

WPLYW NAWOŻENIA ORGANICZNEGO I ZRÓŻNICOWANYCH DAWEK AZOTU NA ZAWARTOŚĆ SELENU W BULWACH ZIEMNIAKA I GLEBIE NA TLE JEJ NIEKTÓRYCH WŁAŚCIWOŚCI

K. Borowska¹, J. Janowiak²

¹Katedra Biochemii, ²Katedra Chemii Rolnej, Wydział Rolniczy, Akademia Techniczno-Rolnicza
ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz
e-mail: bioch@atr.bydgoszcz.pl

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu zróżnicowanych dawek azotu oraz nawożenia obornikiem na zawartość selenu w glebie i bulwach ziemniaka. Próbkę glebową i roślinną pobrano z wieloletniego statycznego doświadczenia polowego założonego na glebie płowej typowej, w czterech powtórzeniach, metodą losowanych podbloków w układzie zależnym. W schemacie doświadczenia uwzględniono nawożenie azotem w dawkach 60, 120 i 180 kg·ha⁻¹ w wariantach z zastosowaniem obornika oraz bez obornika, z poletkiem kontrolnym (bez dodatku azotu). Zawartość selenu ogółem w glebach i materiale roślinnym oznaczono metodą Watkinsona. Zastosowanie nawożenia obornikiem spowodowało prawie 2-krotny wzrost zawartości selenu ogółem w badanej glebie płowej w porównaniu z jego zawartością w glebie poletek kontrolnych. Na zawartość selenu ogółem w glebie oraz w bulwach ziemniaka w sposób istotny wpływały zarówno nawożenie organiczne jak i stosowane dawki azotu. Udział zawartości Se_{DTPA} w zawartości selenu ogółem w badanej glebie płowej wynosił od 6,1-12,8%. Najwyższą zawartość selenu oznaczono w bulwach zebranych z poletek kontrolnych. Zaobserwowano obniżenie się zawartości selenu w bulwach ziemniaka wraz ze wzrostem zastosowanej dawki azotu.

Słowa kluczowe: selen, nawożenie organiczne, azot, bulwy ziemniaka, gleba.

WSTĘP

Zawartość selenu w glebach i roślinach niektórych regionów jest przedmiotem badań zarówno ze względu na niedobory, jak i toksyczność tego pierwiastka dla ludzi i zwierząt. W metabolizmie człowieka i zwierząt selen, wchodzący w skład peroksydazy glutationowej, ma zdolność redukcji nadtlenu wodoru

i nadtlenków organicznych, w ten sposób chroni komórkę przed ich szkodliwym działaniem. Głównym źródłem selenu w paszy dla zwierząt i pożywieniu człowieka jest system gleba-roślina [6]. Zawartość selenu w glebach w dużej mierze zależy od rodzaju skały macierzystej, intensywności procesów wymywania oraz od procesów sorbowania przez tlenki żelaza i minerały ilaste gleby. Na ogół zawartość selenu w roślinach odzwierciedla poziom tego pierwiastka w glebach, jednakże wpływ zróżnicowanych czynników glebowych i klimatycznych może zacięrać te prawidłowości [6]. Dlatego też celem pracy było określenie wpływu zróżnicowanych dawek azotu oraz nawożenia obornikiem na zawartość selenu w glebie i bulwach ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Próbki glebowe i roślinne pobrano z wieloletniego statycznego doświadczenia polowego założonego na glebie płowej typowej, w czterech powtórzeniach, metodą losowanych podbloków w układzie zależnym. W schemacie doświadczenia uwzględniono nawożenie azotem w dawkach 60, 120 i 180 kg·ha⁻¹ w wariacie z zastosowaniem obornika oraz bez obornika, z poletkiem kontrolnym (bez dodatku azotu). Zawartość selenu ogółem w glebach i materiale roślinnym oznaczono metodą Watkinsona [12] przy użyciu spektrofotometry F-2000 firmy Hitachi. Próbki roślinne i glebowe mineralizowano w mieszaninie stężonego kwasu azotowego i wody utlenionej przy użyciu mikrofal. W tych warunkach selen organiczny przechodził w postać selenianu, który zredukowano do seleninu przez dodanie HCl. Selenin w reakcji z 2,3-diaminonaftalenem tworzył kompleksowy związek 4,5-benzopiazoselenol, który po wyekstrahowaniu do cykloheksanu oznaczono fluorymetrycznie. Formy selenu przyswajalne dla roślin wyekstrahowano roztworem DTPA (kwasem dietylenotriamino-pentaoctowym) zgodnie z procedurą Lindsay'a i Norvella [8], a następnie oznaczono fluorymetrycznie. Dla oznaczenia podstawowych właściwości gleby zastosowano metody rutynowe. Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badaną glebę płową typową można zaliczyć do gatunku piasku gliniastego mocnego na glinie lekkiej (średnia zawartość części spławialnych wynosiła 18%). Charakteryzowała się ona odczynem kwaśnym - pH w zakresie 4,1-4,9 (Tab. 1). Po zastosowaniu najwyższej dawki N zarówno w glebie obiektów z nawożeniem obornikiem jak i bez obornika nastąpiło wyraźne obniżenie średniej wartości odczynu

gleby o około 0,5 jednostki pH, w porównaniu z glebą poletek kontrolnych. Analiza statystyczna wykazała, że zarówno nawożenie obornikiem jak i stosowane dawki N istotnie wpływały na odczyn badanej gleby.

Tabela 1. Wartości pH oraz zawartość węgla organicznego i azotu ogółem w badanej glebie
Table 1. pH values, organic carbon and total nitrogen content in investigated soil

Wariant nawożeniowy (I czynnik)	Dawka N [kg·ha ⁻¹] (II czynnik)	pH w KCl	C _{org} [g·kg ⁻¹]	N _{og} [g·kg ⁻¹]
z obornikiem	0	4,9	12,12	0,871
	60	4,8	9,6	0,894
	120	4,6	10,08	0,848
	180	4,3	9,21	0,865
bez obornika	0	4,6	7,41	0,701
	60	4,7	7,92	0,705
	120	4,3	7,68	0,777
	180	4,1	8,19	0,798
NIR, p=0,05	I	0,100*	0,341*	0,027*
	II	0,142*	0,483*	n.i.
	interakcja I*II	n.i.	0,682*	0,054*
	interakcja II*I	n.i.	n.i.	n.i.

n.i.- różnica nie istotna

Jak wynika z Tabeli 1, zawartość C_{org} w próbkach gleby bez dodatku obornika występowała w zakresie 7,41-8,19 g·kg⁻¹, natomiast z nawożeniem organicznym była prawie 2-krotnie wyższa (9,21-12,12 g·kg⁻¹). Znajduje to potwierdzenie we wcześniejszych pracach [5], gdzie również zaobserwowano wzrost zawartości C_{org} pod wpływem długotrwałego nawożenia mineralnego i mineralno-organicznego. Jak podaje Łabętowicz i in. [9], zawartość C_{org} w glebach lekkich, badanych przez tych autorów, zależała w dużym stopniu od nawożenia obornikiem, a w glebie z obiektów nawożonych obornikiem przez 30 lat zawartość tego pierwiastka wzrosła o 30%. Obliczenia statystyczne wykazały, że na zawartość C_{org} w badanej glebie płowej istotnie statystycznie wpływało zarówno nawożenie obornikiem jak i zastosowane dawki N (Tab.1).

W przeprowadzonych badaniach, zmiany zawartości azotu ogółem kształtowały się podobnie jak zmiany C_{org} (Tab. 1). W glebie z wariantu bez dodatku obornika zaobserwowano wzrost zawartości N ogółem i wynosił on średnio dla najwyższej dawki azotu $0,097 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, co stanowiło ok. 14% w porównaniu z glebą poletek kontrolnych, gdzie zawartość tego pierwiastka wynosiła średnio $0,701 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Podobnie w doświadczeniu przeprowadzonym przez Myśkowa [11], wieloletnie nawożenie obornikiem zwiększyło zawartość azotu w glebie w porównaniu z glebą nawożoną tylko nawozami mineralnymi lub nie nawożoną.

Jak wynika z Tabeli 2, zawartość selenu ogółem w badanej glebie płowej w wariacie z nawożeniem organicznym występowała w zakresie $0,076\text{-}0,141 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Tabela 2. Zawartość selenu ogółem i ekstrahowanego DTPA w badanej glebie oraz selenu ogółem w bulwach ziemniaka

Table 2. Total and DTPA extractable selenium content in investigated soil and total selenium content in potato tubers

Wariant nawożeniowy (I czynnik)	Dawka N [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$] (II czynnik)	Zawartość selenu		
		ogółem w glebie [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]	ekstrahowanego DTPA w glebie [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	w bulwach ziemniaka [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.]
z obornikiem	0	0,076	4,3	0,135
	60	0,103	3,8	0,123
	120	0,130	3,4	0,092
	180	0,141	3,5	0,057
bez obornika	0	0,062	4,2	0,090
	60	0,087	3,6	0,056
	120	0,106	3,4	0,059
	180	0,072	3,5	0,068
NIR, $p=0,05$	I	0,011*	n.i.	0,016*
	II	0,016*	0,305*	0,022*
	interakcja I*II	0,023*	n.i.	0,032*
	interakcja II*I	n.i.	n.i.	n.i.

n.i.- różnica nie istotna

Zastosowanie nawożenia organicznego spowodowało prawie 2-krotny wzrost zawartości selenu ogółem w porównaniu z glebą poletek kontrolnych. W próbkach z poletek nawożonych tylko nawozami mineralnymi zawartość selenu ogółem również wzrastała wraz ze wzrostem dawki N, jednakże w próbkach gleby nawożonych najwyższą dawką N zaobserwowano obniżenie się zawartości selenu ogółem. Analiza statystyczna wykazała, że zarówno nawożenie organiczne jak i stosowane dawki azotu w sposób istotny wpływały na zawartość selenu ogółem w glebie (Tab. 2). Stwierdzono również wysoko istotną dodatnią korelację pomiędzy zawartością selenu ogółem a zawartością azotu ogółem w badanej glebie (Tab. 3).

Tabela 3. Wartości współczynników korelacji pomiędzy badanymi parametrami

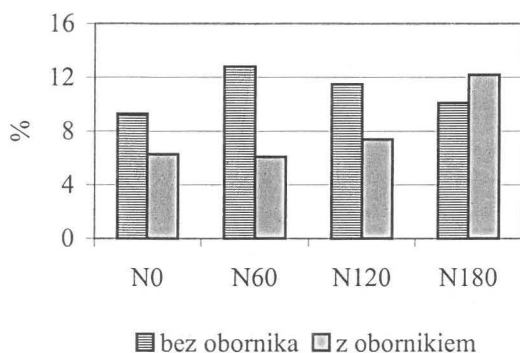
Table 3. Correlation coefficients between investigated parameters

	Se _{og}	Se-DTPA	Se bulwy	pH _{KCl}	C _{org}
N _{og}	0,44*	0,20	0,44*	0,31	0,28
C _{org}	0,35	0,18	0,59*	0,28	
pH _{KCl}	0,27	0,46*	0,16		
Se bulwy	0,23	0,36*			
Se-DTPA	-0,42*				

Według Kabaty-Pendias i Pendiasa [6] średnia zawartość selenu w przypowierzchniowych poziomach gleb uprawnych świata wynosi $0,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Jak podają Wu i Låg [13], w glebach uprawnych Norwegii selen ogółem występował w zakresie $0,043\text{-}2,73 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, natomiast gleby Nowej Zelandii badane przez Watkinsona [7] charakteryzowały się zawartością tego pierwiastka w przedziale $0,1\text{-}0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, chociaż stwierdzono tam również zawartości $4,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, pomimo, że nie pochodziły one z terenów selenonośnych. Dla gleb Polski zawartości selenu są znacznie niższe i wynoszą średnio $0,27 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, co wskazuje na silne rozproszenie tego pierwiastka w glebach naszego kraju [6]. Według Cieśli i in.[3], w regionie Kujaw i Pomorza zawartość selenu ogółem w poziomach orno-próchnicznych gleb wynosiła przeciętnie $0,118 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Była więc ona stosunkowo niska, przy czym do gleb szczególnie ubogich w ten pierwiastek należały gleby wykształcone z piasków, a najwyższe zawartości występowały na obszarze Kujaw ($0,127 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). W badaniach [1,2] dotyczących wpływu długotrwałego nawożenia zróżnicowanymi dawkami obornika, gnojowicy bydłowej i gnojowicy trzody chlewnej na zawartość selenu w glebie również zaobserwowano wzrost zawartości selenu ogółem wraz ze wzrostem dawki stosowanego

nawozu organicznego. Według Maćkowiaka [10], średnia zawartość selenu ogółem w oborniku i gnojowicy wynosiła odpowiednio 2,4 i 0,25 mg·kg⁻¹s.m., można zatem przypuszczać, że wzrost zawartości selenu ogółem w glebie płowej spowodowany był zwiększoną zawartością selenu w nawozach organicznych.

Dla określenia potencjalnej fitoprzyzwajalności selenu oznaczono jego formy ekstrahowane DTPA (Tab.2). Se_{DTPA} w glebie płowej występował w zakresie 3,4-4,3 μg·kg⁻¹ i jego zawartość zależała od zastosowanej dawki azotu. Najwyższą zawartość tej formy selenu stwierdzono w glebach poletek kontrolnych, zarówno w wariancie z zastosowaniem obornika jak i bez dodatku obornika. Stwierdzono istotną korelację pomiędzy zawartością Se_{DTPA} w glebie i pH w KCl oraz pomiędzy zawartością Se_{DTPA} i zawartością selenu ogółem w glebie (Tab. 3). W porównaniu z wcześniejszymi badaniami [1,2] należy zauważyć, że udział zawartości Se_{DTPA} w zawartości selenu ogółem w badanej glebie płowej był wyższy i wynosił od 6,1-12,8% (Rys.1), szczególnie w próbkach gleby nawożonej tylko nawozami mineralnymi.



Rys.1. Procentowy udział Se_{DTPA} w zawartości selenu ogółem w glebie płowej nawożonej obornikiem i zróżnicowanymi dawkami azotu

Fig.1. Percentage contribution of Se_{DTPA} in the total selenium content in lessive soil under FYM at different doses of nitrogen

Zawartość selenu w bulwach ziemniaka była na ogół wyższa z poletek nawożonych obornikiem (0,057-0,135 mg·kg⁻¹s.m.), w porównaniu do bulw zebranych z poletek nawożonych tylko nawozami mineralnymi, gdzie występowała ona w zakresie 0,056-0,090 mg·kg⁻¹s.m. Najwyższą zawartość selenu oznaczono w bulwach zebranych z poletek kontrolnych. Zaobserwowano obniżenie się zawartości selenu w bulwach ziemniaka wraz ze wzrostem dawki azotu (Tab. 2). Analiza statystyczna wykazała, że zarówno nawożenie obornikiem jak i stosowane dawki azotu w sposób istotny wpływały na zawartość selenu ogółem w bulwach ziemniaka (Tab. 2). Stwierdzono istotne statystycznie korelacje między zawartością selenu w bulwach ziemniaka a zawartością selenu ekstrahowanego DTPA w glebie

oraz między zawartością selenu w bulwach a zawartością węgla organicznego i zawartością azotu ogółem w glebie (Tab. 3). Gissel-Nielsen i in. [4] badali wpływ azotu, fosforu i siarki na pobieranie selenu z gleby. Zaobserwowano kompleksowe reakcje pomiędzy tymi trzema anionami dodanymi w nawozach a pobieraniem selenu przez rośliny. Według tych autorów dodatek azotu i siarki obniżał do pewnego stopnia zawartość selenu w glebie. Przy wysokim poziomie nawożenia azotem i siarką dodatek nawozów fosforowych również spowodował obniżenie się zawartości selenu w glebie, natomiast przy niskim poziomie nawożenia azotem i wysokim poziomie nawożenia siarką zaobserwowano wzrost zawartości selenu w glebie. Takie współzależności wskazują na skomplikowane interakcje zachodzące w środowisku korzeni roślin, a powstawanie kompleksowych anionów jak również związków organicznych i chelatów modyfikują właściwości selenu w każdych specyficznych warunkach. Dlatego też, rozmieszczenie selenu w glebie, a także jego przyswajalność przez rośliny są wartościami wypadkowymi wielu funkcji, trudnymi do przewidywania.

WNIOSKI

1. Zastosowanie nawożenia obornikiem spowodowało prawie 2-krotny wzrost zawartości selenu ogółem w badanej glebie płowej w porównaniu z jego zawartością w glebie poletek kontrolnych.
2. Na zawartość selenu ogółem w glebie w sposób istotny wpływały zarówno nawożenie organiczne jak i stosowane dawki azotu.
3. Udział zawartości Se_{DTPA} w zawartości selenu ogółem w badanej glebie płowej był stosunkowo wysoki i wynosił od 6,1 do 12,8%, przy czym najwyższy procentowy udział Se_{DTPA} w zawartości selenu ogółem stwierdzono w próbkach gleby nawożonej tylko nawozami mineralnymi.
4. Najwyższą zawartość selenu oznaczono w bulwach zebranych z poletek kontrolnych. Zaobserwowano obniżenie się zawartości selenu w bulwach ziemniaka wraz ze wzrostem zastosowanej dawki azotu. Stwierdzono istotne statystycznie korelacje między zawartością selenu w bulwach ziemniaka a: zawartością Se_{DTPA} w glebie (0,36*), zawartością węgla organicznego (0,59*) i zawartością azotu ogółem (0,44*) w glebie.

PIŚMIENNICTWO

1. **Borowska K., Koper J.:** The effect of long-term organic fertilisation on the selenium content in leessivè soil. *Polish J. Soil Sci.* XXXIII/2, 21-27, 2000.
2. **Borowska K., Koper J.:** Changes in selenium content in soil affected by long-term slurry fertilisation. *Humic Substances in Ecosystems*, 4, 15-19, 2001.
3. **Cieśla W., Dąbkowska-Naskręt H., Borowska K., Malczyk P., Długosz J., Jaworska H., Kędzia W., Zalewski W.:** Pierwiastki śladowe w glebach wybranych obszarów Kujaw i Pomorza. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 414, 63-70, 1994.
4. **Gissel-Nielsen G., Gupta U.C., Lamand M., Westermarck T.:** Selenium in soils and plants and its importance in livestock and human nutrition. In: *Advances in Agronomy*, Acad. Press, 37, 397-460, 1984.
5. **Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E., Murawska B.:** Evaluation of labile carbon (C_L) content in soil on the basis of soil organic matter susceptibility to oxidation with $K_2Cr_2O_7$ and changing values of carbon management index. *Humic Substances in Ecosystems*, 4, 45-49, 2001.
6. **Kabata-Pendias A., Pendias H.:** *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. PWN, Warszawa, 1999.
7. **Lakin H.W., Davison D.F.:** The relation of geochemistry of selenium to its occurrence in soils. *Selenium in Biomedicine*, Westport Comm., 27-56, 1967.
8. **Lindsay W.L., Norvell W.A.:** Development of DTPA soil test for zinc, manganese, cooper. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 42, 421-428, 1978.
9. **Łabętowicz J., Korc M., Szulc W.:** Zmiany odporności gleb lekkich na zakwaszenie w zróżnicowanych warunkach nawozowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 456, 159-164, 1996.
10. **Maćkowiak Cz.:** *Zasady stosowania gnojowicy. Cz.IV. W: Zalecenia nawozowe*. IUNG, Puławy, 1994.
11. **Myśków W.:** *Rolnicze znaczenie próchnicy oraz sposoby regulowania jej ilości w glebie*. IUNG, Puławy, 1984.
12. **Watkinson J.H.:** Fluorometric determination of selenium in biological material with 2,3-diaminonaphtalene. *Anal.Chem.* 38, 92-97, 1966.
13. **Wu L., Låg J.:** Selenium in Norwegian farmland soils. *Acta Agric. Scan.*, 38, 271-276, 1988.

THE EFFECT OF ORGANIC FERTILISATION AND DIFFERENT
NITROGEN RATES ON THE SELENIUM CONTENT
IN POTATO TUBERS AND SOIL
ON THE BACKGROUND OF ITS SOME PROPERTIES

K. Borowska¹, J. Janowiak²

¹Department of Biochemistry, University of Technology and Agriculture

²Department of Agricultural Chemistry, University of Technology and Agriculture

ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz

e-mail: bioch@atr.bydgoszcz.pl

Summary. The aim of the study was to determine the effect of FYM fertilisation and different doses of nitrogen on the selenium content in soil and potato tubers. Plant and soil samples were collected from long-term static experiment, which was design as the system of randomised sub-blocks in four replications. The soil under study was fertilised with nitrogen at the rates of 60, 120 and 180 kg·ha⁻¹ in variant with FYM or without FYM fertilisation. The selenium content in soil and plants was determined fluorometrically with 2,3-diaminonaphtalene after microwave digestion. Total selenium content in soil sampled from control plots ranged 0.040-0.085 mg·kg⁻¹. The application of FYM had an influence observed as an increase of total selenium content in soil under study. Statistical analysis confirmed that FYM fertilisation and nitrogen rates significantly affected total selenium content in soil and potato tubers. We found that percentage contribution of DTPA-extractable selenium in total selenium content was between 6,1-12,8%. Total selenium content in potato tubers was generally highest in samples collected from plots with FYM fertilisation in comparison with the soil from variant without organic fertilisation.

Key words: selenium, organic fertilisation, nitrogen, potato tubers, soil.