

## ZAWARTOŚĆ RÓŻNYCH FORM AZOTU W JĘCZMIENIU JARYM W ZALEŻNOŚCI OD POZIOMU NAWOŻENIA SIARKĄ I POTASEM

*Adam Kaczor, Joanna Łaszcz-Zakorczmenna*

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Akademia Rolnicza w Lublinie  
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, e-mail:adamk@agros.ar.lublin.pl

**Streszczenie.** W pracy rozpatrzono wpływ nawożenia siarką i potasem na zakres i kierunek zmian w zawartości różnych form azotu (N-og., N białk., N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>) w jęczmieniu jarym. Badania oparto na analizie chemicznej materiału roślinnego, uzyskanego ze ścisłych doświadczeń wazonowych. Eksperyment przeprowadzono w latach 2001-2002 na materiale glebowym o składzie granulometrycznym pyłu gliniastego. Gleba użyta do badań charakteryzowała się niską zasobnością w przyswajalne formy fosforu, potasu, magnezu i siarki. Uzyskane wyniki wskazują, że nawożenie roślin siarką, a także potasem wywarło korzystny wpływ na metabolizm azotu. Wiązało się to z efektywniejszą przemianą związków azotu w białko w jęczmieniu z serii nawożonej siarką i potasem w odniesieniu do wartości stwierdzonych w roślinach z obiektów kontrolnych. W konsekwencji rośliny nawożone siarką i potasem w okresie kwitnienia charakteryzowały się również wyraźnie niższymi zawartościami azotu mineralnego (N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>).

Słowa kluczowe: nawożenie siarką, nawożenie potasem, jęczmień jary, formy azotu

### WSTĘP

Pobranie i wykorzystanie azotu ze środowiska glebowego zależy od gatunku rośliny, a także od jej fazy rozwojowej i organu. W dużej mierze zależy ono również od warunków środowiska, na które składa się obecność w nim przyswajalnych form tego pierwiastka, a także innych składników pokarmowych [6,11]. Siarka i potas należą do makroelementów wpływających na przemiany azotu w roślinach. Rola siarki jest szczególnie ze względu na jej obecność w aminokwasach i innych związkach organicznych, natomiast potasu wiąże się z jego wpływem na metabolizm azotu w roślinach [1,2,11-13]. Deficyt tych pierwiastków w środowisku glebowym w ostatnim okresie [4,8-10,14] może zatem przyczyniać się do spadku plonowania, a zwłaszcza jakości roślin. Stąd też podjęto badania, w których przeanalizowano wpływ zaopatrzenia jęczmienia w siarkę i potas na zawartość różnych form azotu.

## MATERIAŁY I METODY

Badania oparto na materiale roślinnym uzyskanym ze ściśłych doświadczeń wazonowych przeprowadzonych w latach 2001-2002. Eksperyment wykonano na materiale glebowym, pobranym z warstwy ornej gleby brunatnej o składzie granulometrycznym pyłu gliniastego. Gleba użyta do badań charakteryzowała się obojętnym odczynem oraz niską zasobnością w przyswajalne formy fosforu, potasu, magnezu i siarki.

W pierwszym roku badań rośliną testową był jęczmień jary odmiany Atol, a w drugim rzepak jary odmiany Sponsor. W doświadczeniach czynnikami zmiennymi były dawka siarki i dawka potasu zastosowane na trzech poziomach. Eksperyment założono metodą kompletnej randomizacji według następującego schematu:  $S_0K_0$ ,  $S_0K_1$ ,  $S_0K_2$ ,  $S_1K_0$ ,  $S_1K_1$ ,  $S_1K_2$ ,  $S_2K_0$ ,  $S_2K_1$ ,  $S_2K_2$ , gdzie:  $S_0$  - bez nawożenia siarką,  $S_1$  - nawożenie S elementarną w ilości  $0,012 \text{ g S} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby (jęczmień) lub  $0,024 \text{ g S} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby (rzepak),  $S_2$  - nawożenie S elementarną w ilości  $0,024 \text{ g S} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby (jęczmień) lub  $0,048 \text{ g S} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby (rzepak),  $K_0$  - bez nawożenia potasem,  $K_1$  - nawożenie potasem w formie KCl w ilości  $0,05 \text{ g K} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby (jęczmień) lub  $0,1 \text{ g K} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby (rzepak),  $K_2$  - nawożenie potasem w formie KCl w ilości  $0,1 \text{ g K} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby (jęczmień) lub  $0,2 \text{ g K} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby (rzepak). We wszystkich obiektach doświadczalnych w każdym roku prowadzenia badań zastosowano stałe nawożenie N, P, Mg w formie  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  w ilościach dostosowanych do potrzeb pokarmowych uprawianych roślin.

Niniejsza praca stanowi wycinek prowadzonych badań i obejmuje zagadnienia związane z oddziaływaniem czynników doświadczalnych na zawartość różnych form azotu w jęczmieniu jarym.

Po zbiorze jęczmienia w okresie kwitnienia (4 powtórzenia) i pełnej dojrzałości (4 powtórzenia) w średnich próbach obiektowych oznaczono: azot ogółem metodą Kjeldahla, azot białkowy po ekstrakcji kwasem trójchlorooctowym, azot azotanowy kolorymetrycznie przy użyciu salicylanu sodu, azot amonowy metodą Neslera. Mineralne formy azotu ( $\text{N-NO}_3$ ,  $\text{N-NH}_4$ ) oznaczono tylko w roślinach ścinianych w fazie kwitnienia. Analizy wykonano w dwu powtórzeniach w uśrednionych próbach obiektowych. W Tabeli 1 zamieszczono wartości średnie.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Czynniki doświadczalne wywarły wyraźny wpływ na zawartość oznaczanych form azotu w jęczmieniu jarym (Tab. 1). W zależności od obiektu doświadczalnego zawartość azotu ogółem w roślinach ścinianych w fazie kwitnienia zawierała się

**Tabela 1.** Wpływ nawożenia siarką i potasem na zawartość różnych form azotu w jęczmieniu jarym  
**Table 1.** The effect of sulphur and potassium fertilization on the content different forms of nitrogen in spring barley

Objekt Object	Faza kwitnienia - Flowering phase				Pełna dojrzałość - Full ripeness phase						
	N ogółem Total N	N białk. Prot. N	N-NH <sub>4</sub>	N- NO <sub>3</sub>	Ziarno - Grain		Słoma - Straw				
					%N białk. w N og. % of prot. N in total N	N ogółem Total N	N białk. Prot. N	%N białk. w N og. % of prot. N in total N	N ogółem Total N	N białk. Total N	%N białk. w N og. % of prot. N in total N
S <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	3,59	0,88	0,035	0,237	24,5	2,50	1,87	74,8	1,75	0,58	33,1
S <sub>0</sub> K <sub>1</sub>	3,49	0,94	0,031	0,187	26,9	2,34	1,81	77,3	1,53	0,62	40,5
S <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	3,57	0,97	0,031	0,139	27,2	2,53	2,04	80,6	1,78	0,75	42,1
S <sub>1</sub> K <sub>0</sub>	2,59	1,26	0,026	0,214	48,6	1,76	1,48	84,1	0,58	0,35	60,3
S <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,26	1,10	0,024	0,157	48,7	1,58	1,36	86,1	0,54	0,34	63,0
S <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	2,24	1,16	0,023	0,134	51,8	1,39	1,22	87,8	0,51	0,33	64,7
S <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	2,58	1,30	0,024	0,192	50,4	1,74	1,48	85,0	0,58	0,35	60,3
S <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	2,37	1,22	0,023	0,135	51,55	1,57	1,37	87,3	0,51	0,34	66,7
S <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2,14	1,15	0,021	0,117	53,7	1,44	1,28	88,9	0,56	0,38	67,8

w przedziale od 2,14 do 3,59% N. Zakres wartości dla tej formy azotu w ziarnie wynosił od 1,39 do 2,50% N, a w słomie od 0,51 do 1,75% N. Najwyższą koncentracją azotu ogółem w obydwu analizowanych fazach charakteryzował się jęczmień z serii nie nawożonej siarką. Wiązało się to z faktem uzyskania w tych obiektach relatywnie najniższych plonów roślin [7].

Aplikacja siarki (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>) wpłynęła widocznie na spadek zawartości azotu ogółem w roślinie testowej w stosunku do wartości w serii kontrolnej. Jak wynika z zamieszczonych danych w Tabeli 1 wyższy poziom nawożenia tym składnikiem (S<sub>2</sub>) w odniesieniu do niższego (S<sub>1</sub>) nie wywierał już wyraźnego ukierunkowanego wpływu na kształtowanie się w jęczmieniu jarym azotu ogółem. Wpływ potasu na koncentrację omawianego składnika był podobny do zmian wywołanych nawożeniem siarką, ale relatywnie znacznie mniejszy. Badania Uziak i Szymańskiej [15] wskazują, że nawożenie słonecznika oraz seradeli potasem i siarką wiązało się ze wzrostem ilości azotu ogółem w roślinach. W innych pracach [6] potas wpływał również na zmniejszenie ilości Nog. w owsie, gorczycy i gryce zaś siarka podana

w postaci  $\text{SO}_2$  w małym stopniu różnicowała ilość tego pierwiastka w analizowanych roślinach.

Wpływ potasu na kształtowanie się zawartości azotu białkowego w jęczmieniu zbieranym w okresie kwitnienia i pełnej dojrzałości zależał od poziomu nawożenia roślin siarką. W obiektach nie nawożonych tym składnikiem ( $S_0$ ) aplikacja chlorku potasu widocznie zwiększyła ilość azotu białkowego w masie wegetatywnej i ziarnie jęczmienia. W serii nawożonej siarką natomiast ilość azotu białkowego w roślinach pod wpływem wzrastających dawek potasu uległa niewielkiemu obniżeniu. Można to tłumaczyć wzrostem plonów roślin i efektem rozcieńczenia składnika, gdyż plonotwórcze działanie potasu było znacznie wyższe przy optymalnym zaopatrzeniu roślin w siarkę [7].

Nawożenie siarką widocznie zwiększało ilość azotu białkowego w roślinach ze wszystkich obiektów zbieranych w fazie kwitnienia. W fazie pełnej dojrzałości jęczmienia wpływ ten nie był już wyraźnie ukierunkowany. O korzystnym oddziaływaniu obydwu czynników doświadczenia na metabolizm azotu w roślinach świadczy jednakże to, że wraz ze zwiększeniem stopnia zaopatrzenia jęczmienia w siarkę i potas wzrastała ilość azotu włączanego w białko. Potwierdza to istotną rolę siarki w procesie przetwarzania przez rośliny związków azotu w białko [3,8,9,11,14]. Wyniki badań [za 12] wskazują także, że w roślinach niedostatecznie zaopatrzonych w potas następuje przesunięcie stosunku pomiędzy azotem białkowym i niebiałkowym na niekorzyść białkowego.

Korzystny wpływ nawożenia jęczmienia siarką i potasem na przemiany azotu potwierdzają zawartości jego mineralnych form ( $\text{N-NO}_3$ ,  $\text{N-NH}_4$ ) w roślinach zbieranych w fazie kwitnienia. Ogólnie należy stwierdzić, że najniższymi ilościami  $\text{N-NO}_3$  i  $\text{N-NH}_4$  odznaczał się jęczmień z serii nawożonej wyższą dawką siarki i potasu. Najwyższe zawartości tych form azotu wystąpiły natomiast w roślinach z serii kontrolnej. Z prac Scherera [14] oraz Zhao i współautorów [16] wynika również jednoznacznie, że niedobór siarki wpływa na gromadzenie niebiałkowych form azotu w roślinach. Podobnie w tym względzie oddziałuje potas [11,12], który w przeprowadzonych badaniach w większym stopniu w stosunku do siarki obniżał zawartość  $\text{N-NO}_3$  w masie wegetatywnej jęczmienia.

Analiza uzyskanych wyników pozwala także stwierdzić, że wpływ siarki na zmniejszenie ilości  $\text{N-NO}_3$  w roślinach uzależniony jest od dostępności potasu w środowisku glebowym. Ma to zapewne związek z tym, że potas stymuluje syntezę reduktazy azotanowej [12], a siarki rośliny potrzebują do budowy enzymów uczestniczących w przemianie azotu z formy azotanowej do amidowej [3].

## WNIOSKI

1. Nawożenie jęczmienia jarego potasem, a zwłaszcza siarką wpływało na spadek zawartości azotu ogółem w roślinach zbieranych w okresie kwitnienia i pełnej dojrzałości.

2. Lepsze zaopatrzenie jęczmienia w siarkę i potas oddziaływało korzystnie na metabolizm azotu. Wyraziło się to wyższym wykorzystaniem tego składnika do syntezy białka.

3. Korzystny wpływ nawożenia jęczmienia potasem i siarką na metabolizm azotu potwierdza również fakt, że rośliny z tej serii doświadczalnej charakteryzowały się najniższymi zawartościami azotu mineralnego ( $N-NO_3$ ,  $N-NH_4$ ).

## PIŚMIENNICTWO

1. **Agrawal M., Verma M.:** Amelioration of sulphur dioxide phytotoxicity and wheat cultivars by modifying NPK nutrients. *Journal of Environmental Management*, 49, 231-244, 1997.
2. **Dojka M., Krajewski J., Kmieć B., Dąbek M.:** Niektóre aspekty stosowania siarki do nawożenia gleb. *Chemik*, 4, 100-103, 1994.
3. **Grzebisz W.:** Czy nawożenie siarką jest już konieczne? *Top. Agrar. Pol.*, 1, 20-23, 1997.
4. GUS: *Roczniki Statystyczne*, 1995-2001.
5. **Kaczor A.:** Wpływ dwutlenku siarki we współdziałaniu z potasem na plonowanie i równowagę jonową w roślinach. Cz. II. Wpływ dwutlenku siarki we współdziałaniu z potasem na równowagę jonową w roślinach. *Annales UMCS, E*, XXVIII/XXXIX, 24, 267-279, 1983/84.
6. **Kaczor A.:** Wpływ dwutlenku siarki we współdziałaniu z potasem na plonowanie i równowagę jonową w roślinach. Cz. III. Wpływ dwutlenku siarki we współdziałaniu z potasem na przemiany siarki i azotu w roślinach. *Annales UMCS, E*, XL, 14, 133-142, 1985.
7. **Kaczor A., Łaszcz-Zakorczmenna J.:** Wpływ nawożenia siarką i potasem na plonowanie i zawartość różnych form siarki w jęczmieniu jarym. *Acta Agrophysica*, 87, 1(2), 239-244, 2003.
8. **Kozłowska J.:** Bezpośredni i następczy wpływ nawożenia siarką i wapnowania na zmiany w składzie jonowym roślin. *Chemia i Inż. Ekol.*, 7, 6, 575-591, 2000.
9. **Kozłowska J.:** Wpływ nawożenia siarką i wapnowania na zmiany w składzie jonowym rzepaku jarego. *Mon. (red. Grzebisz W.) nt. "Zbilansowane nawożenie rzepaku"* Wyd. Akademia Rolnicza, Poznań, 211-216, 2000.
10. **Lipiński W.:** Odczyn i zasobność gleb w świetle badań stacji chemiczno-rolniczych. *Nawozy i Nawożenie*, 3/4 (3a), 89-105, 2000.
11. **Marschner H.:** Mineral nutrition of higher plants. (sec. edit.) Academic Press, M, 1995.
12. **Nowacki E. (red.):** *Gospodarka azotowa roślin uprawnych*. PWRL, Warszawa, 1980.
13. **Rudiger Hell:** Molecular physiology of plant sulfur metabolism. *Planta*, 202, 138-148, 1997.
14. **Scherer H.W.:** Sulphur in crop production - invited paper. *European J. Agronomy*, 14, 81-111, 2001.
15. **Uziak Z., Szymańska M.:** Wpływ siarki na skład chemiczny biomasy słonecznika i seradeli. *Pam. Puł.*, 89, 131-141, 1987.
16. **Zhao F.J., Hawkesford M.J., Mc Grath S.P.:** Sulphur assimilation and effects on yield on quality of wheat. *J. Cereal Science*, 30, 1-17, 1999.

CONTENT OF DIFFERENT FORMS OF NITROGEN IN SPRING BARLEY  
DEPENDING ON THE LEVEL OF FERTILIZATION WITH SULPHUR  
AND POTASSIUM

*Adam Kaczor, Joanna Łaszcz-Zakorczmenna*

Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agriculture  
Akademicka str. 15, 20-950 Lublin, e-mail: adamk@agros.ar.lublin.pl

**S u m m a r y.** The study was performed to estimate the influence of fertilization with Sulphur and Potassium on the range and direction of changes in the content of different forms of nitrogen ( $N_{tot}$ ,  $N_{prot}$ ,  $N-NO_3$ ,  $N-NH_4$ ) in spring barley. The research was based on the chemical analysis of plant material taken from the strict pot experiments. The experiments were carried out in years 2001-2002 on the soil material of granulometric composition of loam silt. The soil used for investigation was characterized with low content of available forms of Phosphorus, Potassium, Magnesium and Sulphur. The obtained results indicate that fertilization of plants with Sulphur and Potassium had a beneficial effect on the nitrogen metabolism. It was connected with more effective transformation of Nitrogen compounds into proteins in barley from the series fertilized with Sulphur and Potassium in comparison with the values obtained from plants from control objects. As a consequence, the plants fertilized with Potassium and Sulphur in flowering phase were also characterized with noticeably lower contents of mineral Nitrogen ( $N-NO_3$ ,  $N-NH_4$ ).

**K e y w o r d s:** Sulphur fertilization, Potassium fertilization, spring barley, Nitrogen forms