

ZAWARTOŚĆ SIARKI OGÓŁEM I SIARCZANOWEJ ORAZ AKTYWNOŚĆ ARYLOSULFATAZY W GLEBIE PO WIELOLETNIM ZRÓŻNICOWANYM SYSTEMIE UPRAWY

Jan Koper, Anetta Siwik-Ziomek

Katedra Biochemii, Akademia Techniczno-Rolnicza im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy

Wstęp

System uprawy jest jednym z czynników wpływających na żyzność gleby. Monokultura roślin powoduje ograniczenie różnorodności drobnoustrojów, zakłócając aktywność biologiczną i biochemiczną gleby oraz powoduje jednostronne wyczerpanie składników pokarmowych, prowadząc do zjawiska zmęczenia gleby. Enzymy glebowe są uznawane za wskaźnik żyzności gleby, intensywności procesów glebotwórczych oraz stopnia zmian antropogennych. Arylosulfataza (EC 3.1.-6.1.) hydrolizuje estry siarczanowe, pełni istotną rolę w biochemicznej mineralizacji siarki organicznej. Enzym ten jest uznawany za dobry wskaźnik mineralizacji siarki do form przyswajalnych dla roślin [TABATABAI, BREMNER 1970].

Celem pracy było określenie zmian aktywności arylosulfatazy oraz zawartości siarki ogółem i siarczanowej (VI) w glebie, pobranej z uprawy pszenżyta uprawianego po wieloletniej monokulturze i zmianowaniu roślin.

Materiał i metody

Próbki gleby do badań pobrano z poletek, na którym prowadzono wieloletnie doświadczenie płodozmianowe, założone w RZD w Mochelku. Badana gleba zaliczana jest do klasy bonitacyjnej IVa-IVb. Jest to doświadczenie statyczne o różnym systemie zmianowania (6-polowy i monokultura), prowadzone w układzie losowanych podbloków w czterech powtórzeniach. Zarówno w zmianowaniu, jak i monokulturze uprawiano następujące rośliny: 1) burak cukrowy, 2) peluszkę, 3) jęczmień jary, 4) żyto ozime 5) rzepak ozimy, 6) pszenicę ozimą. W doświadczeniu stosowano nawożenie mineralne w następujących dawkach (kg·ha⁻¹):

Roślina	Przedsięwzięcie N	P	K	Pogłównie N	Razem
Burak cukrowy	90	23	152	30	295
Peluszka	-	23	124	-	147
Jęczmień jary	50	23	138	30	241
Żyto ozime	30	23	138	60	251
Rzepak ozimy	30	23	138	90	281
Pszenica ozima	30	23	138	90	281

Co 6 lat stosowano w zmianowaniu nawożenie organiczne pod buraki w jednakowej dawce $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast w monokulturze co 3 lata.

Po 25 latach trwania doświadczenia, w celu poprawienia warunków fitosanitarnych, w 1999 roku na wszystkich poletkach zasiano owies siewny, w kolejnym roku wprowadzono dwuzerowy łubin wąskolistny z wsiewką konieczyzny jako roślinę wzbogacającą glebę w azot i poprawiającą jej strukturę. Próbki glebowe do analiz pobierano w 2001 roku, gdy na poletkach doświadczalnych uprawiano pszenżyto. Zostały one pobierane z poziomu Ap z dwu warstw: 5–15 cm i 20–30 cm, w następujących terminach: 17 V; 09 VII; 28 VIII; 21 IX 2001. W 1999 roku stosowano nawożenia jak pod jęczmień jary, w kolejnym jak pod peluszkę, a w następnym jak pod żyto ozime.

Aktywność arylosulfatazy (EC 3.1.6.1.) oznaczono wg TABATABAI i BREMNERA [1970]; zawartość siarki ogółem i siarczanowej (VI) oznaczono metodą Bardsley'a-Lancastera w modyfikacji Comn-Iung [BARDSLEY, LANCASTER 1960]. Pozostałe oznaczenia wykonano metodami powszechnie stosowanymi [LITYŃSKI i in. 1976]. Wyniki badań opracowano statystycznie posługując się do wyznaczenia istotności różnic testem Tukey'a.

Wyniki i dyskusja

Gleby płowe typowe występujące na obszarze Stacji Badawczej w Mochelku wykazują w poziomie orno-próchnicznym piasek gliniasty lekki lub mocny, niekiedy pylasty. W związku z tym można je zaliczyć do gleb lekkich. Ilość części spławialnych w poziomie orno-próchnicznym wynosi ok. 15% [KOPER i in. 1999].

Badana gleba wykazywała odczyn lekko kwaśny. W próbkach glebowych pobranych z poletek, z wcześniejszą uprawą roślin w zmianowaniu, wartość pH w H_2O mieściła się w zakresie 5,8–6,5 jednostek, natomiast w próbkach pobranych z poletek, na których uprawiano rośliny w monokulturze, pH wynosiło 5,5–6,4 jednostek. Również wartość pH mierzona w 1 mol $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ nie wykazywała dużych różnic i mieściła się w przedziale 5,1–6,2 jednostek, niezależnie od wcześniejszego sposobu uprawy roślin (tab. 1).

Zawartość węgla organicznego w glebie pobranej z poletek z uprawa pszenżyta mieściła się w zakresie $5,2\text{--}8,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 1). Większą zawartość C org. uzyskano w próbkach glebowych pobranych z poletek, na których wcześniej uprawiano rośliny w zmianowaniu (średnio $6,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) niż w monokulturze (średnio $5,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Największą zawartość tego składnika oznaczono w próbkach pobranych z poletek, gdzie wcześniej uprawiano burak cukrowy ($8,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w zmianowaniu i $7,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w monokulturze). Stwierdzono, że zawartość C org. w próbkach pobranych z głębokości 5–15 cm była średnio o 20% większa w porównaniu do zawartości tego składnika w próbkach glebowych pobranych z głębszej warstwy. Tylko w próbkach glebowych pobranych z poletek, gdzie wcześniej uprawiano jęczmień jary i żyto ozime w monokulturze zawartość węgla organicznego była w głębszej warstwie profilu mniejsza o 30%. Zawartość azotu ogółem w badanej glebie mieściła się w przedziale $0,53\text{--}1,05 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 1). Najwyższą zawartość tego składnika oznaczono w próbkach glebowych pobranych z poletek, gdzie wcześniej uprawiano żyto ozime w zmianowaniu. Najniższą zawartość tego pierwiastka oznaczono w próbkach glebowych pobranych z poletek, gdzie wcześniej w monokulturze uprawiano burak cukrowy i jęczmień jary.

Tabela 1; Table 1

Niektóre właściwości badanej gleby
Some chemical properties of soil under study

Roślina Plant	Głębokość pobierania próbek Depth of sampling (cm)	C org.; Organic C (g·kg ⁻¹)		N og.; Total N (g·kg ⁻¹)		pH w; pH in H ₂ O		pH w; pH in 1 mol KCl·dm ⁻³	
		Z	M	Z	M	Z	M	Z	M
Burak cukrowy Sugar beet	5-15 15-20	8,1 6,3	7,0 5,2	0,91 0,74	0,74 0,53	6,5 6,2	6,4 5,9	6,3 5,2	6,3 5,2
Peluszka Fodder pea	5-15 15-20	6,2 4,9	6,0 5,2	0,82 0,75	0,82 0,75	6,4 6,0	6,2 5,8	6,1 5,7	6,0 5,6
Jęczmień jary Spring barley	5-15 15-20	6,2 4,7	6,1 4,3	0,86 0,76	0,68 0,53	6,2 6,2	6,1 5,8	6,2 6,1	5,8 5,7
Żyto ozime Winter rye	5-15 15-20	6,9 5,3	6,8 4,8	1,05 0,78	0,87 0,58	5,8 5,7	5,7 5,6	5,4 4,9	5,6 5,5
Rzepak ozimy Winter rape	5-15 15-20	7,8 5,6	7,0 5,3	0,83 0,76	0,83 0,64	6,1 5,9	6,0 5,9	5,7 5,1	5,8 5,6
Pszenica ozima Winter wheat	5-15 15-20	6,8 5,3	6,6 5,2	0,84 0,68	0,64 0,68	6,1 6,0	5,7 5,5	5,6 5,4	5,5 5,1

Z – zmianowanie; crop rotation

M – monokultura; monoculture

Zawartość siarki ogółem w badanej glebie mieściła się w przedziale 0,088–0,201 g·kg⁻¹, niezależnie od terminu pobierania próbek glebowych (tab. 2). Z badań MOTOWICKIEJ-TERELAK i TERELAKA [1998] wynika, że w glebach mineralnych Polski z obszarów typowo rolniczych zawartość siarki mieści się w przedziale 0,07–1,07 g·kg⁻¹. W większości próbek przeanalizowanych przez tych autorów zawartość siarki była niska, ze średnią od 0,15–0,20 g·kg⁻¹ i maksimum 0,40 g·kg⁻¹. W badanej glebie zawartość siarki ogółem była niższa o średnio 20% w próbkach glebowych pobranych z poletek z wcześniejszą monokulturą, niż w próbkach pobranych z poletek z upraw ze zmianowaniem roślin. Przeprowadzona analiza wariancji dla zawartości tego składnika wykazała, że dla próbek pobranych w I, II i IV terminie zawartość S og. była istotnie zróżnicowana w zależności od wcześniejszego systemu uprawy. Zawartość siarki ogółem istotnie zależała od wcześniejszej uprawianej rośliny w II, III i IV terminie pobierania próbek glebowych. We wcześniejszych badaniach, przeprowadzonych przez KOPIERA i in. [1999], na tych poletkach doświadczalnych w przedostatnim roku zmianowania i monokultury zawartość siarki kształtowała się na podobnym, niskim poziomie. Z tą różnicą, że uzyskano wyższą zawartość S og. w próbkach glebowych pobranych z poletek, gdzie uprawiano wcześniej rośliny w monokulturze.

Zawartość siarki siarczanowej mieściła się w próbkach glebowych pobranych z uprawy pszenżyta w zakresie 0,008–0,020 g·kg⁻¹ (tab. 2). Zawartość tej frakcji siarki w glebach kraju badanych w latach 1992–1996 wahała się w przedziale 0,1–500 mg·kg⁻¹ i wynosiła średnio 17,9 mg·kg⁻¹ [TERELAK i in. 1997]. Oznacza to, że średnia zawartość siarki w badanych próbkach glebowych jest niewiele niższa od średniej zawartości siarki siarczanowej w glebach kraju. Zdaniem TERELAKA i in. [1997], najwięcej gleb o niskiej zawartości S-SO₄²⁻ występuje w północnej i północno-wschodniej części kraju, a gleb o wysokiej zawartości tego składnika w południowej części, zwłaszcza w województwie katowickim.

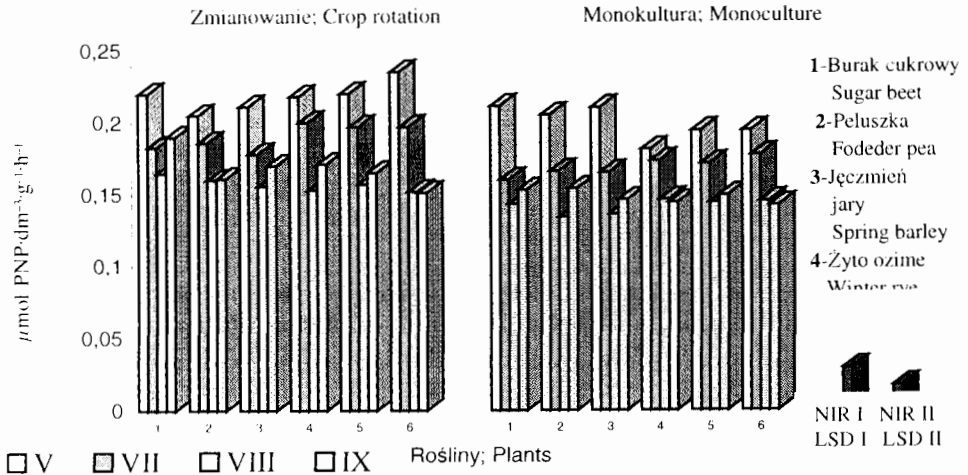
Tabela 2; Table 2

Zawartość siarki ogółem i siarczanowej w badanej glebie w zależności od sposobu uprawy, rośliny oraz terminu pobierania próbek glebowych
Total and available sulphur in soil depending on cultivation method, plant and date of sampling

Głębokość, pobierania próbek glebowych Depth of sampling (cm)		Rośliny; Plants	S og.; Total S (g·kg ⁻¹)					S-SO ₄ ²⁻ (g·kg ⁻¹)				
			miesiące pobierania próbek glebowych; months of sampling									
			05	07	08	09	średnia mean	05	07	08	09	średnia mean
Zianowanie Crop rotation	5-15	burak cukrowy sugar beat	0,152	0,130	0,138	0,119	0,105	0,017	0,014	0,009	0,012	0,013
	15-30	peluszka	0,167	0,111	0,119	0,108	0,126	0,017	0,018	0,008	0,012	0,013
	5-15	fodder pea	0,175	0,138	0,126	0,116	0,138	0,012	0,018	0,014	0,010	0,013
	15-30	jęczmień jary spring barley	0,189	0,117	0,109	0,119	0,134	0,017	0,015	0,011	0,010	0,013
	5-15	żyto ozime winter rye	0,163	0,118	0,115	0,129	0,131	0,011	0,015	0,019	0,010	0,013
	15-30	rzepak ozimy winter rape	0,113	0,113	0,098	0,147	0,118	0,009	0,015	0,016	0,009	0,012
	5-15	pszenica ozima winter wheat	0,162	0,135	0,165	0,153	0,154	0,010	0,017	0,019	0,011	0,014
	15-30		0,181	0,122	0,136	0,147	0,147	0,008	0,017	0,016	0,011	0,013
	5-15		0,161	0,128	0,118	0,153	0,140	0,009	0,016	0,020	0,018	0,015
	15-30		0,192	0,119	0,135	0,167	0,153	0,008	0,015	0,021	0,014	0,014
	5-15		0,168	0,164	0,118	0,146	0,149	0,012	0,019	0,019	0,016	0,016
	15-30		0,201	0,174	0,108	0,148	0,158	0,011	0,018	0,016	0,013	0,014
Monokultura Monoculture	5-15	burak cukrowy sugar beat	0,130	0,186	0,180	0,123	0,125	0,009	0,011	0,019	0,010	0,012
	15-30	peluszka	0,108	0,105	0,155	0,074	0,111	0,014	0,012	0,016	0,012	0,013
	5-15	fodder pea	0,115	0,108	0,101	0,117	0,110	0,013	0,012	0,015	0,013	0,013
	15-30	jęczmień jary spring barley	0,116	0,101	0,103	0,090	0,103	0,013	0,011	0,018	0,014	0,014
	5-15	żyto ozime winter rye	0,126	0,109	0,105	0,123	0,116	0,011	0,013	0,017	0,011	0,013
	15-30	rzepak ozimy winter rape	0,122	0,096	0,097	0,138	0,113	0,011	0,013	0,017	0,014	0,013
	5-15	pszenica ozima winter wheat	0,121	0,115	0,105	0,144	0,121	0,013	0,014	0,021	0,012	0,015
	15-30		0,123	0,108	0,096	0,127	0,114	0,012	0,018	0,018	0,011	0,014
	5-15		0,130	0,098	0,110	0,095	0,108	0,010	0,015	0,021	0,020	0,016
	15-30		0,130	0,113	0,096	0,117	0,114	0,010	0,012	0,022	0,015	0,014
	5-15		0,108	0,099	0,102	0,112	0,105	0,013	0,011	0,020	0,016	0,015
	15-30		0,105	0,098	0,088	0,134	0,106	0,009	0,010	0,020	0,017	0,014
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}												
I – Sposób uprawy; Cultivation method			0,042	0,060	r.n.; n.s.	0,018	r.n.; n.s.	0,001	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	
II – Rośliny; Plants			r.n.; n.s.	0,015	0,021	0,038	r.n.; n.s.	0,001	0,006	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	
III – Głębokość pobierania próbek; Depth of sampling			r.n.; n.s.	0,005	0,008	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	

r.n. – różnica nieistotna; n.s. – non significant

Analiza wariancji wykazała, że na zawartość siarki w próbkach glebowych istotnie wpływał sposób wcześniejszej uprawy roślin tylko w II terminie, a uprawiana wcześniej roślina różnicowała zawartość siarki w próbkach glebowych pobranych w II i III terminie. W badaniach KOPERA i in. [1999], prowadzonych w 1997 roku na poletkach w Mochełku, wykazano wyższą zawartość siarki siarczanowej w próbkach pobranych z upraw monokulturowych i różnicowanie się zawartości tej frakcji siarki w zależności od uprawianej rośliny. Oznacza to, że rośliny (owies, łubin z wsiewką koniczyny czerwonej oraz pszenżyto) uprawiane po wieloletniej monokulturze i zmianowaniu spowodowały zmniejszenie różnic zawartości siarki siarczanowej w próbkach glebowych pobranych w trzecim roku po zakończeniu tych systemów uprawy. Siarka siarczanowa stanowiła w pobranych próbkach glebowych średnio 10% siarki ogółem. Wynik ten mieści się w przedziale wcześniej podanym przez MOTOWICKA-TERELAK i TERELAKA [1998]. Według tych autorów udział tej frakcji siarki w stosunku do siarki ogółem waha się w granicy 6–14%.



Rys. 1. Aktywność arylosulfatazy w zależności od sposobu uprawy, rośliny i terminu pobierania próbek glebowych

Fig. 1. Soil arylsulphatase activity depending on cultivation, plants and date of sampling

Aktywność arylosulfatazy glebowej zmieniała się w trakcie sezonu wegetacyjnego pszenżyta i mieściła się w przedziale $0,14\text{--}0,24 \mu\text{mol PNP}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ (rys. 1). Wyższą aktywność tego enzymu oznaczono w próbkach glebowych pobranych z poletek, na których wcześniej uprawiano rośliny w zmianowaniu. Najwyższą aktywność enzymu oznaczono w próbkach glebowych pobranych w pierwszym terminie. Zaobserwowano także wpływ wcześniej uprawianej rośliny na aktywność arylosulfatazy. KOPER i in. [1999] osiągnęli aktywność tego enzymu w szerszym zakresie $0,07\text{--}0,22 \mu\text{mol PNP}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Uzyskali także wyższą aktywność enzymu w próbkach glebowych pobranych z upraw w monokulturze w porównaniu do próbek pochodzących ze zmianowania roślin. FARREL i in. [1994], badając aktywność arylosulfatazy w glebach pod różnymi systemami upraw, otrzymali wyższe

wartości mieszczące się w zakresie: 4,7–6,0 $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Aktywność enzymu zwykle była wyższa w glebach, na których nie uprawiano roślin, długotrwała uprawa zarówno w zmianowaniu, jak i monokulturze powodowała spadek aktywności arylosulfatazy.

Stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy zawartością siarki ogółem i zawartością węgla ($r_{p=0,05}=0,42\text{--}0,58$), a także dla zawartości C org. i N og. oraz aktywności arylosulfatazy ($r_{p=0,05}=0,42\text{--}0,71$).

Wnioski

1. Po dwóch latach od zmiany systemu uprawy zawartość siarki ogółem była nadal większa w glebie pobranej z poletek, na których wcześniej uprawiano rośliny w zmianowaniu w porównaniu do tych z monokulturą.
2. Zawartość siarki siarczanowej utrzymywała się w podobnym zakresie w glebie z obu pól doświadczalnych. Nie stwierdzono również wyraźnych zmian tej frakcji siarki w próbkach pobranych w trakcie wegetacji pszenżyta.
3. Aktywność arylosulfatazy była wyższa w glebie z poletek, na których wcześniej uprawiano rośliny w zmianowaniu. Aktywność enzymu istotnie korelowała z zawartością siarki ogółem.

Literatura

- BARDSLEY C.E., LANCASTER M.A. 1960. *Determination of reserve sulfur and soluble sulfates in soils*. Soil Sc. Amer. Proc. 24: 265–268.
- FARREL R.E., GUPTA S.R., GERMIDA J.J. 1994. *Effects of cultivation on the activity and kinetics of arylosulphatase saskatchewan soils*. Soil Biol. and Bioch. 26(8): 1033–1040.
- KOPER J., SIWIK A., URBANOWSKI S. 1999. *Zawartość siarki oraz aktywność wybranych enzymów związanych z jej przemianami w glebie z długotrwałą monokulturą i zmianowaniem*. Zesz. Nauk. ATR 220, Rolnictwo 44: 159–166.
- LITYŃSKI T., JURKOWSKA H., GORLACH E. 1976. *Analiza chemiczno-rolnicza*. PWN. Warszawa: 330 ss.
- MOTOWICKA-TERELAK T., TERELAK H. 1998. *Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenie*. Warszawa, PIOŚ: 68 ss.
- TABATABAI M.A., BREMNER J.M. 1970. *Arylosulphatase activity of soils*. Soil Sc. Amer. Proc. 34: 225–229.
- TERELAK H., MOTOWICKA-TERELAK T., STUCZYŃSKI T., BUDZYŃSKA K., PIETRUCH C., SROTCZYŃSKI W. 1997. *Właściwości chemiczne gleb oraz zawartość metali ciężkich i siarki w glebach i roślinach*. Ekspertyza. IUNG, Puławy: 129 ss.

Słowa kluczowe: gleba płowa, siarka ogółem, siarka siarczanowa, arylosulfataza

Streszczenie

Celem pracy było poznanie wpływu monokultury (buraka cukrowego, pe-luszki, jęczmienia jarego, żyta ozimego, rzepaku ozimego i pszenicy ozimej) i zmianowania na zawartość S og. i $S_{SO_4^{2-}}$ oraz aktywność arylosulfatazy w glebie płowej. Próbki gleby do badań pobrano w maju, czerwcu, sierpniu i wrześniu 2001 roku, czyli w trzecim roku po zakończeniu doświadczenia, każdorazowo z dwu głębokości poziomu Ap. Zawartość S og. mieściła się w przedziale 0,09–0,20 g·kg⁻¹. Siarka siarczanowa stanowiła ok. 10% siarki ogółem. Aktywność arylosulfatazy była wyższa w glebie z poletek, na których wcześniej uprawiano rośliny w zmianowaniu. Aktywność arylosulfatazy była skorelowana z zawartością siarki ogółem.

CONTENT OF TOTAL AND AVAILABLE SULPHUR AND ARYLOSULFATASE ACTIVITY IN SOIL UNDER LONG-TERM DIFFERENT CULTIVATION METHODS

Jan Koper, Anetta Siwik-Ziomek

Department of Biochemistry,
University of Technology and Agriculture, Bydgoszcz

Key words: lessive soil, total sulphur, available soil, arylosulfatase activity

Summary

The study defined the impact of monoculture (sugar beet, fodder pea, spring barley, winter rye, winter rape and winter wheat) and crop rotation on the S_{tot} and $S_{SO_4^{2-}}$ content as well as arylosulfatase activity of lessive soil. The soil was sampled three years after long-term different cultivation methods from two depths of Ap horizon in May, July, August and September 2001. The concentration of total sulphur was 0.09–0.20 g·kg⁻¹. Available sulphur was 10% total sulphur. Arylosulphatase activity was higher in the soil from monoculture system. Arylosulphatase activity was correlated with total sulphur content.

Dr hab. Jan **Koper**, prof. ATR

Katedra Biochemii

Akademia Techniczno-Rolnicza im. J.J. Śniadeckich

ul. Bernardyńska 6–8

85-029 BYDGOSZCZ

e-mail: bioch@atr.bydgoszcz.pl