

Anna Podleśna

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Wstępna ocena potrzeb nawożenia siarką rzepaku ozimego

Preliminary estimation of sulphur fertilization requirements of winter oilseed rape

Słowa kluczowe: doświadczenie polowe, azot, test roślinny, zawartość siarki, plon

Key words: field experiment, nitrogen, plant test, sulphur concentration, yield

Podstawowym warunkiem agrotechnicznym w uprawie rzepaku ozimego jest wysokie nawożenie mineralne, szczególnie w odniesieniu do azotu, potasu i siarki. Do niedawna głównym źródłem siarki były gazowe zanieczyszczenia powietrza. W ostatnich latach nastąpiła około 40% redukcja emisji SO_2 w wyniku czego pod koniec lat 90-tych pojawiły się sygnały o niedoborach siarki na wielu plantacjach rzepaku. Badania monitoringowe wykazały, że ponad połowa gleb uprawnych w Polsce wykazuje niską zawartość tego składnika. Celem badań było rozpoznanie potrzeb nawożenia rzepaku siarką w warunkach doświadczenia polowego. Doświadczenie prowadzono w dwu Zakładach Doświadczalnych IUNG i w dwu powtórzeniach. Pierwszy czynnik stanowiło nawożenie siarką a drugi 6 poziomów nawożenia azotem. Zastosowany w początku kwitnienia test roślinny, określający stan zaopatrzenia rzepaku w siarkę, wykazał duże zróżnicowanie w obrębie stacji oraz lat. Jednak zawartość siarki w liściach rzepaku zależała wyraźnie od nawożenia mineralnego. Wykazano istotny wpływ nawożenia siarką na przyrost plonu nasion i zawartości tego składnika w roślinach dojrzałych, jak również na wzrost jego wykorzystania.

The basic condition of technology of winter oilseed rape cultivation is high mineral fertilization, particularly in relation to nitrogen, potassium and sulphur. Until quite recently the main source of sulphur were gaseous air pollutants. Lately there has been about 40% reduction of SO_2 emission and in consequence in the end of the 90s there were signals about sulphur deficit in many oilseed rape fields. Monitoring studies showed that over half of cultivated soil area in Poland have low concentration of this element. The aim of the studies was to diagnose sulphur fertilization requirements of oilseed rape in field experiment conditions. The experiment was conducted at two Experimental Stations of IUNG and at two replications. The first factor was sulphur fertilization and the second one six levels of nitrogen fertilization. Plant test applied at the beginning of flowering, appointing the state of sulphur supply in rapeseed, showed great differentiation in reference to stations and years. The sulphur content in plants can be a result of weather conditions during winter and early spring and it effects the rate of mineralization. But the low sulphur concentration in young leaves can indicate hidden deficit of S which can be eliminated by fertilization. It was shown that sulphur content in rape leaves clearly depended on mineral fertilization. It was also found that the influence of sulphur fertilization on seed yield and S concentration increase in mature plants as well as on the increase of its utilization was significant.

Wstęp

Rzepak ozimy ma duże wymagania pokarmowe względem azotu, potasu i fosforu, a jako roślina krzyżowa potrzebuje również siarki. Do niedawna składnik ten nie był jednak uwzględniany w nawożeniu roślin ze względu na znaczne zanieczyszczenie atmosfery związkami siarki. Ilość tego składnika dostająca się do gleby z powietrza przewyższała niejednokrotnie potrzeby roślin uprawnych. W wyniku działań proekologicznych oraz zmian w gospodarce krajowej emisja związków siarki ulega ciągłemu zmniejszeniu, przez co następuje zmniejszenie ilości S dostępnej z tego źródła dla roślin (Podleśna 2002a). Pod koniec lat 90. pojawiły się sygnały o niedoborach siarki stwierdzonych na wielu plantacjach rzepaku (Grzebisz i Fotyma 1996, Wielebski i in. 2002). Badania monitoringowe wykazały, że ponad 50% gleb Polski charakteryzuje się niską zawartością tego składnika (Motowicka-Terelak, Terelak 1998). Procesowi temu sprzyja dodatkowo przewaga w kraju gleb lekkich. Jest to zjawisko niepokojące, bowiem wykazano wcześniej niezbędność siarki do prawidłowego wzrostu i plonowania rzepaku (Podleśna 2002, Wielebski 2002). Siarka wpływa również na lepsze wykorzystanie pozostałych składników oraz podnosi naturalną odporność roślin na choroby grzybowe rzepaku (Jędryczka i in. 2002). W tej sytuacji, pomijane dotąd, nawożenie roślin uprawnych siarką nabiera nowego znaczenia.

Celem pracy była ocena wpływu nawożenia siarką na zawartość tego składnika w roślinach oraz na końcowy plon.

Material i metody badań

Badania prowadzono w dwu sezonach wegetacyjnych 1998/1999 – 1999/2000 w oparciu o wieloletnie doświadczenie polowe prowadzone w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Grabowie i Stacji Doświadczalnej IUNG w Baborówku koło Poznania. Obiektem doświadczalnym była Kana, podwójnie ulepszona odmiana rzepaku ozimego. W Grabowie zastosowano normę wysiewu 5,5 kg nasion/ha, natomiast w Baborówku 3,7 kg/ha. Doświadczenie prowadzono w zmianowaniu czteropolowym obejmującym rzepak ozimy, pszenicę ozimą, kukurydzę i pszenicę jarą, w dwu powtórzeniach, na glebie o zawartości siarki siarczanowej mniejszej niż 1 mg S-SO₄⁻/100 g gleby. W dwuczynnikowym doświadczeniu, założonym metodą split-blok, pierwszy czynnik stanowiło nawożenie siarką, a drugi — nawożenie azotem. Połowa doświadczenia nie była nawożona siarką, a w drugiej, równoległej części zastosowano nawozy zawierające ten składnik w ilości: 80 kg S/ha — pierwszy rok badań oraz 94 kg S/ha w Grabowie i 100 kg S/ha w Baborówku — rok drugi. Siarkę stosowano w formie siarczanu amonu, superfosfatu pojedynczego, siarczanu potasu i siarczanu magnezu. W obiektach nie

nawożonych siarką stosowano równoważne ilości azotu, fosforu i potasu w formie nawozów bezsiarkowych. Nawożenie azotem było zróżnicowane na sześć poziomów: 0, 40, 80, 120, 160 i 200 kg N/ha. Rzepak chroniono według zasad standardowej ochrony tego gatunku.

W początku kwitnienia rzepaku zbierano rozwinięte liście pędu, w 1/3 jego długości, począwszy od wierzchołka rośliny (Schnug i Haneklaus 1994a), a w fazie dojrzałości pełnej zebrano rośliny przy pomocy kombajnu poletkowego Seedmaster. Próbkę roślinną wysuszone, zmielono i wykonano analizę zawartości siarki ogólnej metodą fluorescencji rentgenowskiej (Schnug i Haneklaus 1994).

Ponieważ uzyskane plony różniły się w zależności od roku, zamieszczone w pracy dane przedstawiają średnie wyniki z dwu powtórzeń, oddzielnie dla każdego roku prowadzenia doświadczenia i każdej stacji. Analizę regresji wykonano za pomocą programu Statgraphics Plus v. 4.0.

Wyniki

Ocenę zaopatrzenia roślin w siarkę w okresie ich wegetacji przeprowadzono w oparciu o klasy zawartości S ogólnej w młodych, w pełni wykształconych liściach rzepaku, opracowane przez Schnuga i Haneklaus (1994). W pierwszym roku badań w części nie nawożonej siarką stwierdzono, że rzepak z połowy obiektów nawozowych N w Baborówku wykazał niedostateczne zaopatrzenie w siarkę (0,48–0,54%), a pozostałe rośliny miały zawartość optymalną (tab. 1). Z kolei rośliny uprawiane w Grabowie w tym roku wykazywały optymalną zawartość tego składnika, tj. 0,56–0,63% S. Wyniki uzyskane w roku 2000 wskazują, że w SD Baborówko utajony niedobór siarki wystąpił tylko w obiekcie o najwyższym nawożeniu azotem. Natomiast rzepak nawożony średnimi dawkami azotu wykazywał optymalne zaopatrzenie w siarkę, a nawożony dawkami niskimi lub nie nawożony azotem miał wysoką zawartość siarki. W Grabowie stwierdzono tylko jeden przypadek niedoboru utajonego, wizualnie niemożliwego do wykrycia, a pozostałe próbki miały optymalną lub wysoką zawartość siarki. Zastosowane nawożenie siarką spowodowało, że wszystkie obiekty azotowe z obu lat wykazały w większości wysoką jej zawartość. Tylko w trzech przypadkach liście zawierały koncentrację S ustaloną dla roślin rzepaku w tej fazie jako optymalną.

Zastosowane nawożenie siarką wpływało istotnie na wzrost plonu nasion w obu latach w Grabowie i w roku 2000 w Baborówku (tab. 2). Stwierdzono także istotny wpływ siarki na plony słomy. Średni przyrost plonu nasion w Grabowie wynosił odpowiednio dla zbioru w 1999 i 2000 roku 0,34 t/ha przy zakresie 0,15–0,81 i 0,27 przy zakresie 0,05–0,30 t/ha. Z kolei w Baborówku ten przyrost był znacznie niższy, bo 0,1 oraz 0,14 t/ha. Największe przyrosty plonów stwierdzano na ogół na obiektach nawożonych siarką i najwyższą dawką azotu. Obliczenia statys-

Tabela 1

Zawartość siarki w liściach rzepaku zebranych w początku kwitnienia (%)
Sulphur concentration in the leaves of oilseed rape harvested at the beginning of flowering

Dawka N <i>N dose</i> [kg/ha]	1999				2000			
	Grabów		Baborówko		Grabów		Baborówko	
	-S	+S	-S	+S	-S	+S	-S	+S
0	0,61	0,76	0,58	0,79	0,96	1,33	0,70	0,64
40	0,57	0,64	0,54	0,99	0,79	1,18	0,65	0,81
80	0,63	0,63	0,60	0,87	0,78	1,25	0,76	0,72
120	0,60	0,64	0,48	0,81	0,64	0,97	0,56	0,68
160	0,63	0,66	0,50	0,84	0,55	0,98	0,59	0,66
200	0,56	0,64	0,65	0,96	0,60	0,95	0,46	0,64

Tabela 2

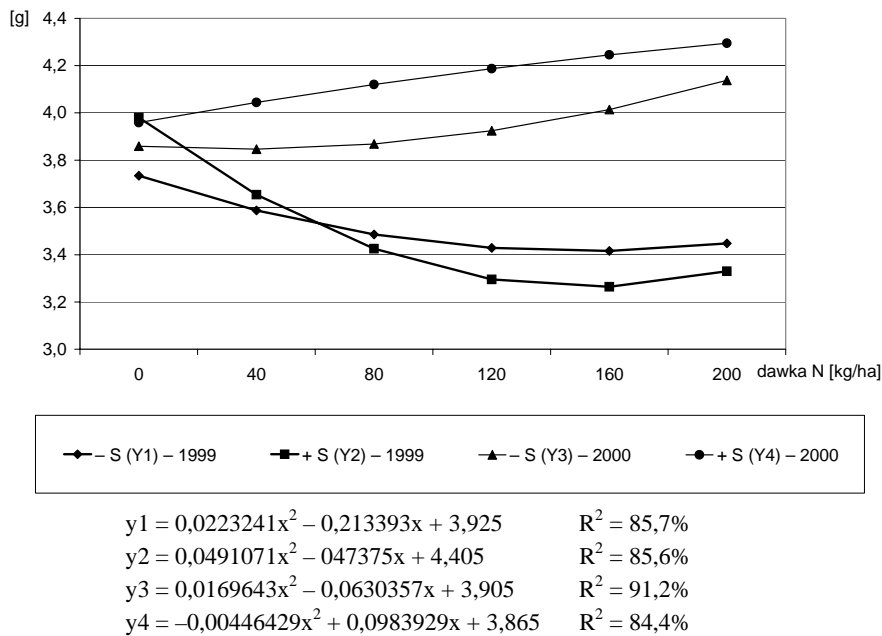
Wpływ nawożenia siarką i azotem na plony rzepaku ozimego (t/ha)
The effect of sulphur and nitrogen fertilization on yields of winter oilseed rape

Wyszczególnienie <i>Description</i>	1999				2000			
	Grabów		Baborówko		Grabów		Baborówko	
	nasiona <i>seeds</i>	słoma <i>straw</i>	nasiona <i>seeds</i>	słoma <i>straw</i>	nasiona <i>seeds</i>	słoma <i>straw</i>	nasiona <i>seeds</i>	słoma <i>straw</i>
Nawożenie S — <i>S fertilization*</i>								
-S	2,15 a	5,70 a	1,10 a	2,29 a	1,56 a	5,24 a	2,32 a	5,91 a
+S	2,49 b	6,17 b	1,20 a	2,56 a	1,83 b	5,67 b	2,46 b	6,42 b
Nawożenie N — <i>N fertilization [kg/ha]</i>								
0	1,25 a	3,45 a	0,54 a	1,03 a	0,99 a	3,48 a	1,66 a	4,22 a
40	1,46 ab	4,21 ab	0,58 ab	1,15 a	1,17 ab	3,82 a	1,97 b	4,88 ab
80	2,15 b	4,97 bc	0,75 b	1,61 a	1,57 bc	3,93 a	2,09 b	5,26 b
120	2,92 c	6,35 cd	1,18 c	2,37 b	1,81 cd	6,19 b	2,59 c	6,77 c
160	3,00 c	7,14 d	1,85 d	3,84 c	2,35 de	7,30 c	2,98 d	7,81 d
200	3,17 c	9,51 e	1,99 d	4,55 d	2,29 e	8,00 c	3,06 d	8,05 d

* — liczby w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie
numbers in columns marked with the same letters do not differ significantly

tyczne potwierdzają istotny wpływ nawożenia azotowego na poziom uzyskiwanych plonów (tab. 2) bowiem najwyższe plony nasion i słomy otrzymywano na obiektach nawożonych najwyższą dawką azotu, czyli 200 kg N na hektar. Zdecydowanie najniższe plony uzyskano w 1999 roku w SD Baborowko, kiedy warunki meteorologiczne uniemożliwiły przeprowadzenie zabiegów odchwaszczenia zasie-

wów. W efekcie znacznie zmniejszyła się, i tak niższa niż w Grabowie, obsada roślin, a w konsekwencji także plony. Wpływ nawożenia siarką na masę tysiąca nasion rzepaku zebranego w Grabowie był zróżnicowany w latach i trudno je porównać z reakcją w Baborówku ze względu na brak danych (rys. 1). W pierwszym roku badań, kiedy warunki pogodowe były sprzyjające, masa tysiąca nasion wyraźnie się obniżała wraz ze wzrostem dawki azotu, zwłaszcza w obiektach nawożonych również siarką. W roku drugim przy wysokich temperaturach oraz braku opadów w maju i czerwcu nastąpiło przyspieszone dojrzewanie roślin. W tych warunkach rośliny wydały mniej nasion, ale o większej masie, szczególnie na obiektach nawożonych siarką.



Rys. 1. Wpływ nawożenia siarką na masę 1000 nasion rzepaku ozimego – RZD Grabów
The effect of sulphur fertilization on thousand seeds mass of winter oilseed rape

Zarówno nasiona, jak i słoma rzepaku nawożonego siarką miały istotnie wyższą koncentrację tego składnika w porównaniu do roślin nie nawożonych (tab. 3). Pod wpływem nawożenia siarką większym zmianom ulegała jednak koncentracja S w słomie niż w nasionach. Należy dodać, że nasiona rzepaku uprawianego w SD Baborówko charakteryzowały się stałą w obu latach i wyższą zawartością siarki ogólnej niż nasiona uzyskane w RZD Grabów. Koncentracja siarki w nasionach rzepaku uzależniona była również od dawki nawożenia azotowego i na ogół wzrastała wraz ze wzrostem ilości dostarczonego azotu. Wzrost

zawartości S oraz wzrost plonów rzepaku znalazły odbicie w wielkości pobrania siarki (tab. 3). Rośliny rzepaku nawożone siarką pobierały średnio znacznie więcej tego składnika, podobnie jak rośliny dostatecznie zaopatrzone w azot.

Tabela 3

Zawartość i pobranie siarki przez rośliny rzepaku ozimego
Concentration and uptake of sulphur by winter oilseed rape plants

Wyszczególnienie <i>Description</i>	1999			2000		
	zawartość <i>concentration</i> [%]		pobranie <i>uptake</i> [kg/ha]	zawartość <i>concentration</i> [%]		pobranie <i>uptake</i> [kg/ha]
	nasiona <i>seeds</i>	słoma <i>straw</i>	słoma + nasiona <i>straw + seeds</i>	nasiona <i>seeds</i>	słoma <i>straw</i>	słoma + nasiona <i>straw + seeds</i>
RZD Grabów						
Nawożenie S — <i>S fertilization*</i>						
–S	0,827 a	0,328 a	36,81 a	0,866 a	0,335 a	31,74 a
+S	0,866 b	0,444 b	49,47 b	0,921 b	0,519 b	46,98 b
Nawożenie N — <i>N fertilization</i> [kg/ha]						
0	0,823 a	0,408 a	24,23 a	0,858 ab	0,548 a	28,32 ab
40	0,816 a	0,384 a	28,40 a	0,837 a	0,363 a	23,71 a
80	0,826 a	0,346 a	35,16 ab	0,844 a	0,336 a	26,63 a
120	0,843 ab	0,344 a	46,63 abc	0,880 abc	0,335 a	36,63 abc
160	0,868 ab	0,408 a	55,28 bc	0,960 bc	0,474 a	57,26 bc
200	0,904 b	0,429 a	69,19 c	0,982 c	0,508 a	63,52 c
SD Baborówko						
Nawożenie S — <i>S fertilization*</i>						
–S	0,973 a	0,337 a	19,15 a	0,977 a	0,352 a	43,64 a
+S	1,004 b	0,434 b	23,27 b	1,021 b	0,438 b	53,20 b
Nawożenie N — <i>N fertilization</i> [kg/ha]						
0	0,999 a	0,421 a	9,67 a	0,999 a	0,454 a	34,90 a
40	0,956 a	0,365 a	9,73 a	0,072 a	0,368 a	37,34 ab
80	0,963 a	0,355 a	12,97 a	0,974 a	0,353 a	38,86 ab
120	1,005 a	0,406 a	21,48 b	1,126 a	0,429 a	55,60 bc
160	1,010 a	0,430 a	35,36 c	1,017 a	0,396 a	61,54 c
200	1,006 a	0,397 a	38,08 c	1,015 a	0,389 a	62,38 c

* — liczby w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie
numbers in columns marked with the same letters do not differ significantly

Dyskusja

W obu miejscowościach, gdzie prowadzono doświadczenie, nie stwierdzono w liściach rzepaku zawartości siarki poniżej 0,35%, która według Schnuga i Hane-klaus (1994) daje wizualne objawy niedoboru pierwiastka. W żadnym obiekcie doświadczenia nie stwierdzono także zawartości siarki zbliżonej do 0,38%, jaką Mc Grath i Zhao (1996) przyjmują za krytyczną w fazie wczesnego kwitnienia rzepaku. Stwierdzono natomiast przypadki zawartości niedostatecznej, czyli tzw. niedoboru utajonego, niemożliwego wizualnie do wykrycia. Na najniższych dawkach azotu, gdzie rośliny wytwarzały znacznie niższy plon masy liści i łodyg, zawartość siarki wskazywała na wysoki stopień zaopatrzenia rzepaku w ten składnik. Sytuacja ta mogła wynikać z mniejszego rozcieńczenia siarki, w przeciwieństwie do roślin wyżej nawożonych azotem i tworzących większą masę. Na poletkach nawożonych siarką, niezależnie od poziomu nawożenia N, stwierdzono wysoką zawartość tego składnika. Była ona najwyższa — 1,34% — w roślinach z obiektów nie nawożonych azotem, a najniższa — 0,64% — w roślinach najwyżej nawożonych N. Nawożenie siarką wyraźnie zwiększało jej koncentrację w liściach rzepaku, bowiem w obiektach nawożonych S stwierdzano zawartość tego składnika powyżej 0,65%. Pozytywny wpływ nawożenia siarką na jej zawartość w młodych liściach rzepaku stwierdziła również Boreczek (2001).

Porównując wpływ nawożenia siarką na plon nasion rzepaku ozimego w latach 1998/1999 i 1999/2000 stwierdzono znaczne różnice w jego wysokości w badanych sezonach wegetacyjnych i miejscowościach. Trudno także porównać uzyskane plony z wynikami testu roślinnego na zawartość siarki. Jednak istotny wzrost plonu nasion i słomy rzepaku stwierdzony w doświadczeniu wskazuje na występowanie zapotrzebowania roślin na nawożenie siarką. W ostatnich 15 latach aż 37% badanych pól rzepaku ozimego i jarego uprawianego w Anglii wykazało istotny wzrost plonu po aplikacji siarki (Zhao i in. 2002). Potrzeba nawożenia siarką znacznie wzrasta szczególnie przy wysokim nawożeniu azotem często stosowanym w uprawie rzepaku. Ze wzrostem dawek azotu wzrasta plon i zwiększa się zapotrzebowanie roślin na siarkę, co w warunkach Polski stwierdziły również Krauze i Bowszys (2000) oraz Jabłoński i Horodyski (1981), a w Kanadzie Janzen i Bettany (1984). Brak istotnego wpływu siarki na plon rzepaku w tym jednym przypadku świadczy dobitnie o wzajemnym powiązaniu wielu czynników środowiskowych. Okazuje się, że zastosowane nawożenie mineralne nie przyniosło efektu w niekorzystnych warunkach pogodowych, które przełożyły się na znaczne zmniejszenie obsady rzepaku. Niekiedy czynnikiem ograniczającym wykorzystanie siarki może być niedobór innego składnika pokarmowego, np. magnezu (Krauze i Bowszys 2000).

Analizując uzyskane wyniki można zauważyć, że pomimo znacznego zróżnicowania wielkości plonów uzyskanych w obu Stacjach Doświadczalnych zarówno zawartość siarki w nasionach i słomie rzepaku, jak i jej pobranie utrzymują się na

tym samym poziomie w ciągu dwu lat badań. Znamienne są różnice pomiędzy miejscowościami, które mogą wskazywać na wpływ innych czynników, takich jak właściwości gleby czy dopływ siarki z atmosfery. Przebieg pogody w okresie zimy (ilość opadów) i wczesnej wiosny (tempo mineralizacji) ma duży wpływ na zaopatrzenie roślin w siarkę po ruszeniu wiosennej wegetacji. Bardzo często czynnik ten sprzyja występowaniu okresowych niedoborów siarki i wydaje się prawdopodobne, że odegrał istotną rolę w badaniach autorki.

Stosunkowo niska zawartość siarki w młodych liściach rzepaku zebranych w Baborówku w 1999 roku z obiektów nie nawożonych tym składnikiem nie znalazła odbicia w koncentracji S w roślinach dojrzałych. Ta niska koncentracja siarki we wczesnych fazach wiosennej wegetacji rzepaku mogła być spowodowana wolnym tempem mineralizacji na skutek niekorzystnych warunków klimatyczno-glebowych. Natomiast wysoka koncentracja S w roślinach dojrzałych może świadczyć o dużej, naturalnej zasobności gleby w ten składnik. W porównaniu do uzyskanych wyników Boreczek (2000) stwierdziła w swoich badaniach niższą zawartość siarki w nasionach (0,49%) i słomie (0,38%) rzepaku ozimego.

Wnioski

- Przeprowadzone badania wskazują, że zastosowany w doświadczeniu test roślinny jako wskaźnik stanu zaopatrzenia roślin w siarkę pozwala na wykrycie utajonych niedoborów tego składnika, które można usunąć poprzez nawożenie mineralne.
- Nawożenie rzepaku ozimego siarką miało wpływ na wzrost plonów w doświadczeniu.
- Stwierdzono istotny wzrost koncentracji oraz pobrania siarki w roślinach nawożonych tym składnikiem.
- W wyniku stałej redukcji zanieczyszczenia atmosfery związkami siarki oraz wysokiego nawożenia rzepaku azotem może wkrótce wystąpić w kraju konieczność stosowania nawozów siarkowych.

Conclusions

- Conducted research shows that plant test used in this experiment as an indicator of state of sulphur supply in plants allows to find latent S deficits which can be removed by mineral fertilization.
- Sulphur fertilization of winter oilseed rape had influence on yield increase in the experiment.

- The increase of concentration and sulphur uptake in plants fertilized with this element was found.
- Soon the necessity to use sulphur fertilizers may occur in the whole country as the result of continuous reduction of air pollution with sulphur compounds and high fertilization of rapeseed with nitrogen.

Literatura

- Boreczek B. 2001. Wykorzystanie testów roślinnych do oceny stanu odżywienia roślin siarką. *Fragmenta Agronomica*, 4 (72): 136-145.
- Boreczek B. 2000. Bilans siarki w zmianowaniu czteropolowym. *Nawozy i Nawożenie*, 4 (5): 173-184.
- Grzebisz W., Fotyma E. 1996. Ocena odżywienia siarką rzepaku uprawianego w północno-zachodniej Polsce. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XVII: 275-280.
- Krauze A., Bowszys T. 2000. Wpływ stosowania różnych technologii nawozów siarkowych na plonowanie i jakość rzepaku ozimego i jarego. *Folia Univ. Agric. Stetin.*, 204, *Agricultura*, 81: 133-142.
- Jabłoński M., Horodyski A. 1981. Omówienie niektórych prac nad technologią uprawy rzepaku ozimego. *Biul. IHAR*, 146: 57-61.
- Janzen H.H., Bettany J.R. 1984. Sulphur nutrition of rapeseed: influence of fertilizer nitrogen and sulphur rates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 100-107.
- Jędrzycka M., Podleśna A., Lewartowska E. 2002. Wpływ nawożenia azotem i siarką na zdrowotność roślin rzepaku ozimego. *Pam. Puł.*, 130/I: 329-338.
- Mc Grath S.P., Zhao F.J. 1996. Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science*. 126: 53-62.
- Motowicka-Terelak H., Terelak T. 1998. Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenie. *PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska*, Warszawa.
- Podleśna A. Reakcja rzepaku ozimego na zróżnicowane nawożenie siarką. 2002. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 48: 335-340.
- Podleśna A. 2002a. Air pollution by sulphur dioxide in Poland – impact on agriculture. *Phyton*, 42 (3): 157-163.
- Schnug E., Haneklaus S. 1994. Diagnosis of crop sulphur status and application of X-ray fluorescence spectroscopy to sulphur determination in plant materials. *Sulphur in Agriculture*, 18: 31-40.
- Schnug E., Haneklaus S. 1994a. Sulphur deficiency in *Brassica napus*. *Landbauforschung Volkenrode, Sonderherft* 144.
- Wielebski F., Wójtowicz M., Horodyski A. 2002. Agrotechnika rzepaku ozimego w badaniach Zakładu Roślin Oleistych IHAR w Poznaniu. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIII (1): 29-52.
- Zhao F.J., McGrath S.P., Blake-Kalff M.M.A., Link A., Tucker M. 2002. Crop responses to sulphur fertilisation in Europe. *Proceedings No 504, International Fertiliser Society, York, UK*: 1-28.