the capsules (szt.– pcs)	Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds (g)	Masa nasion w torebce Weight of seeds in capsules (mg)
(1) Lata – Years						
2011	240	21,2 b	4478	8,9 a	7,14 b	63,0 a
2012	239	45,3 a	7365	8,5 b	7,32 a	61,7 b
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	7,99	r.n.	0,1	0,14	0,43
(2) Dawka aplikacji azotu (N) i siarki (S) – Rate of N and S application (kg·ha ⁻¹)						
A 0 N	230	29,8	5327	8,9	7,33	64,7
B 20 N	242	35,9	6023	8,7	7,35	63,6
C 40 N	216	30,0	5684	8,7	7,26	62,8
D 40 N+10 S	246	32,9	6614	8,7	7,12	61,5
E 60 N	244	35,3	6793	8,7	7,18	61,6
F 60 N+10 S	259	30,7	5836	8,4	7,17	59,8
G 80 N	239	38,1	5174	8,7	7,22	62,3
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
NIR _{0,05} –LSD _{0,05} (1x2)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
(3) Odmiana – Cultivar						
Szafir	355 a	17,9 b	6339	8,2 b	8,10 a	66,0 a
Amon	124 b	48,6 a	5505	9,2 a	6,37 b	58,7 b
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	29,4	4,21	r.n.	0,2	0,12	2,10
NIR _{0,05} –LSD _{0,05} (2x3)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

A, B, C, D, E, F, G – warianty nawożenia azotem i siarką – variants of nitrogen and sulphur fertilization
 r.n. – różnice nieistotne – no significant difference

natomiast intensywność rozgałęziania roślin lnu [Zajac 2004] zależała głównie od obsady roślin i w pewnym stopniu od warunków pogodowych w kwietniu i w maju. W badaniach własnych warunki pogodowe również decydowały o długości kwitnienia oraz istotnie kształtowały pokrój roślin i elementy struktury plonu. Wyższe ich wartości u obu badanych odmian notowano w drugim bardziej korzystnym dla rozwoju lnu roku badań (wielkość i rozłożenie opadów). Przebieg pogody decydował istotnie o wysokości roślin i komponentach plonu (liczba torebek na roślinie i masa 1000 nasion) także w badaniach Wondolowska-Grabowska [2011], zaś Strašil i Vorlíček [2004] potwierdzili wpływ czynnika pogodowego na liczbę torebek na roślinie.

Na różnice odmianowe w pokroju roślin i komponentach plonu obok cech genetycznych i czynnika nawozowego istotny wpływ miała obsada roślin przed zbiorem. Odmiana Amon,

mniejszą obsadę roślin kompensowała istotnie większą liczbą rozgałęzień i torebek na roślinie oraz lepszym wypełnieniem torebek nasionami, które jednak charakteryzowała istotnie mniejsza masa 1000 nasion i masa nasion w torebce (tab. 3 i 4).

Synteza dwuletnich badań wykazała, że w warunkach dobrych gleb Łagiewnik pod wpływem badanych wariantów nawożenia obserwowano niewielki wzrost plonu nasion i słomy lnu oleistego, z tym że istotny względem kontroli przyrost plonu nasion uzyskano w wariacie F gdzie stosowano 60 kg N·ha⁻¹ i 10 kg S·ha⁻¹, zaś istotnie wyższy wzrost plonu słomy obserwowano tylko przy najwyższej dawce azotu (80 kg N·ha⁻¹, wariant G) (tab. 5). Także w badaniach Strašila i Vorlička [2004] plon nasion lnu istotnie zwiększała dawka azotu w wysokości 60 kg N·ha⁻¹, która według Bramma i Dambrotha [1992] jest głównym czynnikiem gwarantującym dobre jego plonowanie.

Tabela 5. Wpływ badanych czynników na plon nasion i słomy lnu oleistego
Table 5. Effect of estimated factors on yield seeds and straw of linseed

Czynniki Factors	Plon nasion – Seeds yield (t·ha ⁻¹)			Plon słomy – Straw yield (t·ha ⁻¹)		
	Szafir	Amon	Średnio Mean	Szafir	Amon	Średnio Mean
(1) Lata – Years						
2011	1,30	1,38	1,34 b	1,90 b	1,83 b	1,86 b
2012	2,56	2,51	2,54 a	2,88 a	3,28 a	3,08 a
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.		0,27	0,12		0,34
(2) Dawka aplikacji azotu (N) i siarki (S) – Rate of N and S application (kg·ha ⁻¹)						
A 0 N	1,74	1,82	1,78 b	2,23 a	2,14 b	2,18 b
B 20 N	1,92	1,82	1,87 ab	2,52 a	2,42 ab	2,47 ab
C 40 N	1,85	1,94	1,89 ab	2,36 a	2,32 ab	2,34 ab
D 40 N+10 S	1,82	1,91	1,86 ab	2,36 a	2,64 ab	2,50 ab
E 60 N	2,01	2,06	2,04 ab	2,45 a	2,67 ab	2,56 ab
F 60 N+10 S	2,07	2,13	2,10 a	2,38 a	2,78 a	2,58 ab
G 80 N	2,07	1,94	2,01 ab	2,42 a	2,72 a	2,66 a
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.		0,28	0,59		0,42
(3) Odmiana – Cultivar						
	1,93	1,95		2,39 b	2,55 a	
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	r.n.			0,09		

A, B, C, D, E, F, G – warianty nawożenia azotem i siarką – variants of nitrogen and sulphur fertilization
r.n. – różnice nieistotne – no significant difference

W badaniach własnych w plonie nasion nie stwierdzono istotnego współdziałania odmian ze sposobem nawożenia. Istotną interakcję czynnika nawozowego z odmianą wykazano w plonie słomy. Nawożenie azotem tylko nieistotnie zwiększało plon słomy u ciemnonasiennej odmiany Szafir, natomiast u jasnonasiennej odmiany Amon, istotnie wyższy plon słomy względem kontroli otrzymano stosując łącznie 60 kg N·ha⁻¹ i 10 kg S·ha⁻¹ (wariant F) bądź po podaniu 80 kg N·ha⁻¹ (wariant G) (tab. 5).

Istotne różnice w reakcji na nawożenie obserwowano w latach badań, co spowodowane było zmiennym przebiegiem warunków hydrotermicznych w okresach krytycznego zapotrzebowania na wodę (maj, czerwiec), przypadającego na fazę kwitnienia i zawiązywania torebek. Dużą efektywność zastosowanego azotu, ale przy stosunkowo niskich plonach nasion i słomy obserwowano w pierwszym roku badań. Względem kontroli (1,02 t·ha⁻¹) nienawożonej azotem stosowane dawki tego składnika zwiększały średnio o 0,37 t·ha⁻¹ (37%) plon nasion i o 0,46 t·ha⁻¹ (31%) plon słomy (tab. 6). Plony istotnie wyższe względem kontroli dawały dawki powyżej 40 kg azotu, a najwyższą efektywność krańcową 1 kg N obserwowano po zastosowaniu dawki 60 kg N·ha⁻¹ lub gdy podano ją łącznie z dawką siarki (warianty E i F) (tab. 7).

Tabela 6. Wpływ warunków siedliskowych na plon nasion i słomy lnu oleistego
Table 6. Effect of environment on yield seeds and straw of linseed

Dawka aplikacji azotu (N) i siarki (S) Rate of N and S application (kg·ha ⁻¹)	Plon nasion – Seeds yield (t·ha ⁻¹)		Plon słomy – Straw yield (t·ha ⁻¹)	
	2011	2012	2011	2012
A 0 N	1,02 c	2,54 a	1,47 b	2,90 a
B 20 N	1,14 c	2,61 a	1,69 ab	3,25 a
C 40 N	1,10 c	2,68 a	1,68 ab	3,00 a
D 40 N+10 S	1,25 bc	2,48 a	1,95 ab	3,05 a
E 60 N	1,56 ab	2,51 a	2,17 a	2,96 a
F 60 N+10 S	1,61 ab	2,59 a	2,07 a	3,09 a
G 80 N	1,67 a	2,34 a	2,01 a	3,30 a
NIR _{0,05} –LSD _{0,05}	0,39		0,49	

A, B, C, D, E, F, G – warianty nawożenia azotem i siarką – variants of nitrogen and sulphur fertilization

Tabela 7. Produktywność krańcowa 1 kg N (kg nasion) dla badanych czynników w zależności od sposobu nawożenia azotem i siarką
Table 7. Marginal productivity of 1 kg N (kg seeds) for estimated factors depending on nitrogen and sulphur fertilization

Czynniki Factors	Termin i dawka aplikacji azotu (N) i siarki (S) – Date and rate of N and S application (kg·ha ⁻¹)						Średnia Mean
	B (20 N)	C (40 N)	D (40 N+10 S)	E (60 N)	F (60 N+10 S)	G (80 N)	
Lata – Years							
2011	5,75	-	5,95	22,8	25,4	5,95	10,7
2012	3,65	3,75	-	-	-	-	-
Odmiana – Cultivar							
Szafir	9	-	-	8	11	3	3,75
Amon	0	6	4,5	6	9,5	-	3,33
Średnia – Mean	4,5	1	-	7,5	10,5	-	

Niski poziom plonowania w pierwszym roku spowodowany był niedoborem wody w początkowym okresie wzrostu (kwiecień, maj), zwłaszcza w fazie kwitnienia, co znacznie ją skróciło i negatywnie przełożyło się na liczbę zawiązanych torebek na roślinie. W drugim roku badań w znacznie korzystniejszych warunkach wilgotnościowych w fazie kwitnienia i dojrzewania oraz przy zdecydowanie wyższym poziomie plonowania (średni plon nasion $2,54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i słomy $3,08 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), stosowane dawki nawożenia tylko nieistotnie różnicowały jego wysokość. Na obiektach zaś gdzie stosowano najwyższą dawkę azotu obserwowano niewielki spadek plonu nasion, co mogło być efektem wczesnego (w fazie kwitnienia) wylegania roślin. Również inni autorzy [Grant i in. 1999, Zając 2005] przy wyższej dawce azotu ($80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) obserwowali zwiększone wyleganie roślin, które istotnie obniżało plon nasion.

Na dużą zmienność plonu nasion formy oleistej lnu spowodowaną warunkami siedliskowymi a zwłaszcza przebiegiem pogody, który może znacząco kształtować pokrój i cechy roślin wskazuje wielu autorów [Bravi i Sommovigo 1997, Stražil i Vorlíček 2004, Zając 2004]. W latach o pogodzie sprzyjającej wegetacji obserwowali oni wyższe wartości elementów struktury plonu, co skutkowało istotnym wzrostem plonu.

Analizując efekt nawożenia siarką nie stwierdzono istotnego zróżnicowania w plonie między obiektami, na których stosowano siarkę w dawce $10 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ (wariant D i F) a obiektami gdzie jej nie stosowano (wariant C i E). Zmian w plonie nasion pod wpływem zastosowanej siarki ($50 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$) nie obserwowała także w swoich badaniach Wondołowska-Grabowska [2011a].

Niezależnie od poziomu nawożenia badane odmiany nie różniły się plonem nasion (Szafir $1,93$ i Amon $1,95 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), natomiast odmiana Szafir względem odmiany Amon charakteryzowała się istotnie niższym plonem słomy (odpowiednio $2,39$ i $2,55 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) (tab. 5). Podobnie w badaniach Zająca i in. [2001] dobór odmian nie wpływał istotnie na wysokość plonu nasion lnu oleistego. Czynnikiem genetycznym istotnie różnicował natomiast plon nasion w badaniach Saedi i Rowland [1999] oraz Wondołowska-Grabowska [2011].

WNIOSKI

1. W warunkach dobrych gleb Łagiewnik najwyższy plon nasion obydwu odmian lnu uzyskano stosując łącznie dawce $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $10 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast istotny wzrost plonu słomy obserwowano tylko u żółtonasiennej odmiany Amon po zastosowaniu $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $10 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ bądź po podaniu najwyższej dawki azotu ($80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$). Na wysokość plonu oraz efektywność zastosowanego azotu istotny wpływ miał przebieg pogody w latach badań.
2. Warunki pogodowe istotnie kształtowały obsadę i pokrój roślin (wysokość roślin, liczbę rozgałęzień) oraz komponenty plonu (liczbę torebek na pojedynczej roślinie, liczbę nasion w torebce oraz masę 1000 nasion i masę nasion w torebce), natomiast tylko nieistotnie modyfikował te cechy czynnik nawożenia. Wyższe wartości cech stwierdzono w 2012 roku, charakteryzującym się lepszymi warunkami wilgotnościowymi w okresach krytycznego zapotrzebowania na wodę.
3. Odmiany lnu oleistego o zróżnicowanej barwie nasion tylko nieistotnie różniły się plonem nasion. Żółtonasienna odmiana Amon mniejszą obsadę roślin (słabsze wschody) kompensowała istotnie większą liczbą rozgałęzień i torebek na roślinie oraz lepszym wypełnieniem torebek nasionami.

PIŚMIENNICTWO

- Andruszczak S., Gawlik-Dziki U., Kraska P., Kwiecińska-Poppe E., Różyło K., Pałys E. 2015. Yield and quality traits of two linseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivars as affected by some agronomic factors. *Plant Soil Environ.* 61: 247–252.
- Antonkiewicz J., Zajac T. 2003. Zawartość wybranych pierwiastków w lnie oleistym (*Linum usitatissimum* L.) w zależności od stadium rozwojowego i części roślin. *Chemia Inż. Ekol.* 10(9): 849–855.
- Bramm A., Dambroth M. 1992. Influence of genotype, crop density and nitrogen fertilization on the yield capacity of linseed. *Landbauforschung-Voelkenrode* 42(3): 193–198.
- Bravi R., Sommovo A. 1997. Seed production and certification of flax/linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Sementi-Elette* 43(2): 5–8.
- Dembiński F. 1975. Rośliny oleiste. PWRiL, Warszawa: 301–312.
- Diepenbrock W., Leon J., Clasen K. 1995. Yielding ability and yield stability of linseed in Central Europe. *Agron. J.* 87: 84–88.
- FAOSTAT 2015 (faostat.fao.org)
- Flenet F., Guerif M., Boiffin J., Dorvillez D., Champoliver L. 2006. The critical N dilution curve for linseed (*Linum usitatissimum* L.) is different from other C3 species. *Europ. J. Agron.* 24: 367–373.
- Fotyma E. 2003. Wpływ nawożenia siarką na wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez rośliny uprawy polowej. *Nawozy Nawożenie/Fertilizer Fertilization* 4: 117–136.
- 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.
- Hocking P.J. 1995. Effects of nitrogen supply on the growth, yields components and distribution of nitrogen in Linola. *J. Plant Nutr.* 18: 257–275.
- Jelińska M. 2005. Kwasy tłuszczowe – czynniki modyfikujące procesy nowotworowe. *Biul. Wydz. Farm. AMW* 1: 1–14.
- Kraska P., Andruszczak S., Kwiecińska-Poppe E., Różyło K., Świeca M., Pałys E. 2016. Chemical composition of seeds of linseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivars depending on the intensity of agricultural technology. *J. Elementol.* 21(2): 425–433.
- Mańkowski J. 1994. Poradnik plantatora lnu i konopi. Wyd. IWN. Poznań: 14–37.
- Popis E., Ratusz K., Przybysz M., Krygier K., Sakowska A., Konarska M. 2015. Światowa oraz polska produkcja lnu oleistego i oleju lnianego. *Zesz. Nauk. SGGW Warszawa. Probl. Rolnictwa Światowego* 15(2): 106–116.
- Saeidi G., Rowland G.G. 1999. Seed colour and linolenic acid effects on agronomic traits in flax. *Can. J. Plant Sci.* 79: 521–526.
- Sielicka M.M. 2014. Ocena skuteczności dodatku substancji o właściwościach przeciw utleniających w przedłużeniu trwałości oleju tłoczonego na zimno. Praca doktorska. Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, ss. 46.
- Stražil Z., Vorlíček Z. 2004. Effect of soil and weather conditions and some agricultural practices on yield and yield components in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Sci. Agric. Bohemica* 35(2): 52–56.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 2000. Problemy nawożenia rzepaku siarką w Polsce i na świecie. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 21: 450–451.
- Wielebski F., Wójtowicz M., Spasibionek S. 2016. Wpływ gęstości siewu i warunków siedliskowych na plon nasion oraz cechy morfologiczne i elementy struktury plonu żółto i brązowonasiennych odmian lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.). *Fragm. Agron.* 33(3): 124–133.
- Wondolowska-Grabowska A. 2011. Modyfikacja parametrów morfologicznych i strukturotwórczych roślin lnu oleistego nawożonych makro- i mikroelementami. *Zesz. Nauk. UP Wrocław* 582, Rol. 99: 143–157.
- Wondolowska-Grabowska A. 2011a. Wysokość i jakość plonu lnu oleistego nawożonego makro- i mikroelementami. *Zesz. Nauk. UP Wrocław* 582, Rol. 99: 159–173.
- Zajac T. 2004. Współczesne uwarunkowania uprawy i wykorzystania lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.). *Post. Nauk Rol.* 2: 77–91.
- Zajac T. 2005. Powierzchnia asymilacyjna i plonowanie odmian lnu oleistego w zależności od gęstości siewu i nawożenia mineralnego. *Acta Agr. Silv., ser. Agraria* 45: 65–76.

- Zajac T., Antonkiewicz J., Witkiewicz R. 2002. Kształtowanie się zawartości wybranych pierwiastków w roślinach lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.) w zależności od faz rozwojowej i części rośliny. *Acta Agrobot.* 55(2): 37–50
- Zajac T., Borowiec F., Micek P. 2001. Porównanie produktywności, składu chemicznego i profilu kwasów tłuszczowych żółtych i brązowych nasion lnu oleistego. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops* 22(2): 441–454.
- Zajac T., Kulig B. 2001. Oszacowanie wpływu wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie lnu oleistego w doświadczeniu 3⁴. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 22(2): 597–608.
- Zajac T., Oleksy A. 2010. Len oleisty. W: *Rośliny oleiste uprawa i zastosowanie*. Budzyński W., Zajac T. (red.) PWRiL Poznań: 125–141.
- Zajac T., Oleksy A., Kulig B., Klimek A. 2010. Uwarunkowania plonowania formy oleistej lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.) oraz jej znaczenie żywieniowe i lecznicze. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 9(2) : 47–63.
- Zajac T., Oleksy A., Stokłosa A., Klimek-Kopyra A., Kulig B. 2013. The development competition and productivity of linseed and pea-cultivars grown in a pure sowing or in a mixture. *Europ. J. Agron.* 44: 22–31.
- Zubal P. 2001. Vplyv terminu sejby, vysevku a vyživy na urodu lanu siateho olejneho (*Linum usitatissimum* L.). *Ved. Prace Vys. Ust. Rastl. Vyr. Piestany* 30: 33–38.

F. WIELEBSKI, M. WÓJTOWICZ, S. SPASIBONEK

EFFECT OF NITROGEN AND SULPHUR FERTILIZATION ON SEED YIELD OF YELLOW AND BROWN LINSEED VARIETIES (*LINUM USITATISSIMUM* L.)

Summary

The response of two linseeds varieties: Polish brown seeded variety Szafir, and the Czech yellow seeded variety Amon, to five nitrogen doses (0, 20, 40, 60, 80 kg N·ha⁻¹) were investigated in field experiment carried out in 2011–2012. Nitrogen doses of 40 and 60 kg N·ha⁻¹ were applied with or without sulphur (10 kg S·ha⁻¹). In the conditions of good soils in Łagiewniki the highest yield of seeds of both varieties was obtained after application of 60 kg N·ha⁻¹ and 10 kg S·ha⁻¹, while a significant increase in the yield of straw was observed only in the yellow seeded variety Amon after application of 60 kg N·ha⁻¹ and 10 kg S·ha⁻¹, or after application of the highest dose of nitrogen (80 kg N·ha⁻¹). The yield and efficiency of applied nitrogen were significantly influenced by weather conditions in the years of investigations. Weather conditions also significantly shaped the plant density and plant habit and yield components, while fertilizer factor only insignificantly modified these characteristics. Higher values of analyzed traits were recorded in 2012, characterized by better hydro conditions in critical periods of water needs. The tested linseed varieties only insignificantly differed in seed yield. The smaller plant density of the yellow seeded variety Amon (weaker emergence of plants) was compensated by significantly greater number of branches and capsules on the plant and the higher number of seeds in capsules.

Key words: linseed, nitrogen and sulphur fertilization, yield seed, yield components, morphological traits

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 6.07.2016

Do cytowania – *For citation*

Wielebski F., Wójtowicz M., Spasibonek S. 2016. Wpływ nawożenia azotem i siarką na plonowanie żółto i brązowonasiennych odmian lnu oleistego (*Linum usitatissimum* L.). *Fragm. Agron.* 33(4): 134–144.