

## WPLYW NAWOŻENIA SIARKĄ NA CECHY MORFOLOGICZNE, PLON BIOLOGICZNY NASION I ZAGĘSZCZENIE ŁANU GORCZYCY BIAŁEJ UPRAWIANEJ NA NASIONA

MAGDALENA SERAFIN-ANDRZEJEWSKA<sup>1</sup>

*Institut Agroekologii i Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,  
pl. Grunwaldzki 24 A, 50-363 Wrocław*

**Synopsis.** W latach 2007–2009 na polach Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przeprowadzono doświadczenie, mające na celu ocenę kształtowania cech morfologicznych i zagęszczenia łanu gorczycy białej oraz określenie plonu biologicznego nasion, pod wpływem zróżnicowanego nawożenia siarką. Doświadczenie założono w układzie „split-plot” jako dwuczynnikowe: 1 – odmiany gorczycy białej (Nakielska, Radena i Metex), 2 – zróżnicowane dawki S w  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (0 – kontrola, 10, 20, 30). Zastosowanie siarki w dawce  $10 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  skutkowało zwiększeniem wysokości roślin, wysokości do pierwszego rozgałęzienia, wytworzeniem większej liczby rozgałęzień pierwszego rzędu oraz zawiązaniem większej liczby łuszczyn na 1 roślinie o większej masie nasion z 1 łuszczyny. Kolejne zwiększenie dawki siarki do poziomu  $20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  spowodowało, że rośliny osadziły istotnie wyżej I rozgałęzienie oraz wykształcały istotnie więcej łuszczyn. Rośliny nawożone największą dawką siarki ( $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) charakteryzowały się istotnie największą wysokością do wierzchołka pędu oraz większym ugięciem łanu. Największy biologiczny plon nasion w wielkości  $3,84 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  wytworzyła odmiana Nakielska przy najniższej stosowanej dawce siarki, czyli  $10 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Przeprowadzone badania potwierdzają, że nawożenie siarką jest jednym z głównych czynników kształtujących rozwój roślin i elementy struktury plonu gorczycy białej.

**Słowa kluczowe:** *Sinapsis alba*, nawożenie, siarka, plon biologiczny nasion, cechy morfologiczne

### WSTĘP

Gorczyca biała, spośród uprawianych w Polsce jarych roślin z rodziny *Brassicaceae*, odznacza się najbardziej stabilnym plonowaniem [Muśnicki i in. 1997, Tobała i Muśnicki 1999]. Gatunek ten w Polsce uprawia się na nasiona, które mają zastosowanie jako przyprawa i naturalny konserwant oraz składnik medykamentów wykorzystywanych w fitofarmacji, jako międzyplon i na zieloną masę [Sawicka i Kotiuk 2007]. Znaczący wzrost zainteresowania uprawą gorczycy białej nastąpił w ostatnim 10-leciu XX wieku, kiedy to w kilku kolejnych sezonach wegetacyjnych podczas spoczynku zimowego roślin wymarzała większość zasiewów rzepaku ozimego. Ponadto możliwość częściowego zastąpienia materii organicznej (pierwotnie pochodzącej z obornika) biomasą gorczycy białej uprawianej np. w międzyplonie, skłoniła wielu rolników do ponownego umieszczenia tego gatunku w zmianowaniu.

Siarka należy do grupy makro pierwiastków stanowiących niezbędne składniki pokarmowe, dzięki którym odbywa się prawidłowy wzrost i rozwój roślin [Maathuis 2009, Spencer 1975]. Siarka uznawana jest za jeden z podstawowych pierwiastków warunkujących wysokie plonowanie roślin oleistych, ale nie jest konieczna do prawidłowego wzrostu i rozwoju wegetatywnego [Abdallah i in. 2010]. Rośliny prawidłowo zaopatrzone w siarkę są bardziej odporne na

<sup>1</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address*: magdalena.serafin-andrzejewska@upwr.edu.pl

potencjalnie występujące stresy abiotyczne i biotyczne [Bloem i in. 2014]. W przypadku zbyt małej ilości siarki dostępnej dla roślin z rodziny kapustowatych w fazie dojrzewania, redukcji ulega ilość i wielkość łuszczyń, a także liczba nasion w pojedynczej łuszczyźnie [Marska i Wróbel 2000, Schnug i in. 2003]. Siarka odgrywa szczególnie ważną rolę w przemianach azotu. Potrzeby zaopatrzenia roślin w siarkę istotnie wzrastają przy wysokim nawożeniu azotem, co wynika głównie z faktu, że fizjologiczny metabolizm azotu jest ściśle powiązany z przemianami siarki w roślinie. Wzrost dawek azotu prowadzi do zwiększonego plonu, co w konsekwencji powoduje intensywniejsze zapotrzebowanie roślin w siarkę [Fotyma i in. 2004, Krauze i Bowszys 2000].

Stąd wynika niezmiernie ważny postulat dotyczący wyznaczenia optymalnych dawek nawożenia siarką dla roślin kapustowatych, tak by uzyskany plon nasion był zadowalający nie tylko pod względem ilościowym, ale i jakościowym.

Nieliczne doświadczenia dotyczące reakcji gorczycy białej na nawożenie siarką nie dają obecnie miarodajnych wskazówek producentom rolnym, co do celowości jego stosowania w uprawie tego gatunku. Stało się to jedną z głównych inspiracji do podjęcia badań w tym zakresie.

## MATERIAŁ I METODY

W latach 2007–2009 na polach Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (Pawłowice 51°10' N, 17°06' E) przeprowadzono doświadczenie, mające na celu ocenę kształtowania cech morfologicznych i zagęszczenia łąnu gorczycy białej oraz określenie plonu biologicznego nasion, pod wpływem zróżnicowanego nawożenia siarką. Doświadczenie założono w układzie „split-plot” jako dwuczynnowe: 1 czynnik – trzy odmiany gorczycy białej (Nakielska, Radena i Metex), 2 czynnik – zróżnicowane dawki S w  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (0 – kontrola, 10, 20, 30).

Po wschodach i przed zbiorem określono obsadę roślin na 1  $\text{m}^2$  na każdym poletku doświadczalnym. Przed zbiorem na 10 losowo pobranych z każdego poletka roślinach określono: wysokość roślin do wierzchołka pędu głównego, wysokość do pierwszego plonującego rozgałęzienia, liczbę rozgałęzień pierwszego rzędu, liczbę łuszczyń na 1 roślinie, ugięcie łąnu. Na wszystkich poletkach doświadczalnych pobrano losowo po 20 łuszczyń pochodzących ze środkowej części pędów głównych gorczycy i określono liczbę i masę nasion w 1 łuszczyźnie. Na podstawie zagęszczenia roślin przed zbiorem, liczby łuszczyń na roślinie i masy nasion w łuszczyźnie obliczono biologiczny plon nasion. Trzyletnie wyniki opracowano statystycznie zgodnie z metodyką doświadczeń polowych, za pomocą analizy wariancji [Elandt 1964]. Uzyskane wyniki oceniono testem t Studenta przy poziomie ufności  $p = 0,05$ .

Doświadczenia zakładano corocznie na glebie należącej do działu gleb autogenicznych, rzędu brunatnoziemnych, typu płowego, podtypu typowe, wytworzonej z gliny lekkiej na glinie średniej, zaliczanej do kompleksu przydatności rolniczej pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej III b. Przed założeniem doświadczenia pobierano do analiz chemicznych próbki gleby i oznaczano w nich zawartość składników pokarmowych: fosforu, potasu, magnezu, siarki oraz pH gleby w 1M KCl. Zawartość siarki ogólnej we wszystkich latach prowadzenia eksperymentu polowego kształtowała się na bardzo niskim poziomie. Zawartość fosforu w glebie w roku 2007 była wysoka, natomiast w latach 2008 i 2009 bardzo wysoka. We wszystkich latach badań zasobność gleby w potas była średnia, natomiast w magnez była zróżnicowana – w roku 2007 średnia, w roku 2008 bardzo wysoka, a w roku 2009 wysoka. Odczyn gleby był kwaśny we wszystkich latach badań. W każdym roku doświadczenia przedplonem dla gorczycy białej była pszenica ozima. Przed założeniem doświadczenia zastosowano nawożenie mineralne, stosując ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ): 10, 20, 30 S (siarczan amonu 24% S + 21% N), a pozostałą dawkę N uzupełniano do

100 kg (saeletra amonowa 34%), 60 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfat potrójny 46%) i 120 K<sub>2</sub>O (sól potasowa 60%). Górczycę wysiewano w następujących terminach: 6.04.2007 roku (ze względu na awarię zespołu wysiewającego siew powtórzono 14.05.2007), 15.04.2008 oraz 14.04.2009. Terminy siewu były opóźnione w stosunku do optymalnego ze względu na wcześniejsze zbyt silne uwilgotnienie gleby. Na 1 m<sup>2</sup> wysiewano 100 nasion o pełnej wartości użytkowej. We wszystkich latach badań posiewnie stosowano eksperymentalnie Butisan Star 416 SC w dawce 1,0 dm<sup>3</sup> na 1 ha (z powodu braku zarejestrowanych herbicydów w uprawie górczycy) w celu ograniczenia zachwaszczenia. We wszystkich latach prowadzenia doświadczenia polowego występował słodyszek rzepakowy (*Meligethes aeneus* F.), a także chowacz podobnik (*Ceutorhynchus assimilis* Payk.) i pryszczarek kapustnik (*Dasyneura brassicae* Winn.). W ochronie górczycy białej stosowano następujące insektycydy: Cyperkill Super 25 EC (0,10 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>), Karate Zeon 050 CS (0,15 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>), Mospilan 20 SP (0,12 kg·ha<sup>-1</sup>). Ze względu na zmienny przebieg warunków pogodowych w okresie wykształcania i dojrzewania łuszczyn oraz nasion corocznie przed zbiorem zachodziła konieczność wykonania desykacji preparatem Reglone Turbo 200 SL (1,7 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>). Zbiór roślin wykonywano w następujących terminach: 14.08.2007, 11.08.2008 i 10.08.2009. Przebieg warunków pogodowych w latach badań przedstawiono w tabeli 1.

## WYNIKI BADAŃ

Obsada badanych odmian górczycy białej po wschodach była zbliżona do planowanej (tab. 2), jednak w żadnym z okresów badawczych nie osiągnięto zakładanej w metodyce doświadczenia teoretycznej liczby roślin po wschodach na jednostce powierzchni. W czasie wegetacji obserwowano kilkuprocentowe zaniki roślin, które wahały się w przedziale od 5 do 9%. Nie wykazano wpływu współdziałania badanych czynników na obsadę roślin górczycy białej przed zbiorem, a liczba roślin na 1 m<sup>2</sup> przed zbiorem wynosiła 68–74 sztuk. Liczba roślin górczycy białej na 1 m<sup>2</sup> zarówno po wschodach, jak i przed zbiorem, zależała istotnie od czynnika odmianowego oraz różnicowała się pod wpływem układu warunków pogodowych w latach badań. Najmniejszą liczbą roślin na 1 m<sup>2</sup> po wschodach charakteryzowała się nasienna odmiana Metex – 74 szt., natomiast największą zielonkowa odmiana Radena – 78 szt. Podobną zależność odnotowano porównując obsadę roślin poszczególnych odmian górczycy na jednostce powierzchni przed zbiorem. Średnio zaniki roślin podczas wegetacji, niezależnie od odmiany, kształtowały się na poziomie 8%.

Niekorzystny układ warunków pogodowych w 2007 (tab. 1) roku oraz opóźniony termin siewu istotnie zmniejszyły średnią liczbę roślin górczycy białej na 1 m<sup>2</sup> po wschodach (68 szt.), która następnie, na skutek ubytków roślin podczas wegetacji, uległa dalszemu zmniejszeniu do 60 szt. Wyniki badań Zielonki i Szczebiota [2001] wskazują, że przesunięcie terminu siewu z trzeciej dekady kwietnia na drugą dekadę maja skutkuje wzrostem ubytków roślin podczas wegetacji o 7% i powoduje zmniejszenie zawiązywania łuszczyn o połowę. W sezonie wegetacyjnym 2008 roku odnotowano największą liczbę roślin po wschodach na jednostce powierzchni, co można uzasadnić dobrymi warunkami wilgotnościowo-termicznymi panującymi bezpośrednio po siewie (opad deszczu, ciepło), a to następnie skutkowało wysoką obsadą roślin przed zbiorem – 73 szt. roślin na 1 m<sup>2</sup>. Rok 2009 charakteryzował się wschodami roślin na poziomie 79 sztuk na 1 m<sup>2</sup> i najmniejszymi zanikami roślin podczas wegetacji, wynoszącymi tylko 3%. Paszkiewicz-Jasińska [2005] wskazuje, że w rozwoju górczycy białej na kształtowanie się obsady roślin po wschodach oraz przed zbiorem, a także procent ubytków roślin podczas wegetacji, największy wpływ mają zmienne warunki atmosferyczne w poszczególnych latach uprawy, a w dalszej kolejności czynnik odmianowy i zastosowana agrotechnika. Wcześniejsze

Tabela 1. Warunki pogodowe w latach badań (2007–2009)  
 Table 1. Weather conditions in the years of experiment (2007–2009)

Miesiąc Month	Lata/Years			
	2007	2008	2009	1976–2005
Temperatura/Temperature (°C)				
III	6,5	4,6	4,6	3,7
IV	10,9	8,9	12,0	8,3
V	16,2	14,3	14,2	14,1
VI	19,2	18,8	15,8	16,9
VII	19,3	19,8	19,6	18,7
VIII	18,9	18,9	19,4	17,9
Średnia/Mean ( III–VIII)	15,2	14,2	14,3	13,3
Opady/Rainfalls (mm)				
III	48,8	33,0	48,3	31,7
IV	2,7	87,1	30,9	30,5
V	50,3	37,3	67,6	51,3
VI	69,2	36,5	141,7	59,5
VII	92,4	65,6	134,2	78,9
VIII	52,8	94,0	53,5	61,7
Suma/Total (III–VIII)	316,2	353,5	476,2	313,6

badania wskazują, że susza występująca w okresie kiełkowania wpływa na obniżenie liczby wschodzących roślin na jednostce powierzchni, co ma odzwierciedlenie w uzyskanym plonie nasion i jego jakości [Lewandowski 1990]. W doświadczeniu własnym niekorzystne warunki pogodowe w okresie kiełkowania nasion i opóźniony termin siewu w 2007 roku przyczyniły się do istotnego obniżenia liczby roślin na 1 m<sup>2</sup> po wschodach, w stosunku do pozostałych dwóch lat badań. Paszkiewicz-Jasińska [2005] zwraca uwagę na procentową różnicę w ubytkach roślin podczas okresów wegetacji 1998–2000 odmian Ascot i Nakielska. W całym trzyleciu badawczym odmiana Ascot, w porównaniu z odmianą Nakielska, charakteryzowała się większymi średnio o 3% ubytkami roślin w czasie wegetacji. W badaniach własnych, u odmian Metex, Nakielska i Radena, nie stwierdzono wpływu czynnika odmianowego na wielkość ubytków roślin podczas wegetacji (tab. 2).

Badane cechy morfologiczne odmian gorczyicy białej, za wyjątkiem wysokości do I rozgałęzienia oraz ugięcia łanu, kształtowały się pod wpływem współdziałania czynników doświadczenia (tab. 3 i 4). Analizując interakcję czynnika odmianowego ze zróżnicowanym nawożeniem siarką, stwierdzono, że najniższą wysokością roślin i masą nasion z 1 łuszczyzny charakteryzowała się odmiana Metex pozbawiona nawożenia siarką. Ponadto podobnie reagowała odmiana Nakielska w odniesieniu do liczby nasion z 1 łuszczyzny. Najwięcej łuszczyzn na roślinie (164 szt.) wytworzyły rośliny odmiany Metex, nawożone najwyższą badaną dawką siarki: 30 kg·ha<sup>-1</sup>.

Tabela 2. Liczba roślin gorczycy białej na 1 m<sup>2</sup> i zaniki roślin podczas wegetacji  
 Table 2. Number of white mustard plants and plants losses during vegetation

Wyszczególnienie Specification		Liczba roślin na 1 m <sup>2</sup> Number of plants per 1 m <sup>2</sup>		Ubytki roślin podczas wegetacji Plants losses during vegetation (%)
		po wschodach after emergence	przed zbiorem before harvesting	
Odmiana i dawka S/Cultivar and S dose (kg·ha <sup>-1</sup> )				
Metex	0	73	68	7
	10	74	68	8
	20	74	69	7
	30	73	67	8
Nakielska	0	78	72	8
	10	78	71	9
	20	77	71	8
	30	77	71	8
Radena	0	77	73	5
	10	78	72	8
	20	78	71	9
	30	78	74	5
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>		r.n.	r.n.	–
Średnio dla odmian/Means for cultivar				
Metex		74	68	8
Nakielska		77	71	8
Radena		78	72	8
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>		1	1	–
Średnio dla dawek S/Means for S doses (kg·ha <sup>-1</sup> )				
0		76	71	7
10		76	70	8
20		76	70	8
30		76	70	8
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>		r.n.	r.n.	–
Średnio dla lat/Means for years				
2007		68	60	12
2008		82	73	11
2009		79	77	3
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>		1	1	–

r.n. – różnica nieistotna/no significant difference

Tabela 3. Cechy morfologiczne roślin gorczycy białej przed zbiorem  
Table 3. Morphological features of white mustard before harvesting

Wyszczególnienie Specification		Wysokość roślin Height of plants (cm)	Wysokość do I rozgałę- zienia Height to the 1 <sup>st</sup> branch (cm)	Liczba rozgałęzień I rzędu Number of 1 <sup>st</sup> branches	Ugięcie łąnu Deflection of plants (cm)
Odmiana i dawka S/Cultivar and S dose (kg·ha <sup>-1</sup> )					
Metex	0	91	31	6,7	11
	10	95	32	7,1	13
	20	95	35	6,8	13
	30	97	35	7,0	15
Nakielska	0	102	38	5,8	14
	10	104	41	6,6	15
	20	104	46	6,0	15
	30	107	44	6,2	16
Radena	0	103	38	6,3	15
	10	105	40	6,2	17
	20	102	44	6,4	18
	30	106	46	6,3	19
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>		2	r.n.	0,4	r.n.
Średnio dla odmian/Means for cultivar					
Metex		95	33	6,9	13
Nakielska		104	42	6,1	15
Radena		104	42	6,3	17
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>		1	1	0,2	1
Średnio dla dawek S/Means for S doses (kg·ha <sup>-1</sup> )					
0		98	35	6,3	13
10		101	38	6,6	15
20		100	42	6,4	15
30		103	41	6,5	17
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>		1	1	0,2	1
Średnio dla lat/Means for years					
2007		90	22	8,8	16
2008		89	39	5,2	13
2009		124	56	5,3	16
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>		1	1	0,2	1

r.n. – różnica nieistotna/no significant difference

Tabela 4. Elementy składowe plonu gorzycy białej i biologiczny plon nasion  
 Table 4. Yield components of white mustard and biological yield of seeds

Wyszczególnienie Specification		Liczba łuszczyń na roślinie Number of siliques per plant	Liczba nasion z 1 łuszczyzny Number of seeds per silique	Masa nasion z 1 łuszczyzny Weight of seeds in silique (mg)	Plon biologiczny nasion Biological yield of seeds (t·ha <sup>-1</sup> )
Odmiana i dawka S/Cultivar and S dose (kg·ha <sup>-1</sup> )					
Metex	0	134	5,2	23,8	2,10
	10	149	5,4	27,7	2,06
	20	157	5,0	28,1	2,09
	30	164	5,2	27,4	2,32
Nakielska	0	121	5,3	29,8	3,20
	10	130	5,5	34,5	3,84
	20	139	5,4	30,9	3,49
	30	139	5,6	30,3	3,47
Radena	0	138	5,2	28,2	2,57
	10	140	5,2	29,0	2,89
	20	150	5,3	29,7	3,40
	30	149	5,4	29,9	3,59
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>		6	0,2	1,2	0,14
Średnio dla odmian/Means for cultivar					
Metex		151	5,2	26,7	2,14
Nakielska		132	5,5	31,4	3,50
Radena		144	5,3	29,2	3,11
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>		3	0,1	0,7	0,07
Średnio dla dawek S/Means for S doses (kg·ha <sup>-1</sup> )					
0		131	5,2	27,2	2,62
10		140	5,4	30,4	2,93
20		149	5,3	29,6	2,99
30		151	5,4	29,2	3,12
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>		3	0,1	0,7	0,08
Średnio dla lat/Means for years					
2007		157	5,3	22,8	2,77
2008		140	5,4	34,1	2,90
2009		131	5,3	30,5	3,08
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>		3	r.n.	0,7	0,07

r.n. – różnica nieistotna/no significant difference

Współdziałanie czynnika odmianowego i nawożenia siarką nie modyfikowało ugięcia łanu, natomiast uwidoczniło się w przypadku pozostałych analizowanych cech. Istotnie najwyższą masę nasion z 1 łuszczyzny (34,5 mg) uzyskano w uprawie odmiany Nakielska, nawożonej siarką w dawce 10 kg·ha<sup>-1</sup>.

Cechy morfologiczne roślin gorczycy białej, przedstawione w tabelach 3 i 4, były istotnie różnicowane przez czynnik odmianowy, a także pod wpływem wzrastającego nawożenia siarką oraz pod wpływem zmiennych warunków pogodowych w poszczególnych latach badań. Odmiana Metex, w porównaniu do pozostałych ocenianych odmian, odznaczała się istotnie niższą wysokością roślin przed zbiorem, wysokością do I rozgałęzienia, masą nasion z 1 łuszczyzny oraz mniejszym ugięciem łanu. Przy tym jednak wytworzyła ona najwięcej rozgałęzień I rzędu (6,9 szt.) oraz największą liczbę łuszczyzn na roślinie (151 szt.). Odmiany Nakielska i Radena charakteryzowały się taką samą średnią wysokością roślin do wierzchołka pędu i do pierwszego rozgałęzienia, ale zielonkowa Radena wytworzyła istotnie więcej łuszczyzn na roślinie (144 szt.) od Nakielskiej i była bardziej podatna na wyleganie przed zbiorem. Ponadto nasienna odmiana Nakielska charakteryzowała się największą liczbą (5,5 szt.) i masą (31,4 mg) nasion z 1 łuszczyzny. Podsumowując, najslabiej w świetle wybranych elementów struktury plonu wypadła odmiana Metex.

W ramach przeprowadzonych badań stwierdzono istotny wpływ zróżnicowanego nawożenia siarką na wszystkie oceniane cechy morfologiczne gorczycy białej (tab. 3 i 4). Zastosowanie siarki w dawce 10 kg·ha<sup>-1</sup>, w porównaniu do obiektów pozbawionych nawożenia, skutkowało istotnie bujniejszym wzrostem roślin gorczycy (zwiększenie wysokości roślin, wysokości do I rozgałęzienia, wytworzenie większej liczby rozgałęzień I rzędu) oraz zawiązaniem większej liczby łuszczyzn na roślinie. Ponadto przy nawożeniu 10 kg siarki na 1 ha odnotowano największą masę nasion z 1 łuszczyzny. Kolejne zwiększenie dawki siarki do poziomu 20 kg·ha<sup>-1</sup> skutkowało tym iż rośliny istotnie wyżej wykształcały pierwsze rozgałęzienie, oraz wytwarzały więcej łuszczyzn, w porównaniu do nawożenia siarką na poziomie 10 kg·ha<sup>-1</sup>. Potwierdzone zostały więc wcześniejsze doniesienia [Marska i Wróbel 2000, Schnug i in. 2003] mówiące o istotnym wpływie nawożenia siarką na zwiększanie ilości zawiązywanych łuszczyzn i liczby nasion z łuszczyzny u roślin z rodziny *Brassicaceae*. Rośliny nawożone największą dawką siarki (30 kg·ha<sup>-1</sup>) charakteryzowały się istotnie największą wysokością do wierzchołka pędu oraz ugięciem łanu. Ponadto wzrastające dawki nawożenia siarką powodowały stopniowe zwiększenie wylegania łanu.

Warunki pogodowe w 2007 (tab. 1) roku w okresie rozwoju wegetatywnego gorczycy nie sprzyjały bujnemu wzrostowi roślin na wysokość, ale korzystnie wpłynęły na początkowy rozwój generatywny, ponieważ średnio odmiany wytworzyły najwięcej rozgałęzień bocznych (8,8 szt.) i łuszczyzn (157 szt.). Nadmierne opady towarzyszące wykształcaniu, a następnie dojrzewaniu nasion w łuszczyznach, spowodowały istotnie zmniejszenie masy nasion w 1 łuszczyźnie (tab. 3). Ponadto silne uwilgotnienie roślin przed zbiorem, podobnie jak w 2009 roku, zwiększyło ugięcie łanu. Okres wegetacyjny gorczycy białej w 2008 roku charakteryzował się silnie zmiennymi warunkami pogodowymi. Początek czerwca, w którym rośliny rozpoczęły kwitnienie, odznaczał się wysokimi średnimi temperaturami powietrza (20,3°C) oraz bardzo niską sumą opadów (3,2 mm), co skutkowało zmniejszeniem wysokości roślin oraz małą liczbą rozgałęzień bocznych. Wykształcanie łuszczyzn i początkowe dojrzewanie przebiegało również w warunkach wysokich temperatur powietrza, w stosunku do średnich z wielolecia, ale równomierny rozkład opadów w tym okresie wpłynął istotnie na zwiększenie, w porównaniu do pozostałych lat badań, masy nasion z 1 łuszczyzny (34,1 mg). W 2008 roku rośliny gorczycy charakteryzowały się znacząco mniejszym wyleganiem przed zbiorem. W roku 2009 przebieg pogody w trakcie rozwoju gorczycy był bardzo zmienny. Gorczyca w 2009 roku osiągnęła największą wysokość



(124 cm) i najwyższej wykształcała I rozgałęzienie (56 cm). W II, a następnie III dekadzie czerwca, w fazie wykształcana łuszczyn, miały miejsce bardzo silne opady, które ograniczyły zawiązywanie owoców. Dalsze opady w lipcu, przy jednocześnie wysokich temperaturach powietrza (19,6 °C), istotnie wpłynęły na uzyskaną masę nasion z 1 łuszczyny, a także przyczyniły się do zwiększenia ugięcia łanu roślin przed zbiorem (tab. 3 i 4).

W nielicznych pracach polskich [Budzyński i Jankowski 2001] jest niewiele informacji dotyczących wpływu nawożenia siarką na poszczególne cechy morfologiczne i elementy składowe plonu gorczycy białej. W cytowanych powyżej badaniach stwierdzono jedynie wpływ głównego nawożenia azotem na wysokość roślin, natomiast siarka wyraźnie hamowała wzrost łodyg. Stoi to w sprzeczności z wynikami badań własnych, w których wzrastające dawki nawożenia siarką stymulowały wzrost roślin na wysokość (tab. 3). Ponadto Budzyński i Jankowski [2001] nie stwierdzili wpływu uzupełniającego, w stosunku do przedsięwziętego wnoszenia NPK, nawożenia siarką na liczbę zawiązanych łuszczyn przez rośliny gorczycy. Doświadczenie własne wskazuje na korzystny wpływ wzrastających do 20 kg·ha<sup>-1</sup> dawek nawożenia siarką na liczbę łuszczyn na roślinie (tab. 4).

Biologiczny plon nasion gorczycy białej zależał od liczby łuszczyn na roślinie i masy nasion w łuszczynie, natomiast nie był warunkowany liczbą roślin na jednostce powierzchni przed zbiorem. Wykazano istotny wpływ wszystkich analizowanych czynników na wielkość tej cechy. Z odmiany Nakielska uzyskano najwyższy plon biologiczny nasion (3,50 t·ha<sup>-1</sup>). W odniesieniu do nawożenia siarką, już zastosowanie 10 kg·ha<sup>-1</sup> przyczyniło się do istotnego zwiększenia plonu biologicznego nasion, a zastosowanie 30 kg·ha<sup>-1</sup> przyczyniło się do uzyskania najwyższego plonu biologicznego nasion gorczycy białej. Analizując interakcję badanych czynników można zaobserwować, że odmiany w różny sposób reagowały na zróżnicowane dawki siarki. W przypadku odmiany Metex i Radena najwyższy plon biologiczny nasion uzyskano po zastosowaniu siarki w dawce 30 kg·ha<sup>-1</sup>, natomiast odmiana Nakielska najlepiej zareagowała na najniższą stosowaną dawkę siarki, czyli 10 kg·ha<sup>-1</sup>, wytwarzając plon biologiczny nasion w wielkości 3,84 t·ha<sup>-1</sup>, co było najwyższą uzyskaną w badaniach własnych wartością tego parametru (tab. 4).

## WNIOSKI

1. Zastosowanie siarki w dawce 10 kg·ha<sup>-1</sup> skutkowało zwiększeniem wysokości roślin, wysokości do I rozgałęzienia, wytworzeniem większej liczby rozgałęzień I rzędu oraz zawiązaniem większej liczby łuszczyn na 1 roślinie o większej masie nasion z 1 łuszczyny. Kolejne zwiększenie dawki siarki do poziomu 20 kg·ha<sup>-1</sup> spowodowało, że rośliny istotnie wyżej tworzyły I rozgałęzienie i wykształcały więcej łuszczyn. Rośliny nawożone najwyższą dawką siarki (30 kg·ha<sup>-1</sup>) charakteryzowały się istotnie największą wysokością do wierzchołka pędu oraz ugięciem łanu.
2. Wszystkie cechy morfologiczne roślin oraz składowe plonu, były istotnie zależne od odmiany. Spośród ocenianych morfotypów, wyższą wysokością roślin oraz wysokością do I rozgałęzienia charakteryzowała się odmiana Radena, która także najbardziej była podatna na wyleganie oraz Nakielska, cechująca się ponadto najwyższą liczbą i masą nasion w 1 łuszczynie.
3. Wykazano istotny wpływ analizowanych czynników na wielkość biologicznego plonu nasion gorczycy białej. Najwyższy uzyskany w badaniach własnych plon biologiczny nasion – 3,84 t·ha<sup>-1</sup> wytworzyła odmiana Nakielska przy najniższej stosowanej dawce siarki, czyli 10 kg·ha<sup>-1</sup>.

4. Rozwój gorczycy białej był determinowany w znacznym stopniu układem warunków wilgotnościowo-termicznych w latach prowadzenia eksperymentu polowego.

#### PIŚMIENNICTWO

- Abdallah M., Dubousset L., Meuriot F., Etienne P., Avicé J-C., Ourry A. 2010. Effect of mineral Sulphur availability on nitrogen and Sulphur uptake and remobilization during the vegetative growth of *Brassica napus* L. J. Exp. Bot. 61: 2635–2646.
- Bloem E., Haneklaus S., Schnug E. 2014. Milestones in plant sulfur research on sulfur-induced-resistance (SIR) in Europe. Front. Plant Sci. 5: 779.
- Budzyński W., Jankowski K. 2001. Wpływ nawożenia siarką, magnezem i azotem na wzrost, rozwój i plonowanie gorczycy białej i sarepskiej. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops 22(1): 45–58.
- Elandt R. 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego. PWN, Warszawa, ss. 595.
- Fotyma E., Boreczek B., Podleśna A. 2004. Nawożenie rzepaku ozimego azotem i siarką w świetle wyników doświadczeń ścisłych. W: Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy. Grzebisz W. (red.). Wyd AR Poznań: 157–168.
- Krauze A., Bowszys T. 2000. Wpływ stosowania różnych technologii nawozów siarkowych na plonowanie i jakość rzepaku ozimego i jarego. Fol. Univ. Agric. Stetin. 204, Agricultura 81: 133–142.
- Lewandowski A. 1990. Gorczyca biała i sarepska. Synteza wyników badań odmianowych w latach 1987–1989. COBORU Słupia Wielka.
- Maathuis F.J.M. 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. Curr. Opin. Plant Biology 12: 250–258.
- Marska E., Wróbel J. 2000. Znaczenie siarki dla roślin uprawnych. Fol. Univ. Agric. Stetin. 204, Agricultura 81: 69–76.
- Muśnicki C., Toboła P., Muśnicka B. 1997. Produkcyjność alternatywnych roślin oleistych w warunkach Wielkopolski oraz zmienność ich plonowania. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops 18(2): 269–278.
- Paszkiewicz-Jasińska A. 2005. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na rozwój gorczycy białej, plon i jego jakość. I. Wpływ nawożenia azotem i gęstości wysiewu na rozwój i plonowanie gorczycy białej (*Sinapis alba* L.) Rośliny Oleiste/Oilseed Crops 26(2): 451–466.
- Sawicka B., Kotiuk E. 2007. Gorczyce jako rośliny wielofunkcyjne. Acta Sci. Pol., Agricultura 6(2): 17–27.
- Schnug E., Gaj R., Haneklaus S. 2003. Visual diagnosis of sulphur nutrition in major agricultural crops. Nawozy i Nawożenie/Fertilizer and Fertilization 4(17): 78–91.
- Spencer K. 1975. Sulphur requirements of plants. Sulphur in Australian Agriculture. Mc Lachlan K.D. (eds.). Sydney Univ. Press, Sydney: 98–108.
- Toboła P., Muśnicki C. 1999. Zmienność plonowania jarych roślin oleistych z rodziny krzyżowych. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops 20(1): 93–100.
- Zielonka R., Szczebiot M. 2001. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych na plonowanie gorczycy białej. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops 22(1): 59–68.

M. SERAFIN-ANDRZEJEWSKA

**THE EFFECT OF SULPHUR FERTILIZATION ON MORPHOLOGICAL FEATURES,  
BIOLOGICAL YIELD OF SEEDS AND PLANT DENSITY OF WHITE MUSTARD GROWN  
FOR SEEDS****Summary**

The aim of three-year (2007–2009) experiment was investigating the effect of differentiated sulphur fertilization on morphological features, number of plants per 1 ha, and biological yield of white mustard seeds. The experiment was designed in a split-plot system for two variable factors: white mustard cultivars ('Metex', 'Nakielska', 'Radena'), and differentiated sulphur doses (0, 10, 20, 30 kg S per 1 ha). After using sulphur in dose 10 kg·ha<sup>-1</sup> plants were higher to the top of the shoot and to the 1<sup>st</sup> branch, formed more branches and more siliques per plant with larger seeds in one silique. Using 20 kg sulphur per 1 ha caused that plants significantly higher formed 1<sup>st</sup> branch and produced more siliques. Plants fertilized with the highest dose of sulfur (30 kg·ha<sup>-1</sup>) were characterized by the highest height to the top of the shoot and deflection of plants. The highest biological yield of seeds (3,84 t·ha<sup>-1</sup>) was obtain from 'Nakielska' cultivar fertilized with sulphur in dose 10 kg·ha<sup>-1</sup>. This study proves, that sulphur fertilization is one of the most important factors affected plant development and yield structure components of white mustard.

**Key words:** white mustard, fertilization, sulphur, biological yield of seeds, morphological features

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 28.06.2019

Do cytowania – *For citation*

Serafin-Andrzejewska M. 2019. Wpływ nawożenia siarką na cechy morfologiczne, plon biologiczny nasion i zagęszczenie łanu gorczycy białej uprawianej na nasiona. *Fragm. Agron.* 36(2): 86–96.