



UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ROZPRAWY NR 144

Bożena Barczak

SIARKA JAKO SKŁADNIK POKARMOWY KSZTAŁTUJĄCY WIELKOŚĆ I JAKOŚĆ PŁONÓW WYBRANYCH ROŚLIN UPRAWNYCH

BYDGOSZCZ – 2010

REDAKTOR NACZELNY
prof. dr hab. inż. Janusz Prusiński

REDAKTOR DZIAŁOWY
prof. dr hab. inż. Małgorzata Zalewska

OPINIODAWCY
prof. dr hab. Barbara Filipek-Mazur
prof. dr hab. Wiera Sądej

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Dorota Ślachciak, inż. Edward Gołata

© Copyright
Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Bydgoszcz 2010

ISSN 0209-0597

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. 52 3749482, 3749426
e-mail: wydawucz@utp.edu.pl <http://www.wu.utp.edu.pl>

Wyd. I. Nakład 120 egz. Ark. aut. 7,9. Ark. druk. 8,25.
Oddano do druku i druk ukończono w listopadzie 2010 r.
Zakład Poligraficzny ARGONEX S.J.
ul. Przemysłowa 34, 85-758 Bydgoszcz, tel. 52 348 93 11

SIARKA JAKO SKŁADNIK POKARMOWY KSZTAŁTUJĄCY WIELKOŚĆ I JAKOŚĆ PŁONÓW WYBRANYCH ROŚLIN UPRAWNYCH

Streszczenie

W latach 2004-2007 przeprowadzono ściśle doświadczenia polowe w plodozmianie z trzema gatunkami roślin o zróżnicowanych wymaganiach pokarmowych w stosunku do siarki: jęczmieniem jarym (*Hordeum vulgare* L.), łubinem wąskolistnym (*Lupinus angustifolius* L.) i gorczycą białą (*Sinapis alba* L.). Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w układzie zależnym (split-plot), na glebie płowej typowej o niskiej zasobności w siarkę siarczany(VI). W doświadczeniu polowym uwzględniono następujące czynniki: sposób aplikacji siarki (czynnik I rzędu: dolistnie i przedsiewnie doglebowo), formę siarki (czynnik II rzędu: siarka elementarna w postaci Siarkolu Extra 80 WP i jonowa w postaci siarczanu(VI) sodu) oraz dawki siarki (czynnik III rzędu, w $\text{kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$: 0, 20, 40 (20+20), 60 (20+20+20)).

Przeprowadzone badania dowodzą wyraźnego oddziaływania siarki, niezależnie od badanych czynników, na wielkość i skład chemiczny plonu nie tylko łubinu wąskolistnego i gorczycy białej, gatunków uważanych za siarkolubne, ale i jęczmienia jarego – przedstawiciela grupy roślin o niewielkich wymaganiach w stosunku do tego składnika. Wykazano wyższą efektywność plonotwórczą siarki stosowanej doglebowo przedsiewnie w porównaniu z jej aplikacją dolistną. Wpływ formy siarki na kształtowanie plonu ziarna i nasion był niewielki. Spośród badanych czynników największy wpływ na plon badanych gatunków roślin miała dawka siarki. Zależność między dawkami siarki a wielkością plonu ziarna jęczmienia jarego i nasion łubinu najlepiej opisywały równania regresji drugiego stopnia, a dla nasion gorczycy – równanie pierwszego stopnia. Z ich analizy wynika, że maksymalny plon ziarna jęczmienia jarego odpowiadał dawce $38,5 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$, nasion łubinu – $41,7 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$, a nasion gorczycy – około $60 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$. Pozytywna reakcja plonu badanych gatunków roślin na nawożenie siarką była wyraźnie silniejsza w latach suchych.

Wykazano na ogół dodatni wpływ nawożenia siarką na zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego oraz nasionach łubinu i gorczycy, a także na wskaźniki jego wartości biologicznej. Po zastosowaniu dawki $40 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ stwierdzono istotne w porównaniu z obiektem kontrolnym zwiększenie udziału azotu białkowego w azocie ogólnym w plonie wszystkich badanych gatunków roślin. Wskazuje to na intensyfikację biosyntezy białka wraz ze zwiększaniem zaopatrzenia roślin w siarkę i potwierdza bardzo ważną rolę tego składnika w metabolizmie azotu.

Wykazano ponadto, że zastosowanie siarki korzystnie zmienia w ziarnie i nasionach badanych gatunków roślin ilościową relację pomiędzy białkami konstytucyjnymi a zapasowymi, powodując rozszerzenie proporcji między sumą zawartości albumin i globulin, frakcji stosunkowo bogatych w aminokwasy egzo-

genne, a sumą prolamin i glutelin, frakcji uboższych w te związki. Nawożenie siarką, bez względu na sposób aplikacji i formę, powodowało istotny wzrost zawartości wielu aminokwasów w białku badanych gatunków roślin, a także mierników jego wartości biologicznej: wskaźnika aminokwasu ograniczającego (CS) oraz zintegrowanego wskaźnika aminokwasów egzogennych (EAAI). Wyższej zawartości aminokwasów sprzyjało na ogół dolistne stosowanie siarki, a jej forma nie miała istotnego wpływu na kształtowanie składu aminokwasowego białka ziarna jęczmienia jarego oraz nasion łubinu i gorczycy. Nawożenie siarką w najmniejszym stopniu – w porównaniu z pozostałymi badanymi gatunkami roślin – modyfikowało skład aminokwasowy białka łubinu.

Zastosowanie siarki powodowało na ogół zwiększenie wartości wskaźników odżywienia roślin tym składnikiem: zawartości siarki ogólnej i siarczanej(VI) oraz udziału siarki siarczanej(VI) w siarce ogólnej. Natomiast stosunek N:S pod wpływem wzrastających dawek siarki obniżał się. Ziarno jęczmienia jarego wyróżniało się na tle nasion pozostałych badanych gatunków roślin niskim udziałem siarki siarczanej(VI) w siarce ogólnej oraz wysokim – azotu białkowego w azocie ogólnym. Może to wskazywać na wyjątkowo wysoką efektywność siarki w biosyntezie białka tego gatunku.

Badania ziarna jęczmienia jarego nawożonego siarką wykonane na młodych szczurach laboratoryjnych wykazały na ogół wyższe w porównaniu z obiektem kontrolnym wartości takich wskaźników, jak: TD (strawność rzeczywista), BV (wartość biologiczna) i NPU (wykorzystanie białka netto). Dowodzi to dużej roli tego składnika w utrzymaniu dodatniego bilansu azotowego zwierząt doświadczalnych. Również wskaźnik wydajności wzrostowej (PER), wyrażający przyrost masy zwierząt w stosunku do ilości spożytego białka, był istotnie determinowany przez dawki siarki.

Spośród badanych czynników na ogół tylko dawka siarki istotnie modyfikowała zawartość metabolitów wtórnych (glukozynolanów i kwasów tłuszczowych) w nasionach gorczycy białej. Wykazano, że zastosowanie siarki powodowało większy przyrost zawartości form alkenowych glukozynolanów niż ich całkowitej sumy. Spośród oznaczonych metabolitów wtórnych, aplikacja siarki w największym stopniu zwiększała zawartość sinalbiny oraz kwasu linolowego.

SULPHUR AS A NUTRIENT DETERMINING THE YIELD SIZE AND QUALITY OF SELECTED CROP SPECIES

Summary

Over 2004-2007 strict field experiments were made in crop rotation with three crop species of varied nutrition requirements towards sulphur: spring barley (*Hordeum vulgare* L.), narrow-leaf lupin (*Lupinus angustifolius* L.) and white mustard (*Sinapis alba* L.). The experiment was set up with split-plot, on Haplic Luvisol of low richness in sulphate sulphur(VI). The field experiment covered the following factors: sulphur application method (the first order factor: foliar and pre-sowing into soil), form of sulphur (the second order factor: elementary sulphur in a form of Siarkol Extra 80 WP and ionic sulphur in a form of sodium sulphate(VI)), doses of sulphur (the third order factor, in kg S·ha⁻¹: 0, 20, 40 (20+20), 60 (20+20+20)).

The research performed show a clear effect of sulphur, irrespective of the factors researched, on the size and chemical composition of yield of not only narrow-leaf lupin and white mustard, species considered sulphur-loving, but also spring barley, a representative of the group of plants of little requirements towards that nutrient. There was demonstrated a higher yield-forming effectiveness of sulphur introduced into soil pre-sowing, as compared with its foliar application. The effect of the form of sulphur on the grain and seed yield was inconsiderable. Of all the factors, the greatest effect on the yield of the crop species was found for the sulphur dose. The relationship between the sulphur doses and the yield of spring barley grain and lupin seed was best described with the regression equations of the second degree, and as for mustard seed – of the first degree. Their analysis shows that the maximum spring barley grain yield coincided with the dose of 38.5 kg S·ha⁻¹, lupin seed yield – 41.8 kg S·ha⁻¹, and mustard seed – about 60 kg S·ha⁻¹. The positive reaction of the yield of the plant species to sulphur fertilization was clearly stronger in dry years.

In general there was demonstrated a positive effect of sulphur fertilisation on the content of protein in spring barley grain as well as lupin and mustard seed, and on the indices of the biological value of protein. For the dose of 40 kg S·ha⁻¹, as compared with the control, there was found a significant increase in the share of protein nitrogen in total nitrogen in the yield of all the plant species researched, which points to the intensification of the biosynthesis of protein together with an increase in the supply of plants with sulphur, which confirms a very important role of that nutrient in nitrogen metabolism.

It was demonstrated in the grain and seed of the plant species that the application of sulphur enhances the quantitative relationship between constitutional proteins and storage proteins, resulting a widening proportions between the total content of albumins and globulins, the fractions relatively rich in exogenous amino acids and total prolamins and glutelins, fractions poorer in those

compounds. Sulphur fertilisation, irrespective of the application method and the form, in general, resulted in a significant increase in the content of many amino acids in the protein of the plant species as well as the measurements of biological value of protein, such as: limiting amino acid index (LAI) and integrated essential amino acid index (IEAAI). A higher content of amino acids was, in general, enhanced by foliar application of sulphur and the form of sulphur did not have a significant effect on the amino acid composition of grain and seed protein of the plant species. Sulphur fertilization modified the amino acid composition of lupin protein least considerably, as compared with the crop species.

The application of sulphur, in general, increased the values of indices of the supply of plants with that nutrient: the contents of total and sulphate(VI) sulphur and the share of sulphate sulphur(VI) in total sulphur, while the N:S ratio, due to increasing sulphur doses, decreased. Spring barley grain, as compared with the seed of the other plant species, demonstrated a low share of sulphate sulphur(VI) in total sulphur and a high share of protein nitrogen in total nitrogen, which can point to an extremely high effectiveness of sulphur in the biosynthesis of protein of that species.

Research with young laboratory rats for the grain of spring barley fertilized with sulphur showed, in general, higher, as compared with the control, values of such indices as TD (true digestibility), BV (biological value) and NPU (net protein utilisation), which points to a considerable role of that nutrient in maintaining a positive nitrogen balance in experimental rats. Similarly the protein efficiency ratio (PER), expressing the animal body weight gain, as compared with the amount of protein consumed, was significantly determined by sulphur doses.

Of all the factors researched, in general, the sulphur dose was the only one which modified the content of secondary metabolites (glucosinolates and fatty acids) in white mustard seed significantly. It was shown that the application of sulphur resulted in a greater increase in the content of alkene forms of glucosinolates than their total. Of all the secondary metabolites marked, the application of sulphur increased the contents of sinalbin and linoleic acid most considerably.