

Franciszek Wielebski, Marek Wójtowicz

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin

Zakład Technologii Produkcji Roślin Oleistych i Wdrożeń w Poznaniu

Zależność między koncentracją siarki w liściach a zawartością glukozynolanów w nasionach dwóch odmian rzepaku ozimego przy wzrastającym nawożeniu siarką

Relation between sulphur concentration in leaves and glucosinolate content in seeds of two winter oilseed rape cultivars influenced by increasing sulphur fertilization

W doświadczeniach polowych i wazonowych poszukiwano zależności pomiędzy nawożeniem siarką a koncentracją siarki w liściach i zawartością glukozynolanów w nasionach dwóch odmian rzepaku ozimego (Bolko i Ceres). Koncentracja siarki w najmłodszych liściach w fazie początku kwitnienia rzepaku dobrze odzwierciedla stan zaopatrzenia roślin w siarkę. Zawartość siarki w liściach była istotnie skorelowana z dawkami siarki i u obydwu odmian rosła wraz ze wzrostem dawek siarki. Stopień zaopatrzenia roślin w siarkę miał znaczący wpływ na ilość nagromadzonych glukozynolanów w nasionach, a ich zawartość w nasionach obydwu odmian była silnie skorelowana z zawartością siarki w najmłodszych liściach roślin zakwitających. Z badanych odmian Ceres wyraźnie silniej reagował wzrostem glukozynolanów na wzrastające nawożenie siarką.

Relations between sulphur fertilization and sulphur concentration in leaves and glucosinolate content in seeds of two winter rape cultivars (Bolko, Ceres) have been searched in field and pot experiments. Sulphur concentration in the youngest leaves during the beginning of flowering reflected well sulphur supplying to plants. Sulphur content in leaves was significantly correlated with sulphur rates. Supply level of sulphur had substantial effect on glucosinolate content in seeds. This important element of seed quality was correlated with sulphur content in the youngest leaves of two investigated cultivars in the beginning of flowering. Effect of increasing sulphur fertilization on glucosinolate content was higher in Ceres than Bolko cultivar.

Wstęp

Siarka jest niezbędnym składnikiem pokarmowym dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin (Johansson 1962, Horodyski i inni 1972, Spencer 1975, Szukalski 1984). Rośliny pobierają siarkę z gleby, z nawozów i pestycydów, jak również z atmosfery, albo w postaci deszczu, albo bezpośrednio przez absorpcje form gazowych (Randall i Wrigley 1986). Dostępność siarki w glebie zależy zatem od

współdziałania licznych czynników, takich jak: opad atmosferyczny, mineralizacja siarki organicznej i rozmiar wypłukiwania siarczanów z gleby (Mc Grath i Zhao 1995). Dlatego Withers i in. (1995) uważają, że dla wiarygodnego prognozowania dostępności siarki dla rośliny, obok analizy glebowej przydatna jest uzupełniająca analiza liści w fazie kwitnienia.

W roślinie rzepaku rozmieszczenie siarki jest nierównomierne i najczęściej znajduje się jej w wegetatywnych częściach, zwłaszcza w liściach. W okresie formowania nasion i ich dojrzewania część siarki przemieszcza się do nasion, gdzie może być wykorzystana do syntezy glukozyolanów.

Celem niniejszej pracy było poszukiwanie zależności pomiędzy poziomem nawożenia siarką a koncentracją siarki w liściach i zawartością glukozyolanów w nasionach dwóch odmian rzepaku ozimego.

Material i metoda

Do badań posłużyły wyniki 3-letnich doświadczeń polowych przeprowadzonych w latach 1991–93 w warunkach glebowych Zielęcina, uzupełnione wynikami z doświadczeń wazonowych przeprowadzonych w latach 1992–94 w hali wegetacyjnej IHAR w Poznaniu. W doświadczeniach polowych dwie podwójnie ulepszone odmiany rzepaku ozimego (Bolko i Ceres) nawożono wzrastającymi dawkami siarki (0, 20, 40 i 80 kg S/ha). Natomiast w doświadczeniach wazonowych były to dawki — 0,0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2 i 1,6 g/wazon. W każdym roku dwukrotnie, tj. w fazie pąkowania i na początku kwitnienia, oznaczano zawartość siarki w liściach, a w doświadczeniu wazonowym dodatkowo 3-krotnie (w fazach: pąkowania, kwitnienia i przekwitania) oznaczono również zawartość siarki również w łodygach. W tym celu z każdego poletka (doświadczenie polowe) lub z każdej kombinacji (doświadczenie wazonowe) pobierano po około 30 najmłodszych, w pełni wykształconych liści. Zawartość siarki w liściach oznaczano metodą Bradsleya-Lancastera. Siarkę wytrącano z roztworu chlorkiem baru jako $BaSO_4$ i oznaczano nefelometrycznie na spektrofotometrze.

Wyniki poddano analizie wariancji. Następnie poszukiwano zależności pomiędzy dawkami siarki a zawartością siarki w liściach i glukozyolanów w nasionach. W tym celu wyniki poddano analizom korelacji i regresji. Dla cech istotnie skorelowanych wyznaczono krzywe regresji.

Wyniki i dyskusja

Nawożenie siarką, zarówno w warunkach polowych Zielęcina jak i w ściśle kontrolowanych warunkach doświadczeń wazonowych, istotnie modyfikowało zawartość siarki w najmłodszych liściach rzepaku. Wyniki analiz przedstawiono na rys. 1. Wskazują one, że niezależnie od odmiany i fazy rozwojowej roślin w miarę

wzrostu dawki siarki jej zawartość wzrastała w podobnym stopniu, tak u roślin pąkujących jak i zakwitających. Koncentracja siarki w najmłodszych liściach rzepaku u roślin zakwitających była znacznie wyższa niż u roślin pąkujących. Ponadto stwierdzono, że zawartość siarki w liściach była wyraźnie skorelowana z terminem zastosowania nawozu siarkowego i wkrótce po zastosowaniu nawozu obserwowano wzrost koncentracji siarki w liściach.

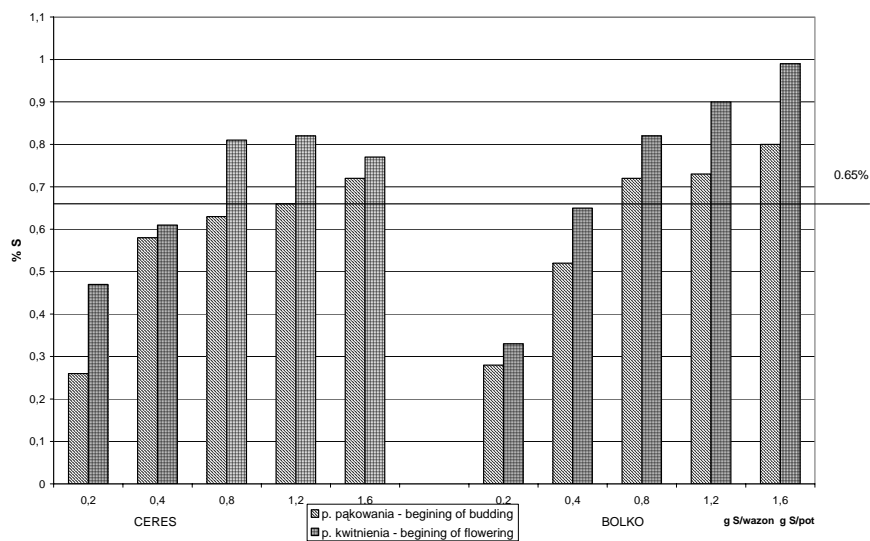
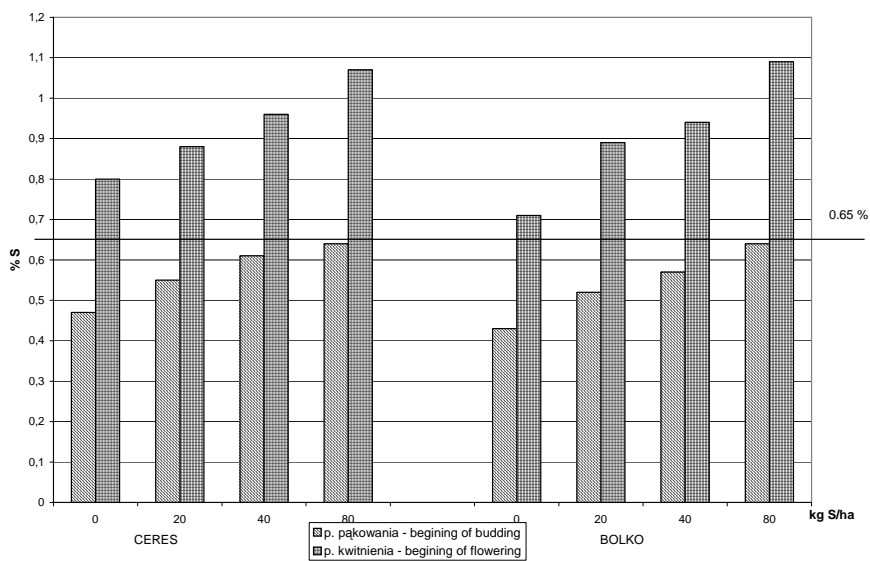
W doświadczeniach polowych dostępność siarki dla rzepaku była duża, albowiem w fazie początku kwitnienia zawartość siarki w liściach roślin nie nawożonych siarką (0,0 kg/ha) wynosiła powyżej 0,65%, a zastosowanie dawek siarki podniosło jej zawartość do ponad 1%. Schnug (1995) twierdzi, że optymalną wartością w tej fazie jest zawartość od 0,56 do 0,65% siarki w liściach.

W doświadczeniu wazonowym, tylko na najniższej dawce (0,2 g S/wazon), liście zawierały niedostateczną ilość siarki, natomiast przy pozostałych dawkach jej zawartość w liściach była równa lub wyższa od optymalnej i rosła wraz z dawkami.

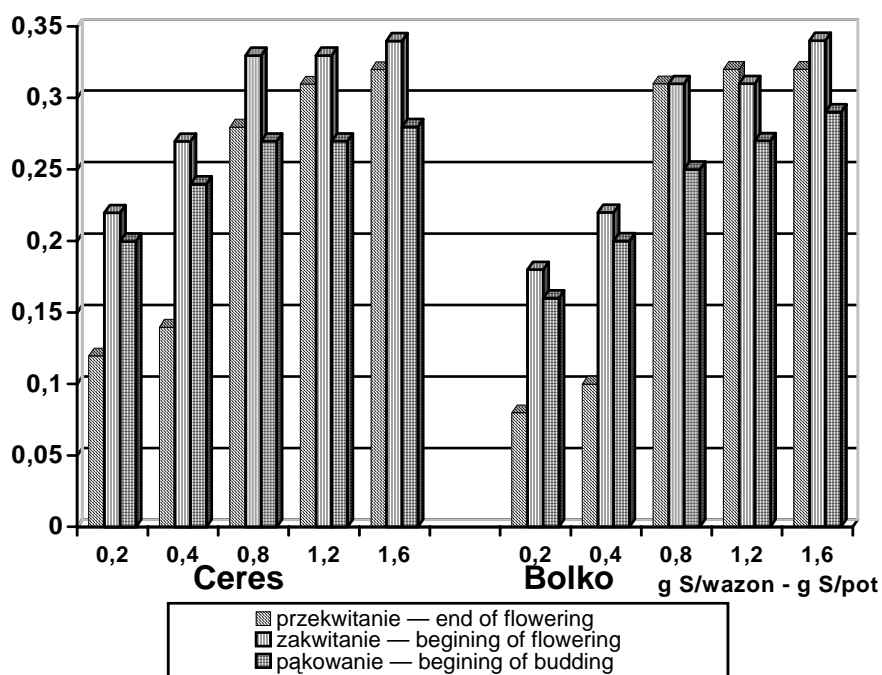
Łodygi były wyraźnie uboższe w siarkę niż liście (rys. 2). W zależności od fazy rozwojowej i dawki siarki było jej 2–3 krotnie mniej. Łodygi rzepaku odmiany Bolko były nieco uboższe w siarkę niż łodygi rzepaku odmiany Ceres, podczas gdy koncentracja tego składnika w liściach była nieco większa u odmiany Bolko. U obydwu odmian w miarę wzrostu roślin, wzrastała zawartość siarki w liściach, podczas gdy różnice w zawartości siarki w łodygach mało zmieniały się w okresie wegetacji.

Bardzo interesujące okazały się u obu odmian zależności między dawkami siarki, zawartością siarki w liściach i zawartością glukozyolanów w nasionach. Cechy te były statystycznie istotnie ze sobą skorelowane, a współczynnik korelacji przyjmował wartości od 0,83 do 0,99 (tab. 1). Ze wzrostem dawek siarki rosła zawartość siarki w liściach i zawartość glukozyolanów w nasionach. Współzależności te przedstawiono graficznie na rysunku 3.

Przy pomocy funkcji matematycznych starano się wyznaczyć dla obu odmian krzywe regresji zawartości siarki w liściach i zawartości glukozyolanów w nasionach względem dawek siarki (rys. 4 i 5). Zarówno w doświadczeniu wazonowym jak i polowym w największym stopniu rzeczywisty przebieg zawartości siarki w liściach względem dawek siarki najlepiej przedstawiała krzywa wyznaczona przy pomocy funkcji wielomianowej. Natomiast zawartość glukozyolanów w nasionach najlepiej charakteryzowały krzywe wyznaczone przy pomocy funkcji wykładniczej. Otrzymano nieco zróżnicowany przebieg tych krzywych dla poszczególnych odmian. Krzywe wzrostu zawartości glukozyolanów i zawartości siarki w liściach u odmiany Ceres przebiegają podobnie, natomiast u odmiany Bolko krzywa przyrostu glukozyolanów wznosi się zdecydowanie wolniej niż krzywa przyrostu siarki w liściach co świadczy, że Bolko wyraźnie słabiej reaguje wzrostem zawartości glukozyolanów niż nasiona odmiany Ceres.

Doświadczenia wazonowe — *Pot experiments (n=3)*Doświadczenia polowe — *Field experiments (n=3)*

Rys. 1. Zawartość siarki w liściach dwóch odmian w fazie pąkowania i początku kwitnienia w zależności od poziomu nawożenia siarką — *Sulphur content in leaves of two varieties in beginning of budding and flowering depending on the sulphur fertilization level*



Rys. 2. Zawartość siarki w suchej masie łodyg dwóch odmian w różnych fazach rozwojowych w zależności od nawożenia siarką — Sulphur content in dry matter of stem of two varieties in different developmental stages depending on sulphur fertilization

Tabela 1
Współczynniki korelacji pomiędzy dawką siarki, zawartością siarki w liściach i zawartością glukozynolanów w nasionach dwóch odmian — Correlation coefficient between sulphur dose, sulphur content in leaves and glucosinolates content in seeds of two varieties

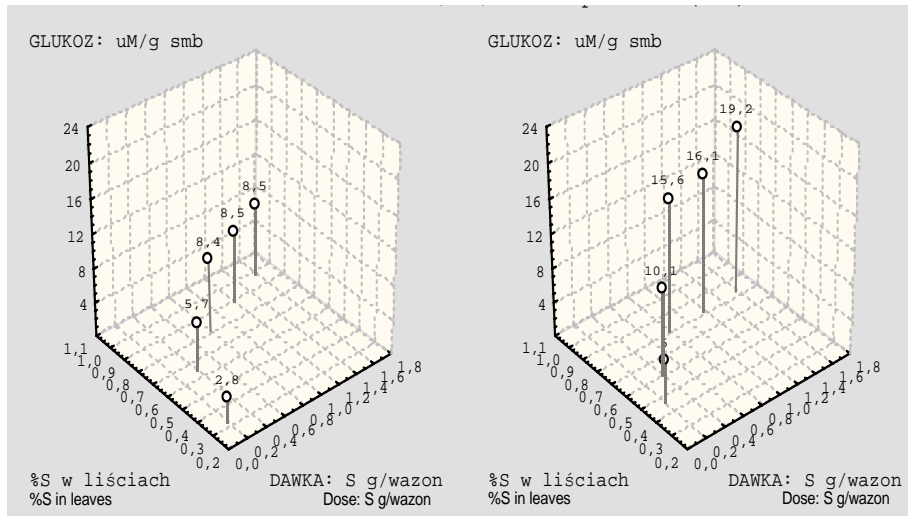
Porównywane cechy Feature	Doświadczenia wazonowe Pot experiments				Doświadczenia polowe Field experiments			
	Ceres		Bolko		Ceres		Bolko	
	A	B	A	B	A	B	A	B
% S w liściach sulphur content in leaves	0,88*	1	0,92**	1	0,99**	1	0,97**	1
μM/g s.m.b.	0,94**	0,98**	0,84	0,97**	0,83	0,87*	0,93*	0,98**

A — dawka siarki — sulphur rate

B — % S w liściach — sulphur content in leaves

* — korelacje istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ — significant correlation at $\alpha = 0,05$

** — korelacje istotne na poziomie $\alpha = 0,01$ — significant correlation at $\alpha = 0,01$

Doświadczenia wazonowe— *Pot experiments* (n=3)

Bolko

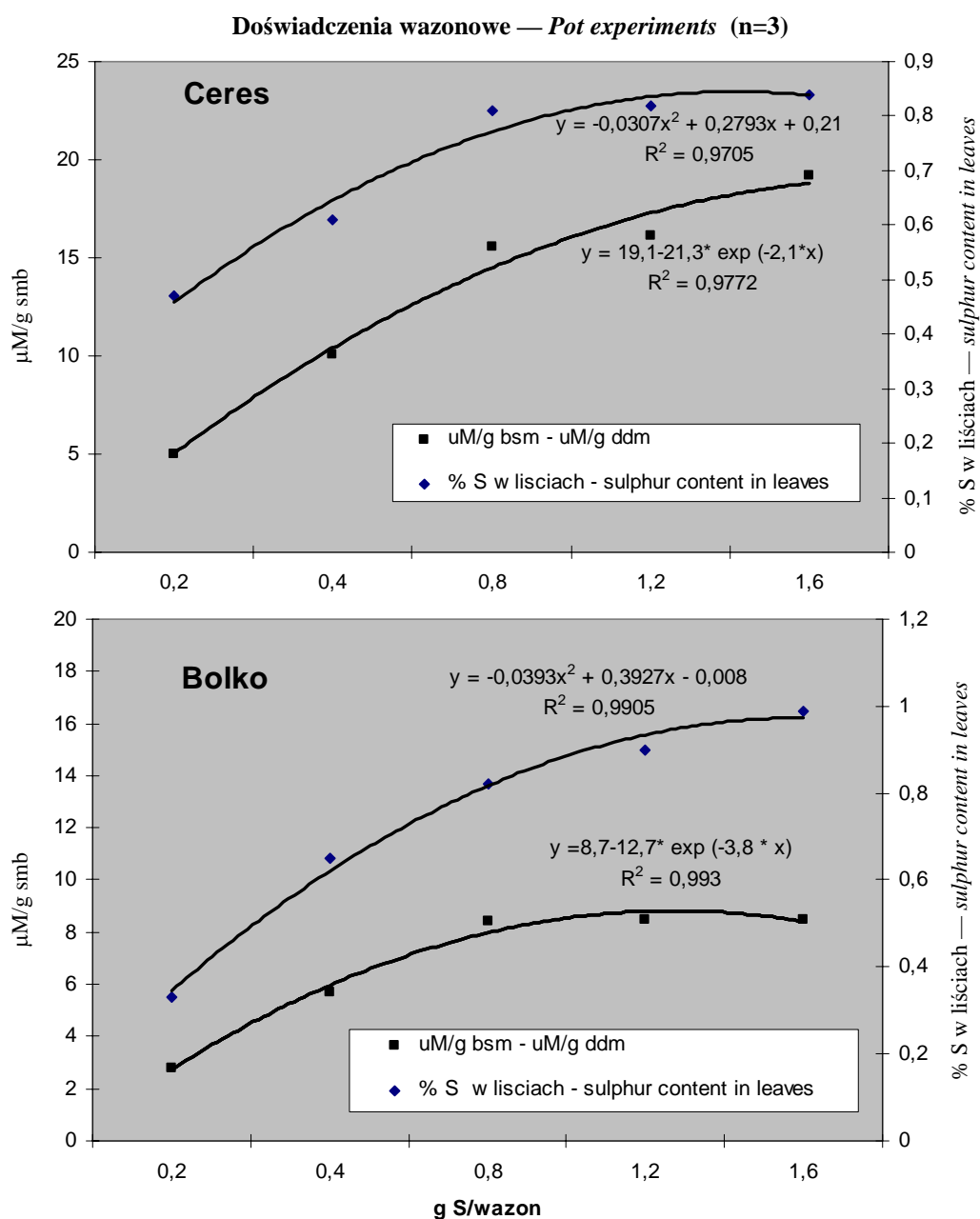
Ceres

Doświadczenia polowe— *Field experiments* (n=3)

Bolko

Ceres

Rys. 3. Zawartość siarki w liściach i glukozynolanów w nasionach względem dawek siarki
Sulphur content in leaves and glucosinolates content under influence of sulphur rate



Rys. 4. Krzywe wzrostu zawartości siarki w liściach i glukozynolanów w nasionach dwóch odmian rzepaku w zależności od dawki siarki — Curve of increasing sulphur content in leaves and glucosinolate content in seeds of two rape varieties depending on sulphur rate

Wnioski

1. Koncentracja siarki w najmłodszych liściach w fazie początku kwitnienia rzepaku dobrze odzwierciedla stan zaopatrzenia roślin w siarkę.
2. Zawartość siarki w liściach była istotnie skorelowana z dawkami siarki i u obydwu odmian rosła wraz ze wzrostem dawek siarki.
3. Stopień zaopatrzenia roślin w siarkę miał znaczący wpływ na ilość nagromadzonych glukozynolanów w nasionach.
4. Zawartość glukozynolanów w nasionach obydwu odmian była silnie skorelowana z zawartością siarki w najmłodszych liściach roślin zakwitających.
5. Spośród badanych odmian Ceres wyraźnie silniej reagowała wzrostem glukozynolanów na nawożenie siarką.

Literatura

- CETIOM 1989. Fertilisation soufreen du colza. Rapport d'activite du CETIOM, s. 19-24.
- Chojnacki A. 1964. Składniki pokarmowe dla roślin w opadach atmosferycznych. *Postępy Nauk Rol.* z. 1 (85): 101-112.
- Dembiński F. 1975. *Rośliny oleiste*. PWRiL, Warszawa.
- Haneklaus S., Schnug E. 1991. Evaluation of the nutritional status of oilseed rape plants by leaf analysis. *Proc. of the 8th Internat. Rapeseed Congress, Saskatoon*, t. 2: 536-541.
- Haneklaus S., Schnug E. 1994. Diagnosis of Crop Sulphur Status and application of X-ray Fluorescence Spectroscopy for the Sulphur Determination in plant and Soil Materials. *Sulphur in Agriculture*, t. 18: 31-40.
- Horodyski A., Krzywińska F., Trzebny W. 1972. Wpływ nawożenia siarką na plon i jakość nasion rzepaku. *Materiały Robocze na Sympozjum: Siarka w przemyśle i rolnictwie, Baranów Sandomierski*, z. 2: 16-22.
- Johansson O. 1962. Über die Schwefelversorgung der Landwirtschaftlichen Kulturen in Schweden. *Landwirtschaftliche Forschung*, t. 15, z. 1: 1-5.
- Maraby I. 1968. Rape crop shows sulphur deficiency in France. *The Sulphur Inst. Journ.*, t. 4, z. 2: 2-4.
- McGrath S. P., Zhao F. J. 1995. Assessing the risk of sulphur deficiency in oilseed rape. *Proc. of the 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge University*, t. 1: 226-228.
- Merrien A., Ribaillier D., Agbo P., Davineau J. 1987. Impact de la fertilisation soufreen sur la teneur en glucosinolates des graines chez le colza: consequences agronomiques. *Proc. 7 eme Congres Intern. Sur le Colza.*, 10-14 mai, Poznań, t. 4: 907-916.
- Merrien A., Pouzet A. 1989. La fertilisation soufre. *Cahier technique colza – Agronomie*, 30-35.
- Randall P. J., Wrigley C. W. 1986. Effect of sulfur supply on the yield, composition and quality of grain from cereals, oilseeds and legumes. In *Pomeranz Advances in Cereal Science and Technology*, t. 8: 171-205.

- Rollier M. 1980. Fumure soufre du colza. *Perspektives Agricoles*, z. 43: 34-35.
- Schnug E., Haneklaus S. 1995. Sulphur deficiency in oilseed rape flowers — Symptomatology, biochemistry and ecological impact. *Proc. of the 9th Rapeseed Congress, Cambridge University*, t. 1: 296-298.
- Spencer K. 1975. Sulphur requirements of plants. *Sulphur in Australian Agriculture*. K. D. Mc Lachlan, ed. Sydney Univ. Press, Sydney, 98-108.
- Szukalski H. 1984. Bilans składników i potrzeby nawozowe jakościowo ulepszonych odmian rzepaku. *Nowe Rolnictwo*, 10: 2-7.
- Withers P. J. A., Evans E. J., Bilsborrow P. E., Milford G. F. J., McGrath S. P., Zhao F., Walker K. C. 1995. Improving the prediction of sulphur deficiency in winter oilseed rape in the UK. *Proc. of the 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge University*, t. 1: 277-279.
- Zhao F. J., Evans E. J., Bilsborrow P. E. 1995. Varietal differences in sulphur uptake and utilization in relation to glucosinolate accumulation in oilseed rape. *Proc. of the 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge University*, t. 1: 271-273.