

WPŁYW NAWOŻENIA SIARKĄ I POTASEM NA PLONOWANIE I ZAWARTOŚĆ RÓŻNYCH FORM SIARKI W JĘCZMIENIU JARYM

Adam Kaczor, Joanna Łaszcz-Zakorczmenna

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

Streszczenie. W pracy przeanalizowano wpływ nawożenia siarką i potasem jęczmienia jarego na plonowanie i zmiany w zawartości S og., S-SO₄ i S org. Badania te przeprowadzono w oparciu o doświadczenie wazonowe w latach 2001-2002. Użyty do eksperymentu materiał glebowy charakteryzował się obojętnym odczynem oraz niską zawartością przyswajalnych form fosforu, potasu, magnezu i siarki. Uzyskane wyniki wskazują, że na istotny wzrost plonów jęczmienia oddziaływała tylko niższa dawka siarki. Analiza uzyskanych danych pozwala także stwierdzić, że efektywność nawożenia roślin potasem zależała w dużym stopniu od stopnia zaopatrzenia ich w siarkę. Zaopatrzenie jęczmienia w potas wpływało korzystnie na przemiany siarki w roślinach.

S ł o w a k l u c z o w e: jęczmień jary, nawożenie siarką i potasem, plonowanie, zawartość S og., S-SO₄, S org.

WSTĘP

W ostatnich latach obserwuje się systematyczne ubożenie gleb w potas i siarkę. Zjawisko to jest głównie związane ze zmniejszeniem ilości stosowanych nawozów mineralnych i organicznych, a także z ograniczeniem emisji SO₂ do atmosfery [7,13, 15]. Oba te pierwiastki stanowią bardzo ważne składniki pokarmowe dla roślin, wpływające zarówno na ilość, jak i na jakość plonów [8,15,17]. Zboża należą do grupy roślin o stosunkowo niskich wymaganiach w stosunku do siarki [5,18]. Jednakże jak wskazują wyniki doświadczeń przeprowadzonych na terenie Wielkiej Brytanii i Irlandii [9] reagują one wzrostem plonów na nawożenie tym składnikiem w warunkach dobrego zaopatrzenia w azot, fosfor i potas. Stąd też podjęto badania dotyczące wpływu nawożenia siarką i potasem na plony i zawartość S og., S-SO₄ i S org.

MATERIAŁY I METODY

W latach 2001-2002 przeprowadzono ściśle doświadczenia wazonowe, założone metodą kompletnej randomizacji z dwoma zmiennymi czynnikami (dawka S i dawka K) na trzech poziomach. Materiał glebowy do eksperymentu został pobrany z warstwy ornej gleby brunatnej, o składzie granulometrycznym pyłu gliniastego. Gleba charakteryzowała się obojętnym odczynem, niską zasobnością w przyswajalny fosfor, potas, magnez i siarkę. W pierwszym roku rośliną testową był jęczmień jary odmiany Atol, zaś w drugim rzepak jary odmiany Sponsor. Wyniki przedstawione w niniejszej pracy stanowią wycinek przeprowadzonych badań i obejmują analizę wpływu czynników doświadczenia na plonowanie i zawartość różnych form siarki w jęczmieniu jarym.

Nawożenie siarką w postaci elementarnej i potasem w formie KCl zastosowano przed siewem roślin zgodnie ze schematem: 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, K_0 - bez nawożenia potasem, S_1 - $0,012 \text{ g S} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby, S_2 - $0,024 \text{ g S} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby, K_1 - $0,05 \text{ g K} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby, K_2 - $0,1 \text{ g K} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby. We wszystkich obiektach doświadczalnych stosowano stałe nawożenie azotem, fosforem i magnezem w ilościach dostosowanych do potrzeb pokarmowych rośliny testowej.

Zbiór nadziemnych części roślin przeprowadzono w fazie kwitnienia i w okresie pełnej dojrzałości. Wpływ czynników doświadczalnych na plonowanie jęczmienia obliczono metodą analizy wariancji z zastosowaniem półprzedziałów ufności Tukey'a.

W materiale roślinnym (faza kwitnienia, słoma, ziarno) oznaczono zawartość siarki siarczanowej nefelometrycznie po ekstrakcji materiału roślinnego 2% CH_3COOH , a siarkę ogółem według metody Butters-Chenery [1]. Zawartość siarki organicznej obliczono z różnicy pomiędzy S ogółem i S- SO_4 .

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki eksperymentu wskazują na istotny wpływ obydwu czynników doświadczenia na plony jęczmienia w rozpatrywanych fazach rozwojowych (Tab. 1). Istotność interakcyjnego oddziaływania tych czynników wystąpiła natomiast tylko w przypadku plonów uzyskanych w fazie kwitnienia roślin i ziarna jęczmienia. Z uzyskanych danych wynika jednoznacznie, że w obydwu rozpatrywanych fazach rozwojowych rośliny wydały najniższe plony w obiektach kontrolnych (S_0K_0) i w całej serii nie nawożonej siarką (S_0 - K_0 , K_1 , K_2). Brak siarki w środowisku może zatem ograniczyć także plony roślin o niskich wymaganiach w odniesieniu do tego

Tabela 1. Plony jęczmienia ($\text{g} \cdot \text{s.m.} \cdot \text{wazon}^{-1}$) i zawartość różnych form siarki ($\text{g S} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) w zależności od nawożenia siarką i potasem**Table 1.** The yield of barley (g d.m. pot^{-1}) and the content of different forms of sulphur ($\text{g S kg}^{-1} \text{ d.m.}$) depending on the fertilization with sulphur and potassium

Obiekt Object	Faza kwitnienia Flowering phase				Faza pełnej dojrzałości – Full ripenes phase							
					Słoma - Straw				Ziarno - Grain			
	Plon Yield	S og. S og.	S – SO ₄	S org. S org.	Plon Yield	S og. S og.	S – SO ₄	S org. S org.	Plon Yield	S og. S og.	S – SO ₄	S org. S org.
S ₀ K ₀	6,86	0,80	0,34	0,46	8,02	0,74	0,34	0,4	5,82	1,19	0,31	0,88
S ₀ K ₁	7,40	0,65	0,26	0,39	9,27	0,51	0,22	0,29	5,75	1,17	0,27	0,90
S ₀ K ₂	6,98	0,51	0,2	0,31	10,23	0,48	0,20	0,28	4,55	1,16	0,23	0,93
S ₁ K ₀	10,80	1,02	0,53	0,49	12,24	0,89	0,44	0,45	14,12	1,49	0,4	1,09
S ₁ K ₁	12,97	0,96	0,44	0,52	13,31	0,73	0,33	0,4	16,49	1,4	0,35	1,05
S ₁ K ₂	14,39	0,83	0,35	0,48	14,50	0,7	0,30	0,4	17,74	1,38	0,31	1,07
S ₂ K ₀	10,67	1,96	1,09	0,87	11,21	1,18	0,60	0,58	12,87	1,75	0,50	1,25
S ₂ K ₁	14,19	1,82	0,88	0,94	13,59	1,08	0,45	0,55	15,86	1,73	0,45	1,28
S ₂ K ₂	14,47	1,56	0,70	0,86	14,80	0,95	0,42	0,53	17,97	1,72	0,42	1,30
NIR												
(p=0,01)												
LSD					0,56				0,63			
(p=0,01)					n.i.				1,44			
A, B	0,64											
AB	1,45											

składnika [2,12]. Według niektórych autorów [za 18] pierwiastek ten jest drugim - po azocie - składnikiem pokarmowym limitującym najbardziej plonowanie roślin.

Najwyższe plony rośliny testowej uzyskano w serii nawożonej wyższymi dawkami siarki i potasu (S₂K₂). Potwierdza to tezę, że nawożenie siarką daje najlepsze efekty plonotwórcze przy jednoczesnym wniesieniu wysokich dawek NPK [2]. Największe zwwyżki plonów w efekcie oddziaływania czynników doświadczalnych miały miejsce w przypadku ziarna, a następnie jęczmienia ściętego w okresie kwitnienia. Najniższy relatywnie wzrost plonów odnotowano w przypadku słomy. Wyniki wskazują, że maksymalny wzrost plonów ziarna był aż około trzykrotny, roślin zbieranych w fazie kwitnienia - dwukrotny, a słomy - 1,8-krotny. Przytoczone dane pozwalają na stwierdzenie, że deficyt potasu, a zwłaszcza siarki ogranicza przede wszystkim rozwój organów generatywnych roślin.

W warunkach przeprowadzonego eksperymentu siarka w porównaniu z potasem wykazywała znacznie wyższe działanie plonotwórcze. Należy również dodać, że efektywność nawożenia jęczmienia potasem była w bardzo dużym stopniu uzależniona od stopnia zaopatrzenia roślin w siarkę. W serii nie nawożonej tym składnikiem efektywność ta była najniższa. Zwyżki plonów roślin w omawianych obiektach w efekcie stosowania potasu miały miejsce tylko w przypadku słomy i roślin zbieranych w fazie kwitnienia. Plon ziarna jęczmienia natomiast w efekcie aplikacji potasu przy braku siarki w środowisku (S_0) uległ niewielkiemu obniżeniu.

Efektywność nawożenia roślin siarką limitowało z kolei - chociaż w znacznie mniejszym stopniu - zaopatrzenie ich w potas. W rezultacie zwiększenie dawki siarki do poziomu S_2 bez jednoczesnego zaopatrzenia roślin w potas powodowało widoczne obniżenie plonów w stosunku do wartości z serii nawożonej niższą dawką (S_1). Opisane zależności wskazują z jednej strony, że jęczmień należy do grupy roślin o niezbyt dużych wymaganiach w stosunku do siarki, a także potasu [9,10]. Z drugiej strony potwierdzają one znaną prawidłowość [3,5,16], że rośliny wykorzystują efektywnie składniki pokarmowe przy stosowaniu ich w proporcjach dostosowanych do ich potrzeb pokarmowych. Przy nawożeniu jednostronnym ma miejsce zwykle zakłócenie równowagi jonowej w roślinach prowadzące do niekorzystnych zmian w ich składzie chemicznym, a nawet do spadku plonów [4,5].

Zakres i kierunek zmian w zawartości $S_{og.}$, $S-SO_4$ i $S_{org.}$ w jęczmieniu - podobnie jak plony - były wyraźnie kształtowane przez czynniki doświadczenia. Zawartości te również zależały od fazy rozwojowej i od organu rośliny (Tab. 1). Zawartość $S_{og.}$ w s.m. jęczmienia zbieranego w okresie kwitnienia zawierała się w przedziale $0,51-1,96 \text{ g S} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dla słomy przedział ten wynosił od $0,48$ do $1,18 \text{ g S} \cdot \text{kg}^{-1}$, a dla ziarna od $1,16$ do $1,75 \text{ g S} \cdot \text{kg}^{-1}$. Wartości te mieściły się w granicach podawanych przez innych autorów [6,11,14].

Ogólnie należy stwierdzić, że zawartość wszystkich analizowanych form siarki widocznie rosła w roślinach nawożonych tym składnikiem. Nawożenie potasem natomiast wiązało się z obniżeniem ilości $S_{og.}$, $S-SO_4$ i $S_{org.}$ w s.m. roślin. Uzyskane dane potwierdzają wyniki badań innych autorów [5,11,12], że zawartość siarki w roślinach zwiększa się wraz ze wzrostem dostępności tego składnika w środowisku glebowym. Potwierdzają one również stwierdzoną we wcześniejszych pracach [5,17] prawidłowość, że wapnowanie i nawożenie mineralne obniża zawartość siarki w roślinach. W wielu przypadkach ma to związek ze wzrostem plonów roślin i występowaniem zjawiska rozcieńczenia składnika. Może to jednak wynikać również z antagonistycznego oddziaływania niektórych jonów na pobieranie siarki przez rośliny [5].

Największe zmiany w koncentracji rozpatrywanych form siarki w efekcie oddziaływania czynników doświadczalnych wystąpiły w okresie kwitnienia jęczmienia,

a najmniejsze w ziarnie. Świadczy to o tym, iż organy generatywne roślin charakteryzują się większą stabilnością składu chemicznego, który zależy bardziej od cech genetycznych roślin niż od czynników zewnętrznych, w tym nawożenia [4,5].

Analiza relacji pomiędzy rozpatrywanymi formami siarki pozwala także na stwierdzenie, że nawożenie potasem wpłynęło korzystnie na przemiany metaboliczne tego składnika. Ten korzystny wpływ wyraził się wzrostem ilości siarki włączanej w związki organiczne.

WNIOSKI

1. Nawożenie siarką i potasem istotnie wpływało na wzrost plonów jęczmienia zbieranego w okresie kwitnienia i pełnej dojrzałości. Wzrost ten był relatywnie znacznie wyższy po aplikacji siarki i potasu w niższej dawce.

2. Efektywność nawożenia jęczmienia potasem zależała w bardzo dużym stopniu od zaopatrzenia roślin w siarkę. Potas wpływał również na efektywność nawożenia siarką, ale w znacznie mniejszym stopniu.

3. Nawożenie jęczmienia siarką wiązało się ze wzrostem zawartości S og., S-SO₄ i S org. w s.m. roślin. Aplikacja potasu obniżała natomiast zawartość analizowanych form siarki, ale korzystnie wpływała na metabolizm tego składnika.

PIŚMIENNICTWO

1. **Butters B., Chenery E.M.:** A rapid method for the determination of total sulphur in soils and plants. *Analyst*, 84, 1959.
2. **Eriksen J., Olesen J.E., Askegard M.:** Sulphate leaching and sulphur balances of an organic cereal crop rotation on three Danish soils. *European Journal of Agronomy* 17, 1-9, 2002.
3. **Gutyńska B., Mercik S.:** Badania nad współdziałaniem potasu z magnezem i wapniem na różnych glebach i pod różnymi roślinami. Cz II. Wpływ na plonowanie i skład chemiczny jęczmienia i owsa. *Roczn. Gleb.*, 35, 1, 63-79, 1984.
4. **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.
5. **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.
6. **Kucharzewski A., Dębowski M.:** Ocena stopnia skażenia produktów rolnych Dolnego Śląska metalami ciężkimi i siarką. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 434, 777-785, 1996.
7. **Lipiński W.:** Odczyn i zasobność gleb w świetle badań stacji chemiczno-rolniczych. *Nawozy i Nawożenie*, 3/4 (3a), 89-105, 2000.
8. **Marschner H.:** Mineral Nutrition of higher plants. (sec. edit.) Academic Press, 1995.
9. **Mc Grath S.P., Zhao F.J., Withers P.J.A.:** Development of sulphur deficiency in crops and its treatment. The Fertiliser Society, London, 3-47, 1996.
10. **Mercik S., Stępień W.:** Działanie potasu na rośliny w wieloletnich doświadczeniach nawozowych w Skierniewicach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 480, 219-298, 2001.

11. Motowicka-Terelak T., Terelak H., Witek T.: Liczby graniczne do wyceny zawartości siarki w glebach i roślinach. IUNG, Puławy Seria P (53), 15-20, 1993.
12. Reiley N.G., Zhao F.J., Mc Grath S.P.: Availability of different forms of sulphur fertilizers to wheat and oilseed rape. *Plant and Soil*, 222, 139-147, 2000.
13. Roczniki Statystyczne, GUS, 1995-2001.
14. Ruszkowska M., Sykut S., Rębowska Z., Kusio M.: Bilans składników pokarmowych w doświadczeniu lizymetrycznym. Cz. II. Bilans wapnia, magnezu i siarki. *Pam. Puł.*, 103, 79-96, 1993.
15. Scherer H.: Sulphur in crop production - invited paper. *European Journal of Agronomy*, 14, 81-111, 2001.
16. Szukalski H., Zembaczyńska A.: Wpływ stosowania potasu wapnia i magnezu na kształtowanie plonów i zawartość tych kationów w roślinach. *Pam. Puł.*, 24, 149-159, 1967.
17. Uziak Z., Szymańska M.: Wpływ siarki na skład chemiczny biomasy słonecznika i seradeli. *Pam. Puł.*, 89, 131-141, 1987.
18. Zhao F.J., Hawkesford M.J., Mc Grath S.P.: Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. *Journal of Cereal Science*, 30, 1-17, 1999.

EFFECT OF FERTILIZATION WITH SULPHUR AND POTASSIUM
ON THE YIELDING AND THE CONTENT OF DIFFERENT FORMS OF SULPHUR
IN SPRING BARLEY

Adam Kaczor, Joanna Łaszcz-Zakorczmenna

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

S u m m a r y. The study was to analyze the influence of fertilization of spring barley with sulphur and potassium on yielding and the changes in the content of org. S, S-SO₄ and tot. S. The research was performed on the base of pot experiment in years 2001-2002. The soil material used for experiment was characterized by neutral reaction and low content of available forms of phosphorus, potassium, magnesium and sulphur. The obtained results indicate that only the lower dose of sulphur affected significantly the increase of barley yielding. The analysis of obtained data allows also to state that effectiveness of fertilization of plants with potassium depended to great extent on the level of their sulphur supply. The potassium supply of barley influenced beneficially the transformation of sulphur in plants.

K e y w o r d s: spring barley, fertilization with sulphur and potassium, yielding, content of tot. S, S-SO₄, org. S