

Stanisław Kalembasa\*, Beata Kuziemska\*

**WPŁYW ZANIECZYSZCZENIA GLEBY NIKLEM NA TLE NAWOŻENIA  
ORGANICZNEGO NA AKTYWNOŚĆ DEHYDROGENAZ**

**INFLUENCE OF SOIL POLLUTION BY NICKEL ON BACKGROUND  
OF ORGANIC THE FERTILIZATION ON DEHYDROGENASES ACTIVITY**

**Słowa kluczowe:** gleba, wapnowanie, osad ściekowy, nikiel, dehydrogenazy, aktywność enzymatyczna.

**Key words:** soil, liming, sewage sludge, nickel, dehydrogenases, enzymatic activity.

*The present study aimed at evaluating the influence of soil contamination with nickel, on a background of varied liming and organic fertilization, on activities of soil dehydrogenases after cocksfoot cultivation. Study included soil after two-year pot experiment carried out in objects of University of Podlasie in Siedlce, in completely randomized pattern, in three replications. The experiments involved the following factors: I – liming (without liming and liming according to 1 Hhof soil in a form of  $\text{CaCO}_3$ ); II – organic fertilization (without fertilization and sewage sludge from purification plant in Siedlce in a form of dose introducing  $2 \text{ g C} \cdot \text{kg}^{-1}$  soil); III – varied soil contamination with nickel (without nickel, 50, and  $100 \text{ mg Ni} \cdot \text{kg}^{-1}$  soil in a form of  $\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ ). The soil for the study was taken from 0–20 cm ploughing layer of lessive soil with granulometric composition of strong loamy sand. Cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) was the tested plant, whose four cuts were harvested during its vegetation period. Soil collected after each tested plant harvest was subjected to analyses. Liming caused increase the activity of dehydrogenase in all years of experiment. The nickel applied in the dose of  $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  on the background of waste activated sludge caused the increases in the activity of dehydrogenases in the second and third years of experiment.*

---

\* Prof. dr hab. Stanisław Kalembasa i dr Beata Kuziemska – Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Akademia Podlaska, ul. Prusa 14, 08-100 Siedlce; tel.: 25 643 12 91; e-mail: kalembasa@ap.siedlce.pl

## 1. WPROWADZENIE

Poziom aktywności enzymatycznej gleb stanowi czuły wskaźnik oceny ich żyzności i urodzajności oraz informuje o zmianach ekologicznych środowiska glebowego [Bielińska i in. 2000]. Dehydrogenazy stanowią liczną grupę oksydoreduktaz zlokalizowanych w cytoplazmie lub specyficznych strukturach, utworzonych z błon cytoplazmatycznych. Katalizują one utlenianie związków organicznych przez odłączenie od nich elektronów i protonów. Aktywność dehydrogenaz w glebie jest związana z czynnością wielu enzymów lub systemów enzymatycznych powszechnie występujących w drobnoustrojach glebowych [Brzezińska i Włodarczyk 2005, Ross 1971]. Szczególne znaczenie dehydrogenaz w funkcjonowaniu mikroorganizmów glebowych sprawia, że wskaźnik ten jest powszechnie stosowany w określaniu aktywności biologicznej gleby. W wielu badaniach [Kasiak i in. 1968, Wyszowska i Wyszowski 2004 a, b] obserwowano ścisłą zależność pomiędzy aktywnością dehydrogenaz a zawartością materii organicznej, odczynem i zawartością metali ciężkich.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu zanieczyszczenia gleby niklem na tło zróżnicowanego wapnowania i nawożenia organicznego na aktywność dehydrogenaz w glebie po uprawie kupkówki pospolitej.

## 2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badaniami objęto glebę po trzyletnim doświadczeniu wazonowym, które przeprowadzono w obiektach Akademii Podlaskiej w Siedlcach, w układzie całkowicie losowym, w trzech powtórzeniach. W doświadczeniu uwzględniono następujące czynniki:

- I – wapnowanie (bez wapnowania i wapnowanie w dawce wyliczonej według 1 Hh gleby w formie  $\text{CaCO}_3$ );
- II – nawożenie organiczne (bez nawożenia organicznego i osad ściekowy pochodzący z oczyszczalni ścieków w Siedlcach, w dawce wprowadzającej do gleby 2 g C·kg<sup>-1</sup> gleby);
- III – zróżnicowane zanieczyszczenie gleby niklem (Ni; bez stosowania Ni, 50 i 100 mg Ni·kg<sup>-1</sup> gleby przez stosowanie roztworu wodnego  $\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ).

Utwór glebowy użyty w doświadczeniu był pobierany w warstwy ornej 0–20 cm gleby płowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego. Rośliną testową była kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.), trawa, której w każdym sezonie wegetacyjnym zebrano po cztery pokosy. Analizie poddano glebę po każdym pokosie rośliny testowej, we wszystkich latach prowadzenia badań. Przed założeniem doświadczenia oznaczono pH w 1M KCL, które miało wartość 5,6 oraz zawartość wybranych makroelementów w g·kg<sup>-1</sup> gleby:  $\text{N}_{\text{ogółem}}$  – 0,98,  $\text{C}_{\text{org}}$  – 7,9. Zawartość fosforu (P) i potasu (K) przyswajalnego wynosiły odpowiednio: 69 oraz 75 mg·kg<sup>-1</sup> gleby. W utworze glebowym oznaczono również całkowitą zawartość Ni, która wynosiła 5,67 mg·kg<sup>-1</sup> gleby [Kalembasa i Kuziemska 2008].

Zastosowany w doświadczeniu osad ściekowy pochodzący z oczyszczalni ścieków w Siedlcach charakteryzował następujący skład chemiczny:

- sucha masa – 18%,
- zawartość makroelementów ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej masy): C – 371; N – 60,5; P – 31,2; K – 4,28; Ca – 39,6; Mg – 8,42

oraz

- zawartość niklu – 20,56  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  suchej masy [Kuziemska i Kalembasa 2008].

W celu poprawności uzyskanych wyników wazono o pojemności 15  $\text{dm}^3$  zawierające 10 kg gleby umieszczono w dodatkowych pojemnikach, ochraniających wazono przed wysoką temperaturą i wyciekami z wazonów roztworu. Wazono pozostawiono na powietrzu i utrzymywano w nich wilgotność na poziomie 60% pełnej pojemności wodnej. Aktywność dehydrogenaz w analizowanej glebie oznaczono metodą z wykorzystaniem TTC [Casida i in. 1964]. Metoda polega na inkubacji gleby z bezbarwnym, rozpuszczalnym w wodzie substratem, TTC (2,3,5-trifenyloctetrazoliowy chlorek), który jest redukowany enzymatycznie do barwnego, nierozpuszczalnego w wodzie trifenyloformazanu (TPF). Zastępując tlen oraz inne naturalnie występujące akceptory, TTC przejmuje elektrony i protony, odłączone przez dehydrogenazy od utlenianych związków organicznych. Po inkubacji formazan jest ekstrahowany z gleby alkoholem i oznaczany kolorymetrycznie. Zgodnie z założeniem metody, reakcja jest przeprowadzona w warunkach zbliżonych do naturalnych, dlatego odczyn gleby jest regulowany węglanem wapnia, a nie buforem. Miarą aktywności dehydrogenaz w glebie jest ilość wytworzonego formazanu przez jednostkę masy gleby w jednostce czasu [Brzezińska i Włodarczyk 2005].

### 3. WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Uprawa, nawożenie oraz zanieczyszczenie gleby metalami ciężkimi, w tym i niklem modyfikują jej właściwości fizykochemiczne a także zmieniają aktywność enzymatyczną [Kalembasa i Kuziemska 2008, Smejkalova i in. 2003].

W glebie analizowanej po pierwszym roku doświadczenia wazonowego średnia aktywność dehydrogenaz wahała się w granicach od 0,89 do 1,26  $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  (tab.1) i była największa w glebie pobranej po drugim pokosie kupkówki pospolitej – 1,19  $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , a średnio o 20% mniejsza w glebie pobranej po pokosie trzecim. Wapnowanie modyfikowało omawianą cechę tylko w glebie pobranej w trzecim terminie, powodując istotny wzrost aktywności badanych enzymów.

Wpływ odczynu gleby na aktywność dehydrogenaz stwierdzili też w swoich badaniach Wyszowska i in. [2006]. Według cytowanych autorów, przy zmianie odczynu pH z 7,1 do 6,4 aktywność zmniejszała się ponad trzykrotnie. Nie stwierdzono istotnego wpływ nawożenia organicznego oraz zróżnicowanej zawartości niklu w glebie na omawianą cechę.

W warunkach prowadzonych badań własnych średnia aktywność dehydrogenaz w glebie pobranej po drugim roku doświadczenia mieściła się w przedziale wartości od 1,12 do 1,38  $\mu\text{mol}$

TPF·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> (tab.2). Największa aktywność charakteryzowała glebę pobraną w trzecim terminie – 1,28 μmol TPF·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, a najmniejsza pobraną w terminie pierwszym – 1,17 μmol TPF·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>. Niezależnie od terminu poboru prób do analizy nie stwierdzono istotnego wpływu wapnowania na omawiana cechę, natomiast wpływ nawożenia organicznego uwidocznił się tylko w glebie pobranej po czwartym pokosie, powodując istotny wzrost aktywności dehydrogenaz. Zanieczyszczenie gleby niklem istotnie modyfikowało omawianą cechę w glebie pobranej w terminie trzecim i czwartym. Wprowadzenie do gleby 50 mg Ni·kg<sup>-1</sup> gleby powodowało istotny wzrost aktywności dehydrogenaz, a zastosowanie dawki większej – 100 mg Ni·kg<sup>-1</sup> gleby – istotne jej zmniejszenie w stosunku do obiektów kontrolnych. Uzyskane wyniki są zgodne z rezultatami innych autorów [Wyszkowska i in. 2006], którzy stwierdzili, że metale ciężkie w małych ilościach w glebie mają korzystny wpływ na jej aktywność enzymatyczną, w tym również aktywność dehydrogenaz. Jednakże, gdy ich zawartość przekroczy pewne wartości progowe następuje stopniowe zahamowanie działania mikroorganizmów i osłabienie aktywności enzymatycznej.

W trzecim roku prowadzenia badań aktywność dehydrogenaz w analizowanej glebie wahała się w granicach od 1,22 do 2,12 μmol TPF·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> i była największa w glebie pobranej po pierwszym pokosie kupkówki pospolitej – 1,71 μmol TPF·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, a o 20,3% najmniejsza w glebie pobranej po pokosie czwartym (tab. 3). Zastosowane wapnowanie istotnie modyfikowało omawianą cechę w glebie pobranej w pierwszym i ostatnim terminie, powodując istotne zwiększenie aktywności analizowanego enzymu. Niezależnie od terminu poboru prób do badań zastosowanie osadu ściekowego powodowało zwiększenie aktywności dehydrogenaz, przy czym istotność różnic wykazano dla gleby pobranej w trzech pierwszych terminach.

Stymulujący wpływ nawożenia organicznego na omawiana cechę stwierdzili w swoich badaniach Koper i in. [2004]. Podobnie jak w drugim roku doświadczenia wprowadzenie do gleby niklu w dawce 50 mg Ni·kg<sup>-1</sup> gleby powodowało istotny wzrost, a w dawce 100 mg Ni·kg<sup>-1</sup> gleby istotne zmniejszenie aktywności dehydrogenaz. Zależność tą stwierdzono w glebie pobranej we wszystkich rozpatrywanych terminach.

Podsumowując należy stwierdzić, że aktywność dehydrogenaz w badanej glebie modyfikowały nie tylko czynniki doświadczenia, tj. wapnowanie, nawożenie organiczne i zróżnicowana zawartość niklu w glebie, ale również terminy poboru próbek do badań. Rozpatrując trzyletni okres prowadzenia doświadczenia, stwierdzono najmniejszą średnią aktywność w glebie pobieranej w pierwszym roku doświadczenia – 1,10 μmol TPF·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, a największą w pobieranej w roku ostatnim – 1,58 μmol TPF·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, co można wiązać z tempem przemian nawozów wapniowych, osadu ściekowego, a także związków niklu.

Średnio we wszystkich latach prowadzenia doświadczenia aktywność dehydrogenaz w glebach wapnowanych była większa niż w glebach niewapnowanych. Zastosowanie osadu ściekowego pochodzącego z oczyszczalni ścieków w Siedlcach powodowało istotne zwiększenie aktywności omawianego enzymu w drugim i trzecim roku prowadzenia doświadczenia. Również w drugim i trzecim roku badań wprowadzenie do gleby mniejszej dawki niklu powodowało istotne zwiększenie aktywności dehydrogenaz, a dawki większej zmniejszenie tej aktywności.

**Tabela 1.** Aktywność dehydrogenaz w glebie [ $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ] – I rok doświadczenia  
**Table 1.** Dehydrogenase activity in soil [ $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ] – I year of experiment

Dawki niklu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby)	Pokosy	Wapnowanie										Średnia			Średnia ogółem
		0					Ca wg 1 Hh					bez nawożenia organicznego	osad z Siedlec		
		bez nawożenia organicznego	osad z Siedlec	średnia	bez nawożenia organicznego	osad z Siedlec	średnia	bez nawożenia organicznego	osad z Siedlec	średnia					
0	I	1,26	1,08	1,17	1,22	1,11	1,22	0,99	1,22	0,99	1,11	1,24	1,04	1,14	
	II	1,00	1,07	1,04	1,19	1,26	1,33	1,30	1,19	1,33	1,26	1,10	1,20	1,15	
	III	0,69	0,68	0,69	1,29	1,30	0,69	1,30	0,99	1,29	1,30	0,99	0,99	0,99	
	IV	1,02	0,86	0,94	1,24	1,25	1,26	1,26	1,24	1,26	1,25	1,13	1,06	1,10	
Średnia		0,99	0,92	0,96	1,23	1,23	1,22	1,23	1,23	1,23	1,11	1,07	1,09		
50	I	1,27	1,16	1,22	1,33	1,09	0,85	1,33	0,85	1,09	1,30	1,00	1,00	1,15	
	II	1,03	1,32	1,18	1,11	1,16	1,20	1,20	1,11	1,16	1,07	1,26	1,26	1,16	
	III	1,17	0,69	0,93	0,88	0,86	0,83	0,83	0,88	0,86	1,02	0,76	0,76	0,89	
	IV	1,24	1,29	1,27	1,20	1,25	1,30	1,30	1,20	1,25	1,22	1,30	1,30	1,26	
Średnia		1,18	1,11	1,15	1,13	1,09	1,04	1,13	1,04	1,09	1,08	1,08	1,12		
100	I	1,05	1,27	1,16	1,09	1,01	0,92	1,09	0,92	1,01	1,07	1,09	1,09	1,08	
	II	1,34	1,36	1,35	1,05	1,15	1,25	1,05	1,25	1,15	1,20	1,20	1,30	1,25	
	III	0,68	0,97	0,82	1,02	1,10	1,17	1,02	1,17	1,10	0,85	1,07	1,07	0,96	
	IV	1,05	1,07	1,06	1,12	1,16	1,20	1,12	1,20	1,16	1,08	1,14	1,14	1,11	
Średnia		1,03	1,17	1,10	1,07	1,10	1,13	1,07	1,13	1,10	1,05	1,15	1,10		
Średnia w doświadczeniu	I	1,19	1,17	1,18	1,21	1,07	0,92	1,21	0,92	1,07	1,20	1,04	1,04	1,12	
	II	1,12	1,25	1,19	1,12	1,19	1,26	1,12	1,12	1,19	1,12	1,25	1,25	1,19	
	III	0,85	0,78	0,82	1,06	1,09	1,10	1,06	1,10	1,09	0,95	0,95	0,95	0,95	
	IV	1,10	1,07	1,09	1,19	1,22	1,25	1,19	1,25	1,22	1,14	1,16	1,16	1,15	
Średnia		1,07	1,07	1,07	1,14	1,13	1,13	1,14	1,13	1,13	1,10	1,10	1,10		

NIR<sub>0,05</sub> dla:

- wapnowania I pokos n.i.
- nawożenia organicznego II pokos n.i.
- dawek niklu III pokos n.i.

**Objaśnienie:** n.i. – nieistotne.

**Tabela 2.** Aktywność dehydrogenaz w glebie [ $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ] – II rok doświadczenia  
**Table 2.** Dehydrogenase activity in soil [ $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ] – II year of experiment

Dawkę niklu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby)	Pokosy	Wapnowanie												Średnia ogółem
		0				Ca wg 1 Hh				Średnia				
		bez nawożenia organicznego	osad z Siedlec	średnia	bez nawożenia organicznego	osad z Siedlec	średnia	bez nawożenia organicznego	osad z Siedlec	średnia	bez nawożenia organicznego	osad z Siedlec	średnia	
0	I	1,19	1,32	1,25	1,23	1,05	1,14	1,21	1,17	1,17	1,21	1,19	1,19	1,20
	II	1,20	1,06	1,13	1,18	1,29	1,23	1,20	1,27	1,23	1,23	1,19	1,17	1,18
	III	1,15	1,25	1,20	1,40	1,31	1,35	1,33	1,45	1,39	1,30	1,28	1,45	1,28
	IV	1,06	1,20	1,13	1,16	1,27	1,21	1,26	1,40	1,33	1,24	1,11	1,38	1,17
Średnia		1,15	1,21	1,18	1,24	1,23	1,23	1,24	1,23	1,23	1,20	1,22	1,22	1,21
50	I	1,13	1,21	1,17	1,21	1,14	1,17	1,21	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
	II	1,26	1,27	1,26	1,20	1,27	1,23	1,20	1,27	1,23	1,23	1,23	1,27	1,25
	III	1,27	1,45	1,36	1,33	1,45	1,39	1,33	1,45	1,39	1,30	1,30	1,45	1,38
	IV	1,22	1,36	1,29	1,26	1,40	1,33	1,26	1,40	1,33	1,24	1,24	1,38	1,31
Średnia		1,22	1,26	1,26	1,25	1,31	1,28	1,25	1,31	1,28	1,24	1,32	1,32	1,28
100	I	1,10	1,13	1,11	1,14	1,18	1,16	1,14	1,18	1,16	1,12	1,12	1,16	1,14
	II	1,10	1,15	1,12	1,10	1,15	1,12	1,10	1,15	1,12	1,10	1,10	1,15	1,12
	III	1,09	1,22	1,15	1,15	1,27	1,21	1,15	1,27	1,21	1,12	1,12	1,25	1,18
	IV	1,03	1,11	1,07	1,09	1,25	1,17	1,09	1,25	1,17	1,06	1,06	1,18	1,12
Średnia		1,08	1,15	1,11	1,12	1,21	1,10	1,12	1,21	1,16	1,10	1,18	1,18	1,14
Średnia w doświadczeniu	I	1,14	1,22	1,18	1,19	1,12	1,16	1,19	1,12	1,16	1,17	1,17	1,17	1,17
	II	1,19	1,16	1,17	1,16	1,24	1,20	1,16	1,24	1,20	1,17	1,17	1,20	1,18
	III	1,17	1,31	1,24	1,29	1,34	1,31	1,29	1,34	1,31	1,23	1,23	1,32	1,28
	IV	1,10	1,22	1,16	1,17	1,31	1,24	1,17	1,31	1,24	1,14	1,14	1,24	1,19
Średnia		1,15	1,19	1,19	1,20	1,25	1,23	1,20	1,25	1,23	1,18	1,22	1,22	1,20

NIR<sub>0,05</sub> dla:

- wapnowania n.i.
- nawożenia organicznego n.i.
- dawek niklu n.i.

**Objaśnienie:** n.i. – nieistotne.

I pokos      II pokos      III pokos      IV pokos

**Tabela 3.** Aktywność dehydrogenaz w glebie [ $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ] – III rok doświadczenia  
**Table 3.** Dehydrogenase activity in soil [ $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ] – III year of experiment

Dawkę niklu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby)	Pokosy	Wapnowanie										Średnia	
		0					Ca wg 1 Hh					Średnia	osad z Siedlec
		bez nawożenia organicznego	osad z Siedlec	średnia	bez nawożenia organicznego	osad z Siedlec	średnia	bez nawożenia organicznego	osad z Siedlec	średnia			
0	I	1,25	1,84	1,54	1,37	2,07	1,72	1,31	1,95	1,63	1,50	1,26	
	II	1,35	1,92	1,63	1,46	1,73	1,59	1,40	1,82	1,61	1,50	1,26	
	III	1,29	1,63	1,46	1,45	1,64	1,54	1,37	1,63	1,50	1,26	1,50	
	IV	1,17	1,28	1,22	1,23	1,39	1,31	1,20	1,33	1,26	1,26	1,26	
Średnia		1,26	1,66	1,46	1,37	1,70	1,54	1,32	1,68	1,50	1,50	1,50	
50	I	1,86	2,06	1,96	1,95	2,30	2,12	1,90	2,18	2,04	2,12	2,04	
	II	1,99	2,21	2,10	2,09	2,20	2,10	2,04	2,20	2,12	2,12	2,12	
	III	1,78	1,90	1,84	1,89	2,06	1,97	1,83	1,98	1,90	1,90	1,90	
	IV	1,58	1,73	1,64	1,67	1,70	1,68	1,65	1,71	1,68	1,68	1,68	
Średnia		1,80	1,97	1,88	1,90	2,06	1,97	1,85	2,01	1,93	1,93	1,93	
100	I	1,29	1,51	1,40	1,38	1,73	1,55	1,33	1,62	1,47	1,47	1,47	
	II	1,28	1,34	1,31	1,33	1,40	1,36	1,30	1,37	1,33	1,33	1,33	
	III	1,11	1,27	1,19	1,28	1,35	1,31	1,19	1,31	1,25	1,25	1,25	
	IV	1,16	1,25	1,20	1,21	1,29	1,25	1,18	1,27	1,22	1,22	1,22	
Średnia		1,21	1,34	1,27	1,30	1,44	1,36	1,25	1,39	1,32	1,32	1,32	
Średnia w doświadczeniu	I	1,46	1,80	1,63	1,56	2,03	1,79	1,51	1,91	1,71	1,71	1,71	
	II	1,54	1,82	1,68	1,62	1,77	1,68	1,58	1,79	1,68	1,68	1,68	
	III	1,39	1,60	1,49	1,54	1,68	1,60	1,46	1,64	1,55	1,55	1,55	
	IV	1,30	1,42	1,35	1,37	1,46	1,41	1,34	1,43	1,38	1,38	1,38	
Średnia		1,42	1,65	1,53	1,52	1,73	1,62	1,47	1,69	1,58	1,58		

NIR<sub>0,05</sub> dla:

- wapnowania n.i.
- nawożenia organicznego 0,067
- dawkę niklu 0,100

I pokos II pokos III pokos IV pokos

0,073

n.i.

0,141

n.i.

0,212

0,109

**Objaśnienie:** n.i. – nieistotne.

#### 4. WNIOSKI

1. Aktywność dehydrogenaz w analizowanej glebie zależała nie tylko od czynników doświadczalnych, ale również od terminu poboru prób do analizy.
2. We wszystkich latach prowadzenia badań wapnowanie powodowało zwiększenie aktywności dehydrogenaz.
3. W drugim i trzecim roku doświadczenia osad ściekowy powodował istotne zwiększenie aktywności omawianych enzymów.
4. Wprowadzenie do gleby 50 mg Ni·kg<sup>-1</sup> spowodowało istotne zwiększenie aktywności dehydrogenazy, a dawki 100 mg Ni·kg<sup>-1</sup> istotne jej zmniejszenie.

#### PIŚMIENNICTWO

- BIELIŃSKA E.J., BARAN S., DOMŻAŁ H. 2000. Zastosowanie wskaźników enzymatycznych do oceny wpływu rocznych zabiegów agrotechnicznych na poprawę właściwości gleby lekkiej. *Fol. Univ. Stetinesis* 211, *Agricultura* 84: 35–40.
- BRZEZIŃSKA M., WŁODARCZYK T. 2005. Enzymy wewnątrz komórkowych przemian redoks (oksydoreduktazy) PAN, *Acta Agrophysica*, Rozprawy i monografie, 2005(3): 11–26.
- CAIDA L.E. JR., KLEIN D.A., SANTORO T. 1964. Soil dehydrogenase activity. *Soil Sci.* 98: 371–37.
- KALEMBASA S., KUZIEMSKA B. 2008. Wpływ zanieczyszczenia gleby niklem na plon i zawartość fosforu w kupkówce pospolitej oraz aktywność enzymatyczną gleby. *Prace naukowe UE we Wrocławiu „Chemia” – związki fosforu w chemii, rolnictwie i ochronie środowiska* Nr 4 (1204): 72–84.
- KASIAK A., KUKIER M., STĘPNIEWSKA Z. 1968. Wpływ cynku i miedzi na aktywność dehydrogenazy i katalazy w glebie lessowej. *Zeszt. Probl. Nauk Rol.* 315: 95–104.
- KOPER J., PIOTROWSKA A., SIWIK-ZIOMEK A. 2004. Zawartość cynku oraz aktywność dehydrogenaz w glebie w warunkach zróżnicowanego nawożenia. *Chemia i inżynieria ekologiczna.* 11(8) : 743–748.
- KUZIEMSKA B., KALEMBASA S. 2008. Wpływ wapnowania, nawożenia organicznego oraz zanieczyszczenia gleby niklem na aktywność ureazy, zawartość węgla i azotu w glebie po kolejnych zbiorach kupkówki pospolitej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 533: 259–267.
- ROSS D.J. 1971. Some factors influencing the estimation of dehydrogenase activities of some soils under pasture. *Soil Biol. Bioch.* 3: 97–110.
- SMEJKALOWA M., MIKANOVA O., BORUCKA L. 2003. Wpływ metali ciężkich na aktywność mikroorganizmów glebowych. *Plant soil and Environment* 47(7): 321–326.
- WYSZKOWSKA J., WYSZKOWSKI M. 2004a. Wpływ kadmu i magnezu na aktywność enzymatyczną gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 505: 513–517.



WYSZKOWSKA J., WYSZKOWSKI M. 2004b. Wpływ zanieczyszczenia gleby niklem na jej aktywność enzymatyczną. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 505: 518–522.

WYSZKOWSKA J., ZABOROWSKA M., KUCHARSKI J. 2006. Aktywność enzymów w glebie zanieczyszczonej cynkiem. EJPAU 9(1), # 06.