

KSZTAŁTOWANIE SIĘ AKTYWNOŚCI ENZYMATYCZNEJ W GLEBACH ZANIECZYSZCZONYCH PRODUKTAMI ROPOPOCHODNYMI

S. Baran, E. J. Bielińska, A. Wójcikowska-Kapusta

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Akademia Rolnicza
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: tantal@consus.ar.lublin.pl

Streszczenie. Badania aktywności enzymatycznej gleb przeprowadzono na terenie lotniska wojskowego w Dęblinie w obszarach: punktowych źródeł zanieczyszczeń oraz powierzchniowego rozpraszania i zanieczyszczenia środowiska przez silniki samolotów. Wykazano odwrotny liniowy związek pomiędzy aktywnością analizowanych enzymów a zawartością substancji ropopochodnych w glebach. Efekt oddziaływania zanieczyszczeń substancjami ropopochodnymi na aktywność enzymów związany był zarówno z warunkami środowiska tj.: odczynem pH gleb, zawartością związków biogennych (N i P) i metali ciężkich, właściwościami sorpcyjnymi gleb, jak i z indywidualnymi właściwościami enzymu.

Słowa kluczowe: produkty ropopochodne, gleba, aktywność enzymatyczna, metale ciężkie.

WSTĘP

Degradujące działanie związków ropopochodnych na środowisko glebowe polega głównie na wywoływaniu ostrego azotowego i fosforowego głodu, zakłóceniu gospodarki wodnej i równowagi biologicznej [9,16]. Gleby zanieczyszczone produktami naftowymi mogą zawierać również znaczne ilości metali ciężkich [10].

W niniejszej pracy zbadano aktywność enzymatyczną i zawartość wybranych metali ciężkich w glebach na terenie lotniska wojskowego w Dęblinie w celu oceny sytuacji ekologicznej środowiska glebowego tego obszaru. Testy enzymatyczne uważane są za jeden z bardziej wrażliwych wskaźników funkcjonowania ekosystemu [5] i mogą stanowić przydatne narzędzia analityczne w ocenie skali degradacji gleb zanieczyszczonych związkami organicznymi [10].

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto gleby na terenie lotniska wojskowego w Dęblinie w obszarach: punktowych źródeł zanieczyszczeń oraz powierzchniowego rozpraszania i zanieczyszczenia środowiska przez silniki samolotów.

Do badań wybrano następujące obiekty:

(A) W otoczeniu punktowych źródeł zanieczyszczeń.

Na terenie Centralnej Stacji Tankowania (CST):

A₁ punkt wydawania oleju napędowego,

A₂ punkt wydawania paliwa lotniczego.

Na terenie Centralnej Płaszczyny Postoju Samolotów (CPPS):

A₃ miejsce postoju samolotów An,

A₄ miejsce postoju samolotów odrzutowych, przy pasie startowym,

A₅ miejsce postoju samolotów odrzutowych, przy pasie kołowań.

Na terenie Łapacza Paliwa (ŁP):

A₆ punkt bezpośrednio przy zbiorniku łapacza paliwa,

A₇ punkt odległy o 50 m od zbiornika łapacza paliwa.

(B) W obszarze powierzchniowego rozpraszania i zanieczyszczenia środowiska przez silniki samolotów (wzdłuż południowej strony betonowego pasa startowego):

B₁ początek lotniska,

B₂ początek pasa startowego,

B₃ 400 m od punktu B₁,

B₄ 800 m od punktu B₁,

B₅ 1200 m od punktu B₁,

B₆ 1600 m od punktu B₁,

B₇ 200 m za pasem startowym.

W każdym z obiektów próbki glebowe do badań laboratoryjnych pobierano z warstwy 0-20 cm, z trzech miejsc zlokalizowanych w niewielkiej odległości od siebie (70-100 cm), wiosną 2000 roku. Próbki indywidualne uśredniano w obrębie analizowanych obiektów i wykonywano w nich analizy biochemiczne i chemiczne w trzech powtórzeniach. W próbkach gleby oznaczono aktywność: dehydrogenaz [13], fosfataz [12], ureazy [18] i proteazy [6], całkowitą zawartość substancji ropopochodnych metodą ekstrakcji eterowej wg PN – 86/C-04573//01 przy użyciu aparatu SOXTEC f-my Tecator, całkowitą zawartość Cd, Cu, Pb i Zn metodą spektrometrii emisyjnej ICP przy użyciu aparatu Leeman Labs PS 950. Skład granulometryczny oraz właściwości chemiczne gleb oznaczono ogólnie

znanymi metodami w laboratorium Instytutu Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego Akademii Rolniczej w Lublinie: skład granulometryczny – metodą Bouyoucosa-Cassagrande w modyfikacji Prószyńskiego, odczyn (pH w 1 mol·dm⁻³ KCl) – potencjometrycznie, kwasowość hydrolityczną (H_h) metodą Kappena w roztworze octanu sodu (1 mol·dm⁻³ CH₃COONa), sumę zasad wymiennych (TEB) w roztworze 0,1 molowego HCl, na podstawie H_h i TEB wyliczono pojemność sorpcyjną (CEC). Zawartość węgla organicznego ogółem (TOC) oznaczono metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa, zawartość azotu ogółem (TN) metodą Kjeldahla; z wyliczeniem stosunku C:N, zawartość przyswajalnych form fosforu (P) oznaczono wg Egnera-Riehma. Próbkę glebowe do analiz enzymatycznych i chemicznych pobierano i przechowywano zgodnie z zasadami określonymi w polskiej normie PN-ISO 1998 [4].

WYNIKI

Gleby na terenie lotniska w Dęblinie są to gleby antropogeniczne zaliczane do rzędu industrio- i urbanoziemów, powstałe w wyniku prac geotechnicznych, o składzie granulometrycznym piasków, piasków pylastych i pyłów. W badanych glebach dominowały piaski (Tab. 1).

Odczyn badanych gleb był zróżnicowany (pH w 1 mol·dm⁻³ KCl od 3,7 do 7,1). Gleby w otoczeniu punktowych źródeł zanieczyszczeń były mniej zakwaszone (zawierały się w przedziale od kwaśnych do obojętnych) niż gleby znajdujące się w obrębie płyty lotniska (od silnie kwaśnych do kwaśnych). Suma kationów zasadowych wahała się od 0,1 do 11,6 mmol (+)·kg⁻¹, a pojemność sorpcyjna od 3,2 do 14,6 mmol (+)·kg⁻¹. Gleby z obszaru zanieczyszczeń punktowych cechowały się wyraźnie większymi wartościami sumy kationów zasadowych i pojemności sorpcyjnej niż gleby z terenu płyty lotniska. Największe wartości tych cech stwierdzono w przypadku obiektu B₁ (początek lotniska), (Tab. 1).

Zawartość C organicznego ogółem i N organicznego ogółem w glebach była zróżnicowana w zależności od obiektu badawczego i wahała się, odpowiednio: od 0,68% do 2,32% i od 0,06% do 0,23%. Znacznie mniejszą zawartość tych składników stwierdzono w glebach wokół punktowych źródeł emisji związków ropopochodnych niż w glebach z terenu płyty lotniska. Najmniejszą zawartość C_{org.} i N ogółem zanotowano w glebie bezpośrednio przy zbiorniku łapacza paliwa (A₆), największą zaś w próbkach gleby pobranych na początku lotniska (B₁). Wartości stosunku C:N zawierały się w przedziale 8,7-11,8 (Tab. 1).

Zawartość przyswajalnego fosforu w badanych glebach wahała się w zakresie od zawartości wysokich do bardzo niskich. Gleby w obszarze oddziaływania zanieczyszczeń punktowych cechowały się kilkakrotnie niższą zawartością tego składnika niż gleby z terenu płyty lotniska (Tab. 1).

Tabela 1. Skład granulometryczny i niektóre właściwości chemiczne gleb

Table 1. Texture and some chemical properties of the soils

Objekt*	Skład granulometryczny			pH _{KCl}	TEB	CEC	TOC	TN	C:N	P
	(%)									
	1,0-0,1	0,1-0,02	< 0,02							
A ₁	71	22	7	7,1	9,8	11,0	1,02	0,09	11,3	27,0
A ₂	51	34	15	5,7	9,0	11,0	0,97	0,10	9,7	5,0
A ₃	53	35	12	6,8	11,6	12,9	0,98	0,11	8,9	28,0
A ₄	51	34	15	5,7	6,5	9,2	1,16	0,12	9,6	40,0
A ₅	77	16	7	5,5	9,4	11,0	1,35	0,14	9,6	5,0
A ₆	76	17	7	5,2	3,9	5,8	0,68	0,06	11,3	13,0
A ₇	87	7	6	5,9	6,3	7,8	0,86	0,09	9,5	16,0
B ₁	46	39	15	4,9	11,0	14,6	2,32	0,23	10,1	19,0
B ₂	35	47	18	4,7	6,1	10,5	1,47	0,17	8,6	58,0
B ₃	54	38	8	4,4	3,7	7,3	1,01	0,11	9,2	59,0
B ₄	57	34	9	4,5	4,5	8,4	1,28	0,11	11,6	24,0
B ₅	66	28	6	4,8	4,5	8,1	1,43	0,13	11,0	43,0
B ₆	30	51	19	4,0	4,9	10,9	1,42	0,12	11,8	14,0
B ₇	26	55	19	3,7	0,1	3,2	1,05	0,12	8,7	37,0

*A₁ – punkt wydawania oleju napędowego, A₂ – punkt wydawania paliwa lotniczego, A₃ – miejsce postoju samolotów An, A₄, A₅ – miejsca postoju samolotów odrzutowych, A₆, A₇ – punkty przy łapaczu paliwa, B₁ – początek lotniska, B₂ – początek pasa startowego, B₃, B₄, B₅ i B₆ - 400, 800, 1200 i 1600 m od początku pasa startowego, B₇ - 200 m za pasem startowym.

Zawartość Cd, Cu, Pb i Zn w badanych glebach nie przekraczała wartości uznanych za naturalne tło (Tab. 2). Jedynie w glebie pochodzącej z punktu wydawania oleju napędowego (A₁) zanotowano lekko podwyższoną zawartość Pb i Zn. Zawartość Cd w glebach poszczególnych obiektów badawczych wahała się w granicach od 0,72 do 0,76 Cd mg·kg⁻¹. Gleby z terenu płyty lotniska cechowały się na ogół istotnie większą zawartością tego pierwiastka niż gleby z otoczenia punktowych źródeł zanieczyszczeń. W próbkach gleby pobranych z miejsca

postoiu samolotów odrzutowych, przy pasie startowym (A₄) oraz w odległości 800 m od początku lotniska (B₄) stwierdzono kilkakrotnie większą, statystycznie istotną, zawartość Cu niż w glebach z pozostałych obiektów badawczych. Największą, statystycznie istotną, zawartość Pb i Zn stwierdzono w glebie z punktu wydawania oleju napędowego (A₁).

Tabela 2. Zawartość Cd, Cu, Pb, Zn i substancji ropopochodnych (ekstrakt eterowy) w glebach (mg·kg⁻¹)
Table 2. Contents of Cd, Cu, Pb, Zn and petrol substances (ether extract) in soils (mg·kg⁻¹)

Obiekt*	Cd	Cu	Pb	Zn	Substancje ropopochodne
A ₁	0,72	2,3	63,1	70,1	220
A ₂	0,73	1,1	4,4	25,6	130
A ₃	0,72	1,2	4,3	25,4	110
A ₄	0,73	4,5	9,2	26,2	160
A ₅	0,72	0,9	0,8	11,2	200
A ₆	0,74	0,7	1,9	17,6	440
A ₇	0,72	0,9	0,4	16,5	90
B ₁	0,76	3,9	15,3	29,7	60
B ₂	0,76	2,1	16,0	28,6	210
B ₃	0,75	0,8	9,9	21,6	110
B ₄	0,76	4,7	22,3	34,8	230
B ₅	0,75	3,0	9,5	23,7	40
B ₆	0,76	1,7	0,1	7,4	360
B ₇	0,72	0,9	7,3	13,7	30
NIR _{0,05}	0,2	3,4	22,1	34,3	23,1

*patrz Tabela 1.

Całkowita zawartość substancji ropopochodnych w glebach wykazywała istotne zróżnicowania w zależności od obiektu (Tab. 2). Największą zawartością węglowodorów charakteryzowały się próbki gleby z terenu bezpośrednio przy łapaczu paliwa (A₆ – 440 mg·kg⁻¹) oraz próbki gleby pobrane w odległości 1600 m od początku lotniska (B₆ – 360 mg·kg⁻¹). Najmniejszą zawartość ropopochodnych stwierdzono w glebie obiektu zlokalizowanego w odległości 200 m za pasem startowym (B₇) i w glebie obiektu B₅ (w odległości 1200 m za pasem startowym), odpowiednio 30 i 40 mg·kg⁻¹. Zawartość węglowodorów w glebie pozostałych obiektów wahała się w granicach od 60 do 230 mg·kg⁻¹.

Gleby pochodzące z poszczególnych obiektów badawczych cechowały się istotnie zróżnicowaną aktywnością enzymatyczną (Tab. 3). Najmniejszą aktywność wszystkich badanych enzymów stwierdzono w glebie obiektu znajdującego się w odległości 1600 m od początku lotniska (B₆). Osłabienie aktywności enzymatycznej zanotowano w glebie z terenu bezpośrednio przy łapaczu paliwa (A₆) oraz w glebie obiektu B₄ (w odległości 800 m od początku lotniska). Obserwowana inhibicja aktywności enzymów wiązała się na ogół z wysoką zawartością substancji ropopochodnych w glebach oraz z ich silnym zakwaszeniem. W glebie obiektu B₄, cechującej się największą zawartością Cu, spadek aktywności enzymów mógł być również efektem synergistycznego oddziaływania ropopochodnych i metali ciężkich.

Tabela 3. Aktywność enzymatyczna gleb (ADh – dehydrogenazy w $\text{cm}^3 \text{H}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, AF – fosfatazy w $\text{mmol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, AU – ureazy w $\text{mg N-NH}_4^+ \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, AP – proteazy w $\text{mg tyrozyny} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)
Table 3. Enzymatic activity of soils (DhA – dehydrogenases in $\text{cm}^3 \text{H}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, PhA – phosphatases in $\text{mmol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, UA – urease in $\text{mg N-NH}_4^+ \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, PA – protease in $\text{mg tyrosine} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

Obiekt*	ADh	AF	AU	AP
A ₁	9,58	1,20	10,16	21,3
A ₂	3,41	0,84	5,39	9,8
A ₃	3,87	0,88	6,92	11,5
A ₄	4,19	0,89	6,58	12,9
A ₅	4,85	0,98	9,34	15,3
A ₆	1,18	0,61	3,29	7,2
A ₇	8,72	1,34	9,61	19,6
B ₁	7,89	1,38	7,60	11,6
B ₂	2,55	1,30	6,82	10,7
B ₃	1,69	1,21	4,21	8,7
B ₄	1,17	0,97	3,96	7,0
B ₅	3,58	1,35	7,14	11,2
B ₆	1,12	0,58	3,26	6,1
B ₇	1,29	1,02	4,38	8,3
NIR _{0,05}	0,03	0,02	0,06	0,3

*patrz Tabela 1.

Największą aktywność badanych enzymów, z wyjątkiem fosfatyz, odnotowano w glebie z punktu wydawania oleju napędowego (A₁). Aktywność fosfatyz była największa w glebie obiektu B₁ (początek lotniska). Omawiany obiekt cechował się największą aktywnością enzymatyczną w obrębie płyty lotniska (obszar B – powierzchniowego rozpraszania i zanieczyszczenia środowiska przez silniki samolotów). Stosunkowo wysoką aktywnością enzymatyczną charakteryzowała się gleba obiektu A₇ (punkt odległy o 50 m od zbiornika łapacza paliwa), gdzie aktywność enzymów była wprawdzie mniejsza niż w glebie obiektu A₁ lecz większa niż w glebie obiektu B₁ oraz gleba obiektu B₅ o bardzo niskiej zawartości związków ropopochodnych. Na podkreślenie zasługuje fakt, że w glebie wymienionych obiektów aktywność dyhydrogenazy była na poziomie aktywności tych enzymów w żyznych glebach uprawnych.

Z danych zawartych w Tabeli 4 wynika, że aktywność wszystkich badanych enzymów była ujemnie skorelowana z zawartością substancji ropopochodnych w glebie. Aktywność dehydrogenazy korelowała dodatnio z pojemnością sorpcyjną gleby, stopniem wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami oraz z zawartością Pb i Zn w glebie. Aktywność fosfatyz była dodatnio skorelowana z zawartością N ogółem i fosforu przyswajalnego w glebie, a aktywność ureazy ze stopniem wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami. Aktywność proteazy korelowała dodatnio ze stopniem wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami, z zawartością Pb i Zn w glebie, a ujemnie z zawartością Cd w glebie.

Tabela 4. Współczynniki korelacji pomiędzy aktywnością enzymatyczną i właściwościami chemicznymi gleb
Table 4. Correlation coefficients between enzymatic activity and chemical properties of the soils

Właściwości	Dehydrogenazy	Fosfatazy	Ureaza	Proteaza
TEB	0,64**	n. i.	0,62**	0,50*
CEC	0,46*	n. i.	n. i.	n. i.
TOC	n. i.	n. i.	n. i.	n. i.
TN	n. i.	0,49*	n. i.	n. i.
P	n. i.	0,46*	n. i.	n. i.
Cd	n. i.	n. i.	n. i.	-0,46*
Cu	n. i.	n. i.	n. i.	n. i.
Pb	0,47*	n. i.	n. i.	0,48*
Zn	0,52*	n. i.	n. i.	0,51*
Substancje ropopochodne	-0,48*	-0,69**	-0,52*	-0,46*

**istotne przy $p = 0,01$, *istotne przy $p = 0,05$, n. i. – nie istotne.

DYSKUSJA

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono odwrotny liniowy związek pomiędzy aktywnością analizowanych enzymów a zawartością substancji ropopochodnych w glebach. Związki ropopochodne w istotny sposób modyfikują naturalną mikroflorę gleb i w większości przypadków wykazują działanie toksyczne wyraźnie hamując rozwój, a tym samym aktywność metaboliczną drobnoustrojów glebowych znajdujących się pod bezpośrednim wpływem tych zanieczyszczeń [2,7,8,9,14]. W badanych glebach efekt oddziaływania zanieczyszczeń substancjami ropopochodnymi na aktywność enzymów związany był z warunkami środowiska tj.: pH gleb, zawartością związków biogennych (N i P), metali ciężkich i właściwościami sorpcyjnymi gleb. Wskazują na to wartości współczynników korelacji pomiędzy aktywnością enzymatyczną a zawartością N ogółem, przyswajalnymi formami fosforu, zawartością Pb i Zn, pojemnością sorpcyjną i stopniem wysycenia gleby zasadami (Tab. 4). Również zdaniem innych autorów [9,11] efekt ten uzależniony jest od właściwości gleby, takich jak: odczyn, zawartość składników biogennych (głównie azotu i fosforu) oraz obecności innych związków toksycznych (np. metale ciężkie). Obecność wystarczającej ilości pierwiastków biogennych w glebie (głównie azotu i fosforu) w decydujący sposób oddziałuje na zachowanie się zanieczyszczeń węglowodorowych w glebie. Limituje zawartość węglowodorów w poszczególnych fazach gleby, ich mobilność, a także efektywność biodegradacji [5,11]. Bardzo ważną rolę odgrywa pH środowiska, które w zdecydowany sposób wpływa na skład jakościowo-ilościowy mikroflory glebowej. W kwaśnych glebach dominują grzyby wytwarzające w skażonym środowisku toksyczne związki pośrednie [2]. W niniejszych badaniach nie wykazano korelacji pomiędzy zawartością $C_{org.}$ w glebie i aktywnością analizowanych enzymów. Dla mikroorganizmów glebowych związki ropopochodne mogą stanowić źródło węgla i energii. Mikroorganizmy przeciwdziałają zmianom środowiska poprzez uruchomienie mechanizmów homeostatycznych. Procesy homeostatyczne są jednak możliwe o ile nie zostały przekroczone pewne wartości progowe wprowadzonych ksenobiotyków [9,14]. Związki ropopochodne są stopniowo uwalniane w wyniku procesów desorpcji biologicznej, stąd zanieczyszczenie gleb tymi związkami jest zanieczyszczeniem długotrwałym [14].

Na uwagę zasługuje wysoka aktywność enzymów w glebie z punktu wydawania oleju napędowego, gdzie przy stosunkowo wysokiej zawartości produktów naftowych ($220 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), stwierdzono podwyższoną zawartość Pb i Zn. Złagodzenie

skutków szkodliwego oddziaływania metali ciężkich na aktywność enzymów w omawianej glebie mogło być efektem podwyższenia wartości pH (do 7,1). Badania Januszka [4] dowiodły, że wraz z pyłami metali ciężkich dostają się do gleb również pyły alkaliczne. Stymulacji aktywności enzymatycznej gleby obiektu B₁ (początek lotniska) towarzyszyły największe wartości stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami i pojemności sorpcyjnej oraz największa zawartość węgla organicznego, co jak wiadomo sprzyja rozwojowi i aktywności drobnoustrojów glebowych.

Zmiany nasilenia aktywności enzymatycznej badanych gleb były zróżnicowane w zależności od rodzaju enzymu. Zjawisko to polegało na dużym zróżnicowaniu reakcji enzymów, wrażliwości i odporności na czynniki środowiskowe, jak i z zawartości w glebie specyficznych substratów dla reakcji enzymatycznych. Efektywność procesu mikrobiologicznej degradacji substancji ropopochodnych w warunkach tlenowych zależy w dużej mierze od aktywności enzymów należących do grupy oksydaz i dehydrogenaz. Zaobserwowana wysoka aktywność dehydrogenaz w glebach niektórych obiektów badawczych mogła być efektem obecności specyficznych substratów w środowisku skażonym produktami naftowymi, powodujących wzmoczenie syntezy tych enzymów [7]. Aktywność fosfataz, spośród wszystkich badanych enzymów, była najbardziej czułym wskaźnikiem zanieczyszczenia tych gleb produktami naftowymi, co znajduje potwierdzenie w wartości współczynnika korelacji prostej pomiędzy tymi enzymami a zawartością ropopochodnych w glebie ($r = -0,69^{**}$). Osłabienie aktywności fosfataz w glebie z punktu wydawania oleju napędowego mogło być związane z dużą wrażliwością tych enzymów na zanieczyszczenie środowiska glebowego metalami ciężkimi [1]. Przeciwnie tendencje obserwowano w przypadku aktywności dehydrogenaz i proteazy. Wysoki poziom aktywności dehydrogenaz i proteazy w glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi (obiekt A₁) można uzasadnić tym, że enzymy te wymagają dla swojej aktywności takich jonów, jak Zn^{+2} , Pb^{+2} czy Mn^{+2} [3]. W przeprowadzonych w niniejszej pracy badaniach znaleziono ścisłe korelacje pomiędzy aktywnością dehydrogenaz i proteazy a zawartością Pb i Zn w glebie (Tab. 4). Zjawisko wzrostu aktywności dehydrogenaz i proteazy w skażonych metalami ciężkimi glebach obserwował w swych badaniach Januszek [5]. Inhibicja aktywności ureazy w glebach cechujących się większą zawartością produktów naftowych i większym zakwaszeniem mogła mieć związek zarówno z dużą wrażliwością tego enzymu na zanieczyszczenia organiczne zawierające chlor, jak i ze zmianami odczynu gleby. Trawczyńska [15], badając wpływ zakwaszenia gleb na aktywność dehydrogenaz, fosfataz i ureazy, stwierdziła największy spadek aktywności ureazy w glebach najbardziej zakwaszonych.

WNIOSKI

1. Wybrane testy enzymatyczne dobrze odzwierciedlają degradujące działanie związków ropopochodnych na środowisko glebowe.
2. Aktywność fosfataz, spośród wszystkich badanych enzymów, była najbardziej czułym wskaźnikiem zanieczyszczenia gleb.
3. W badanych glebach efekt oddziaływania zanieczyszczeń substancjami ropopochodnymi na aktywność enzymów związany był z warunkami środowiska tj.: odczynem pH gleb, zawartością związków biogenych (N i P), metali ciężkich i właściwościami sorpcyjnymi gleb.
4. O możliwości wykorzystania badanych parametrów enzymatycznych w ocenie zmian zachodzących w glebie świadczą istotne wartości współczynników korelacji z wieloma analizowanymi cechami gleby.

PIŚMIENNICTWO

1. **Baath E.:** Effects of heavy metals in soil on microbial process and populations (a review) *Water, Air, and Soil Poll.*, 47, 335-379, 1989.
2. **Boszczyk-Maleszak H., Bieszkiewicz E., Lelas A., Dukielska A., Kaciszczenko J.:** Wpływ wybranych czynników biotycznych na przebieg biodegradacji produktów naftowych w glebie. *Zesz. Naukowe Politechniki Śląskiej*, 1487, 45, 109-118, 2000.
3. **Burns R.G.:** Extracellular enzyme-substrate interaction in soil. [W:] *Microbes in Their Natural Environments*. Red. H. Slater i in. Cambridge University Pre, New York, 249-298, 1983.
4. **Drzymała S.:** Zasady pobierania i przygotowania próbek glebowych do badań mikrobiologicznych. Wyd. Kat. Mikrobiologii Rolnej AR w Poznaniu „Ekologiczne aspekty mikrobiologii gleby”, Poznań, 65-71, 1998.
5. **Januszek K.:** Aktywność enzymatyczna wybranych gleb leśnych Polski południowej w świetle badań polowych i laboratoryjnych. *Zesz. Naukowe AR, Kraków, ser. Rozprawy*, 250, 1999.
6. **Ladd N., Butler J.H.A.:** Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. *Soil Biol. Biochem.*, 4, 19-30, 1972.
7. **Morgan P., Dixon R.A.:** Hydrocarbon degradation in soils and methods for soil biotreatment. *Critical Rev. Biotechnol.*, 8, 34-78, 1989.
8. **Nowak A., Hawrot M., Dudzińska A.:** Badanie biodegradacji substancji ropopochodnych w glebie oraz wpływu różnych zabiegów intensyfikujących szybkość tego procesu. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna*, 5, 11, 1013-1024, 1998.
9. **Piekarska K., Kołwzan B., Traczewska T.M.:** Zastosowanie metod biologicznych do prognozowania biodegradacji substancji ropopochodnych w gruntach. *Zesz. Naukowe Politechniki Śląskiej*, 1487, 45, 139-150, 2000.

10. **Smreczak B., Maliszewska-Kordybach B.:** Wpływ WWA na aktywność dehydrogenaz w glebie zanieczyszczonej związkami cynku, ołowiu i kadmu. Ogólnopolskie Symp. Naukowo-Techniczne „Bioremediacja gruntów“ Wisła-Bukowa, 41-45, 1998.
11. **Surygala J.:** Dobór metod oczyszczania gruntów skażonych produktami naftowymi. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna*, 7, 4, 339-355, 2000.
12. **Tabatabai M. A., Bremner J.M.:** Use of p-nitrophenol phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.*, 1, 301-307, 1969.
13. **Thalmann A.:** Zur Methodik derestimmung der Dehydrogenase aktivität in Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirtsch. Forsch.*, 21, 249-258, 1968.
14. **Traczewska T.M.:** Wpływ wybranych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) na naturalną mikroflorę glebową. *Zesz. Nauk. Politechniki Śląskiej*, 1487, 45, 139-150, 2000.
15. **Trawczyńska A.:** Próba oceny wpływu zakwaszenia gleby na jej aktywność biologiczną w aluwiałach górnego odcinka doliny Bzury. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 456, 243-249, 1998.
16. **Turek-Szytów J., Popławska M., Miksch K.:** Wpływ oleju antacenoowego na właściwości fizyczno-chemiczne gleby. Ogólnopolskie Symp. Naukowo-Techniczne „Bioremediacja gruntów“ Wisła-Bukowa, 107-116, 1998.
17. **Wolska L.:** Problemy oceny stopnia skażenia środowiska wodnego związkami organicznymi. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna*, 7, 4, 365-376, 2000.
18. **Zantua M.I., Bremner J.M.:** Comparison of methods of assaying urease activity in soils. *Soil Biol. Biochem.*, 7, 291-295, 1975.

ENZYMATIC ACTIVITY IN THE SOILS, CONTAMINATED WITH OIL-DERIVED PRODUCTS

S. Baran, E. J. Bielińska, A. Wójcikowska-Kapusta

Institute of Soil Science and Environment Management, University of Agriculture
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: tantal@consus.ar.lublin.pl

Summary. The investigation of the soil enzymatic activity was carried out on the military airport of Dęblin in the areas of the point sources of contamination, and where a surface dispersion of the contaminants, caused by the aircraft engines, takes place. It was proved there is a reversed line relationship between the activity of the analysed enzymes and the contents of the oil-derived products in the soil. The effect of the interaction of the soil-derived contaminants on the enzyme activity depended both on the environmental conditions (soil pH, contents of the biogenic elements like N and P, contents of heavy metals, soil sorption properties), and on the individual properties of a given enzyme.

Key words: oil-derived products, soil, enzymatic activity, heavy metals.