

Grażyna OLSZOWSKA

Instytut Badawczy Leśnictwa
Zakład Gospodarki Leśnej Rejonów Przemysłowych
ul. Św. Huberta 35, 40-952 Katowice
e-mail: kwapiszy@ibles.waw.pl

WPŁYW NAWOŻENIA MINERALNEGO NA AKTYWNOŚĆ BIOCHEMICZNĄ GLEB LEŚNYCH SKAŻONYCH PYŁAMI KADMOWO-CYNKOWYMI

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZATION ON THE BIOCHEMICAL
ACTIVITY OF FOREST SOIL CONTAMINATED WITH CADMIUM
AND ZINC DUSTS

Abstract. *Research on the influence of liming and fertilization with NPK on the activity of chosen enzymes in soils contaminated with cadmium and zinc dusts was carried out in the Niepołomice Forest in the years 1988-1992. Different reactions of the particular enzymes on applied fertilization were noted; fertilization did not cause significant changes in the activity of urease and acid phosphatase but increased the activity of asparaginase or invertase and diminished B-glucosidase activity. However, the fertilization caused significant increase of dehydrogenases activity on the all investigated plots. The activity of those enzymes could be considered as a sensitive bioindicator of the soil quality changes occurring as a result of fertilization in industrial regions.*

Key words: *forest soils, enzyme activities, cadmium and zinc dusts, liming and fertilization.*

1. WSTĘP

Aktywność biochemiczna związana jest z działalnością enzymów, które wydzielane są przez organizmy zasiedlające gleby, głównie grzyby, bakterie oraz promieniowce. Mogą one też pochodzić z martwych roślin i drobnoustrojów oraz drobnych korzeni roślin (TROJANOWSKI 1973, RUSSEL 1974). W środowisku glebowym ich aktywność jest uzależniona od właściwości fizykochemicznych gleb: składu mechanicznego, temperatury, wilgotności, struktury, pH, kompleksu sorpcyjnego, zawartości substancji organicznej i składu mineralnego (TROJANOWSKI 1973; BURNS 1978, 1982). Metale ciężkie wprowadzone do gleby wraz z pyłami przemysłowymi wywierają wpływ zarówno na aktywność biochemiczną żyjących w niej mikroorganizmów, jak i na reakcje przebiegające przy współdziałaniu enzymów zaadsorbowanych na koloidach glebowych (TYLER 1974; GADD, GRIFFITHS 1978).

Jednym ze sposobów poprawy właściwości biologicznych i fizykochemicznych gleby jest nawożenie mineralne i organiczne (BALICKA i in. 1977; OLSZOWSKI 1976a, b, 1980; KOBUS i in. 1987, 1988). W swych badaniach BALICKA i in. (1977) wykazali ponadto, że wapnowanie gleby narażonej na działanie emisji huty miedzi spowodowało stymulację procesu amonifikacji, nityfikacji, rozkładu celulozy i procesu oddychania. Znacznie zwiększyła się także liczba bakterii oraz pojawiły się promieniowce, niewystępujące w glebie nie wapnowanej.

W eksperymencie przeprowadzonym w latach 1988–1992 na poletkach doświadczalnych w Puszczy Niepołomickiej stwierdzono zahamowanie aktywności większości badanych enzymów przez wprowadzone do gleby pyły kadmowo-cynkowe (OLSZOWSKA 1998). Celem niniejszej pracy było określenie wpływu nawożenia NPK i wapnowania na aktywność wybranych enzymów w glebach wcześniej skażonych pyłami kadmowo-cynkowymi. Wykonano ją w ramach tematu 15.3.100201 na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych.

2. Obiekt i metodyka badań

Badania prowadzono w Puszczy Niepołomickiej na 10 poletkach doświadczalnych o powierzchni 240 m² każde, charakteryzujących się zbliżonymi warunkami glebowymi. Są to gleby bielcowe wykształcone na podłożu piasków słabo gliniastych, gliniastych lekkich oraz mocnych pochodzenia wodno-lodowcowego. W latach 1980–1981 wysiano na poletka pod okap drzewostanu sosnowego III klasy wieku pyły z elektrofiltrów huty cynku i ołowiu w Miasteczku Śląskim w dawkach 100, 500, 1000, 2000 i 5000 t/km²/rok pyłów kadmowych

i cynkowych (GRESZTA i in. 1989). Wiosną 1987 r. wszystkie poletka podzielono na połowę i zastosowano na jednej z nich wapnowanie w ilości 2 t/ha, a następnie nawożenie NPK — po 200 kg/ha każdego ze składników. Nawożenie NPK powtórzono wiosną 1989 r. w ilości o połowę mniejszej.

W latach 1988–1989 i 1991–1992, w okresach najwyższej aktywności enzymatycznej gleb (maj–czerwiec i wrzesień–październik) pobierano zbiorcze próbki gleb z 15–20 punktów dwa razy w ciągu roku. Glebę pobierano z poziomu organiczno–próchnicznego Oh/A, z części nienawożonej i nawożonej każdego poletka oraz z nie skażonego pyłami poletka kontrolnego (GRESZTA i in. 1987).

Do badań biochemicznych wybrano enzymy katalizujące najważniejsze procesy przemiany materii organicznej takie jak: rozkład węglowodanów (inwertaza i β -glukozydaza), przemiany związków azotowych (ureaza i asparaginaza), uwalnianie fosforanów nieorganicznych (fosfataza kwaśna) oraz procesy oksydo-redukcyjne (dehydrogenazy).

Inwertazę i β -glukozydazę oznaczono metodą jodometryczną, ureazę, asparaginazę, fosfatazę kwaśną i dehydrogenazy — kolorymetrycznie (RUSSEL 1972, GALSTJAN 1978). Opis powyższych metod przedstawiono w publikowanym wcześniej artykule (OLSZOWSKA 1998).

Węgiel organiczny oznaczono za pomocą analizatora węgla SC-132 firmy LECO, a pH gleb w H₂O i 1n KCl — potencjometrycznie (OSTROWSKA i in. 1991).

Sprawdzono założenia analizy regresji przy poziomie istotności 0,05, a do oceny wpływu nawożenia gleb na aktywność badanych enzymów zastosowano test t w pomiarach sparowanych. Przy testowaniu statystycznym badanych parametrów przyjęto poziom istotności $p = 0,05$ (BRUCHWALD 1989).

3. WYNIKI

W wyniku nawożenia mineralnego nastąpił istotny wzrost pH gleb (z 3,9–4,0 do 4,3–4,8) na poletkach skażonych pyłami kadmowymi. Zastosowane nawożenie nie wpłynęło w istotny sposób na pH gleb skażonych pyłami cynkowymi oraz poletka kontrolnego (tab. 1)

Zawartość węgla organicznego w poziomie organiczno–próchnicznym gleb była zróżnicowana. Największą zawartość węgla organicznego notowano na poletku nie nawożonym, o skażeniu 100 t/km²/rok pyłów kadmowych, tj. 12,9%. Równie wysoką zawartość węgla organicznego stwierdzono na poletkach: kontrolnym nienawożonym — 9,8% i nawożonym — 11,4%, a także na poletku nawożonym o skażeniu 100 t/km²/rok pyłów cynkowych, gdzie wynosiła 11,3% (tab. 1). Obserwowane różnice w zawartości węgla organicznego pomiędzy poletkami nienawożonymi a nawożonymi nie były istotne statystycznie.

Tabela 1

Table 1

Wpływ nawożenia na zawartość węgla organicznego i pH gleb skażonych pyłami przemysłowymi (średnie z 4 lat \pm odchylenie standardowe)

Influence of fertilization on the organic carbon contents and pH of contaminated soils with industrial dusts (mean from 4 years \pm standard deviation)

Rodzaj i dawka pyłu Kind and dosage of dust t/km ² /rok t/km ² /year	Węgiel organiczny Organic carbon %		pH H ₂ O	
	a	b	a	b
Kontrola Control	9,8 \pm 3,0	11,4 \pm 4,4	4,0 \pm 0,3	4,1 \pm 0,3
Pyły kadmowe Cadmium dusts				
100	12,9 \pm 5,5	7,6 \pm 2,6	3,9 \pm 0,2	4,5 \pm 0,4
500	5,8 \pm 2,0	6,6 \pm 2,9	3,9 \pm 0,1	4,8 \pm 0,6
1000	9,4 \pm 2,2	7,3 \pm 2,9	3,9 \pm 0,2	4,4 \pm 0,6
2000	6,3 \pm 1,3	8,3 \pm 3,1	4,0 \pm 0,3	4,3 \pm 0,4
5000	7,3 \pm 1,7	6,3 \pm 1,9	4,0 \pm 0,2	4,4 \pm 0,3
n=42	t=0,59		t=3,65*	
Kontrola Control	9,8 \pm 3,0	11,4 \pm 4,4	4,0 \pm 0,3	4,1 \pm 0,3
Pyły cynkowe Zinc dusts				
100	7,9 \pm 2,6	11,3 \pm 5,6	4,0 \pm 0,5	4,5 \pm 0,5
500	6,3 \pm 1,7	7,0 \pm 3,2	4,7 \pm 0,4	4,9 \pm 0,6
1000	9,2 \pm 2,6	8,7 \pm 2,9	5,1 \pm 0,6	5,1 \pm 0,5
2000	7,3 \pm 2,5	8,0 \pm 3,5	5,1 \pm 0,6	5,2 \pm 0,4
5000	9,3 \pm 3,9	7,8 \pm 4,7	5,4 \pm 0,6	5,4 \pm 0,7
n=42	t=1,06		t=1,66	

a — poletka nienawożone not fertilized plots

b — poletka nawożone fertilized plots

* istotna różnica pomiędzy glebą nienawożoną a nawożoną przy $p = 0,05$

* significant difference between not fertilized and fertilized soil with $p = 0.05$

Z grupy hydrolaz rozkładających węglowodany oznaczono aktywność inwertazy i β -glukozydazy. Wysianie nawozów na poletka kontrolne nie skażone wcześniej pyłami spowodowało niewielki wzrost aktywności inwertazy z 6,0 do 6,6 ml Na₂S₂O₃/10 g gleby. Obserwowane różnice w aktywności inwertazy pomiędzy poletkami nie nawożonymi a nawożonymi, skażonymi wcześniej pyłami kadmowymi, nie były istotne statystycznie. Zastosowane nawożenie wpłynęło natomiast w istotny sposób na wzrost aktywności tego enzymu na poletkach skażonych pyłami cynkowymi; na poletkach nawożonych aktywność inwertazy wzrosła średnio o 20–38% (tab. 2).

Aktywność β -glukozydazy na ogół zmniejszała się pod wpływem nawożenia: na poletku kontrolnym średnio z 9,2 do 7,8, a na poletkach skażonych pyłami kadmowymi średnio z 7,2 do 6,4 ml Na₂S₂O₃/10 g gleby. Nawożenie nie wywołało wyraźnej reakcji tego enzymu na poletkach skażonych pyłami

Tabela 2

Table 2

Reakcje enzymów na nawożenie gleb skażonych pyłami przemysłowymi (średnie z 4 lat ± odchylenie standardowe)

Influence of mineral fertilisation on forest soils contaminated with cadmium and zinc dusts

Rodzaj i dawka pyłu Kind and dosage of dust t/km ² /rok t/km ² /year	Inwertaza Invertase ml Na ₂ S ₂ O ₃ /10 g gleby ml Na ₂ S ₂ O ₃ /10 g of soil		Betaglukozydaza Betaglucosidase ml Na ₂ S ₂ O ₃ /10 g gleby ml Na ₂ S ₂ O ₃ /10 g of soil		Ureaza Urease mg NH ₃ /10 g gleby mg NH ₃ /10 g of soil		Asparaginaza Asparaginase mg NH ₃ /10 g gleby mg NH ₃ /10g of soil		Fosfataza kwaśna Acid phosphatase mg P ₂ O ₅ /100g gleby mg P ₂ O ₅ /100 g of soil		Dehydrogenazy Dehydrogenases mg TF/10 g gleby mg TF/10g of soil	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Kontrola Control	6,0 ± 1,8	6,6 ± 1,8	9,2 ± 2,2	7,8 ± 2,4	32,5 ± 18,9	30,2 ± 15,7	14,3 ± 5,1	17,7 ± 4,3	6,0 ± 2,1	6,9 ± 2,6	4,4 ± 2,0	5,3 ± 2,3
Pyły kadmowe Cadmium dusts												
100	6,5 ± 2,0	5,7 ± 1,7	8,0 ± 1,8	5,6 ± 2,6	25,5 ± 13,4	18,5 ± 12,3	13,6 ± 4,7	11,1 ± 1,9	5,4 ± 2,1	7,8 ± 2,3	1,8 ± 1,2	2,0 ± 1,3
500	4,9 ± 1,6	5,0 ± 0,9	6,3 ± 1,3	6,0 ± 0,9	22,9 ± 14,1	20,8 ± 12,6	9,6 ± 2,8	9,5 ± 2,5	8,0 ± 1,9	8,1 ± 2,3	1,2 ± 1,0	1,5 ± 1,0
1000	5,9 ± 2,7	6,6 ± 3,5	7,5 ± 1,5	6,6 ± 2,3	18,3 ± 7,4	22,6 ± 16,0	15,6 ± 4,9	12,7 ± 4,9	5,4 ± 1,6	6,6 ± 1,1	1,5 ± 1,0	2,0 ± 1,5
2000	4,8 ± 1,7	5,7 ± 2,4	7,4 ± 1,6	7,0 ± 2,4	20,9 ± 11,2	20,8 ± 10,5	11,4 ± 4,3	12,9 ± 5,3	7,1 ± 2,9	6,3 ± 1,3	0,6 ± 0,3	1,0 ± 0,4
5000	4,8 ± 1,5	4,6 ± 1,0	6,5 ± 1,7	6,6 ± 1,1	21,6 ± 11,2	21,7 ± 16,8	14,0 ± 5,3	12,6 ± 5,7	6,8 ± 2,5	7,5 ± 1,3	0,4 ± 0,2	0,7 ± 0,3
n=42	t=0,83		t=2,40*		t=0,20		t=0,33		t=1,71		t=3,30*	
Kontrola Control	6,0 ± 1,8	6,6 ± 1,7	9,2 ± 2,2	7,8 ± 2,4	32,5 ± 18,9	30,2 ± 15,7	14,3 ± 5,1	17,7 ± 4,3	6,0 ± 2,1	6,9 ± 2,6	4,4 ± 2,0	5,3 ± 2,3
Pyły cynkowe Zinc dusts												
100	4,2 ± 1,0	5,8 ± 1,9	6,4 ± 1,4	7,2 ± 8,7	25,2 ± 13,7	27,1 ± 16,4	14,2 ± 5,2	17,5 ± 6,6	6,8 ± 1,9	6,5 ± 2,5	1,8 ± 0,8	2,7 ± 1,6
500	4,5 ± 0,8	5,4 ± 1,6	6,0 ± 1,7	6,2 ± 2,0	22,8 ± 10,5	22,2 ± 14,2	9,6 ± 4,0	10,9 ± 5,2	7,0 ± 1,6	7,8 ± 1,7	0,8 ± 0,3	1,5 ± 1,1
1000	4,4 ± 1,2	5,7 ± 1,9	6,5 ± 1,5	6,8 ± 2,5	20,7 ± 10,1	16,7 ± 9,0	14,0 ± 6,3	15,1 ± 5,0	5,2 ± 1,2	6,1 ± 1,1	0,5 ± 0,1	0,9 ± 0,4
2000	4,9 ± 1,2	4,8 ± 0,8	6,8 ± 1,6	6,8 ± 2,5	15,1 ± 8,1	17,5 ± 9,5	11,3 ± 5,4	14,1 ± 4,1	6,6 ± 1,6	5,9 ± 0,6	0,6 ± 0,2	0,7 ± 0,2
5000	5,0 ± 2,0	5,0 ± 1,1	7,2 ± 1,3	6,3 ± 2,1	14,6 ± 5,9	13,5 ± 10,4	12,4 ± 6,4	12,5 ± 5,5	5,6 ± 1,7	6,5 ± 1,0	0,3 ± 0,1	0,6 ± 0,3
n=42	t=2,56*		t=0,50		t=0,62		t=2,23*		t=1,41		t=3,23*	

a — poletka nienawożone not fertilised plots

b — poletka nawożone fertilised plots

*istotna różnica pomiędzy glebą nienawożoną i nawożoną przy $p < 0,05$

*significant difference between not fertilised soil and fertilised soil with $p < 0.05$

wywołało wyraźnej reakcji tego enzymu na poletkach skażonych pyłami cynkowymi, poza nieznacznym wzrostem jego aktywności w glebach mniej zanieczyszczonych (przy dawkach 100–1000 t/km²/rok).

O stopniu rozkładu związków azotowych w glebie można sądzić na podstawie działalności ureazy i asparaginazy (tab. 2). Jak wskazują wyniki, aktywność ureazy była niższa po nawożeniu zarówno na poletku kontrolnym jak i na większości poletek skażonych pyłami kadmowymi i cynkowymi. Obserwowane różnice pomiędzy poletkami nawożonymi i nienawożonymi nie były istotne statystycznie.

Nawożenie nie miało istotnego wpływu na aktywność asparaginazy na poletkach skażonych pyłami kadmowymi. Na poletku kontrolnym natomiast zabieg ten spowodował wzrost aktywności tego enzymu o 23%, a na poletkach skażonych dawkami od 100 do 2000 t/km²/rok pyłów cynkowych — o 13–25%.

Wpływ nawożenia na aktywność fosfatazy kwaśnej nie był jednoznaczny. Notowano zarówno wzrost jak i spadek aktywności tego enzymu, a stwierdzone różnice pomiędzy poletkami nienawożonymi i nawożonymi nie były istotne statystycznie (tab. 2).

Z grupy oksydoreduktaz oznaczano aktywność dehydrogenaz. Przedstawione wyniki (tab. 2) wskazują, że zastosowane nawożenie wpłynęło w istotny sposób na reakcję tych enzymów. Spowodowało bowiem wzrost aktywności dehydrogenaz na poletkach skażonych pyłami kadmowymi i cynkowymi odpowiednio o 11–75% i 17–100% oraz w kontroli o 20%.

4. DYSKUSJA

Aktywność enzymów glebowych podlega wahaniom sezonowym związanym ze zmianami wilgotności, temperatury, dopływu materii organicznej a także aktywnością mikroorganizmów glebowych. DORMAAR i in. (1984) oraz JANUSZEK (1993) stwierdzili w swych badaniach dużą sezonową zmienność aktywności wielu enzymów glebowych, która z reguły nie występuje w doświadczeniach wazonowych (BADURA i in 1982, 1984). Prawdopodobnie, dzięki ochronnej roli kationów mineralnych i organicznych (LÄHDESMÄKI, PIISPANEN 1992), uwolnione do gleby enzymy zachowują swe właściwości przez długi okres (KISS 1975, 1986; PETTIT i in. 1977), co pozwala na wykorzystanie analiz długo przechowywanych prób glebowych. W związku z powyższym badania enzymatyczne można uznać za bardzo przydatną metodę oceny żyzności i produktywności gleb.

Z przeprowadzonych badań wynika, że nawożenie gleb skażonych pyłami kadmowo-cynkowymi spowodowało nieznacznym wzrost pH. Podwyższenie pH, wraz ze wzbogaceniem gleb w składniki pokarmowe, prawdopodobnie wpływa na rozwój i skład mikroorganizmów glebowych, a tym samym na aktywność badanych enzymów. Do podobnego wniosku doszli BADURA (1982) oraz

FRANKENBERGER i in. (1982), wskazując jednocześnie, że przy wzroście pH gleb dochodzi do unieruchomienia metali ciężkich, a przez to spadku ich toksyczności dla mikroorganizmów glebowych.

Badania TIWARIEGO i in. (1988), KUCHARSKIEGO i in. (1992) oraz OLSZOWSKIEJ (1997, 1998) wskazują, że istotnym czynnikiem determinującym aktywność enzymów glebowych jest zawartość substancji organicznej w glebie. Niniejsze badania wykazały, że zastosowane nawożenie mineralne nie wpłynęło w istotny sposób na zawartość węgla organicznego w badanych glebach. Pod względem zawartości węgla organicznego gleby poletek skażonych a następnie nawożonych nie różniły się, co pozwoliło na przeprowadzenie analizy porównawczej.

Wcześniejsze badania OLSZOWSKIEJ (1998) wykazały, że metale ciężkie wprowadzone z pyłami do gleby spowodowały inhibicję większości badanych enzymów glebowych. Powszechnie stosowanym zabiegiem, który sprzyja rozwojowi większości mikroorganizmów glebowych, a tym samym stymuluje procesy biochemiczne, jest nawożenie mineralne (BALICKA i in. 1977; OLSZOWSKI 1976a, b 1980; BADURA i in. 1982, 1984). Prezentowane wyniki kilkuletnich badań wskazują, że reakcja enzymów na zastosowane nawożenie mineralne wyrażona ich aktywnością nie była jednakowa. Zabieg ten wpłynął na wzrost aktywności inwertazy jedynie na poletkach skażonych wcześniej pyłami cynkowymi, a na poletkach skażonych pyłami kadmowymi nawożenie spowodowało obniżenie aktywności β -glukozydazy. Podobne wyniki badań uzyskali CIEŚLA i KOPER (1990), którzy stwierdzili wyższą aktywność inwertazy na poletkach nie nawożonych niż nawożonych NPK. Z kolei OLSZOWSKI (1976b, 1980) stwierdził niewielkie obniżenie aktywności tych enzymów w pierwszym roku po zastosowanym nawożeniu, a następnie niewielki wzrost ich aktywności. Badania KOBUSA i in. (1987) wskazują natomiast na istotny wzrost aktywności inwertazy w zdegradowanej glebie lessowej poddanej nawożeniu organicznemu.

Zastosowane nawożenie mineralne nie miało wpływu na aktywność ureazy, która, jak wykazały wcześniejsze badania (OLSZOWSKA 1988), była inhibowana przez wprowadzone pyły cynkowe. Wyniki te znajdują potwierdzenie w badaniach OLSZOWSKIEGO (1980) i KOBUSA i in. (1987), którzy w pierwszym roku po tym zabiegu obserwowali nawet obniżenie aktywności ureazy oraz niewielki jej wzrost w następnych latach. W cytowanych wyżej badaniach notowano także wzrost aktywności asparaginazy po nawożeniu NPK i wapnowaniu, podobnie jak stwierdzono to w niniejszych badaniach na poletkach skażonych pyłami cynkowymi i kontrolnym.

W prowadzonych badaniach obserwowano nieznaczny wpływ nawożenia na aktywność fosfatazy kwaśnej. Podobne wyniki uzyskali OLSZOWSKI (1976a, 1980), BADURA (1984) oraz CIEŚLA i KOPER (1990). CIEŚLA i KOPER (1990) sugerują, że zaobserwowany spadek aktywności fosfatazy kwaśnej był prawdopodobnie wynikiem znacznego zakwaszenia gleby, spowodowanego długotrwa-

łym i jednostronnym nawożeniem, jakie stosowano w przedstawionym doświadczeniu.

Pomimo notowanej we wcześniejszych badaniach znacznej inaktywacji dehydrogenaz, spowodowanej wprowadzonymi pyłami kadmowo-cynkowymi (OLSZOWSKA 1998), zastosowane nawożenie istotnie zwiększyło aktywność tej grupy enzymów, nawet o 100%. Potwierdzają to badania OLSZOWSKIEGO (1976b, 1980) oraz BADURY i in. (1982). BADURA i in. (1982) zaobserwował korzystny wpływ wapnowania gleby poddanej wcześniej działaniu miedzi na aktywność dehydrogenaz. Jednocześnie zauważa, że w badaniach polowych wpływ nawożenia na aktywność enzymów glebowych może być słabszy niż w doświadczeniach laboratoryjnych, gdzie brak wpływu czynników środowiskowych. Wyniki badań polowych OLSZOWSKIEGO (1976b, 1980) wskazują jednak, że kombinacja nawożenia NPK z równoczesnym wapnowaniem jest najbardziej korzystną formą poprawy aktywności biologicznej gleb zdegradowanych przez zanieczyszczenia przemysłowe.

Z prezentowanych badań wynika, że ze wszystkich badanych enzymów najwyraźniej na zmiany w środowisku glebowym reagują dehydrogenazy. Oznacza to, że ich aktywność może być czułym wskaźnikiem biologicznym również w przypadku badań efektów zabiegów nawożeniowych. Wywołany nawożeniem wzrost aktywności dehydrogenaz, wcześniej w poważnym stopniu zahamowany przez pyły kadmowo-cynkowe, może z czasem doprowadzić do aktywacji podstawowych procesów biochemicznych związanych z rozkładem i przemianą substancji organicznej. Pozwala to przypuszczać, że nawożenie może być skutecznym środkiem poprawy środowiska glebowego zdegradowanego wskutek zanieczyszczeń przemysłowych.

5. WNIOSKI

1. Równoczesne wapnowanie i nawożenie NPK gleb skażonych pyłami przemysłowymi stymuluje rozwój zasiedlających je drobnoustrojów, co przejawia się wzrostem aktywności niektórych enzymów glebowych.

2. Reakcja poszczególnych enzymów na nawożenie nie jest jednakowa i zależy od typu (składu chemicznego) oraz stopnia zanieczyszczenia gleb pyłami przemysłowymi.

3. Spośród analizowanych enzymów najbardziej wyraźną reakcję na zastosowane nawożenie wykazały dehydrogenazy. Pomiar ich aktywności może więc służyć jako czuły wskaźnik efektywności prowadzonych zabiegów nawożeniowych gleb leśnych zdegradowanych przez zanieczyszczenia przemysłowe.

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZATION ON THE BIOCHEMICAL ACTIVITY OF FOREST SOIL CONTAMINATED WITH CADMIUM AND ZINC DUSTS

Summary

Evaluation of the liming and fertilization influence on the activity of chosen soil enzymes was the aim of the research. Investigations were carried out in the Niepołomice Forest on the soils which had been contaminated with different dosage (100 to 5000 t/km²/year) of cadmium and zinc dusts. The research on enzymatic activity, soil acidity (pH) and contents of organic carbon (C) was carried out in the years 1988-1992. The fertilization applied increased pH of investigated soils but did not influence the contents of organic carbon. Reaction of particular enzymes on fertilization applied was different. This treatment did not cause changes in the activity of urease and acid phosphatase but increased asparaginase and invertase activity on contaminated plots with zinc dusts. In contrast, the decrease of B-glucosidase activity on the plots contaminated with cadmium dusts was noted. Dehydrogenases showed the most distinct reaction from all analysed enzymes on applied fertilisation. The increase of their activity after the treatment was noted on all experimental plots, independently on the degree of industrial dust contamination. The measurement of dehydrogenase activity could be considered as a sensitive index of fertilization treatment efficiency carried out on degraded by industrial pollution forest soils.

(Transl. T. O.)

PIŚMIENNICTWO

- BADURA L., KLISTALA B., PACHA J. 1982: Wpływ CaCO₃ na aktywność oksydoreduktaz w glebie potraktowanej CuSO₄. *Acta Biol. Siles.*, 10: 81-87.
- BADURA L., ORACZ M., PACHA J. 1984: Wpływ CaCO₃ na aktywność wybranych hydrolaz w glebie potraktowanej działaniu CuSO₄. *Acta Biol. Siles.*, 15: 28-37.
- BALICKA N., WĘGRZYN T., VARANKA M. 1977: Effect of industrial pollution on the soil microflora. *Transaction of the International Symposium "The Interaction of Soil Microflora and Environmental Pollutions"*, Vol. II. IUNG Puławy: 55-60.
- BRUCHWALD A. 1989: *Statystyka matematyczna dla leśników*. SGGW-AR Warszawa.
- BURNS R.G. 1978: *Soil enzymes*. Academic Press, New York.
- CIEŚLA W., KOPER J. 1990: Wpływ wieloletniego nawożenia mineralno-organicznego na ukształtowanie się poziomu fosforu organicznego i przyswajalnego oraz aktywności enzymatycznej gleby. *Rocz. Gleb.*, 41, 3/4: 73-83.
- DORMAAR J. P., JOHNSTON A., SMOLIAK M. D. 1984: Seasonal changes in carbon content and dehydrogenase, phosphatase and urease activities in mixed prairie and fescuegrassland Ah horizons. *Jurnal of Range Management*, 37: 31-35.
- FRANKENBERGER W. T., JOHANSON J. B. 1982: Effect of pH on enzyme stability in soils. *Soil Biol. Biochem.*, 14: 433-437.
- GADD G. M., GRIFFITHS A. J. 1978: Microorganisms and heavy metal toxicity. *Microbiol. Ecol.*, 4: 303-317.
- GALSTJAN A. S. 1978: Unifikacija metodov opredelenia aktivnosti fermentov počv. *Počvovedenie*, 2:107-114.
- GRESZTA J., BRANIEWSKA S., CHRZANOWSKA E., NOSEK A., CHŁODNY J., OLSZOWSKI J., ZWOLIŃSKI J. 1987: The influence of dusts from chosen industrial plants on particular links of forest ecosystem of the Niepołomice Forest. *Ekol. Pol.*, 35/2: 291-326.

- JANUSZEK K. 1993: Seasonal changes of enzyme activity in mor, moder and mull humus of selected forest soils in the Western Beskid Mountains. *Fol. For. Pol.*, 35: 59-75.
- KISS S., DRAGAN-BULARDA M., PASCA D. 1986: Activity and stability of enzyme molecules following their contact with clay mineral surfaces. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Biologia*, 31: 3-29.
- KISS S., DRAGAN-BULARDA M., RADULESCU D. 1975: Biological significance of enzymes accumulated in soil. *Advances in Agronomy* 27: 25-87.
- KOBUS J., KUREK E., CZECHOWSKA E., SŁOMKA D., KULPA D. 1987: Wpływ nawożenia organicznego na aktywność biologiczną zdegradowanej gleby lessowej. *Rocz. Gleb.*, 38, 1: 133-143.
- KOBUS J., KUREK E., JÓZEFACIUK CZ. 1988: Wpływ nawożenia organicznego na aktywność biologiczną zdegradowanej gleby lessowej. *Rocz. Gleb.*, 39, 1: 125-135.
- KUCHARSKI J., MILEWSKA-LARSKA T. 1992: Wpływ substancji organicznej i niektórych grup drobnoustrojów na liczebność i aktywność mikroorganizmów glebowych. III. Aktywność enzymów. *Zesz. Nauk. Akad. Tech. w Olsztynie*, 54: 34-41.
- LÄHDESMÄKI P. and PIISPANEN R. 1992: Soli enzymology: role of protective colloid systems in the preservation of exoenzyme activities in soil. *Soil. Biol. Biochem.*, 11: 1173-1177.
- OLSZOWSKA G. 1998: Wpływ pyłów kadmowo-cynkowych na aktywność wybranych enzymów glebowych. *Pr. Inst. Bad. Leśn., Ser. A*, 847: 112-125.
- OLSZOWSKI J. 1976a: The effect of fertilization on a pine forest ecosystem in an industrial region. *Ekol. Pol.*, 24, 3: 285-297.
- OLSZOWSKI J. 1976b: Nawożenie boru sosnowego w rejonie przemysłowych zanieczyszczeń powietrza. II Wpływ na siedlisko. *Sylwan*, 11: 9-26.
- OLSZOWSKI J. 1980: Wpływ nawożenia na aktywność biochemiczną gleb leśnych w rejonie przemysłowym. *Arch. Ochr. Środ.*, 3-4: 107-112.
- OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZUBIAŁKA Z. 1991: Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Plan Urządzenia Gospodarstwa Leśnego Nadleśnictwa Niepołomice na okres 1.01.1979-31.11.1988.
- RUSSEL S. 1972: Metody oznaczania enzymów glebowych. PTG Komisja Biologii Gleby. Warszawa.
- RUSSEL S. 1974: Drobnoustroje a życie gleby. PWN Warszawa.
- TIWARI S. C., TIWARI B. K., MISHRA R. R. 1988: Enzyme activity in soils: effects of leaching, ignition, autoclaving and fumigation. *Soil. Biol. Biochem.*, 20/4: 583-585.
- TROJANOWSKI J. 1973: Przemiany substancji organicznej w glebie. PWRiL Warszawa.