

Streszczenie

Celem pracy była ocena efektywności plonotwórczej siarki nawozowej w zależności od dawki i sposobu jej aplikacji w krótkotrwałej (trzyletniej) monokulturze rzepaku ozimego prowadzonej w warunkach klimatyczno-glebowych regionu zamojskiego. Przedmiotem doświadczenia był rzepak ozimy (*Brassica napus* L. var. *napus*) odmiany Orlando nawożony zróżnicowanymi dawkami siarki stosowanej w różnych terminach. Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2010-2013 w miejscowości Kol. Franusin położonej w powiecie Tomaszów Lubelski, w województwie lubelskim. Doświadczenie założono na glebie mineralnej ciężkiej bogatej w węgiel organiczny, o składzie granulometrycznym pyłu ilastego, o odczynie lekko kwaśnym (pH_{KCl} 6,2), niskiej zawartości przyswajalnych form fosforu i potasu, niskiej zawartości siarki ogólnej i siarki siarczanowej, a wysokiej zasobności w magnez.

Doświadczenie obejmowało dwa czynniki (w czterech powtórzeniach):

- I. Dawka siarki aplikowanej w postaci Na_2SO_4 – 0, 20, 40 i 60 kg S ha^{-1} ,
- II. Sposób aplikacji siarki - doglebowy przed siewem, tylko nalistny wiosną, doglebowy przed siewem + nalistny wiosną.

Po zbiorze roślin oznaczono plon nasion i słomy z poletka i przeliczono go na $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$. W próbkach nasion oznaczono zawartość tłuszczu surowego oraz białka ogólnego. W próbkach nasion i słomy oznaczono zawartość makroelementów (N, S, P, K, Ca i Mg) i mikroelementów (Cu, Zn, Fe, Mn). Obliczono akumulację tych składników oraz indeks żniwny dla każdego z oznaczanych pierwiastków. Obliczono również wskaźniki charakteryzujące efektywność nawożenia siarką: efektywność rolniczą netto i brutto, efektywność fizjologiczną netto i brutto, wykorzystanie siarki. Wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem analizy wariancji (ANOVA). Dla wybranych cech przeprowadzono również analizę korelacji i regresji.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że nawożenie siarką siarczanową rzepaku ozimego odmiany Orlando uprawianego w monokulturze wpływało na wielkość plonów tej rośliny oraz na ich jakość biologiczną. Wpływ siarki na wielkość plonów rośliny doświadczalnej istotnie zależał od dawki i sposobu aplikacji siarki. Już dawka najniższa w ilości 20 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, niezależnie od sposobu jej aplikacji, zwiększyła istotnie plon nasion. Przy aplikacji jesiennej doglebowej oraz aplikacji wyłącznie dolistnej różnice pomiędzy dawką najniższą a wyższymi (40 i 60 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nie były istotne. Przy łącznym stosowaniu dawka 60 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ zwiększyła istotnie plon w porównaniu z dawkami niższymi. Nawożenie siarką

zwiększało istotnie plon słomy rzepaku, a rozwojowi części wegetatywnych najbardziej sprzyjała dolistna aplikacja pierwiastka. Zastosowanie siarki zwiększało zaolejenie nasion rzepaku, a najkorzystniej na zawartość tłuszczu w nasionach oraz plon tłuszczu wpływała dolistna aplikacja dawki $60 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz aplikacja łączona każdej z dawek. Aplikacja doglebowa lub łączona ($\frac{1}{2}$ doglebowo przed siewem + $\frac{1}{2}$ nalistnie) siarki w dawce $20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ nie zmieniała zawartości białka w nasionach. Pozostałe warianty nawożenia siarką zwiększały zawartość białka, a najkorzystniej dawka $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ stosowana dolistnie lub w sposób łączony.

Nawożenie siarką wpływało na skład mineralny nasion i słomy rzepaku. Generalnie wszystkie analizowane warianty nawożenia siarką zwiększały istotnie zawartość N, P, K, Ca i Mg w porównaniu z obiektem kontrolnym, jednak różnice nie były duże. W słomie zawartość makroelementów była bardziej zróżnicowana. Nawożenie siarką zwiększało zawartość w częściach wegetatywnych S, P i K. Natomiast w odniesieniu do azotu, wapnia i magnezu wpływ aplikacji siarki był znacznie mniejszy. Każdy z analizowanych wariantów nawożenia siarką zmniejszał indeks żniwny siarki. Aplikacja dolistna każdej z dawek zmniejszała indeks żniwny azotu, fosforu, potasu i wapnia. Doglebowa aplikacja dawki $20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz mieszana 40 i $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ zwiększała wartość indeksu żniwnego dla fosforu, potasu i wapnia. Każdy z wariantów nawożenia siarką zwiększał zawartość cynku i manganu w nasionach rzepaku. Aplikacja dolistna siarki zmniejszała wartość indeksu żniwnego dla wszystkich mikroelementów.

Biorąc pod uwagę wszystkie badane warianty nawożenia siarką należy stwierdzić, że najwyższy wskaźnik wykorzystania siarki w nasionach rzepaku był po zastosowaniu doglebowym dawki $20 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$. Wykorzystanie siarki w plonie ogólnym biomasy było również najwyższe dla tej dawki, ale aplikowanej w sposób łączony. Najwyższy wskaźnik efektywności rolniczej stwierdzono dla dawki $20 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$, zwłaszcza aplikowanej dolistnie lub w sposób łączony. Efektywność plonotwórcza siarki nawozowej stosowanej w uprawie rzepaku ozimego zależała również istotnie od warunków pogodowych, w szczególności od wielkości opadów, których niedobór odbił się bardzo niekorzystnie na plonie nasion w 2012 roku. Uprawa rzepaku ozimego w krótkotrwałej monokulturze nie wpłynęła istotnie na uzyskane plony. Warto podkreślić, że w trzecim roku uprawy obserwowano największą efektywność stosowania siarki. Co wskazuje, że nawożenie siarką może łagodzić negatywne następstwa uprawy rzepaku po sobie.

Abstract

The objective of this study was to assess the yield efficiency of sulphur-enhanced fertilizers, depending on the dose and application method, in a short-lived (three-year) monoculture of winter oilseed rape under the climate and soil conditions of the Zamość region. The experiment was carried out on winter oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *napus*) of the Orlando variety, fertilised with different sulphur doses applied at various times. The field experiment was conducted between 2010 and 2013 in Kolonia Franusin, a village situated in the Tomaszów Lubelski District, the Lubelskie Province. It involved heavy mineral soil rich in organic carbon, with the granulometric composition of clay dust, a slightly acidic soil pH (pH_{KCl} 6.2) a low content of assimilable phosphorus and potassium forms, a low content of sulphur and sulphate sulphur, and a high content of magnesium.

The experiment included two variables (four repetitions):

- I. The dose of sulphur applied as Na_2SO_4 – 0, 20, 40 or 60 kg S ha^{-1} ,
- II. The sulphur application method – soil application sowing, foliar application in the spring, and soil application sowing + foliar application in the spring (combined application).

Following the harvest, seed and straw yields were determined for the entire plot and then converted into $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ values. Raw fat and total protein contents were determined in the seed samples. Macroelement (N, S, P, K, Ca and Mg) and microelement (Cu, Zn, Fe and Mn) contents were determined in the seed and straw samples. The accumulation and harvest indices were also established for each of these elements. The following indices characterising the effect of sulphur fertilisation were also calculated: agricultural efficiency (gross and net), physiological efficiency (gross and net), and sulphur utilisation. The results were then subjected to the analysis of variance (ANOVA). Correlation and regression analyses were also conducted for selected features.

The study has revealed that sulphate sulphur fertilisation influenced the yield of winter oilseed rape of the Orlando variety in monoculture, as well as its biological quality. The impact of sulphur on winter oilseed rape yield depended significantly on both the dose and the application method. Even at the lowest dose (20 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), sulphur materially increased seed yield, regardless of the application method. With autumn soil application and foliar application, differences between the lowest dose and the higher doses (40 and 60 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) were not significant. However, with combined application, the highest dose (60 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) significantly increased yield compared to the lower doses. Sulphur fertilisation significantly increased straw yield, while foliar application proved the most effective way to support the

growth of the vegetative parts. Sulphur application increased the oil content of rape seeds, and the foliar application of 60 kg S·ha⁻¹ and the combined application, regardless of the dose, had the most beneficial effect on both the seed fat content and fat yield. The soil and combined (half-soil [pre-sieve] and half-foliar application) applications of sulphur at a dose of 20 kg·ha⁻¹ did not change the seed protein content, in contrast to the other fertilisation approaches which were found to increase that content. The strongest positive effect was observed for the dose of 60 kg·ha⁻¹ in foliar and combined applications.

Sulphur fertilisation influenced the mineral content of both rape seeds and rape straw. In general, all the fertilisation approaches under analysis significantly increased the N, P, K, Ca and Mg contents compared to the control sample, but the differences between them were not substantial. However, the study found more significant differences between macroelement contents in straw. Sulphur fertilisation increased the S, P and K contents in the vegetative parts, while its impact on the N, Ca and Mg contents was much smaller. Each of the sulphur application approaches under analysis decreased the harvest index for sulphur. The foliar application of each of the doses under consideration decreased the harvest indices for nitrogen, phosphorous, potassium and calcium. The soil application of 20 kg·ha⁻¹, and the mixed application of 40 and 60 kg·ha⁻¹, all increased the harvest indices for phosphorous, potassium and calcium. Each of the sulphur application approaches also increased the zinc and manganese contents in rape seeds. Foliar application of sulphur was found to decrease the harvest indices for all the microelements under analysis.

Taking into consideration all the sulphur fertilisation approaches, it can be concluded that the highest sulphur utilisation rate in rape seeds was found in soil application at a dose of 20 kg S·ha⁻¹. Sulphur utilisation in the total biomass yield was also the highest at that dose, but when applied in the combined approach. The highest agricultural efficiency was found at a dose of 20 kg S·ha⁻¹, especially with foliar or combined application. The effect of sulphur-enhanced fertilizers on the yield of winter oilseed rape also depended significantly on the weather conditions, and in particular on precipitation, the shortage of which had a significantly adverse impact on the seed yield in 2012. The cultivation of winter oilseed rape in short-lived monoculture did not materially influence yield. It is worth stressing that the strongest effect of sulphur application was observed in the third year of cultivation, which seems to prove that sulphur fertilisation can mitigate the adverse consequences of oilseed rape growing year after year.