

## REAKCJA RZEPAKU JAREGO NA NAWOŻENIE AZOTEM I SIARKĄ. CZ. I. OBSADA I WYSOKOŚĆ ROŚLIN

Bożena Barczak, Zbigniew Skinder, Roman Piotrowski,  
Mateusz Świtkowski

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

**Streszczenie.** Podstawą badań było trzyletnie ściśle doświadczenie polowe przeprowadzone na czarnej ziemi zdegradowanej, klasy bonitacyjnej IIIb, o obojętnym odczynie, bardzo wysokiej zasobności w fosfor i potas oraz niskiej – w siarkę. Doświadczenie realizowano w układzie równoważnych bloków z dwoma czynnikami, w czterech powtórzeniach. Celem badań była ocena interakcji zróżnicowanych dawek azotu (0, 60, 120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup>) i siarki (0, 20 i 60 kg S·ha<sup>-1</sup>) z uwzględnieniem różnych sposobów jej aplikacji (doglebowo i dolistnie), na wzrost i rozwój od krzewienia do zbioru, roślin rzepaku jarego odmiany Star. Wykazano, że warunki pogodowe w sezonie wegetacyjnym i nawożenie azotem determinowały dynamikę wzrostu roślin. Największe naturalne ubytki roślin w okresie wegetacji stwierdzono na obiektach bez nawożenia azotem i siarką, a aplikacja azotu istotnie ograniczała straty. Nawożenie azotem do dawki 120 kg·ha<sup>-1</sup> istotnie wpływało na wysokość roślin rzepaku. Nie wykazano istotnego wpływu siarki ani jej współdziałania z azotem na badane cechy roślin rzepaku jarego.

**Słowa kluczowe:** rzepak jary, azot, siarka, nawożenie, obsada roślin, wysokość roślin

### WSTĘP

Rzepak jest zaliczany do gatunków azotolubnych, który do prawidłowego wzrostu i rozwoju wymaga dużych ilości łatwo przyswajalnych form tego pierwiastka. Niedostateczne odżywienie azotem wywołuje m.in. niedorozwój organów generatywnych, pąków kwiatowych i łuszczyń, wykształcanych zwłaszcza na pędach bocznych [Rice 2007]. Pierwiastkiem, który odgrywa dużą rolę w metabolizmie azotu, jest siarka. Według różnych źródeł [Kotecki i in. 2001, Rudko 2011, Zukałova i in. 2001], rośliny rzepaku pobierają

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: Bożena Barczak, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Zakład Chemii Rolnej, ul. Seminaryjna 5, 85-326 Bydgoszcz, e-mail: barczak@utp.edu.pl

średnio od 40 do 90 kg S·ha<sup>-1</sup>, co odpowiada potrzebom pokarmowym w stosunku do tego pierwiastka w ilości od 15 do 20 kg·t<sup>-1</sup> nasion. Pomimo wielu źródeł siarki w glebie (nawozy naturalne, organiczne, naturalno-organiczne, mineralne, przyorywane resztki pozbiorowe, opady atmosferyczne), stwierdza się objawy niedoboru tego składnika w glebach wielu rejonów świata [Walker i Dawson 2003, Stern 2005, Morris 2007] i Polski [Kaczor i Brodowska 2008, Kozłowska-Strawska i Kaczor 2009, Klikocka i in. 2015]. Zjawisko to jest konsekwencją przede wszystkim obniżenia emisji związków siarki do atmosfery ze źródeł przemysłowych [McGrath i in. 2003, Morris 2007] oraz ograniczenia stosowania nawozów mineralnych i naturalnych zawierających ten składnik [Szulc i Rutkowska 2009].

Biorąc pod uwagę obserwowane w ostatnich latach zachwianie bilansu siarki w agrosystemach, podjęto badania, których celem była ocena wpływu zróżnicowanych dawek azotu i siarki, z uwzględnieniem różnych sposobów jej aplikacji, na wzrost i rozwój roślin rzepaku jarego do fazy zbioru.

## MATERIAŁ I METODY

Trzyletnie doświadczenie polowe przeprowadzono w miejscowości Kaźmierzewo (gmina Mrocza, województwo kujawsko-pomorskie) na glebie mineralnej (czarna ziemia zdegradowana), należącej do kompleksu pszennego wadliwego, klasy bonitacyjnej IIIb. Gleba charakteryzowała się uregulowanymi stosunkami wodnymi, obojętnym odczynem ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  w zakresie 6,5–7,1), bardzo dużą zasobnością w przyswajalne formy fosforu (230–246 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·kg<sup>-1</sup>) i potasu (125–225 mg K<sub>2</sub>O·kg<sup>-1</sup>), średnią zasobnością w magnez (35–38 mg Mg·kg<sup>-1</sup>) i małą zasobnością w siarkę (1,90–1,96 mg S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>·kg<sup>-1</sup>). W doświadczeniu uprawiano rzepak jary odmiany populacyjnej Star (DLF Trifolium, Dania).

Na jednym polu lokalizowano obok siebie dwa doświadczenia z różnymi terminami i sposobami aplikacji siarki, a pomiędzy nimi usytuowano wspólny dla obu doświadczeń obiekt kontrolny, bez nawożenia siarką i azotem. W obydwu doświadczeniach stosowano azot w jednakowej formie i w takich samych dawkach, jednak w pierwszym – siarkę aplikowano przedsięwinnie (doglebowo), w drugim – pogłównie (dolistnie). Obydwa doświadczenia zakładano w układzie równoważnych bloków z dwoma czynnikami, w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 18 m<sup>2</sup>.

Czynnikami doświadczenia były:

- dawki nawożenia azotem [w kg N·ha<sup>-1</sup>: 0 (obiekt kontrolny), 60, 120, 180] – czynnik A,
- dawki nawożenia siarką [w kg S·ha<sup>-1</sup>: 0 (obiekt kontrolny), 20, 60] – czynnik B.

W obydwu doświadczeniach nawożenie azotem stosowano w dawkach dzielonych po 60 kg N·ha<sup>-1</sup>. Na wszystkich obiektach z azotem pierwszą dawkę składnika wysiano przedsięwinnie w formie mieszaniny saletrzaku borowanego o zawartości: 27% N (13,5% N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i 13,5% N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), 2% CaO, 4% MgO i 0,2% B, oraz saletry amonowej zawierającej 34% N (17% N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i 17% N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Z każdym z rodzajów nawozów wnoszono po 30 kg N·ha<sup>-1</sup>. Na obiektach nawożonych 120 kg N·ha<sup>-1</sup> azot zastosowano również na 3–4 tygodnie przed kwitnieniem rzepaku (druga dawka), a na obiektach z dawką 180 kg N·ha<sup>-1</sup> – przed kwitnieniem (druga dawka) i na początku kwitnienia (trzecia dawka). Drugą i trzecią dawkę stosowano wyłącznie w formie saletry amonowej.

W doświadczeniu, w którym siarkę stosowano przedsięwzię (doglebowo), obie dawki wysiano w tym samym czasie, po włókowaniu pola. W doświadczeniu, w którym siarka była aplikowana pogłównie (dolistnie), dawki dzielono, stosując na wszystkich obiektach nawozowych jednorazowo 20 kg S·ha<sup>-1</sup> w pełni wschodów, a na obiektach z dawką 60 kg S·ha<sup>-1</sup> dodatkowo stosowano 20 kg S·ha<sup>-1</sup> po wykształceniu łodygi oraz 20 kg S·ha<sup>-1</sup> na początku kwitnienia. Poza opisanym zróżnicowaniem terminów stosowania siarki, wszystkie pozostałe elementy agrotechniki były jednakowe w obu doświadczeniach. Siarkę aplikowano w formie bezwodnego siarczanu sodowego (22,5% S).

Przed orką zimową stosowano nawożenie fosforowo-potasowo-magnezowe w formie nawozu wieloskładnikowego, wnosząc 120 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>, 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·ha<sup>-1</sup> oraz 48 kg MgO·ha<sup>-1</sup>. Przedplonem dla rzepaku jarego corocznie był burak cukrowy.

W każdym z sezonów wegetacyjnych prowadzono ochronę chemiczną roślin. Przeciwko chowaczom łądgowym stosowano corocznie na początku pąkowania cypermetrynę (Cyperkill 25 EC) w dawce 0,12 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>, a słodyszka rzepakowego zwalczano w miarę jego pojawiania się za pomocą delametryny (Decis 2,5 EC) w dawce 0,3 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>. Stosowano również ochronę fungicydową za pomocą preparatów zawierających substancje aktywne z grupy imidazoli i triazoli.

Obsadę roślin po wschodach oznaczano w fazie pierwszego liścia właściwego, licząc siewki w rzędzie na długości 833 cm, co odpowiadało powierzchni 1 m<sup>2</sup> dla rozstawy rzędów 12 cm. W tych samych miejscach określano liczbę roślin po zbiorze rzepaku. Od wschodów do fazy zawiązywania łuszczyń dokonywano pomiaru wysokości roślin w odstępach jednej dekady, dnia: 10., 20. i 30. każdego miesiąca.

Najbardziej sprzyjające wzrostowi i rozwojowi rzepaku jarego warunki pogodowe utrzymywały się w pierwszym roku badań (tab. 1). Systematyczne przelotne opady po zasiewie, zarówno w kwietniu, jak i w maju, sprzyjający rozkład opadów w czerwcu oraz duże opady w lipcu, wpływały korzystnie na wegetację rzepaku. W maju drugiego roku suma opadów była duża, lecz ich rozkład niekorzystny. Po deszczowych pierwszych dniach miesiąca, nastąpił blisko czterotygodniowy okres bez opadów, który przypadł

Tabela 1. Wartości hydrotermicznego współczynnika Selianinowa w okresie badań i średnie wartości dla wielolecia [Skowera i Puła 2004]

Table 1. Sielianinov's coefficient values throughout the research period as compared with the multi-year means [Skowera and Puła 2004]

Rok – Year	Miesiące – Months					
	IV	V	VI	VII	IV–VII	V–VI
I	1,68	2,00	1,65	1,91	1,83	1,80
II	0,98	1,23	1,46	1,81	1,43	1,36
III	2,84	1,05	1,01	0,55	1,14	1,03
Średnia z ostatnich 40 lat Mean for the last 40 years	1,48	1,22	1,41	1,27	1,33	1,32

Wartości graniczne współczynnika hydrotermicznego k: okres skrajnie suchy (ss)  $\leq 0,4$ ; bardzo suchy (bs)  $0,4 \leq 0,7$ ; suchy (s)  $0,7 \leq 1,0$ ; dość suchy (ds)  $1,0 \leq 1,3$ ; optymalny (o)  $1,3 \leq 1,6$ ; dość wilgotny (dw)  $1,6 \leq 2,0$ ; wilgotny (w)  $2,0 \leq 2,5$ ; bardzo wilgotny (bw)  $2,5 \leq 3,0$ ; skrajnie wilgotny (sw)  $> 3,0$ .

na fazę formowania rozety. Z kolei obfite opady w końcu lipca i na początku sierpnia przyczyniły się do wylegania roślin, zwłaszcza na obiektach z największymi dawkami azotu. W trzecim roku badań przez trzy kolejne miesiące, poczynając od maja, uwidocznił się niedobór opadów.

Łączna suma opadów od maja do lipca wynosiła tylko 136 mm (65% średniej wieloletniej dla tych miesięcy), czego wyrazem są znacznie mniejsze wartości współczynników Selianinowa, charakteryzujące warunki pogodowe tego sezonu wegetacyjnego.

Wyniki doświadczeń poddano analizie wariancji właściwej dla układu równoważnych podbloków (split-block). W celu porównania efektów stosowania siarki doglebowo i dolistnie, analizowano wielkość względnych odchyłań wartości cech na obiektach nawożonych siarką i azotem od wartości tych cech na obiekcie kontrolnym, bez nawożenia tymi składnikami. Istotność różnic pomiędzy średnimi obiektowymi oceniano na podstawie rozstępów granicznych Tukeya.

## WYNIKI I DYKUSJA

### Przebieg wegetacji roślin

Tempo rozwoju rzepaku do osiągnięcia stadium 5–6 liścia było podobne w poszczególnych latach badań. Wschody następowały po 9–11 dniach od siewu, a w 10 dni po siewie większość roślin miała wykształcony hipokotyl i liścienie. Dalszy rozwój roślin był zależny od czynników badań oraz zróżnicowany w latach (tab. 2).

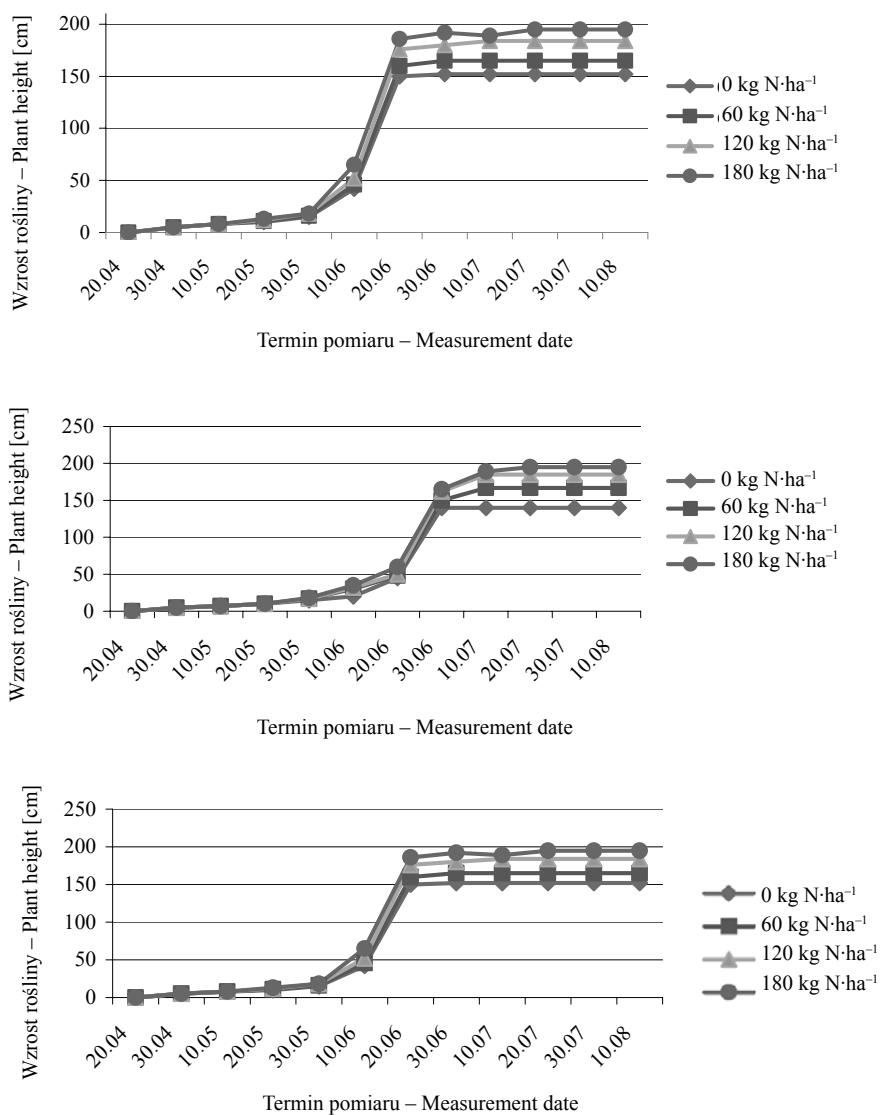
Tabela 2. Fazy rozwojowe rzepaku jarego w poszczególnych latach badań

Table 2. The development stages of spring rapeseed in successive research years

Agrofenofaza	Lata badań – Years of study	Data – Date	Liczba dni – Numer of days
Siew – wschody	I	07.04–17.04	11
Seeding – emergence	II	15.04–23.04	9
(BBCH 0-09)	III	08.04–17.04	10
Wschody – kwitnienie	I	18.04–04.07	78
Emergence – floescence	II	24.04–12.07	77
(BBCH 10-60)	III	18.04–02.07	73
Kwitnienie	I	05.07–24.07	20
Floescence	II	13.07–28.07	16
(BBCH 60-69)	III	03.07–16.07	14
Dojrzewanie nasion	I	25.07–14.08	20
Seeds maturity	II	29.07–17.08	19
(BBCH-80-89)	III	17.07–02.08	15
Okres wegetacji	I	07.04–14.08	129
Vegetation period	II	15.04–17.08	121
	III	08.04–02.08	112

Czas trwania poszczególnych faz rozwojowych miał swoje odzwierciedlenie w dynamice wzrostu roślin rzepaku (rys. 1). Niezależnie od roku badań, do dnia 10 maja tempo wzrostu było zbliżone, ale już dalszy wzrost elongacyjny roślin w poszczególnych latach był znacznie zróżnicowany. Największe tempo wzrostu w pierwszym roku badań

przypadało na drugą dekadę czerwca, w drugim roku – na trzecią, zaś w ostatnim roku – na pierwszą. Po tym okresie przyrost wysokości roślin był nieznaczny i stabilizował się w fazie kwitnienia.



Rys. 1. Dynamika wzrostu roślin w zależności od dawki nawożenia azotem w kolejnych latach badań

Fig. 1. Plant growth dynamics depending on the fertilization rate of nitrogen in successive research years

## OBSADA ROŚLIN

We wszystkich latach badań uzyskano dobre i wyrównane wschody. Liczba roślin przed zbiorem w porównaniu z ich liczbą po wschodach była mniejsza średnio o – w zależności od roku – od 7 do 9% (tab. 3).

Tabela 3. Obsada roślin rzepaku jarego po wschodach i przed zbiorem [szt.·m<sup>-2</sup>]

Table 3. Spring rapeseed plant density after emergence and before harvest [pcs·m<sup>-2</sup>]

Termin pomiaru Measurement date	Lata badań – Years of study					
	I rok – year		II rok – year		III rok – year	
	zakres wyników scatter of the results	średnio mean	zakres wyników scatter of the results	średnio mean	zakres wyników scatter of the results	średnio mean
Po wschodach After emergence	103–117	109	105–113	107	102–112	107
Przed zbiorem Before harvest	92–109	100	96–107	100	92–102	99

Największe naturalne ubytki roślin w okresie wegetacji stwierdzono na obiektach bez nawożenia azotem i siarką (średnio 10,87%) – tabela 4. Zastosowanie wyłącznie azotu w dawkach 60, 120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup> powodowało istotne obniżenie strat do odpowiednio: 9,57, 7,73 i 7,87%. Na obiektach nawożonych wyłącznie siarką, a także azotem i siarką, straty wynosiły od 5,87 do 10,20%, ale różnice nie zostały potwierdzone statystycznie. Nie udowodniono również istotnego wpływu sposobu aplikacji siarki na wielkość ubytków roślin rzepaku podczas wegetacji.

Tabela 4. Ubytki roślin rzepaku jarego w okresie wegetacji w stosunku do obsady po wschodach [%] – średnie z trzech lat badań

Table 4. Spring rapeseed plant losses during the vegetation period, as compared with the density after emergence [%] – three-year means

kg N·ha <sup>-1</sup> (A)	Kontrola Control 0 kg S·ha <sup>-1</sup>	Sposób aplikacji siarki – Application method of sulphur					
		doglebowy – soil fertilization			dolistny – foliar fertilization		
		kg S·ha <sup>-1</sup> (B)					
		20	60	średnia mean	20	60	średnia mean
0	10,87	6,13	6,27	6,20	5,87	6,83	6,35
60	9,57	7,83	7,07	7,45	7,37	6,53	6,95
120	7,73	7,13	8,37	7,75	6,67	7,73	7,20
180	7,87	8,23	10,20	9,22	6,97	6,97	6,97
Średnia Mean	9,00	7,33	7,98	7,66	6,83	7,00	6,92

NIR/LSD<sub>(p=0,05)</sub> dla/for: A – 1,124, B – r.n./n.s., A × B – r.n./n.s., B × A – r.n./n.s.

r.n. – różnice nieistotne/n.s. – non significant.

### Wysokość roślin przed zbiorem

W kolejnych latach badań obserwowano duże różnice w wysokości roślin (tab. 5). W pierwszym roku, bez względu na stosowany wariant nawożenia, wynosiła ona średnio 171 cm, w drugim – wahała się od 140 do 190 cm. Znacznie niższy był rzepak w ostatnim roku badań – średnia wysokość roślin wyniosła tylko 127 cm.

Zróźnicowanie tej cechy w poszczególnych sezonach wegetacyjnych było zapewne konsekwencją zmiennych warunków pogodowych. Pierwsze dwa lata badań charakteryzowały się korzystnymi dla rozwoju rzepaku jarego wielkościami i rozkładem opadów oraz temperatur, w ostatnim roku podczas wegetacji wystąpiły natomiast okresy posuszne (tab. 1).

Tabela 5. Wysokość roślin rzepaku jarego [cm] przed zbiorem w kolejnych latach badań

Table 5. Spring rapeseed plant height [cm] before harvest in successive research years

Lata badań – Years of study					
I rok – year		II rok – year		III rok – year	
Zakres wyników Scatter of the results	średnia mean	zakres wyników scatter of the results	średnia mean	zakres wyników scatter of the results	średnia mean
149–192	171	140–190	165	110–144	127

W końcowych stadiach rozwoju łuszczyń i w czasie dojrzewania nasion we wszystkich latach badań obserwowano obniżanie się wysokości łanu na skutek pochylania się roślin, co jednak nie wpływało na ich wysokość.

Każda z badanych dawek azotu, bez względu na dawkę siarki, istotnie zwiększała w stosunku do kontroli wysokość roślin rzepaku przed zbiorem (tab. 6). Średnio dla lat rośliny nawożone 60 kg N·ha<sup>-1</sup> były wyższe od nienawożonych azotem o 15,7%. Zwiększenie dawki azotu z 60 do 120 kg N·ha<sup>-1</sup> przyczyniło się do wzrostu omawianej cechy

Tabela 6. Wysokość roślin rzepaku jarego [cm] przed zbiorem – średnie z trzech lat badań

Table 6. Spring rapeseed plant height [cm] before harvest – three-year means

kg N·ha <sup>-1</sup> (A)	Kontrola Control 0 kg S·ha <sup>-1</sup>	Sposób aplikacji siarki – Application method of sulphur					
		doglebowy – soil fertilization			dolistny – foliar fertilization		
		20	60	Średnia mean	20	60	Średnia mean
0	133	134	134	134	133	135	134
60	155	156	156	155	155	156	155
120	172	172	172	172	173	172	172
180	175	175	175	175	175	174	175
Średnia Mean	159	159	159	159	159	159	159

NIR/LSD<sub>(p=0,05)</sub> dla/for: A – 12,2, B – r.n./n.s., A × B – r.n./n.s., B × A – r.n./n.s.

r.n. – różnice nieistotne/n.s. – non significant.

średnio o 11%. Różnica w wysokości roślin pomiędzy obiektami nawożonymi 120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup> była nieistotna. Wyniki te korespondują z badaniami Cieślińskiego i innych [2007] nad cechami morfologicznymi rzepaku jarego, które potwierdziły zwiększenie się wysokości roślin wraz ze wzrostem dawki azotu do 80 kg·ha<sup>-1</sup>. Cechy morfologiczne rośliny, m.in. jej wysokość, zależą od jej zaopatrzenia w składniki pokarmowe [Rice 2007], ale znacznie większe znaczenie może mieć czynnik genetyczny i warunki siedliskowe [Wielebski 2012]. Badania Koteckiego i innych [2001] nad reakcją pięciu odmian rzepaku jarego na nawożenie azotem w dawkach 60–150 kg·ha<sup>-1</sup>, a także Noorulla-ha i innych [2002] oraz Markusa i innych [2002] dla dawek azotu odpowiednio: od 0 do 120 kg·ha<sup>-1</sup> oraz od 80 do 160 kg·ha<sup>-1</sup>, wykazały, że zastosowany składnik nie różnicował istotnie wysokości roślin.

Na wysokość roślin rzepaku jarego przed zbiorem, podobnie jak w badaniach Malarza i innych [2011], nie wpływało nawożenie siarką – średnia wartość omawianej cechy, bez względu na dawkę tego składnika, wynosiła 159 cm. Nie stwierdzono także istotnego wpływu sposobu aplikacji siarki ani współdziałania obu badanych czynników na wartość omawianej cechy.

## WNIOSKI

1. Dynamika wzrostu roślin rzepaku jarego związana była z warunkami pogodowymi w sezonie wegetacyjnym. Począwszy od końcowych stadiów formowania rosety, we wszystkich latach badań, na obiektach nawożonych intensywnie azotem (120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup>) następne fazy rozwojowe roślin były opóźnione w stosunku do stadiów rozwoju roślin nienawożonych azotem lub nawożonych dawką 60 kg N·ha<sup>-1</sup>.

2. Największe naturalne ubytki roślin w okresie wegetacji stwierdzono na obiektach bez nawożenia azotem i siarką. Zastosowanie azotu w dawkach 60, 120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup> istotnie ograniczało straty roślin na jednostce powierzchni w stosunku do obiektu kontrolnego.

3. Wysokość roślin rzepaku jarego przed zbiorem była uwarunkowana przebiegiem pogody w sezonie wegetacyjnym. Rośliny rzepaku nawożone azotem dla każdej z badanych dawek były istotnie wyższe w porównaniu z roślinami nienawożonymi tym składnikiem.

4. Nie wykazano potwierdzonego statystycznie wpływu siarki stosowanej wyłącznie ani jej współdziałania z azotem na badane cechy morfologiczne rzepaku jarego.

## LITERATURA

- Cieśliński M., Ostrowska D., Gozdowski D., 2007. Wpływ zagęszczenia roślin oraz nawożenia azotem na wybrane cechy morfologiczne i plonowanie rzepaku jarego (*Brassica napus* var. *oleifera* f. *annua*). I. Cechy morfologiczne. Rośl. Oleiste 28, 237-249.
- Filipek-Mazur B., Tabak M., 2011. Zawartość siarki w kukurydzy i glebie nawożonej materiałami organicznymi. Cz. I. Zawartość siarki w kukurydzy. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 565, 55-61.



- Kaczor A., Brodowska M.S., 2008. Effect of sulphur dioxide and nitrogen oxides emission on soil. *Ecol. Chem. Eng. A* 15, 8, 791-798.
- Klikocka H., Wyłupek T., Narolski B., 2015. Analiza zawartości siarki w biosferze Zamojszczyzny. *Ochr. Srod.* 37, 33-42.
- Kotecki A., Malarz W., Kozak M., 2001. Wpływ nawożenia azotem na rozwój i plonowanie pięciu odmian rzepaku jarego. *Rośl. Oleiste* 22, 69-80.
- Kozłowska-Strawska J., Kaczor A., 2009. Sulphur as a deficient element in agriculture – its influence on yield and on the quality of plant materials. *Ecol. Chem. Eng. A* 16, 1-2, 9-19.
- Kulczycki G., Karoń B., 2003. Wpływ wybranych zakładów przemysłowych na zawartość siarki w glebie i roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 493, 185-192.
- Malarz W., Kozak M., Kotecki A., 2011. Wpływ nawożenia siarką na rozwój i cechy morfologiczne odmian rzepaku ozimego. *Zesz. Nauk. UP, Wrocław, Roln.* 581(98), 117-126.
- Markus J., Ostrowska D., Łoboda T., Pietkiewicz S., Lewandowski M., 2002. Reakcja rzepaku jarego odmiany Star na gęstość siewu i nawożenie mineralne. *Rośl. Oleiste* 23, 1, 129-139.
- McGrath S.P., Zhao F.J., Blake-Kalff M.M., 2003. History and outlook for sulphur fertilizers in Europe. *Fertil. Fertiliz.* 2(15), 5-27.
- Morris R.J., 2007. Sulphur in agriculture. Global overview. *Fertil. Focus* 1-2, 12-16.
- Noorullah K., Amanullah J., Ijaz A., Naeem K., 2009. Response of canola to nitrogen and sulphur nutrition. *Asian J. Plant Sci.* 1, 5, 516-518.
- Rice R. 2007. The physiological role of minerals in the plant. W: *Mineral Nutrition and Plant Disease*. L.E. Datnoff, W.E., Elmer, D.M. Huber, (red.) The APS, St. Paul, MN.
- Rudko T., 2011. Uprawa rzepaku ozimego. *Rzepak, zasady uprawy, zdrowa żywność*. Inst. Agrofiz., PAN, Lublin, 1-79.
- Stern D., 2005. Global sulphur emissions from 1850 to 2000. *Chemosphere* 58, 163-175.
- Skowera B., Puła J., 2004. Skrajne warunki pluwotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000. *Acta Agrophys.* 3(1), 171-177.
- Szulc W., Rutkowska B., 2009. Nawozy mineralne jako źródło siarki w świetle trwałych doświadczeń nawozowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 538, 277-282.
- Walker K., Dawson C., 2003. Sulphur fertiliser recommendations in Europe. *Fertil. Fertiliz. W: Biogeochemistry of sulphur in agricultural systems. Cz. II.* 3, 71-84.
- Wielebski F., 2012. Reakcja rzepaku ozimego na nawożenie siarką w zależności od poziomu zaopatrzenia roślin w azot. *Rośl. Oleiste.* 33, 2, 245-271.
- Zukalova H., Matula J., Kuchtova P., Miksik V., 2001. Influence of sulphur on the yield and quality of winter oilseed rape. *Rośl. Oleiste* 22, 587-596.

## SPRING RAPESEED PLANT DENSITY AND HEIGHT DEPENDING ON NITROGEN AND SULPHUR FERTILIZATION

**Summary.** Rapeseed is a nitrophilous plant to ensure the right growth and development of which, one must provide high amounts of easily available forms of other nutrients, including sulphur. In Poland facing the increasing-over-the-last-years interest in growing that species and progressing sulphur deficit in soil, there has been launched a three-year strict field experiment with spring rapeseed grown under varied fertilization with nitrogen and sulphur. The field experiment was performed in degraded Phaeozems, IIIb soil valuation class, with pH ranging from 6.5–7.1, a very high richness in phosphorus and potassium, medium – in magnesium, and low – in sulphur. There were set up two variants of the experiment, which differed in the sulphur application methods. In the first one – sulphur

was applied pre-sowing (into soil), in the other one – as a top (foliar) fertilizer. Between the experiments there was located a common control, without fertilization. They were set up in the two-factor equivalent blocks design, with four reps. The aim of the research has been to evaluate the effect of varied nitrogen rates (0, 60, 120 and 180 kg N·ha<sup>-1</sup>) and sulphur (0, 20 and 60 kg S·ha<sup>-1</sup>), considering various methods of its application, on the growth and development until the Star cultivar spring rapeseed plant harvest stage was reached. Nitrogen was applied in a form of ammonium nitrate and sulphur – as sodium sulphate. The research demonstrated that the dynamics of spring rapeseed plant growth was mostly determined by the weather conditions in the growing season. Starting from the end of the rosette formation, in all the research years in the objects intensively fertilized with nitrogen (120 and 180 kg N·ha<sup>-1</sup>), the next plant development stages were delayed, as compared with the development stages of the plants non-fertilized with nitrogen or fertilized with the rate of 60 kg N·ha<sup>-1</sup>. In the controls (without nitrogen and sulphur fertilization) there were reported the highest natural plant losses during the vegetation period. The application of nitrogen significantly limited the plant losses per area unit, as compared with the control. The spring rapeseed plant height before harvest was conditioned by the weather pattern in the vegetation period. Nitrogen fertilization up to the rate of 120 kg N·ha<sup>-1</sup>, unlike sulphur application, increased the value of that character significantly.

**Key words:** spring rapeseed, nitrogen, sulphur, fertilization, density plant, height plant