

Anetta SIWIK-ZIOMEK¹ i Jan KOPER¹

WPLYW NAWOŻENIA OBORNIKIEM I DOBORU ROŚLIN NA ZAWARTOŚĆ SIARCZANÓW(VI) I AKTYWNOŚĆ ARYLOSULFATAZY W GLEBIE PŁOWEJ

EFFECT OF MANURE FERTILISATION AND PLANT SELECTION ON THE CONTENT OF SULPHATES(VI) AND THE ACTIVITY OF ARYLSULPHATASE IN LUVISOL

Abstrakt: Celem pracy było zbadanie wpływu zróżnicowanych dawek obornika (0, 20, 40, 60 i 80 Mg · ha⁻¹) na zawartość siarki siarczanowej(VI) oraz aktywność arylosulfatazy w glebie płowej. Materiał glebowy pobrano w trakcie uprawy roślin w latach 2001-2003 w dwu zmianowaniach: I: zubożającego w materię organiczną (ziemiaki, pszenica ozima, jęczmień jary) oraz II: wzbogacającego w materię organiczną (ziemiaki, pszenica ozima + gorczyca, jęczmień jary + wsiewka koniczyny). Zastosowane w doświadczeniu zmianowanie z udziałem gorczycy białej i wsiewki koniczyny zwiększało w badanej glebie w analizowanym zmianowaniu zawartość związków węgla organicznego, azotu i siarki. Także aktywność arylosulfatazy była średnio półtora raza większa w próbkach glebowych pobranych z obiektów z udziałem międzyplonów. W obydwu zmianowaniach stwierdzono wpływ obornika na zawartość związków węgla, azotu, siarki oraz aktywność arylosulfatazy. Dawki nawozu naturalnego w ilości 60 i 80 Mg · ha⁻¹ powodowały największe nagromadzenie w badanej glebie węgla organicznego, azotu ogółem oraz siarki przyswajalnej, ale tylko w zmianowaniu z wsiewkami. W zmianowaniu bez udziału wsiewek stwierdzono największą zawartość siarki siarczanowej w próbkach pobranych z obiektów nawożonych obornikiem w ilości 20 i 80 Mg · ha⁻¹.

Słowa kluczowe: nawożenie, siarka siarczanowa(VI), arylosulfataza

Wprowadzenie

W Europie w latach 90. ograniczono emisję siarki do atmosfery stanowiącej przyczynę skażeń środowiska glebowego. W wyniku tych działań ekologicznych oraz zmian asortymentu stosowanych nawozów obserwuje się deficyt siarki w glebach [1]. Krążenie siarki w przyrodzie odbywa się dzięki procesom chemicznym, jednak główną rolę odgrywają w nim procesy biochemiczne, w których biorą udział organizmy glebowe, autotroficzne i heterotroficzne [2]. Arylosulfataza hydrolizuje aromatyczne estry siarczanowe (R-O-SO₃) do fenoli (R-OH) i nieorganicznych siarczanów (SO₄²⁻), które są przyswajalne dla roślin [3]. Niedobór siarki w glebie uniemożliwia roślinom wykształcenie odpowiedniego plonu biomasy, a równocześnie pogarsza wartość biologiczną plonu [4]. Dlatego celowe jest badanie zasobności gleb w siarczany(VI) w przypadku upraw roślin jednoliściennych, u których niedobory siarki nie uwidaczniają się w sposób wizualny.

Celem pracy było zbadanie wpływu zróżnicowanych dawek obornika (0, 20, 40, 60 i 80 Mg · ha⁻¹) na zawartość siarki siarczanowej(VI) oraz aktywność arylosulfatazy w glebie płowej.

¹ Katedra Biochemii, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, ul. Bernardyńska 6, 85-129 Bydgoszcz, tel. 52 374 95 55, email: ziomek@utp.edu.pl

Material i metody

Material do badań pobrano z wieloletniego doświadczenia polowego położonego na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego w Grabowie nad Wisłą, w województwie mazowieckim, powiecie zwoleńskim, gminie Przyłęk. Położenie zakładu doświadczalnego określają szerokość geograficzna ($51^{\circ}21'8''\text{N}$) i długość geograficzna ($21^{\circ}40'8''\text{E}$).

Doświadczenie zostało założone w 1980 roku przez Zakład Żywnienia Roślin i Nawożenia Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Na terenach tych panuje klimat nizinny umiarkowanych szerokości geograficznych. Gleby, na których usytuowany jest Rolniczy Zakład Doświadczalny w Grabowie, według „Systematyki Gleb Polski” (PN-R-04033 1989) reprezentują gleby płowe typowe, zaliczane do klasy IVa uzytków rolnych i kompleksu żytniego bardzo dobrego.

Material glebowy pobrano w trakcie uprawy roślin w latach 2001-2003 w dwu zmianowaniach: I: zubożającego w materię organiczną (ziemniaki, pszenica ozima, jęczmień jary) oraz II: wzbogacającego w materię organiczną (ziemniaki, pszenica ozima + gorczyca, jęczmień jary + wsiewka koniczyny).

Czynnikiem doświadczenia było nawożenie obornikiem bydlęcym w dawkach: 0, 20, 40, 60 i $80 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ co cztery lata pod ziemniaki.

Aktywność arylosulfatazy oznaczono wg metody Tabatabai i Bremnera [3], a siarkę siarczanową zgodnie z metodą Bardsleya-Lancastera w modyfikacji COMN-IUNG [5]. Pozostałe parametry gleby oznaczono metodami powszechnie stosowanymi.

Wyniki

Zawartość TOC w analizowanej glebie płowej mieściła się w zakresie od 4,746 do $7,921 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w zmianowaniu I i od 7,397 do $9,801 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w zmianowaniu II. Wykazano wpływ zmianowania na zawartość tego ważnego składnika materii organicznej. Pod wpływem zmianowania II zawartość TOC w glebie była większa o 27% niż w glebie bez udziału międzyplonów. Łabuda i in. [6] także uzyskali większą zawartość węgla organicznego w glebie w zmianowaniu z udziałem wsiewek. Podobnie jak u tych autorów, stosowanie obornika zwiększało zawartość węgla organicznego w glebie w miarę zwiększania ilości stosowanego nawozu naturalnego. W obiekcie bez obornika różnica pomiędzy zmianowaniami wynosiła 22% (tab. 1). Zawartość azotu ogółem w badanej glebie kształtowała się na poziomie średnio $0,723 \text{ g N} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla gleby ze zmianowania I, w glebie ze zmianowania II była o 12% większa i wynosiła średnio $0,821 \text{ g N} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 1). Zarówno zwiększanie ilości stosowanej substancji organicznej, jak i nawozu azotowego powodowało wzrost zawartości tego składnika w glebie z Grabowa. Porównując maksymalną dawkę obornika do obiektu kontrolnego, stwierdzono większy przyrost zawartości azotu ogółem w glebie pobranej ze zmianowania II (25%) niż dla zmianowania I (19%). Stosowanie w praktyce obornika co 4 lata spowodowało większe o ok. 6% nagromadzenie się związków azotowych w glebie, na których dodatkowym źródłem azotu były wsiewki gorzycy i koniczyny. Sosulski i in. [7] stwierdzili, że wieloletnie nawożenie obornikiem i uprawa roślin motylkowych zwiększyły ilość azotu całkowitego w glebie o 51-56% w stosunku do poletek nawożonych wyłącznie nawozami mineralnymi, na których nie uprawiano roślin motylkowych.

W glebie pobranej ze zmianowania z udziałem międzyplonów stwierdzono średnio o 42% więcej zawartości siarki przyswajalnej dla roślin. Zawartość siarki siarczanowej w glebie ze zmianowaniem I mieściła się w przedziale od 12,85 do 14,19 mg · kg⁻¹. Natomiast w glebie, na której stosowano także międzyplon, ilość siarki przyswajalnej dla roślin kształtowała się na wyższym poziomie, tj. od 22,26 do 24,23 mg · kg⁻¹. W większości gleb użytkowanych rolniczo zawartość siarki siarczanowej w Polsce nie przekracza 25 mg · kg⁻¹ gleby. Najwięcej gleb, tj. 70% powierzchni użytków rolnych, charakteryzuje się zawartością tej frakcji siarki w granicach 5,0-20,0 mg · kg⁻¹ [8]. Ilość tej frakcji siarki w badanej glebie dla zmianowania I wynosiła średnio 13,541 mg · kg⁻¹, co według zależności od zasobności gleb w siarkę S-SO₄²⁻ klasyfikuje ją do gleb o średniej zawartości i uprawa zbóż wymaga uzupełniającego nawożenia siarką [8]. Brak siarki ma konsekwencje nie tylko w zakresie wielkości uzyskanych plonów, ale także ich jakości [1]. Natomiast gleba pobrana z doświadczenia ze zmianowaniem II zawierała średnio 23,20 mg · kg⁻¹, co pozwala ją zakwalifikować do gleb o bardzo wysokiej zawartości tego pierwiastka [8]. Uprawa tylko roślin o bardzo wysokim zapotrzebowaniu na siarkę (kukurydza, rzepak, burak cukrowy) wymagałaby zastosowania nawozów zawierających siarkę.

Tabela 1
Zawartość węgla organicznego, azotu ogółem i siarki siarczanowej oraz aktywność arylosulfatazy w badanej glebie w zależności od zmianowania

Table 1
Organic carbon, total nitrogen and sulphur sulphate content and arylsulphatase activity in investigated soil

Zmianowanie	Obornik [t·ha ⁻¹]	TOC [g·kg ⁻¹]	TN [g·kg ⁻¹]	SO ₄ ²⁻ [mg·kg ⁻¹]	Arylosulfataza [μg pNP · g · h ⁻¹]
I ziemiaki pszenica ozima jęczmień jary	0	5,746	0,627	12,85	0,165
	20	7,002	0,717	14,00	0,133
	40	7,493	0,718	13,27	0,186
	60	7,653	0,755	13,39	0,332
	80	7,921	0,778	14,19	0,114
	średnio	7,163	0,720	13,54	0,186
NIR _{p=0,05}	0,414	0,012	0,745	n.i.	
II ziemiaki pszenica ozima + gorczyca biała jęczmień jary + koniczyna czerwona	0	7,397	0,700	22,26	0,247
	20	7,985	0,732	22,55	0,297
	40	8,680	0,785	23,04	0,232
	60	9,890	0,851	24,23	0,305
	80	9,801	0,940	23,95	0,290
	średnio	8,751	0,801	23,21	0,274
NIR _{p=0,05}	0,297	0,0317	0,768	0,020	

n.i. - nieistotna różnica

Stwierdzono wpływ nawożenia obornikiem na zawartość S-SO₄²⁻ (tab. 1). Obornik zawiera od 0,9 do 1,2 kg S·ha⁻¹ i ocenia się, że przeciętnie 20% siarki całkowitej występuje w postaci siarczków przyswajalnych dla roślin, 40% stanowią połączenia organiczne, a kolejne 40% to organiczne i nieorganiczne siarczany [9]. Stopniowo postępujące procesy mineralizacji biochemicznej i biologicznej [10] wprowadzonego materiału organicznego przyczyniły się do zwiększenia zawartości frakcji siarki przyswajalnej dla roślin w glebie. Największą ilości siarki w glebie ze zmianowania II stwierdzono w glebie pobranej

z obiektów nawożonych obornikiem w najwyższych dawkach 60 i 80 Mg · ha⁻¹. Zawartość siarczanów(VI) w glebie pobranej z tych obiektów była o 15-19% większa niż w próbkach kontrolnych, gdzie nie stosowano nawozu naturalnego. Natomiast przy zmianowaniu I największe średnie ilości siarki siarczanowej stwierdzono w próbkach pobranych z obiektów nawożonych w ilości 20 i 80 Mg · ha⁻¹. Zawartość siarczanów(VI) w glebie pobranej z tych obiektów była o 8-9% większa niż w próbkach kontrolnych. Różnice te mogły mieć związek z wytworzeniem mniejszej masy resztek poźniwnych, a także innym kierunkiem przemian substancji organicznej, z której uwalniane są związki siarki.

W próbkach glebowych pobranych z obiektów z udziałem w uprawie międzyplonów (zmianowanie II) stwierdzono średnio półtora raza większą aktywność arylosulfatazy (średnio 0,274 μg pNP · g · h⁻¹) w porównaniu do zmianowania I (średnio 0,186 μg pNP · g · h⁻¹) (tab. 1). Także Kloze i in. [11] stwierdzili zależność aktywności arylosulfatazy od zmianowania.

Nawożenie organiczne poprzez dostarczenie substratów do reakcji biochemicznych oraz stanowiąc źródła węgla dla mikroorganizmów glebowych stymuluje aktywność enzymatyczną gleby [12]. Dlatego zarówno w zmianowaniu bez udziału wsiewek, jak i z wsiewkami stwierdzono wpływ nawożenia obornikiem na aktywność arylosulfatazy. W zmianowaniu I stwierdzono największą aktywność arylosulfatazy (średnio 0,332 μg pNP · g · h⁻¹) w glebie pobranej z obiektów nawożonych nawozem naturalnym w dawce 60 Mg · ha⁻¹. Zwiększenie dawki obornika z 60 na 80 Mg · ha⁻¹ spowodowało zmniejszenie aktywności badanej hydrolazy o 66%. Także w zmianowaniu II największą średnią aktywność arylosulfatazy (0,305 μg pNP · g · h⁻¹) stwierdzono w próbkach glebowych nawożonych obornikiem w ilości 60 Mg · ha⁻¹ (tab. 1). Zwiększenie dawki powodowało także spadek aktywności badanej sulfatazy, ale już tylko o 5%. Maćkowiak i Żebrowski [13] spadek plonów uprawianych roślin w doświadczeniu z Grabowa tłumaczył wytworzeniem mniejszej masy resztek poźniwnych i innym kierunkiem przemian substancji organicznej w glebie. Biochemiczne procesy katalizy w glebie zależą od wielu czynników (temp gleby, stosunków wodno-powietrznych), które wpływają na dostępność różnych substratów, będących źródłem energii dla mikroorganizmów [14]. W próbkach glebowych pobranych z obiektów nawożonych obornikiem w dawce 60 Mg · ha⁻¹ w obydwu zmianowaniach najprawdopodobniej nastąpiły takie korzystne przemiany materii organicznej powodujące nagromadzenie aromatycznych estrów siarczanowych.

Wnioski

1. Zastosowane w doświadczeniu zmianowanie z udziałem gorczycy białej i wsiewki koniczyny zwiększało w badanej glebie w analizowanym zmianowaniu zawartość związków węgla organicznego, azotu i siarki. Także aktywność arylosulfatazy była średnio półtora raza większa w próbkach glebowych pobranych z obiektów z udziałem międzyplonów.
2. W obydwu zmianowaniach stwierdzono wpływ obornika na zawartość związków węgla, azotu, siarki oraz aktywność arylosulfatazy. Dawki nawozu naturalnego w ilości 60 i 80 Mg · ha⁻¹ powodowały największe nagromadzenie w badanej glebie węgla organicznego, azotu ogółem oraz siarki przyswajalnej, ale tylko w zmianowaniu z wsiewkami. W zmianowaniu bez udziału wsiewek stwierdzono największą zawartość

- siarki siarczanowej w próbkach pobranych z obiektów nawożonych obornikiem w ilości 20 i 80 Mg · ha⁻¹.
3. Zawartość siarki w badanej glebie dla zmianowania I wynosiła średnio 13,541 mg · kg⁻¹, co według zależności od zasobności gleb w siarkę S-SO₄²⁻ klasyfikuje ją do gleb o średniej zawartości i uprawa zbóż wymaga uzupełniającego nawożenia siarką. Natomiast gleba pobrana z doświadczenia ze zmianowaniem II zawierała średnio 23,20 mg · kg⁻¹, co pozwala ją zakwalifikować do gleb o bardzo wysokiej zawartości tego pierwiastka i uprawa roślin tylko o bardzo wysokim zapotrzebowaniu na siarkę (kukurydza, rzepak, burak cukrowy) wymagałaby zastosowania nawozów zawierających siarkę.
 4. W obydwu zmianowaniach nawożenie obornikiem na poziomie 60 Mg · ha⁻¹ przyczyniało się do największej aktywności arylsulfatazy w badanej glebie.

Literatura

- [1] Jakubus M. Siarka w środowisku. Poznań: WAR; 2006.
- [2] Scherer HW. Sulfur in soils. *J Plant Nutr Sci.* 2009;172:326-335. DOI: 10.1002/jpln.200900037.
- [3] Tabatabai MA, Bremner JM. Factors affecting soil arylsulphatase activity. *Soil Sci. Soc Amer Proc.* 1970;34:427-429.
- [4] Marska E, Wróbel J. Znaczenie siarki dla roślin uprawnych. *Folia Univ Agric Stetin.* 2000;204(81):69-76.
- [5] Bardsley CE, Lancaster JD. Determination of reserve sulfur and soluble sulfates in soil. *Soil Soc Amer Proc.* 1960;24:265-268.
- [6] Łabuda SZ, Mazurkiewicz I, Maćkowiak C. Pierwiastki zmiennowartościowe w glebie pod wpływem nawożenia substancją organiczną i azotem w doświadczeniu polowym. *Zesz Probl Post Nauk Roln.* 2003;493:409-420.
- [7] Sosulski T, Stepień M, Szara E, Mercik S. Zawartość azotu w glebie oraz bilans tego składnika w doświadczeniach wieloletnich. *Fragm Agronom.* 2005;1(85):264-273.
- [8] Lipiński W, Terelak H, Motowicka-Terelak T. Propozycja liczb granicznych siarki siarczanowej w glebach mineralnych. *Roczn Glebozn.* 2003;3:79-84.
- [9] Kaczor A, Zuzańska J. Znaczenie siarki w rolnictwie. *Chem Dydakt Ekol Metrol.* 2009;14: 69-70.
- [10] McGill WB, Cole CV. Comparative aspects of cycling organic C, N, S and P through organic matter. *Geoderma.* 1981;26:267-286.
- [11] Klose S, Moore JM, Tabatabai MA. Arylsulfatase activity of microbial biomass in soils as affected by cropping system. *Biol Fertil Soils.* 1999;29:46-54.
- [12] Paul EA, Clark FE. *Microbiology and biochemistry of soils.* Lublin: UMCS; 2000.
- [13] Maćkowiak Cz, Żebrowski J. Wpływ nawożenia i doboru roślin w zmianowaniu na zawartość węgla organicznego i azotu ogółem. *Zesz Probl Post Nauk Roln.* 1999;465:341-351.
- [14] Vong PC, Dedourge O, Lasserre-Joulin F, Guckert A. Immobilized-S, microbial biomass-S and soil arylsulfatase activity in the rhizosphere soil of rape and barley as affected by labile substrate and N additions. *Soil Biol Biochemist.* 2003;35:1651-1661. DOI: 10.1016/j.soilbio.2003.08.012.

EFFECT OF FERTILISATION AND PLANT SELECTION ON THE CONTENT OF SULPHATES(VI) AND THE ACTIVITY OF ARYLSULPHATASE IN LUVISOL

Department of Biochemistry, Faculty of Agriculture and Biotechnology
University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz

Abstract: The aim of the present paper was to investigate the effect of varied FYM rates (0, 20, 40, 60 and 80 Mg · ha⁻¹) and mineral nitrogen (0, 40, 80, 120 kg N · ha⁻¹) on the content of sulphate sulphur(VI) and the activity of arylsulphatase in Luvisol. The soil material was sampled during plant cultivation over 2001-2003 in

two crop rotations: I: depleting in organic matter (potato, winter wheat, spring barley) and II: enriching in organic matter (potato, winter wheat + mustard, spring barley + companion crop of clover). The crop rotation applied in the experiment, with white mustard and the companion crop of clover, in the soil researched in the crop rotation analysed, increased the content of the compounds of organic carbon, nitrogen and sulphur. Similarly the activity of arylsulphatase was, on average, one-and-a-half times higher in the soil sampled from the treatments with intercrops. In both crop rotations there was noted an effect of FYM on the content of the compounds of carbon, nitrogen, sulphur and the activity of arylsulphatase. The rates of natural fertiliser of 60 and 80 Mg · ha⁻¹ resulted in the greatest accumulation of organic carbon, total nitrogen and available sulphur in the soil, however, only in the crop rotation with companion crops. In the crop rotation without companion crops there was noted the highest content of sulphate sulphur in the soil sampled from the treatments fertilised with FYM at the rate of 20 and 80 Mg · ha⁻¹.

Keywords: fertilization, sulphate sulphur(VI), arylsulphatase