

Elżbieta J. BIELIŃSKA\*, Stanisław BARAN\*, Krystyna GOSTKOWSKA\*,  
Janusz WIŚNIEWSKI\*\*

Akademia Rolnicza w Lublinie

\* Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego  
20-068 Lublin, ul. Leszczyńskiego 7

\*\*Katedra Roślin Przemysłowych i Leczniczych  
20-950 Lublin, ul. Akademicka 15

## AKTYWNOŚĆ DEHYDROGENAZ W GLEBACH Z REJONÓW ODDZIAŁYWANIA ZAKŁADÓW PRZEMYSŁOWYCH WOJEWÓDZTWA PODKARPACKIEGO

**Streszczenie.** Badania oceniające wpływ zanieczyszczeń środowiska glebowego niektórymi metalami ciężkimi (Cr, Zn, Ni, Pb) na aktywność dehydrogenaz w poziomach próchnicznych gleb zlokalizowano w rejonach oddziaływania zakładów przemysłowych na terenie województwa podkarpackiego. Badaniami objęto następujące zakłady przemysłowe: Zakłady Magnezytowe w Ropczycach; Krośnieńskie Huty Szkła; Elektrociepłownia w Załężu; Fabryka Śrub w Łąncucie; Fabryka Maszyn w Strzyżowie. Aktywność dehydrogenaz w badanych glebach zmniejszała się wraz ze wzrostem zawartości Cr, Zn, Ni i Pb w glebach. Skala ujemnego oddziaływania zanieczyszczeń na gleby była potęgowana ich wadliwymi właściwościami sorpcyjnymi, niską zawartością węgla organicznego oraz silnym zakwaszeniem.

## DEHYDROGENASES ACTIVITY IN THE SOILS SURROUNDING INDUSTRY FACTORIES OF PODKARPACIE VOIVODESHIP

**Summary.** Investigations estimating the effect of soil pollution with heavy metals (Cr, Zn, Ni and Pb) on the dehydrogenases activity in humus layer of soil were localized in regions of following factories: Magnesite Plant in Ropczyce, Glassworks in Krosno, Power Plant in Załęże, Factory in Łącut and Machinery Plant in Strzyżów. It has been found that dehydrogenases enzymatic activity decreases along with increasing content of Cr, Zn, Ni and Pb in soils. Moreover, decrease of the activity was enhanced by defective sorptive properties as well as high acidity and low content of organic carbon in soils.

## WPROWADZENIE

Zanieczyszczenia przemysłowe przyczyniły się do tego, że w procesy biocykluacji zostały włączone metale ciężkie powodując naruszenie równowagi ekologicznej ekosystemów [8]. Metale ciężkie są trwale wiązane przez kompleks sorpcyjny gleby, co może prowadzić do ich akumulacji w środowisku. Nagromadzenie się pierwiastków toksycznych w glebie jest niebezpieczne z punktu widzenia ekologicznego ze względu na ich znikomą biodegradację. Efekt działania metali związany jest zarówno z właściwościami fizykochemicznymi gleby, zawartością związków humusowych, jak i samym metalem [11].

Celem niniejszych badań była ocena wpływu zanieczyszczeń środowiska glebowego niektórymi metalami ciężkimi (Cr, Zn, Ni, Pb) na aktywność dehydrogenaz w glebach z rejonów oddziaływania zakładów przemysłowych zlokalizowanych na terenie województwa podkarpackiego. W środowisku glebowym dehydrogenazy - enzymy wewnątrzkomórkowe (działające wyłącznie w żywych, nienaruszonych komórkach) są bardziej wrażliwe na stresy środowiskowe niż enzymy związane z koloidami glebowymi [7]. Aktywność dehydrogenaz jest uważana za dobry wskaźnik ekotoksykologiczny [7, 10].

## MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono w różnych typach gleb (płowa, brunatna właściwa, mady) zlokalizowanych na obszarach bezpośredniego oddziaływania zanieczyszczeń emitowanych przez zakłady przemysłowe. Badaniami objęto tereny w sąsiedztwie: Zakładów Magnezytowych w Ropczycach (gleba płowa, wytworzona z utworów pyłowych); Krośnieńskiej Huty Szkła w Krośnie (gleba brunatna właściwa, wytworzona z gliny zwałowej); Elektrociepłowni w Załężu koło Rzeszowa (mady nadwisłoczańskie); Łańcuckiej Fabryki Śrub w Łańcucie (mady nadwisłoczańskie); Fabryki Maszyn w Strzyżowie (mady nadwisłoczańskie). Wytypowane obiekty badawcze znajdują się w podpowinciach Podkarpacia Północnego oraz zewnętrznych Karpat Fliszowych, tj.: Pradoliny Podkarpackiej (Załęże, Ropczyce, Łańcut); Kotliny Jasielsko-Krośnieńskiej (Krosno); Pogórza Strzyżowskiego (Strzyżów). W każdym z obiektów wyznaczono trzy punkty badawcze w odległości 150-200; 400-450 i 500-550 m od emitorów zanieczyszczeń, w kierunku przeważających wiatrów z uwzględnieniem warunków terenowych.

Próbki gleb do badań laboratoryjnych pobrano z głębokości 0-25 cm, w drugiej dekadzie października 1998 roku. Oznaczono aktywność dehydrogenaz [15]. Właściwości fizykochemiczne badanych gleb oznaczono następującymi metodami [9]: chrom, cynk, nikiel i ołów (formy całkowite oraz formy rozpuszczalne w 1 M HCl) z użyciem spektrofotometru absorpcji atomowej (ASA); skład granulometryczny metodą Bouyoucosa-Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego; odczyn potencjometrycznie w 1 M KCl; węgiel organiczny (TOC) metodą Tiurina; sumę kationów zasadowych (TEB) metodą Kappena z wyliczeniem stopnia nasycenia gleb kationami o charakterze zasadowym (V%); obliczono pojemność sorpcyjną (CEC).

## WYNIKI I DYSKUSJA

W rejonie ZM w Ropczycach dominują gleby płowe, pyłowe, całkowite. Skład granulometryczny gleb w rejonie ZM w Ropczycach był zbliżony w większości próbek (pył

zwykły). Gleba zawierała przeciętnie 53% frakcji pyłu, 25% frakcji spławialnych i 21% frakcji piasku (tab. 1). Odczyn tej gleby w poszczególnych punktach badawczych był kwaśny do obojętnego. Zawartość węgla organicznego w warstwie 0-25 cm była niska (od 0.87% do 1.08%). Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi wahało się w granicach 63-78%. Gleba wykazywała małą pojemność sorpcyjną, przy niskiej sumie kationów zasadowych (tab. 2).

Skład granulometryczny badanej warstwy gleby brunatnej z okolic KHS w Krośnie pozwala ją zaliczyć do gliny średniej pylastej o zawartości iłu od 37 do 41% (tab. 1). Gleba charakteryzowała się dużym zakwaszeniem (4.0-4.5  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ), niską zawartością węgla organicznego oraz wadliwymi właściwościami sorpcyjnymi (tab. 2).

Mady występujące w sąsiedztwie EC w Załężu, Łańcuckiej Fabryki Śrub oraz FM w Strzyżowie charakteryzowały się zróżnicowanymi właściwościami fizyczno-chemicznymi (tab. 1, 2). Ogólnie dominowały utwory pyłowe i gliny średnie pylaste o zawartości części spławialnych od 25 (Strzyżów) do 51% (Załęże). Największym zakwaszeniem (w granicach 4.5- 4.8  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) cechowały się mady z rejonu EC w Załężu, najmniejszym zaś (6.7-7.1  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) mady z okolic FM w Strzyżowie. Przeciętna zawartość węgla organicznego w glebie z okolic EC w Załężu była mniejsza w granicach 8-22%, w porównaniu z zawartością tego składnika w madach z okolic FŚ w Łańcucie i FM w Strzyżowie. W omawianych glebach odnotowano znaczne zróżnicowanie pojemności sorpcyjnej (od 13 do 46  $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ ) i sumy kationów zasadowych (od 10 do 45  $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ ). W madach z okolic FM w Strzyżowie, FŚ w Łańcucie i EC w Załężu stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami był wysoki i wynosił odpowiednio: powyżej 95%, 83-95% i 74-76%.

Tabela 1

Skład granulometryczny gleb

Obiekt	Odległość od emitora [m]	Zawartość frakcji w %		
		1-0.1	0.1-0.02	< 0.02
		[mm]		
Zakłady Magnezytowe w Ropczycach	150-200	24	49	27
	300-350	21	54	25
	500-550	20	57	23
Huta Szkła w Krośnie	150-200	20	39	41
	300-350	26	36	38
	500-550	28	35	37
Elektrociepłownia w Załężu	150-200	18	51	31
	300-350	14	50	36
	500-550	13	36	51
Fabryka Śrub w Łańcucie	150-200	28	43	29
	300-350	23	44	33
	500-550	17	44	39
Fabryka Maszyn w Strzyżowie	150-200	25	50	25
	300-350	17	52	31
	500-550	18	39	43

Zakwaszenie badanych gleb wzrastało wraz ze wzrostem odległości od zakładów przemysłowych. Zarejestrowane różnice mieściły się w granicach od 0.2 do 1.7 jednostki pH (tab.2).

Tabela 2

## Właściwości gleb

Obiekt	Odległość od emitora [m]	pH <sub>KCl</sub>	TOC	V	CEC	TEB
			[%]		[cmol(+)/kg]	
Zakłady Magnezytowe w Ropczycach	150-200	6.7	0.87	63.0	8.1	5.1
	300-350	5.5	1.01	70.7	8.7	6.2
	500-550	4.9	1.08	78.5	8.5	6.7
Huta Szkła w Krośnie	150-200	4.5	1.07	67.7	10.2	6.2
	300-350	4.3	1.23	59.2	10.7	6.1
	500-550	4.0	1.30	55.9	11.2	5.4
Elektrociepłownia w Załężu	150-200	4.8	0.78	76.1	13.2	10.0
	300-350	4.6	1.10	74.5	14.0	10.4
	500-550	4.5	1.63	74.9	17.9	13.4
Fabryka Śrub w Łańcucie	150-200	6.7	1.21	94.9	25.6	24.3
	300-350	5.6	1.48	86.1	18.9	16.3
	500-550	5.0	1.81	83.6	14.8	12.4
Fabryka Maszyn w Strzyżowie	150-200	7.1	1.12	98.6	46.2	45.6
	300-350	6.9	1.23	97.8	29.2	28.6
	500-550	6.9	1.79	96.2	24.7	23.8

Z danych zawartych w tabelach 3 i 4 wynika, że zawartość analizowanych metali śladowych w glebach była zróżnicowana w zależności od badanego obiektu, odległości od emitora, samego metalu, jak i jego form (całkowitych lub rozpuszczalnych w 1 M HCl). Zgodnie z normami podanymi przez Kabata-Pendias i Pendias [8] gleby w obszarze oddziaływania wytypowanych zakładów przemysłowych wykazywały naturalną lub lekko podwyższoną zawartość Zn, Ni i Pb. Szerszeń i in. [14] na podstawie wieloletniego monitoringu zawartości pierwiastków śladowych w glebach przylegających do zakładów hutniczych wykazali, że zagrożenie ze strony hut nie wzrasta, bowiem dopływ metali śladowych do gleby uległ zahamowaniu. Według wymienionych autorów nie oznacza to poprawy stanu środowiska glebowego, gdyż zakumulowane w glebie metale będą stanowiły zagrożenie jeszcze przez długi, choć trudny do określenia okres czasu. Kabata-Pendias i Pendias [8] zwracają uwagę, że każda substancja o większym stężeniu pierwiastka w stosunku do jego występowania na poziomie naturalnym stanowi potencjalne zagrożenie skażenia gleby.

W glebie z rejonu oddziaływania ZM w Ropczycach przeciętna zawartość całkowitych form Cr wynosiła 228.6 mg/kg i była aż 6-krotnie większa niż w glebie pozostałych obiektów badawczych. Tak znaczna zawartość chromu w glebie z rejonu ZM była związana z emisją pyłów magnezytowych używanych do produkcji materiałów ogniotrwałych. Zawartość Cr w magnezytach i pyłach magnezytowych wynosi od 316 mg/kg do 33 g/kg [16]. Zakres średnich stężeń chromu w glebach polskich waha się między 7 a 80 mg/kg zależnie od typu gleby [8]. Natomiast zawartość rozpuszczalnych (w 1 M HCl) form Cr w glebie tego obiektu

była stosunkowo niewielka - tylko o 37% większa w porównaniu z zawartością tego składnika w glebie pozostałych obiektów. W glebach chrom występuje głównie w formie Cr(III) i wytrąca się w postaci mieszaniny tlenków Cr(III) Fe(III). Związki Cr(III) są słabo rozpuszczalne jedynie w bardzo kwaśnych roztworach, a przy pH 5.5 podlegają całkowicie wytrąceniu, natomiast Cr(VI) jest łatwo rozpuszczalny zarówno w glebach kwaśnych, jak i alkalicznych [8]. Odczyn i potencjał redox są głównymi czynnikami wpływającymi na formy i sorpcję chromu w glebach. Również substancja organiczna w glebie może zwiększać proces redukcji Cr(VI) do Cr(III). Łatwa redukcja rozpuszczalnego Cr(VI) do słabo rozpuszczalnego Cr(III) w środowisku glebowym sprzyja immobilizacji tego pierwiastka [1].

Tabela 3

## Zawartość form całkowitych Cr, Zn, Ni, Pb w glebach

Obiekt	Odległość od emitora	Cr	Zn	Ni	Pb
	[m]				
Zakłady Magnezytowe w Ropczycach	150-200	382.1	39.5	15.7	17.5
	400-450	194.6	37.8	11.5	16.1
	500-550	109.2	36.4	10.0	15.4
	NIR <sub>0.01</sub>	180	r. n.	1.9	2.0
Średnia dla obiektu		12.4	37.9	12.4	16.3
Huta Szkła w Krośnie	150-200	41.6	105.5	20.6	75.1
	400-450	36.5	57.5	15.9	42.1
	500-550	32.3	55.6	12.4	37.9
	NIR <sub>0.01</sub>	8.2	18.5	4.1	19.6
Średnia dla obiektu		16.3	72.8	16.3	51.7
Elektrociepłownia w Załężu	150-200	35.5	55.6	31.4	21.1
	400-450	37.4	56.2	29.8	22.4
	500-550	38.7	54.7	36.4	23.1
	NIR <sub>0.01</sub>	r. n.	r. n.	r. n.	r. n.
Średnia dla obiektu		32.5	55.5	32.5	22.2
Fabryka Śrub w Łańcucie	150-200	45.8	106.4	36.1	36.9
	400-450	30.9	75.8	26.3	22.6
	500-550	41.1	58.2	21.6	21.6
	NIR <sub>0.01</sub>	8.5	33.8	7.0	r. n.
Średnia dla obiektu		28.0	80.1	28.0	27.0
Fabryka Maszyn w Strzyżowie	150-200	36.0	57.9	38.0	24.6
	400-450	29.0	39.8	27.6	17.6
	500-550	26.7	35.8	24.8	17.1
	NIR <sub>0.01</sub>	3.7	4.1	3.2	3.2
Średnia dla obiektu		30.1	44.5	30.1	19.7
NIR <sub>0.01</sub> dla obiektu		12.5	34.3	12.5	22.1

Przeciętna zawartość Zn w glebie badanych obiektów, form całkowitych i form rozpuszczalnych w 1 M HCl wahała się w granicach, odpowiednio: 37.9-80.1 i 8.3-31.4 mg/kg. Największą zawartość analizowanych form cynku stwierdzono w glebach z okolic KHS w Krośnie i FŚ w Łąncucie, zaś najmniejszą w glebie z okolic ZM w Ropczycach. Kabata-Pendias i Pendias [8] zwracają uwagę, że zawartość tego pierwiastka w glebach wykazuje dużą zależność od ich składu mechanicznego.

Stosunkowo wysoką zawartość niklu stwierdzono w glebach wytworzonych z aluwii rzeki Wisłok. Największą zawartością Ni (form całkowitych i rozpuszczalnych w HCl) cechowała się gleba z okolic EC w Załężu.

Tabela 4

## Zawartość form rozpuszczalnych Cr, Zn, Ni, Pb w glebach

Obiekt	Odległość od emitora	Cr	Zn	Ni	Pb
	[m]				
Zakłady Magnezytowe w Ropczycach	150-200	8.6	9.5	2.1	9.6
	400-450	7.4	8.2	1.3	8.4
	500-550	5.5	7.2	1.1	7.3
	NIR <sub>0,01</sub>	1.1	r. n.	0.5	r. n.
Średnia dla obiektu		7.1	8.3	1.5	8.4
Huta Szkła w Krośnie	150-200	4.1	43.9	2.3	57.0
	400-450	3.3	31.9	1.8	32.5
	500-550	3.0	14.7	1.3	21.3
	NIR <sub>0,01</sub>	0.9	8.3	0.4	14.7
Średnia dla obiektu		3.4	30.1	1.8	36.9
Elektrociepłownia w Załężu	150-200	6.2	19.2	6.4	10.2
	400-450	6.3	19.6	6.8	10.8
	500-550	6.9	18.9	6.9	9.9
	NIR <sub>0,01</sub>	r. n.	r. n.	r. n.	r. n.
Średnia dla obiektu		6.4	19.2	6.7	10.3
Fabryka Śrub w Łąncucie	150-200	4.7	47.4	7.2	23.3
	400-450	3.2	31.1	6.4	19.9
	500-550	2.5	15.9	6.0	17.2
	NIR <sub>0,01</sub>	2.0	20.8	2.1	r. n.
Średnia dla obiektu		3.4	31.4	6.5	20.1
Fabryka Maszyn w Strzyżowie	150-200	5.9	15.2	5.9	10.5
	400-450	4.5	11.5	6.6	7.6
	500-550	4.4	10.9	5.2	7.1
	NIR <sub>0,01</sub>	0.7	4.9	0.6	1.0
Średnia dla obiektu		4.9	12.5	5.4	8.4
NIR <sub>0,01</sub> dla obiektu		3.0	22.1	3.2	15.8

Największą zawartość analizowanych form ołowiu stwierdzono w glebie z rejonu oddziaływania Huty Szkła w Krośnie. W glebie tego obiektu przeciętna zawartość całkowitych i rozpuszczalnych (w 1 M HCl) form Pb była statystycznie istotnie większa, odpowiednio 2-krotnie i 3-krotnie, w porównaniu z zawartością tych składników w glebie pozostałych obiektów badawczych. Według Jackowskiej [6] Pb tworzy wiele jonów kompleksowych. Kompleksy te nie są trwałe. Gdy stężenie roztworów halogenków ołowiu wzrasta, wówczas tracą się one w postaci nierozpuszczalnych osadów, zaś w nadmiarze jonów halogenkowych osady te rozpuszczają się ponownie.

Koncentracja Cr, Zn, Ni i Pb w glebie zmniejszała się na ogół istotnie wraz z odległością od emitora. W rejonie EC w Załężu nie stwierdzono istotnego wpływu odległości na zawartość badanych metali śladowych. Zawartość Zn w glebie z rejonu ZM w Ropczycach oraz zawartość Pb w glebie z okolic FS w Łąncucie wykazywała słabą zależność od odległości od źródła emisji. Stwierdzone różnice nie były statystycznie istotne.

Nasilenie aktywności dehydrogenaz uzależnione było istotnie od źródła emisji zanieczyszczeń i odległości od emitora (tab. 5).

Tabela 5

## Aktywność enzymatyczna gleb

Obiekt	Odległość od emitora [m]	Aktywność dehydrogenaz [ $\mu\text{g TPF}/1 \text{ g gleby}/24 \text{ h}$ ]	
			Średnia dla obiektu
Zakłady Magnezytowe w Ropczycach	150-200	0.45	0.84
	300-350	0.97	
	500-550	1.10	
	NIR <sub>0,01</sub>	0.02	
Huta Szkła w Krośnie	150-200	0.51	0.38
	300-350	0.33	
	500-550	0.32	
	NIR <sub>0,01</sub>	0.02	
Elektrociepłownia w Załężu	150-200	0.79	0.76
	300-350	0.77	
	500-550	0.72	
	NIR <sub>0,01</sub>	r. n.	
Fabryka Śrub w Łąncucie	150-200	1.22	0.86
	300-350	0.90	
	500-550	0.47	
	NIR <sub>0,01</sub>	0.03	
Fabryka Maszyn w Strzyżowie	150-200	2.67	5.48
	300-350	4.12	
	500-550	9.65	
	NIR <sub>0,01</sub>	0.04	

NIR<sub>0,01</sub> dla obiektu 0.10

Największą aktywność dehydrogenaz stwierdzono w glebie z rejonu FM w Strzyżowie, najmniejszą zaś w glebie z okolic KHS w Krośnie (tab. 5). Aktywność dehydrogenaz w glebie z rejonu KHS była przeciętnie 14-krotnie mniejsza od aktywności tych enzymów w glebie z rejonu FM w Strzyżowie. Gleba z okolic KHS w Krośnie cechowała się na ogół większą niż w innych obiektach badawczych zawartością Zn i Pb. Dopyływ do gleby metali ciężkich powoduje zmiany ilościowe i jakościowe w składzie mikroflory glebowej, co w konsekwencji doprowadza do osłabienia aktywności enzymów [2, 3]. Przyczyny depresji aktywności enzymatycznej gleby z okolic KHS w Krośnie można dopatrywać się w podwyższonej zawartości Zn w glebie tego obiektu (tab. 2, 3). Z badań Januszka [7] wynika, że cynk działa bardziej toksycznie na mikroorganizmy i enzymy glebowe niż inne metale śladowe. Wymieniony autor wykazał, że w glebach leśnych można się spodziewać toksycznego oddziaływania metali ciężkich zarówno na mikroorganizmy, jak i na enzymy glebowe już przy bardzo małych stężeniach (rzędu 10-15 mg/kg) rozpuszczalnych form cynku oznaczonych w 1M HCl. Doelman i Haanstra [3] po 18 miesiącach inkubacji gleby piaszczystej z metalami ciężkimi ustalili ich dawki ekologiczne ED<sub>50</sub> i stwierdzili następującą kolejność ich hamującego oddziaływania na aktywność enzymów glebowych: Zn>Cu>Cd>Ni>Pb>Cr. Zmiany aktywności enzymatycznej gleb w rejonach wytypowanych zakładów przemysłowych pod wpływem zanieczyszczeń środowiska glebowego metalami ciężkimi uzależnione były wyraźnie od właściwości ekologicznych tych gleb. Aktywność dehydrogenaz w glebie z rejonu FŚ w Łąncucie była przeciętnie 2-krotnie większa niż w glebie z okolic KHS, mimo zbliżonej zawartość Zn w glebie tych obiektów. Skala ujemnego oddziaływania zanieczyszczeń na glebę z rejonu KHS była potęgowana niską zawartością węgla organicznego, dużym zakwaszeniem gleby i jej wadliwymi właściwościami sorpcyjnymi (tab. 2). Siuta [13] uzależnia odporność gleby na degradację od kationowej pojemności sorpcyjnej (CEC) i zawartości w niej kationów o charakterze zasadowym.

Aktywność dehydrogenaz w glebie z okolic EC w Załężu była przeciętnie 7-krotnie mniejsza niż w glebie z rejonu FM w Strzyżowie (tab. 5). Osłabieniu aktywności dehydrogenaz w glebie z rejonu EC towarzyszyło silne zakwaszenie tej gleby (tab. 2). Odczyn gleby stanowi główny czynnik decydujący o przyswajalności metali ciężkich w glebach [7]. Wymienne frakcje metali w glebach są łatwo przyswajalne przez mikroorganizmy glebowe, co powoduje zmiany ilościowe i jakościowe w ich składzie i w konsekwencji doprowadza do osłabienia aktywności enzymów [2]. Frankenberger i Johanson [4] zwracają uwagę, że znaczne osłabienie aktywności enzymatycznej gleby w wyniku jej zakwaszenia może wynikać ze zniszczenia wiązań hydrofobowych, jonowych i wodorowych, co prowadzi do nieodwracalnego zatrącenia drugorzędowej struktury białka enzymatycznego.

Niska aktywność dehydrogenaz w glebie z rejonu ZM w Ropczycach (6-krotnie mniejsza niż w glebie z okolic FM w Strzyżowie) była prawdopodobnie efektem wysokiej zawartości chromu w glebie (tab. 3). Ruchliwe formy chromu oddziałują szkodliwie na mikroorganizmy w glebie, ograniczając ich aktywność biologiczną [1]. Mechanizm toksycznego działania chromu na mikroorganizmy glebowe polega m. in. na reakcji z białkami, kwasami nukleinowymi czy nukleotydami, co może być przyczyną śmierci komórki lub też zmian w jej aparacie genetycznym [5].

Wpływ odległości od źródła emisji na zmiany aktywności dehydrogenaz był zróżnicowany w zależności od badanego obiektu (tab. 5). W glebie z okolic KHS w Krośnie i FŚ w Łąncucie aktywność enzymatyczna gleby zmniejszała się istotnie wraz z odległością od emitora. Podobne tendencje obserwowano w glebie z rejonu EC w Załężu, lecz zarejestrowane różnice nie były statystycznie istotne. Złagodzenie skutków szkodliwego



oddziaływania metali ciężkich w punktach badawczych leżących najbliżej emitatorów mogło nastąpić w wyniku podwyższenia wartości pH gleb o większej zawartości metali ciężkich (tab. 2). Sugestia ta znajduje potwierdzenie w wynikach badań Olszowskiej [12]. W glebie z rejonu FM w Strzyżowie, cechującej się stabilnym odczynem, obserwowano istotny wzrost jej aktywności enzymatycznej wraz z odległością od emitatora. Aktywność badanych enzymów w punkcie oddalonym o 500-550 m od FM była kilkakrotnie większa, w porównaniu z ich aktywnością w punkcie położonym najbliżej emitatora (150-200 m). Również w glebie z rejonu ZM w Ropczycach (o wysokiej zawartości Cr) aktywność enzymów zwiększała się istotnie wraz ze wzrostem odległości od emitatora.

## WNIOSKI

1. Aktywność dehydrogenaz w glebach z rejonów wytypowanych zakładów przemysłowych zmniejszała się wraz ze wzrostem zawartości Cr, Zn, Ni i Pb w glebach.
2. Zmiany aktywności enzymatycznej pod wpływem zanieczyszczeń środowiska glebowego metalami ciężkimi uzależnione były wyraźnie od właściwości ekologicznych tych gleb.
3. Największą aktywnością dehydrogenaz cechowała się gleba z rejonu FM w Strzyżowie.
4. Depresję aktywności dehydrogenaz stwierdzono w glebie z okolic KHS w Krośnie. Skala ujemnego oddziaływania zanieczyszczeń na glebę z rejonu KHS była potęgowana jej wadliwymi właściwościami sorpcyjnymi, niską zawartością węgla organicznego oraz silnym zakwaszeniem.
5. Wysoka zawartość chromu w glebie z rejonu ZM w Ropczycach wpłynęła na osłabienie aktywności dehydrogenaz.
6. Wpływ odległości od źródła emisji zanieczyszczeń na zmiany aktywności badanych enzymów był zróżnicowany w zależności od obiektu i jakości gleby.
7. Uzyskane wyniki wskazują, że aktywność dehydrogenaz była czułym wskaźnikiem odzwierciedlającym zmiany zachodzące w glebach pod wpływem presji czynników środowiskowych.

## LITERATURA

1. Barabasz W., Chmiel M.J., Galus A., Paśmionka I.: Ekotoksykologia chromu. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna*, 5, 8-9, 665-674, 1998.
2. Dahm H., Li Ch.-Y., Januszek K.: Development of microorganisms and oxidation of some organic compounds in soil polluted with heavy metals. *P. J. Soil Sci.*, XXX, 2, 55-63, 1997.
3. Doelman P., Haanstra L.: Short- and long-term effect of heavy metals on phosphatase activity in soils. An ecological dose-response model approach. *Biol. Fertil. Soils*, 8, 235-241, 1989.
4. Frankenberger W.T. Jr, Johanson J.B.: Effect of pH on enzyme stability in soils. *Soil Biol. Biochem.*, 14, 433-437, 1982.
5. Hughes M.N., Poole R.K.: *Metals and microorganisms*. Chapman and Hall, London, New York 1989.

6. Jackowska I.: Mobilization of heavy metals from soils by acidification. *Environ. Sci. Res.* 51, 337-343, 1996.
7. Januszek J.: Aktywność enzymatyczna wybranych gleb leśnych Polski południowej w świetle badań polowych i laboratoryjnych. *Zesz. Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Rozprawy*, 250, 1999.
8. Kabata-Pendias A., Pendias H.: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa 1993.
9. Lityński T., Jurkowska H.: *Żyzność gleby i odżywianie się roślin*. PWN, Warszawa 1982.
10. Malkomes H.P.: Existing alternative tests to measure side-effects of pesticides on soil microorganisms: dehydrogenase activity. *Toxicol. Environ. Chem.*, 30, 167-176, 1991.
11. Nowak J., Smolik B., Śnieg B.: Wpływ dodatku różnych dawek soli miedzi i ołowiu na zmiany aktywności niektórych enzymów glebowych. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna*, 6, 9, 891-898, 1999.
12. Olszowska G.: Aktywność enzymatyczna gleb leśnych w rejonie oddziaływania emisji huty cynku i ołowiu „Miasteczko Śląskie”. *Prace Inst. Bad. Leśn., ser. A*, 834, 107-130, 1997.
13. Siuta J.: Stan i prognoza użytkowania oraz ochrona gruntów w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 418, 13-23, 1995.
14. Szerszeń L., Chodak T., Kabała C.: Monitoring zawartości pierwiastków śladowych w glebach przylegających do hut miedzi w Głogowie i Legnicy. *Zesz. Probl. Nauk Post. Roln.*, 467, 405-412, 1999.
15. Thalmann A.: Zur Methodik derestimmung der Dehydrogenaseaktivität in Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirtsch. Forsch.*, 21, 249-258, 1968.
16. Źródłowski Z.: Wpływ Zakładów Magnezytowych w Ropczycach na zawartość magnezu i chromu w płodach rolnych. *Zesz. Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Rozprawy*, 186, ss.111, 1994.

## Abstract

Investigations estimating the effect of soil pollution with some heavy metals (Cr, Zn, Ni and Pb) on the dehydrogenases activity in humus layer of soil were localized in Podkarpacie voivodeship. Vicinity of following factories were the objects of investigations: Magnezite Plant in Ropczyce (grey-brown podzolic soil made of silty material), Glassworks in Krosno (brown soil made of boulder clay), Power Plant in Załęź (alluvial soil), Screw Factory in Łańcut (alluvial soil) and Machinery Plant in Strzyżów (alluvial soil). In every object there were investigated 3 localities: 150-200 m; 400-450 m and 500-550 m distant from the pollution emitters. It has been found that dehydrogenases enzymatic activity decreases along with increasing content of Cr, Zn, Ni and Pb in soils. Changes of the dehydrogenases activity depended upon ecological conditions of soils. The range of negative effects of soil pollution was enhanced by defective sorptive properties of soils and there high acidity. The effect of distance from pollution source was conditioned by kind of industrial object and soil quality. The results show, that dehydrogenases activity is a sensitive indicator of changes in soils caused by pressure of environmental factors.