

Franciszek Wielebski, Marek Wójtowicz, Krystyna Czernik-Kolodziej  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Zakład Roślin Oleistych w Poznaniu

## Ocena stanu zaopatrzenia w siarkę rzepaku uprawianego na polach doświadczalnych wybranych Zakładów Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin

### Estimation of oilseed rape sulphur nutritional status of plantation grown on fields of the experimental Stations of Plant Breeding and Acclimatization Institute

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, siarka, niedobory siarki, glukozynolany

Key words: oilseed rape, sulphur, sulphur deficiency, glucosinolate

Celem prowadzonych badań było określenie stanu zaopatrzenia rzepaku w siarkę w Zakładach Doświadczalnych IHAR. W roku 1998 i 1999 z pól doświadczalnych pobierano próbki liści, w których oznaczano całkowitą zawartość siarki. Testy te wykonane w fazie początku kwitnienia rzepaku wykazały niedostateczne zaopatrzenie rzepaku w siarkę na większości badanych plantacji. W roku 1998 koncentracja siarki w liściach rzepaku z Małyszyna (0,34%) i z Zielęcina (0,39%) była niedostateczna, natomiast w pozostałych miejscowościach (Borowo, Łagiewniki i Oleśnica) wysoka. W 1999 roku niedobory siarki były znacznie większe. Bardzo niską zawartość siarki w liściach stwierdzono w czterech badanych miejscowościach: Borowo 0,24%, Łagiewniki 0,21%, Przebędowo 0,18% i Zielęcina 0,22%, natomiast w Oleśnicy (0,41%) zawartość siarki była niedostateczna, zaś tylko w Radzikowie (0,72%) i Małyszynie (1,11%) wysoka. Obok zmniejszającego się ciągle dopływu siarki z atmosfery przyczyną tak głębokich niedoborów siarki w roku 1999 były warunki pogodowe w okresie jesienno-zimowym i wczesnej wiosny. Obfite opady w jesieni i zimie spowodowały prawdopodobnie silne wymycie

The aim of this investigation was to assess sulphur nutritional status of oilseed rape plants. In 1998 and 1999 from experimental fields samples of leaves were taken. In each one total sulphur content was determined. Tests conducted in the beginning of flowering of oilseed rape, showed sulphur deficiency in oilseed rape in most of plantations of the investigated experimental stations. In 1998 sulphur content in leaves of oilseed rape from Małyszyn (0.37%) and from Zielęcina (0.39%) was below, while in Borowo, Łagiewniki and Oleśnica sulphur content in leaves was above the threshold values. Sulphur deficiency was greater in 1999 than in 1998. In 1999 very low sulphur content in leaves was found in four examined places, i. e. Borowo 0.24%, Łagiewniki 0.21%, Przebędowo 0.18% and Zielęcina 0.22%. In Oleśnica sulphur content was insufficient (0.41%). Only in Radzików (0.72%) and Małyszyn (1.11%) content of this nutrient was high i. e. above the threshold values for rape. Apart from decreasing of sulphur input from the atmosphere, so intense sulphur deficiency in 1999 was caused by weather conditions in autumn, winter and at the beginning of spring. High amount of precipitation in autumn and

siarki z gleby, a chłodna pogoda wczesną wiosną nie sprzyjała szybkiej mineralizacji siarki w glebie. Niedobory siarki niekorzystnie wpłynęły na kwitnienie i wiązanie łuszczyń, zaś w nasionach rzepaku powodowały obniżenie zawartości glukozynolanów. Należy zwrócić większą uwagę na stan odżywiania rzepaku siarką bowiem rośliny mogą cierpieć z powodu niedoboru siarki pomimo braku zewnętrznych objawów (niedobory utajone). W przypadku wystąpienia w okresie jesienno-zimowym i wczesnej wiosny warunków sprzyjających wymywaniu siarki z gleby (intensywne opady) należy uwzględnić dokarmianie siarką w wiosennym nawożeniu rzepaku.

winter probably increased leaking of this nutrient from the soil and cool weather in the beginning of spring hampered organic sulphur mineralization. Sulphur deficiency influenced negatively flowering and pod setting and caused decreasing of glucosinolate content in seeds. It is important to take plant sulphur supply into consideration because plants cannot thrive on account of sulphur deficiency in spite of lack of visible deficiency symptoms (latent deficiency). When autumn, winter and beginning of spring conditions promote sulphur leaking (intensive precipitation) sulphur should be taken into consideration in spring fertilization of oilseed rape.

## Wstęp

---

Spośród roślin uprawnych rzepak wykazuje największe zapotrzebowanie na siarkę (średnio 1,5–2 kg S/dt nasion i słomy). Duże ilości składnika pobiera zwłaszcza wiosną, od ruszenia vegetacji do końca kwitnienia (Horodyski i in. 1972, Merrien 1987, Zhao i in 1995). Według The Sulphur Institute (1995) do niedawna najważniejszym źródłem zaopatrzenia roślin w siarkę była atmosfera. Duże ilości siarki, które trafiały do gleby z opadami atmosferycznymi całkowicie pokrywały potrzeby rzepaku. Zmniejszenie emisji siarki do atmosfery wyraźnie pogorszyło zaopatrzenie roślin w ten składnik i spowodowało nasilenie występowania niedoboru tego pierwiastka, zwłaszcza u roślin mających duże wymagania względem siarki, do których niewątpliwie należy rzepak. Zawartość siarki w liściach, w fazie początku kwitnienia rzepaku jest dobrym wskaźnikiem stanu zaopatrzenia roślin w siarkę (Haneklaus i Schnug 1991).

Celem przeprowadzonych badań była ocena stanu zaopatrzenia roślin w siarkę w Zakładach Doświadczalnych IHAR, które prowadzą badania z rzepakiem.

## Materialy i metodyka badań

---

Badania prowadzono w latach 1998 i 1999. W roku 1998 dokonano oceny zaopatrzenia rzepaku w siarkę w czterech Zakładach Doświadczalnych IHAR: Borowo, Łagiewniki, Oleśnica Mała i Małyszyn oraz w ZDUNG Zielęcín. W roku 1999 badaniami objęto również Zakłady Doświadczalne Przebédowo i Radzików. Trzy z nich (Borowo, Przebédowo i Zielęcín) zlokalizowane są na terenie dawnego województwa poznańskiego, pozostałe położone są: w dawnych województwach leszczyńskim (Łagiewniki), gorzowskim (Małyszyn), warszawskim (Radzików) i wrocławskim (Oleśnica Mała).

W każdej miejscowości, z poletek doświadczalnych, pobierano próbki rzepaku w celu oznaczenia w nich zawartości siarki. Krótko przed kwitnieniem, z pędu głównego pobierano do analizy około 30 najmłodszych lecz w pełni wykształconych liści. W roku 1999 oddzielnie pobierano próbki liści z roślin wykazujących niedobory siarki oraz z roślin, które nie wykazywały takich zewnętrznych objawów.

Całkowitą zawartość siarki oznaczono metodą Bardsleya–Lancastera (1960).

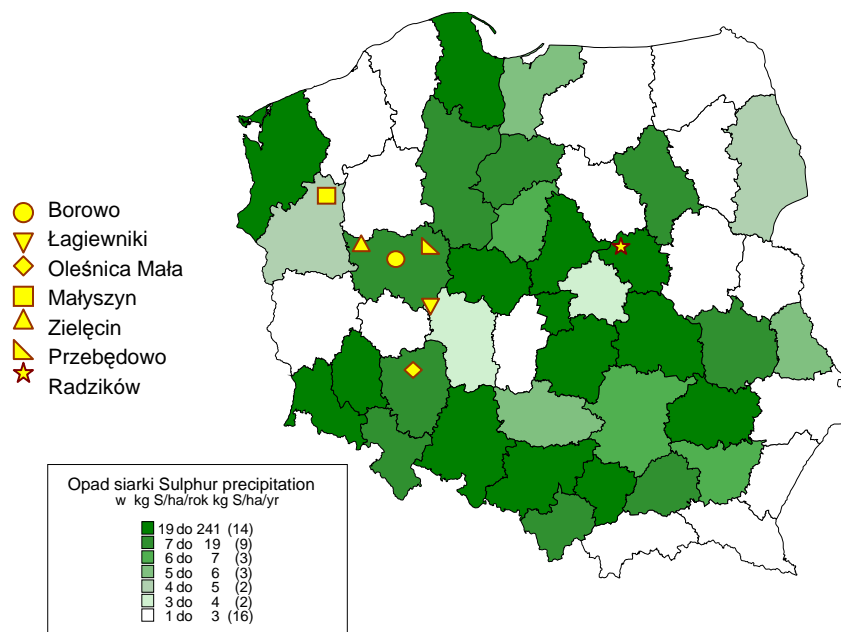
## Wyniki i dyskusja

---

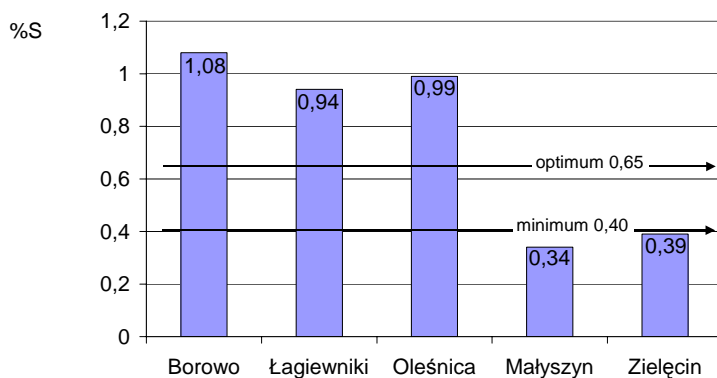
W latach osiemdziesiątych w Europie Zachodniej i Północnej pojawił się problem niedoboru siarki w rzepaku wywołany przede wszystkim ograniczeniem jej emisji do atmosfery (Schnug 1991, Walker i Booth 1994, Withers i in. 1995). Według Schnuga i Haneklaus (1994) pod koniec tego okresu w rejonie północno-zachodnim Niemiec aż 99% plantacji rzepaku wykazywało występowanie utajonych niedoborów siarki. Począwszy od lat 90-tych również w Polsce emisja siarki do atmosfery systematycznie maleje i w roku 1998 wynosiła około 33 kg S/ha/rok. Większa emisja siarki występuje w rejonach silnie uprzemysłowionych, natomiast na terenach nieuprzemysłowionych roczny opad siarki jest niewielki, rzędu od kilku do 10 kg S/ha (rys. 1). Właśnie na tych terenach w ostatnich latach wyraźnie pogarsza się zaopatrzenie gleby, a przez to i roślin w siarkę. W doświadczeniach polowych przeprowadzonych na początku lat 90-tych (Wielebski i Muśnicki 1998) nie stwierdzono niedoborów siarki zarówno na lżejszych glebach Zielęcina, jak i cięższych glebach Przybrody. Natomiast badania prowadzone w roku 1995 na podstawie testów liściowych wykazały już występowanie utajonych niedoborów siarki w rzepaku uprawianym w Polsce północno-zachodniej (Grzebisz 1996).

Badania przeprowadzone w roku 1998 i 1999 wykazały niedostateczne zaopatrzenie w siarkę rzepaku uprawianego w Zakładach Doświadczalnych IHAR. Analiza liści rzepaku dowiodła silnego zróżnicowania niedoborów tego pierwiastka. Zróżnicowanie to dotyczyło zarówno lat jak i miejscowości, w których prowadzono badania. W roku 1998 najmniej siarki stwierdzono w liściach rzepaku uprawianego w Małyszynie (0,34%) i Zielęcinie (0,39%) (rys. 2). Natomiast najwyższą koncentracją siarki w liściach odznaczały się rzepaki uprawiane w Borowie (ponad 1%), a tylko nieco mniejszą w Oleśnicy (0,99%) i w Łagiewnikach (0,94%). Według Haneklaus i Schnuga (1991, 1994) optymalna zawartość siarki w liściach wynosi 0,56–0,65%, natomiast gdy koncentracja S w suchej masie jest poniżej 0,40% występują wizualne objawy niedoboru tego pierwiastka. Przy zawartości siarki w liściach od 0,40 do 0,56% u rzepaku występuje niedostatek siarki w liściach, ale objawy tego niedoboru są niewidoczne (tzw. niedobory

utajone). W roku 1998 w Borowie, Oleśnicy i Łagiewnikach rzepaki były dobrze zaopatrzone w siarkę, natomiast w Małyszynie i Zielęcinie koncentracja siarki w liściach kształtowała się poniżej wartości krytycznej, co wskazuje na jej niedostatek w roślinie.

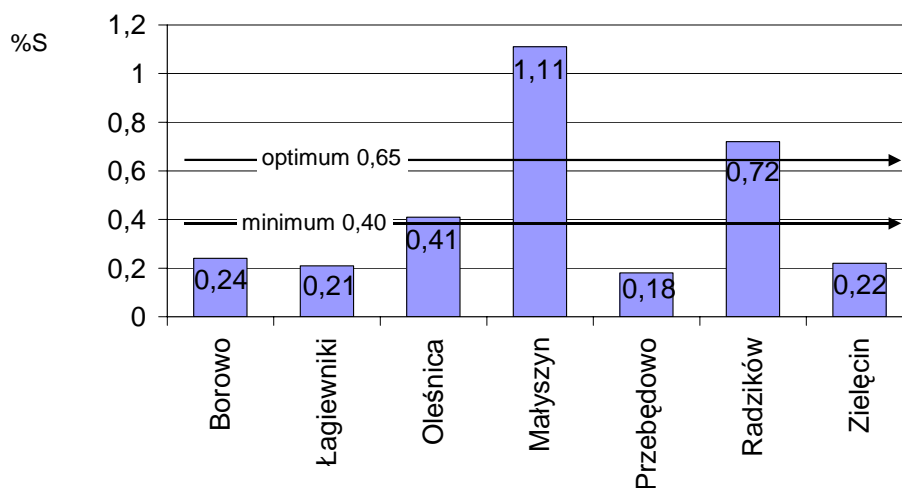


Rys. 1. Roczny opad siarki z atmosfery [kg S/ha/rok] — Annual sulphur precipitation [kg S/ha/year]  
 Źródło: Rocznik statystyczny 1997 — Source: Statistical Yearbook

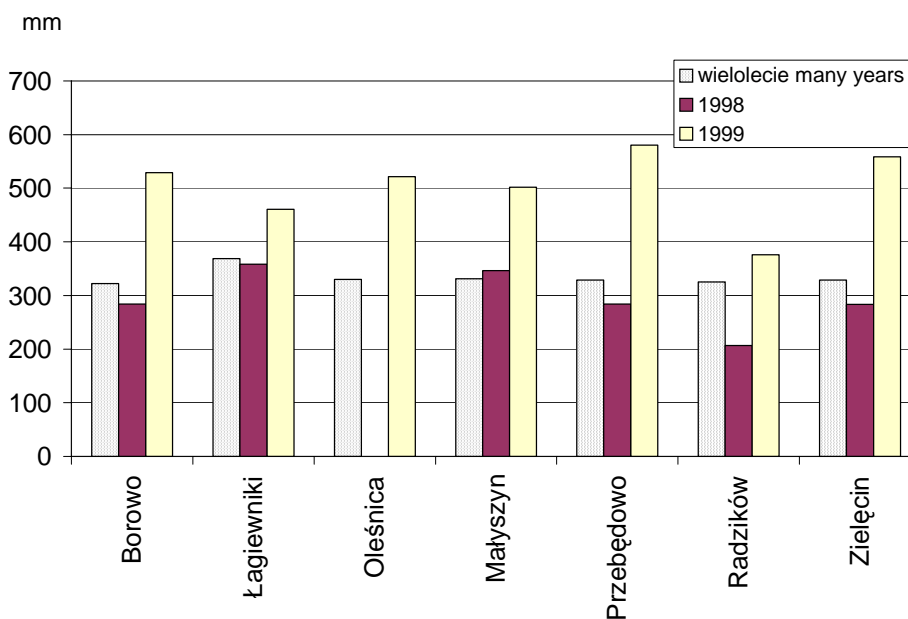


Rys. 2. Zawartość siarki w suchej masie najmłodszych liści rzepaku w badanych plantacjach Zakładów Doświadczalnych w roku 1998 — Content of sulphur in dry matter of the youngest leaves in investigated plantation of experimental Stations in 1998

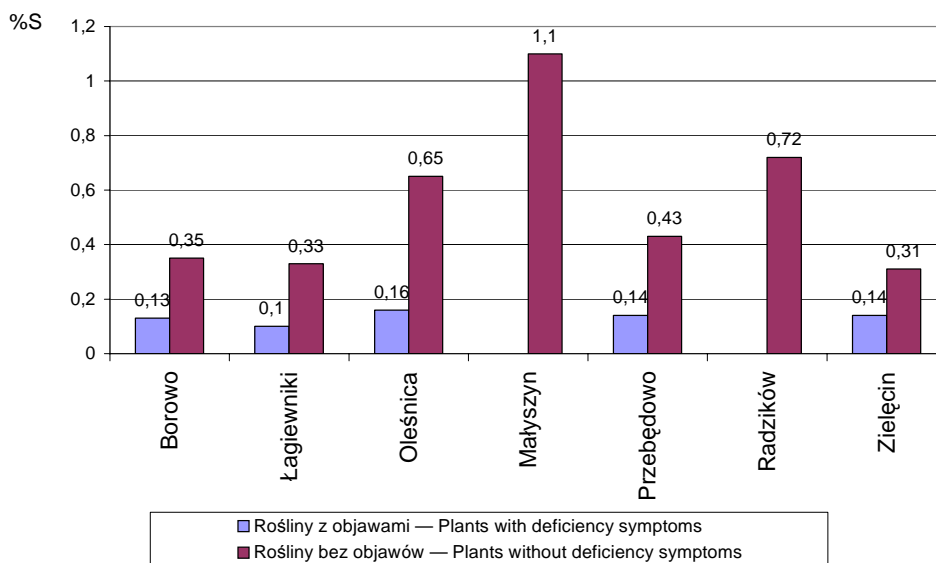
W roku 1999 silne niedobory siarki wystąpiły w pięciu z siedmiu badanych Zakładów Doświadczalnych (rys. 3). Duże niedobory siarki pojawiły się w miejscowościach, w których jeszcze w roku poprzednim rzepaki były dobrze zaopatrzone w siarkę (Borowo, Łagiewniki, Oleśnica). Przyczyną tych głębokich niedoborów siarki były przede wszystkim warunki pogodowe, jakie wystąpiły w okresie jesienno-zimowym i wczesnej wiosny. Począwszy od września do maja we wszystkich miejscowościach miesięczne sumy opadów były wysokie. Suma opadów w tym okresie stanowiła ponad 150% wieloletniej dla tego okresu (rys. 4). Obfite opady w okresie jesieni i zimy spowodowały silne wymycie siarki z gleby. Przyczyniła się do tego stosunkowo łagodna zima, bowiem deszcze padające na niezamarzniętą glebę znacznie zwiększały rozmiar wypłukiwania z niej siarczanów. Zatrzymywanie siarczanów w wierzchnich warstwach gleby jest bardzo małe, gdyż jony  $\text{SO}_4$  są bardzo ruchliwe i przez to łatwo wymywane. Również warunki pogodowe wczesną wiosną miały duży wpływ na stan odżywiania siarką roślin rzepaku. Chłody, które wystąpiły wiosną krótko po ruszeniu wegetacji, nie sprzyjały właściwej mineralizacji siarki w glebie. Mineralizacja siarki najlepiej przebiega bowiem w temperaturze  $10\text{--}20^\circ\text{C}$ , natomiast ulega spowolnieniu przy niższej temperaturze (Simon-Sylvestre 1972). Wolne tempo mineralizacji siarki spowodowane niskimi temperaturami nie było w stanie zaspokoić dużych i szybko rosnących potrzeb rzepaku względem siarki. Warunki jakie wystąpiły wiosną 1999 roku spowodowały, że na plantacjach rzepaku w wielu rejonach Polski zaobserwowano silne niedobory siarki.



Rys. 3. Zawartość siarki w suchej masie najmłodszych liści rzepaku w badanych plantacjach Zakładów Doświadczalnych w roku 1999 — *Content of sulphur in dry matter of the youngest leaves in investigated plantations of experimental stations in 1999*



Rys. 4. Suma opadów w okresie od września do maja w roku 1998 i 1999 na tle wielolecia (1957–99) — Precipitation sum from September to May in 1998 and 1999 against a background of many years (1957–99)

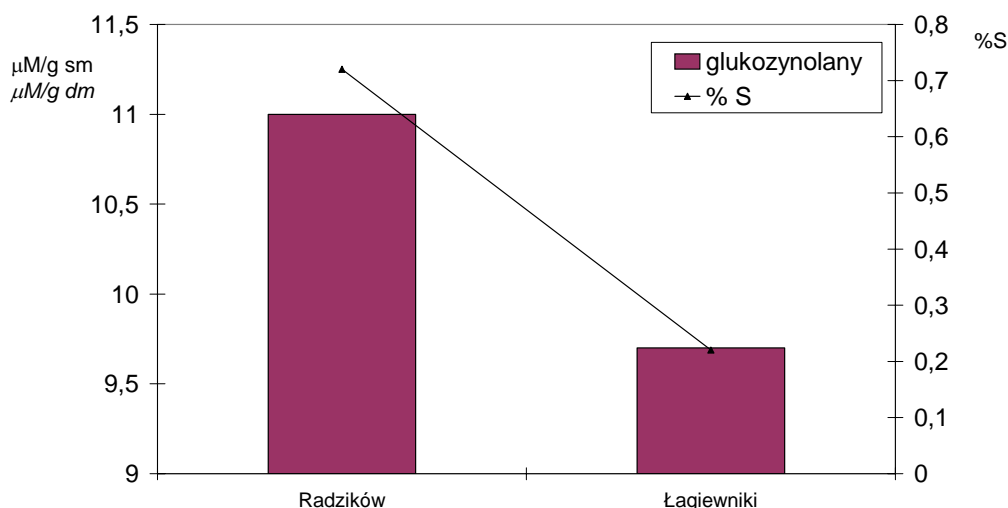


Rys. 5. Zawartość siarki w liściach roślin z objawami i bez objawów niedoborów siarki — Sulphur content in leaves of plants with and without deficiency symptoms

Badania własne przeprowadzone wczesną wiosną roku 1999 wykazały, że tylko w Radzikowie i Małyszynie rośliny rzepaku były dobrze zaopatrzone w siarkę. W Małyszynie w stosunku do roku 1998 nastąpiła zdecydowana poprawa zaopatrzenia roślin w siarkę. Prawdopodobnie przyczyniło się do tego zastosowanie siarczanu amonu (120 kg/ha), bezpośrednio po rozpoczęciu wegetacji rzepaku.

Wyniki analiz liści pochodzących z roślin z objawami, jak i z roślin nie wykazujących niedoborów siarki (rys. 5) wskazują na konieczność zwrócenia większej uwagi na stan odżywiania rzepaku siarką, bowiem rośliny mogą cierpieć z powodu niedoboru siarki pomimo braku zewnętrznych objawów tego niedoboru (niedobory utajone).

Niedobory siarki, jakie ujawniły się wiosną 1999 roku, niekorzystnie wpłynęły na kwitnienie i wiązanie nasion rzepaku, co w efekcie obok innych czynników (porażenie przez choroby) przyczyniło się do słabszego plonowania rzepaku. Stopień zaopatrzenia roślin w siarkę miał znaczący wpływ na ilość glukozynolanów w nasionach. Te same odmiany rzepaku rosnące w warunkach niedoboru siarki gromadziły w nasionach istotnie mniej glukozynolanów w porównaniu do tych, które były dobrze odżywione siarką (rys. 6). Zawartość glukozynolanów w nasionach jest silnie skorelowana z zawartością siarki w najmłodszych liściach rzepaku (Wielebski i Wójtowicz 1998, Wielebski i Muśnicki 1998). W warunkach słabego zaopatrzenia roślin w siarkę, maleje zawartość dostępnej metioniny jako prekursora syntezy glukozynolanów (Josefsson 1970).



Rys. 6. Zawartość glukozynolanów w nasionach 30 rodów rzepaku w zależności od zaopatrzenia roślin w siarkę (Doświadczenia, IHAR Poznań 1999) — *Glucosinolate content in seeds of 30 oilseed rape strains according to sulphur supply (Experiments, IHAR 1999)*

Coraz częstsze przypadki występowania objawów niedoboru siarki w rzepaku uprawianym w Polsce są następstwem działania wielu czynników, do których przede wszystkim należy zaliczyć mniejszy dopływ siarki z atmosfery, duży udział w stanowiących pod rzepak gleb lekkich i średnich, z natury ubogich w siarkę i o niskim poziomie zawartości materii organicznej. W najbliższych latach proces ten będzie się nasilał. Należy zatem zwrócić większą uwagę na stan odżywiania rzepaku siarką. Nawożenie siarką będzie miało w praktyce istotne znaczenie dla utrzymania wysokiego plonu.

## Podsumowanie i wnioski

---

1. Testy liściowe wykonane w fazie początku kwitnienia rzepaku uprawianego w większości Zakładów Doświadczalnych wykazały niedostateczne zaopatrzenie tych roślin w siarkę
2. W roku 1998 stwierdzono niedostateczną koncentrację siarki w liściach rzepaku uprawianego w Małyszynie (0,34%) i Zielęcinie (0,39%), natomiast zawartość tego pierwiastka w pozostałych miejscowościach (Borowo, Łągiewniki i Oleśnica) była wysoka.
3. W 1999 roku bardzo niską zawartość siarki stwierdzono w liściach rzepaku uprawianego w pięciu badanych miejscowościach (Borowo — 0,24%, Łągiewniki — 0,21%, Przebędowo — 0,18% i Zielęcin — 0,22%). Natomiast w Oleśnicy (0,41%) zawartość siarki była niedostateczna, a w Radzikowie (0,72%) i Małyszynie (1,11%) wysoka.
4. Obok zmniejszającego się ciągle dopływu siarki z atmosfery, przyczyną tak głębokich niedoborów siarki w roku 1999 były obfite opady jesienią i zimą, które spowodowały silne wymycie siarki z gleby, a niskie temperatury wczesną wiosną utrudniały mineralizację siarki w glebie.
5. Niedobory siarki niekorzystnie wpłynęły na kwitnienie, wiązanie łuszczyń oraz obniżyły zawartość glukozyolanów w nasionach rzepaku.
6. Należy zwrócić większą uwagę na stan odżywiania rzepaku siarką, bowiem rośliny mogą cierpieć z powodu niedoboru siarki pomimo braku zewnętrznych objawów (niedobory utajone).
7. W przypadku wystąpienia w okresie jesienno-zimowym i wczesnowiosennym warunków sprzyjających wymywaniu siarki z gleby (intensywne opady) należy uwzględnić dokarmianie siarką w wiosennym nawożeniu rzepaku.
8. Zaopatrzenie roślin w siarkę znacznie poprawiło zastosowane wiosną nawożenie siarczanem amonu w Małyszynie i Radzikowie.



## Literatura

- Bardsley C., Lancaster J. 1960. Determination of reserve sulphur and soluble sulfates in soils. *Soil Sci. Am. Prom.*, 24: 265-268.
- Grzebisz W., Fotyma E. 1996. Ocena odżywienia siarką rzepaku uprawianego w północno-zachodniej Polsce. *Rośliny Oleiste*, XVII (1): 275-280.
- GUS 1997. Rocznik Statystyczny.
- 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*, 2: 536-541.
- Horodyski A., Krzywińska F., Trzebny W. 1972. Wpływ nawożenia siarką na plon i jakość nasion rzepaku. *Mat. robocze na Sympozjum Siarka w przemyśle i rolnictwie, Baranów Sandomierski z. 2*: 16-22.
- Josefsson E. 1970. Glucosinolate content and amino acid composition of rapeseed (*Brassica napus*) meal as affected by sulphur and nitrogen nutrition. *J. Sci. Food Agric.*, 21: 98-103.
- 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*, 1: 226-228.
- Merrien A. 1987. Aspects agronomiques de l'utilisation du soufre mineral sur colza d'hiver. *C. R. Sympos. Int. sur le Soufre*: 1-4.
- Schnug E. 1991. Sulphur National Status of European crops and consequences for Agriculture. *Sulphur in Agriculture*, 15: 7-12.
- Schnug E., Haneklaus S. 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* 18: 31-40.
- Simon-Sylvestre G. 1972. Influence de diferentes fumures soufrees sur les cycles annuels du soufre et de l'azote dans le sol. *Ac. agr. Fr.*: 1052-1512.
- The Sulphur Institute 1995. Broszura.
- Walker K.C., Booth E.J. 1994. Sulphur deficiency in Scotland and the effects of sulphur supplementation on yield and quality of oilseed rape. *Norwegian J. Agric. Sci. Supplement* 15: 97-104.
- Wielebski F., Muśnicki Cz. 1998. Wpływ wzrastających dawek siarki i sposobu jej aplikacji na plon i zawartość glukozynolanów w nasionach dwóch odmian rzepaku ozimego w warunkach doświadczeń polowych. *Rocz. Akad. Rol. w Poznaniu, CCCIII*: 149-167.
- Wielebski F., Muśnicki Cz. 1998a. Zmiany ilościowe i jakościowe u dwóch odmian rzepaku ozimego pod wpływem wzrastających dawek siarki w warunkach kontrolowanego niedoboru siarki (Doświadczenia wazonowe). *Rocz. Akad. Rol. w Poznaniu, CCCIII*: 129-147.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 1998. Zależność między koncentracją siarki w liściach a zawartością glukozynolanów w nasionach dwóch odmian rzepaku ozimego przy wzrastającym nawożeniu siarką. *Rośliny Oleiste, XIX (1)*: 71-79.
- 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*, 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*, 1: 271-273.