

OCENA STANU ŚRODOWISKA GLEBOWEGO OGRODÓW DZIAŁKOWYCH Z TERENÓW O RÓŻNYM ODDZIAŁYWANIU ANTROPOPRESJI POPRZEZ BADANIE AKTYWNOŚCI FOSFATAZ¹

Elżbieta Jolanta Bielińska

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska, Akademia Rolnicza w Lublinie

Wstęp

Znaczny procent warzyw i owoców spożywanych przez ludność miejską pochodzi z ogródków działkowych [WACŁAWEK i in. 1998]. W miarę rozwoju zabudowy miast wiele ogrodów znalazło się w pobliżu zakładów przemysłowych i tras o nasilonym ruchu samochodowym. Zwiększony dopływ zanieczyszczeń, często zawierających metale ciężkie, może negatywnie wpływać na biotyczne elementy środowiska glebowego i stwarza duże potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzi. Rośliny wyższe mogą kumulować pierwiastki śladowe do poziomu zagrażającego zdrowiu człowieka i utrzymywać się przy życiu na glebach zanieczyszczonych dużymi ich ilościami [SZTEKE, JĘDRZEJCZAK 1998].

Aktywność enzymatyczna gleby odzwierciedla stopień i wielkość zanieczyszczenia środowiska [JANUSZEK 1999; BIELIŃSKA 2002]. Najczęściej badanymi enzymami w glebach zagrożonych skażeniem antropogenicznym są fosfatazy, ponieważ reagują najszybciej na wzrost zawartości metali ciężkich w środowisku [BAATH 1989]. Aktywność fosfataz w glebach jest też jednym z elementów podlegających kontroli w ramach monitoringu środowiska w Szwecji i USA [JANUSZEK 1999].

Celem pracy była ocena stanu środowiska glebowego ogrodów działkowych z terenów o różnym oddziaływaniu antropopresji poprzez badanie aktywności fosfataz.

Materiał i metody

Badaniami objęto 12 ponad 30-letnich ogrodów działkowych zlokalizowanych w granicach administracyjnych następujących miast: a) na terenach o potencjalnie wysokim zagrożeniu skażeniem antropogenicznym (imisje przemysłowe i/lub uczęszczane szlaki komunikacyjne) – Bytom, Kraków 1, Lublin 1, Miastecz-

¹ Pracę wykonano w ramach projektu badawczego KBN nr 3 P06 S 012 24.

ko Śląskie 1 (w odległości 50 m od huty cynku i ołowiu), Miasteczko Śląskie 2 (w odległości 300 m od huty cynku i ołowiu), Zabrze; b) na terenach o potencjalnie niskim poziomie skażenia antropogenicznego (ogrody usytuowane na peryferiach miast) – Biała Podlaska, Kraków 2, Lublin 2, Sokołów Podlaski, Stalowa Wola, Terespol. Na terenie każdego z 12 wytypowanych ogrodów wybrano po jednej reprezentatywnej działce.

Próbki glebowe z wybranych działek pobrano we wrześniu 2004 roku z poziomu próchnicznego. Analizowana próbka glebowa była średnią z 5 próbek pobranych z każdego ogródka. Próbki wysuszono w temperaturze pokojowej i przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm. W tak przygotowanych próbkach glebowych oznaczono aktywność fosfataz metodą TABATABAI i BREMNERA [1969]; skład granulometryczny metodą Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego; odczyn – pH w 1 mol KCl-dm⁻³ [ISO 10390]; węgiel organiczny [ISO 14235]; azot ogółem [ISO 13878]; pierwiastki śladowe (Zn, Pb, Cd, Cu) rozpuszczalne w 20% HCl metodą ASA. Wszystkie oznaczenia wykonywano w trzech powtórzeniach.

Różnice między średnimi sprawdzono testem t, a istotność wyników – metodą analizy wariancji.

Wyniki i dyskusja

Gleby badanych ogrodów działkowych cechowały się zróżnicowanym składem granulometrycznym: od piasków luźnych do glin lekkich pylastych (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Skład granulometryczny gleb
Texture of soils

Miejscowość Nr Locality No	% zawartość frakcji o ϕ w mm; % of fraction in mm					
	> 0,1	< 0,1	< 0,05	< 0,02	< 0,005	< 0,002
Biała Podlaska	63	13	14	9	0	1
Bytom	47	14	21	15	2	1
Kraków 1	71	9	13	6	0	1
Kraków 2	61	6	13	12	6	2
Lublin 1	58	6	19	10	4	3
Lublin 2	26	12	50	4	4	4
Miasteczko Śląskie 1	64	11	14	8	2	1
Miasteczko Śląskie 2	80	6	6	5	2	1
Sokołów Podlaski	74	11	8	6	0	1
Stalowa Wola	29	15	23	14	11	8
Terespol	17	20	36	14	5	8
Zabrze	61	6	15	13	5	0

Analiza uziarnienia wskazywała na dużą zawartość frakcji pyłu (25–62%) w glebach z ogrodów położonych na terenie: Bytomia, Lublina, Stalowej Woli i Terespola. Wysoką zawartość części spławalnych wykazywały gleby z Terespola (27%) i Stalowej Woli (33%). W glebach z ogrodów zlokalizowanych na terenie Białej Podlaskiej, Krakowa, Miasteczka Śląskiego, Sokołowa Podlaskiego i Zabrze do-

minuje frakcja piasku, w ilości 61–80%. W przeszłości badane gleby należały według systematyki PTGleb. do działu gleb autogenicznych, sklasyfikowanych do dwóch rzędów: gleb brunatnoziemnych i gleb bielicoziemnych. Aktualnie, ze względu na silną zmianę ich chemizmu spowodowaną wieloletnią, intensywną działalnością człowieka kwalifikują się do gleb kulturoziemnych (urbanoziemów).

Większość gleb będących pod silną presją czynnika antropogenicznego wykazywała odczyn obojętny. Gleby położone na peryferiach miast miały z reguły odczyn lekko kwaśny (tab. 2). Alkaliczność gleb związana jest zarówno z opadem pyłów alkalicznych, jak i zasoleniem.

Zawartość węgla organicznego w poziomie próchnicznym badanych gleb była bardzo zróżnicowana (tab. 2). Najwięcej C org. (6,90%) stwierdzono w glebie z Miasteczka Śląskiego 1 (na działce położonej w odległości 50 m od huty cynku i ołowiu), a najmniej (1,20%) w glebie działki Lublin 2 (usytuowanej na peryferiach miasta). Relatywnie wysoką zawartością tego składnika cechowały się gleby ogródków na terenie Zabrze (2,88%), Miasteczka Śląskiego 2 – w odległości 300 m od huty (3,42%) i Bytomia (3,78%). Czynnikiem modyfikującym zasobność C org., oprócz intensywnego nawożenia ogrodów działkowych kompostami, obornikiem i torfem, była ilość tego składnika docierająca wraz z opadem suchym i mokrym do gleb położonych bliżej zakładów przemysłowych lub ruchliwych ulic. Stosunek C : N w glebach ogródków na terenach nie poddanych bezpośredniemu wpływowi czynnika antropogenicznego kształtował się w granicach 9,1–11,4 (tab. 2). W niektórych glebach będących pod silną presją skażeń przemysłowych lub komunikacyjnych stosunek C : N przekraczał 15 i dochodził do 23,6 (Bytom).

Tabela 2; Table 2

Aktywność fosfataz, zawartość węgla organicznego i azotu ogółem, stosunek C : N i pH
Phosphatases activity, content of carbon, nitrogen, C : N ratio and pH

Miejscowość Nr Locality No	Fosfatazy; Phosphatases (mmol PNP·g ⁻¹ ·h ⁻¹)	C N		C : N	pH _{KCl}
		%			
Biała Podlaska	142,7g	2,52c	0,22c	11,4b	5,6
Bytom	74,7c	3,78f	0,16b	23,6g	7,2
Kraków 1	79,7c	2,22c	0,18b	12,3c	7,0
Kraków 2	136,5	3,12d	0,30d	10,4b	6,1
Lublin 1	37,5b	1,68b	0,12a	14,0d	7,2
Lublin 2	105,7e	1,20a	0,11a	10,9b	7,1
Miasteczko Śląskie 1	22,8a	6,90g	0,44e	15,7e	6,1
Miasteczko Śląskie 2	72,5c	3,42e	0,29d	11,8c	6,8
Sokołów Podlaski	95,9d	2,34c	0,21c	11,1b	6,1
Stalowa Wola	108,5e	2,28c	0,20c	11,4b	7,2
Terespol	127,8f	1,46a	0,16b	9,1a	6,3
Zabrze	26,5a	2,88d	0,17b	16,9f	7,1

Wartości w kolumnie z tą samą literą nie są istotnie różne przy $p < 0,05$, test t; Values in the column followed by the same letter do not differ significantly at $p < 0.05$, t-test

W glebach badanych ogródków stwierdzono duże zróżnicowanie zawartości pierwiastków śladowych (tab. 3), co wiązało się ze stopniem narażenia gleb na skażenia antropogeniczne. CZARNOWSKA [1995] wyróżnia na terenach miejskich

gleby zanieczyszczone metalami ciężkimi oraz gleby silnie zanieczyszczone metalami ciężkimi. Według CZARNOWSKIEJ [1995] gleby zanieczyszczone metalami ciężkimi zawierają w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.: cynku – 200–1000, ołowiu i miedzi – 20–50, kadmu 2–3, a gleby silnie zanieczyszczone tymi metalami zawierają: cynku – ponad 1000, miedzi i ołowiu powyżej 200 i kadmu – powyżej 3 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby. Z danych zamieszczonych w tabeli 3 wynika, że do gleb silnie zanieczyszczonych metalami ciężkimi można zaliczyć gleby ogródków w Bytomiu i Miasteczku Śląskim (1) – w odległości 50 m od huty cynku i ołowiu. W przypadku działki w Miasteczku Śląskim 1 zwraca uwagę ekstremalnie wysoka zawartość Cd w glebie, aż 89,2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a także Zn (6570 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) i Pb (1919 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Silnie zanieczyszczone Cd były również działki: z terenu Zabrze (4,1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) i Miasteczka Śląskiego 2 – 300 m od huty (6,9 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Warto podkreślić, że kadm jest tym metalem, który najłatwiej gromadzi się w tkankach roślin, włączając się w ten sposób do łańcucha troficznego. Również cynk łatwo kumuluje się w roślinach. Kadm, obok ołowiu, cechuje zdolność do kumulacji w organizmie ludzkim, długi okres biologicznego półtrwania i związana z tym chroniczna toksyczność [SZTEKE, JĘDRZEJCZAK 1998]. Zgodnie z kryteriami określonymi przez CZARNOWSKĄ [1995] gleby ogródków działkowych: Lublin 1, Miasteczko Śląskie 2 i Zabrze były zanieczyszczone Zn, Pb i Cu. Na terenie Miasteczka Śląskiego kumulacja metali ciężkich w glebie działki położonej w najbliższym sąsiedztwie huty (50 m) była wielokrotnie większa (Cd – około 13-krotnie, Zn – ponad 8-krotnie, Pb – ponad 5-krotnie, a Cu – około 2-krotnie) niż w glebie działki położonej w odległości 300 m od źródła imisji. Świadczy to o miejscowej presji skażeń przemysłowych. Analiza korelacji pomiędzy zawartością C org. i składem granulometrycznym a ilością metali ciężkich nie wykazała istotnych zależności, co jest zgodne z wynikami uzyskanymi w innych badaniach [DROZD i in. 2001; PISAREK, ŻARCZYŃSKA 2002].

Tabela 3; Table 3

Zawartość pierwiastków śladowych rozpuszczalnych w 20% HCl
Trace elements soluble in 20% HCl

Miejscowość Nr Locality No	Zn	Pb	Cd	Cu
	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$			
Biała Podlaska	34	23	1,0	8,9
Bytom	1780	294	11,1	53,1
Kraków 1	160	65	2,1	27,1
Kraków 2	144	43	1,8	14,3
Lublin 1	227	64	1,4	32,3
Lublin 2	99	47	1,4	13,9
Miasteczko Śląskie 1	6570	1919	89,2	69,4
Miasteczko Śląskie 2	759	347	6,9	36,1
Sokołów Podlaski	113	16	1,2	12,3
Stalowa Wola	93	24	1,8	19,1
Terеспol	43	19	1,1	8,0
Zabrze	427	128	4,1	25,8

Przeprowadzone badania wykazały istotną inhibicję aktywności fosforów w glebach z terenów będących pod silną presją czynnika antropogenicznego

(tab. 2). Aktywność fosfataz w glebach ogrodów działkowych usytuowanych na peryferiach miast: Biała Podlaska, Kraków 2, Lublin 2, Sokołów Podlaski, Stalowa Wola i Terespol była kilkakrotnie większa niż w glebach położonych w pobliżu zakładów przemysłowych lub ruchliwych ulic (Bytom, Kraków 1, Lublin 1, Miasteczko Śląskie, Zabrze). Największą aktywność fosfataz stwierdzono w glebie ogródka działkowego na terenie Białej Podlaskiej ($142,7 \text{ mmol PNP}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$), a najmniejszą w glebie na działce w Miasteczku Śląskim 1 – 50 m od huty cynku i ołowiu ($22,8 \text{ mmol PNP}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$). Wysoka inaktywacja fosfataz powiązana była z zanieczyszczeniem środowiska glebowego metalami ciężkimi (tab. 3). Na terenie Miasteczka Śląskiego aktywność tych enzymów w glebie położonej 50 m od huty (silnie zanieczyszczonej metalami ciężkimi) była ponad 3-krotnie mniejsza niż w glebie z działki znajdującej się w odległości 300 m od huty. Na podstawie analizy korelacji wykazano jednoznacznie inhibitujący wpływ badanych metali na aktywność fosfataz (tab. 4), co wskazuje, że obciążenie gleb metalami ciężkimi osiągnęło poziom, który zagraża organizmom żywym. Z badań NOWAK i in. [2003] wynika, że w małych stężeniach metale mogą stymulować aktywność fosfataz, natomiast w dużych – powodują zarówno zmniejszenie liczebności organizmów wydzielających enzym, jak i całkowitą utratę funkcji katalitycznych enzymu. Relatywnie wysoki poziom aktywności fosfataz zanotowany w glebie ogrodu na terenie Bytomia, pomimo silnego zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi mógł się wiązać z dużą zawartością C org. (3,78%). DOELMAN i HAANSTRA [1989] dowiedli, że intensywność procesów inhibicji fosfataz w wyniku nadmiaru metali w glebie uzależniona jest od zawartości materii organicznej. Liczne dane z literatury przedmiotu informują o ścisłych dodatnich korelacjach pomiędzy zawartością próchnicy w glebie i aktywnością fosfataz. Na przykład BEYER i in. [1999] stwierdzili liniowy związek pomiędzy aktywnością fosfataz a zawartością węgla organicznego w różnych intensywnie użytkowanych rolniczo glebach. W niniejszych badaniach nie wykazano istotnej zależności pomiędzy aktywnością fosfataz a zawartością C org. w glebie. Mogło to być związane z niskim udziałem substancji próchnicznych w ogólnej zawartości substancji organicznej w glebach antropogenicznych [CZARNOWSKA 1995], a w konsekwencji ograniczonej dostępności łatwo przyswajalnego C, determinującego rozwój bakterii glebowych wytwarzających fosfatazę. SHULTEN i in. [1995] wykazali istotny wpływ jakości próchnicy na aktywność fosfataz. Cytowani autorzy stwierdzili ujemną korelację pomiędzy stosunkiem humusu do poziomu kwasu fulwowego i aktywnością fosfataz w glebie.

Podsumowując można stwierdzić, że aktywność fosfataz w glebach badanych ogródków działkowych odzwierciedla dopływ zanieczyszczeń antropogenicznych do środowiska. Obserwowany szeroki zakres aktywności fosfataz wskazuje na przydatność tej grupy enzymów do wskaźnikowej oceny jakości gleb. Biorąc pod uwagę bezpieczeństwo żywności oraz zdrowie ludzi istnieje potrzeba kontynuacji biomonitoringu gleb ogrodów działkowych.

Tabela 4; Table 4

Współczynniki korelacji pomiędzy aktywnością fosfataz a zawartością metali ciężkich
Correlation coefficients between phosphatase activity and heavy metals

Właściwości; Properties	Zn	Pb	Cd	Cu
Fosfatazy; Phosphatases	-0,81**	-0,78**	-0,83**	-0,62*

** istotne przy $p = 0,01$; significant at $p = 0.01$

* istotne przy $p = 0,05$; significant at $p = 0.05$

Wnioski

1. Uzyskane wyniki wskazują, że aktywność fosfataz w glebach badanych ogródków działkowych odzwierciedla dopływ zanieczyszczeń z obszarów miast.
2. Analiza korelacji pomiędzy aktywnością fosfataz a zawartością metali ciężkich wykazała, że na terenach będących pod silną presją czynnika antropogenicznego obciążenie gleb metalami osiągnęło poziom, który bezpośrednio wpływa na właściwości biologiczne gleby i może mieć działanie toksyczne.
3. Szeroki zakres aktywności fosfataz w glebach zanieczyszczonych wskazuje na przydatność tej grupy enzymów do szybkiej oceny jakości gleb antropogenicznych.
4. Oznaczanie aktywności fosfataz w glebach ogrodów działkowych może stanowić przydatne narzędzie kontroli stanu środowiska glebowego i potencjalnego zagrożenia wynikającego ze spożywania roślin uprawianych w danych warunkach glebowych.

Literatura

- BAATH E. 1989. *Effects of heavy metals in soil on microbial process and populations.* (a review). *Water, Air, and Soil Poll.* 47: 335–379.
- BEYER L., SIELING K., PINGPANK K. 1999. *The impact of a low humus level in arable soils on microbial properties, soil organic matter quality and crop yield.* *Biol Fert. Soils* 28(2): 156–161.
- BIELIŃSKA E.J. 2002. *Enzymatic activity of the soils as an indicator of their contamination.* *J. of Research and Application in Agricultural Engineering* 47(1): 38–44.
- CZARNOWSKA K. 1995. *Gleby i rośliny w środowisku miejskim.* *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 418: 111–115.
- DOELMAN P., HAANSTRA L. 1989. *Short and long-term effects of heavy metals on phosphatase activity on soils. An ecological dose-response model approach.* *Biol. Fertil. Soils* 2: 213–218.
- DROZD J., LICZNAR M., NOWAKOWSKI A. 2001. *Zawartość ołowiu i kadmu w glebach wzdłuż głównych tras komunikacyjnych miasta Wrocławia.* *Acta Agrophysica* 56: 105–114.
- JANUSZEK K. 1999. *Aktywność enzymatyczna wybranych gleb leśnych Polski południowej w świetle badań polowych i laboratoryjnych.* *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozprawy* 250: 132 ss.
- NOWAK J., SZYM CZAK J., SŁOBODZIAN T. 2003. *Próba określenia 50% progu toksyczności dawek różnych metali ciężkich dla fosfataz glebowych.* *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 492: 241–248.
- PISAREK I., ŻARCZYŃSKA B. 2002. *Antropogeniczne wzbogacenie w metale ciężkie gleb doliny Odry na terenie miasta Opola.* *Rocz. Glebozn.* 53(3/4): 75–83.
- SCHULTEN H.R., MONREAL C.M., SCHNITZER M. 1995. *Effect of long-term cultivation on the chemical structure of soil organic mater.* *Naturwissenschaften* 82(1): 42–44.

SZTEKE B., JĘDRZEJCZAK R. 1998. *Mineralne składniki owoców w żywieniu człowieka*. I Ogólnop. Symp. „Mineralne odżywanie roślin sadowniczych” Skierniewice, 1-2 XII 1998: 76-88.

TABATABAI M.A., BREMNER J.M. 1969. *Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity*. Soil Biol. Biochem. 1: 301-307.

WACŁAWEK W., KWAK A., KOSZAŁKA-NICZYPOR A., SZTAMBEREK-GOLA I. 1998. *Zanieczyszczenie chemiczne wody, gleby i roślin warzywnych pobranych z ogródków działkowych Kędzierzyna-Koźla*. Chemia i Inżynieria Ekologiczna 5(12): 1163-1178.

Słowa kluczowe: gleba, aktywność fosfataz, ogrody działkowe

Streszczenie

Oceniono stan środowiska glebowego ogrodów działkowych na terenach o różnym oddziaływaniu antropopresji poprzez badanie aktywności fosfataz. Badaniami objęto 12 ponad 30-letnich ogrodów działkowych zlokalizowanych na terenach o potencjalnie wysokim zagrożeniu skażeniem antropogenicznym (imisje przemysłowe i/lub uczęszczane szlaki komunikacyjne) oraz na terenach o potencjalnie niskim poziomie skażenia antropogenicznego (ogrody usytuowane na peryferiach miast). Przeprowadzone badania wykazały istotną inhibicję aktywności fosfataz w glebach na terenach będących pod silną presją czynnika antropogenicznego. Wysoka inaktywacja fosfataz powiązana była z zanieczyszczeniem środowiska glebowego metalami ciężkimi. Na podstawie analizy korelacji wykazano jednoznacznie inhibitujący wpływ badanych metali (Zn, Pb, Cd, Cu) na aktywność fosfataz. Wyniki te wskazują, że obciążenie gleb metalami ciężkimi osiągnęło poziom, który zagraża organizmom żywym. Oznaczanie aktywności fosfataz w glebach ogrodów działkowych może stanowić przydatne narzędzie kontroli stanu środowiska glebowego i potencjalnego zagrożenia wynikającego ze spożycia roślin uprawianych w danych warunkach glebowych.

EVALUATION OF THE ALLOTMENT SOIL ENVIRONMENT ON THE AREAS UNDER VARYING INFLUENCE OF ANTHROPOPRESSURE THROUGH ANALYSIS OF PHOSPHATASE ACTIVITY

Elżbieta Jolanta Bielińska

Institute of Soil Science and Environment Management,
Agricultural University, Lublin

Key words: soil, phosphatase activity, allotments

Summary

Allotment soil environments in areas under varying influence of anthropopressure through the analysis of phosphate activity was appraised. The analysis covered 12 30-year-old allotments located in areas of potentially high anthropo-

genic contamination (industrial emissions and/or frequented traffic routes) and in areas of potentially low anthropogenic contamination (allotments outside city limits). The analysis indicates a significant inhibition of phosphatase activity in the soil in areas under strong anthropogenic pressure. High phosphatase deactivation was related to contamination of the soil environment with heavy metals. Inhibiting the impact of the analysed metals (Zn, Pb, Cd, Cu) on phosphate activity was clearly proven on the basis of correlation analysis. These results indicate that soil contamination with heavy metals reached a dangerous level for organisms to live. Measurement of phosphatase activity in allotment soil may constitute a useful tool for controlling the condition of soil environment and of potential threats resulting from consumption of plants cultivated in specific soil conditions.

Dr hab. Elżbieta Jolanta **Bielińska**, prof. nadzw. AR
Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza
ul. Leszczyńskiego 7
20-069 LUBLIN
e-mail: tantal@agros.ar.lublin.pl