

ELŻBIETA JOLANTA BIELIŃSKA, BARBARA FUTA, SŁAWOMIR LIGĘZA

RELACJE POMIĘDZY ZAWARTOŚCIĄ WĘGLA ORGANICZNEGO I AKTYWNOŚCIĄ WYBRANYCH ENZYMÓW W GLEBACH MIEJSKICH

RELATIONSHIP BETWEEN ORGANIC CARBON CONTENT AND THE ACTIVITY OF SELECTED ENZYMES IN URBAN SOILS

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Abstract: The study objects were the humus horizons of soils in 12 allotments located in cities of eastern Poland. Gardens situated in city centres and suburbs were included too. The activity of the enzymes tested (dehydrogenases, phosphatases, proteases and urease) was several times lower in the soils of the gardens located in city centres than in the gardens situated in the suburbs. The correlations between the enzyme activity and organic carbon content in urban soil were of a various nature, depending on the location of the allotment gardens, which indicates that they are mainly determined by the intensity of the anthropogenic impact.

Słowa kluczowe: gleby miejskie, węgiel organiczny, aktywność enzymów.

Key words: urban soils, organic carbon, activity of enzymes.

WSTĘP

Ekstremalne przekształcenia antropogeniczne w krajobrazach miejskich modyfikują istotnie kształtowanie homeostazy w środowiskach glebowych [Bielińska 2006]. Dopyływ zanieczyszczeń z obszarów miast ma szczególne znaczenie w przypadku gleb ogrodów działkowych usytuowanych na terenach zurbanizowanych ze względu na duże potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzi [Chodak i in. 1995; De Kimpe, Morel 2000].

Testy enzymatyczne pozwalają na kompleksową ocenę stanu środowiska glebowego [Bielińska 2005]. Zmiany aktywności enzymatycznej gleb są najwcześniejszym sygnałem zmian intensywności procesów życiowych w środowisku, co wynika z tego, że wiele związków chemicznych nabiera cech toksycznych lub mutagennych po metabolicznych przekształceniach zachodzących w organizmach żywych [Hübner 2002]. Poziom

aktywności enzymów determinowany jest głównie zawartością węgla organicznego w glebie [Fierer i in. 2003]. Powszechne metody podnoszenia żyzności gleb w ogrodach działkowych, polegające między innymi na stosowaniu zabiegów, które mogłyby wyrównać deficyt związków próchnicznych, a także dopływ do gleb miejskich węgla pochodzenia antropogenicznego [Curzydło 1995], modyfikują zawartość substratów węglowych w środowisku glebowym.

Celem pracy było zbadanie ewentualnych relacji pomiędzy zawartością węgla organicznego i aktywnością wybranych enzymów w glebach ogrodów działkowych na terenie miast wschodniej Polski. Przeprowadzono badania aktywności następujących enzymów: dehydrogenaz, fosfataz, ureazy i proteazy. Enzymy te biorą bezpośredni udział w transformacji glebowej materii organicznej oraz obiegu azotu i fosforu w glebie, a także reagują wyraźnie na działanie czynników stresowych.

MATERIAŁ I METODY

Obiektami badań były poziomy próchniczne gleby 12 ponad 30-letnich ogrodów zlokalizowanych na terenie miast wschodniej Polski (Biała Podlaska, Białystok, Lublin, Rzeszów, Stalowa Wola, Zamość). Badaniami objęto jednocześnie ogrody działkowe położone w strefie śródmiejskiej, na terenach będących pod silną presją skażenia antropogenicznego oraz na obszarach peryferyjnych miast, o podobnych warunkach fizjograficznych i glebowych, lecz niepoddanych tak silnemu oddziaływaniu czynnika antropogenicznego. Potencjalnie wysokie zagrożenie skażeniem antropogenicznym reprezentowały obiekty: Biała Podlaska 1, Białystok 1, Lublin 1, Rzeszów 1, Stalowa Wola 1, Zamość 1, a niski poziom skażenia antropogenicznego (ogrody usytuowane na peryferiach miast): Biała Podlaska 2, Białystok 2, Lublin 2, Rzeszów 2, Stalowa Wola 2, Zamość 2.

Badaniami objęto ogrody zlokalizowane na glebach o składzie granulometrycznym glin lekkich pylastych. Na terenie każdego z 12 wytypowanych ogrodów wybrano po jednej reprezentatywnej działce.

Próbki glebowe do badań pobrano w czerwcu 2008 roku z miejsc, gdzie była uprawiana marchew. Analizowane próbki glebowe były średnimi z 5 próbek pobranych z każdego ogródka. Oznaczono w nich aktywność enzymów: dehydrogenaz [Thalman 1968], fosfataz [Tabatabai, Bremner 1969], ureazy [Zantua, Bremner 1975], proteazy [Ladd, Butler 1972]; pH w 1 mol·dm⁻³ KCl [PN-ISO 10390]; węgiel organiczny [PN-ISO 14235]; azot ogółem [PN-ISO 13878]. Wszystkie oznaczenia wykonywano w trzech powtórzeniach.

Wyniki opracowano statystycznie posługując się programem Statistica 6.0 PL.

WYNIKI I DYSKUSJA

Gleby ogrodów usytuowanych w strefach śródmiejskich charakteryzowały się wysokimi wartościami pH w KCl (6,9–7,5) (tab. 1). Alkaliczność gleb w centrach miast związana jest z opadem pyłów alkalicznych i zasoleniem [Czarnowska 1995]. Natomiast gleby z ogrodów położonych na peryferiach miast miały z reguły odczyn lekko kwaśny, (pH_{KCl} od 5,6 w Białej Podlaskiej do 6,4 w Rzeszowie), a tylko w przypadku ogrodów z Lublina

i Stalowej Woli – odczyn obojętny (pH_{KCl} 7,1 i 7,2) (tab. 1). Tak wysokie wartości pH w glebach obiektów Lublin 2 i Stalowa Wola 2 wiązały się z obecnością węglanu wapnia pochodzenia antropogenicznego, który został wprowadzony do gleby wraz z gruzem budowlanym zawierającym okrzuchy zaprawy piaszczysto-wapiennej.

Lokalizacja ogrodów wpłynęła istotnie na zawartość węgla organicznego i azotu ogółem w badanych glebach (tab. 1). Ilości C organicznego (Corg.) w glebach stref śródmiejskich były większe niż w glebach na peryferiach miast. Przeciwnie tendencje stwierdzono w przypadku zawartości N ogółem. Najwięcej Corg. ($23,18 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) stwierdzono w glebie ogrodu położonego w centrum Stalowej Woli, a najmniej ($12,95 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w glebie pochodzącej z obrzeży Lublina. Czynnikiem modyfikującym zawartość

Corg, oprócz intensywnego nawożenia ogrodów działkowych kompostami, obornikiem i torfem, mogła być ilość tego składnika docierająca wraz z opadem suchym i mokrym do gleb położonych bliżej zakładów przemysłowych i ruchliwych ulic. Oddziaływanie komunikacji samochodowej związane jest między innymi z zanieczyszczeniem środowiska glebowego pyłami czerni węglowej powstającej ze ścierania opon samochodowych, wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi (WWA), a także cząstkami asfaltu [Curzydło 1995].

W glebach ogródków położonych w strefie śródmiejskiej, w efekcie zwiększonego dopływu do środowiska glebowego węgla pochodzenia antropogenicznego wartości stosunku C:N były szersze niż w glebach na peryferiach miast (tab. 1). Stosunek C:N w glebach śródmiejskich kształtował się od 12,6 (Zamość 1) do 13,4 (Stalowa Wola 1), a w glebach położonych na peryferiach miast w granicach 8,4–9,6.

Aktywność enzymatyczna badanych gleb zależała istotnie od lokalizacji ogrodów działkowych (tab. 2). Generalnie, największą aktywnością analizowanych enzymów cechowały się gleby z terenu Białegostoku i Zamościa, a najmniejszą z Lublina i Stalowej Woli. W świetle braku wyraźnych kryteriów określających poziom aktywności enzymatycznej gleb porównano otrzymane wyniki (tab. 2) z danymi uzyskanymi na podstawie badań przeprowadzonych w ogrodach działkowych usytuowanych na terenie miast Górnego Śląska [Bielińska 2005] (tab. 3). Analiza wyników wskazuje, że w glebach pochodzących z miast Polski wschodniej aktywność wszystkich badanych enzymów była wielokrotnie większa niż w glebach z obszaru Górnego Śląska. Z danych przedstawionych przez Kucharskiego [1997] wynika, że aktywność enzymatyczna gleb ogrodów działkowych zlokalizowanych na terenie miast wschodniej Polski kształtowała się na poziomie charakterystycznym dla gleb o niezakłóconym przebiegu procesów biologicznych. Wyniki te jeszcze raz potwierdzają, że aktywność enzymatyczna gleb uzależniona jest istotnie od intensywności presji antropogenicznej.

TABELA 1. pH , zawartość węgla organicznego ogółem i azotu ogółem, stosunek C:N

TABLE 1. pH , content of total organic carbon and total nitrogen, ratio C:N

Miejscowość Nr Locality No	pH	C	N	C:N
	KCl	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$		
Biała Podlaska 1	6,9	20,43	1,58	12,9
Biała Podlaska 2	5,6	17,87	1,95	9,1
Białystok 1	6,9	21,92	1,69	12,9
Białystok 2	6,1	18,10	1,96	9,2
Lublin 1	7,3	16,86	1,31	12,8
Lublin 2	7,1	12,95	1,54	8,4
Rzeszów 1	7,2	19,48	1,49	13,0
Rzeszów 2	6,4	16,98	1,80	9,4
Stalowa Wola 1	7,5	23,18	1,72	13,4
Stalowa Wola 2	7,2	16,08	1,84	8,7
Zamość 1	7,0	21,31	1,68	12,6
Zamość 2	6,1	19,04	1,98	9,6
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		2,24	0,22	3,4

TABELA 2. Aktywność enzymatyczna gleb
TABLE 2. Enzymatic activity of soils

Miejscowość Nr Locality No	Dh	Ph	U	P
Biała Podlaska 1	2,3	59,3	12,8	4,3
Biała Podlaska 2	5,2	114,2	36,2	8,7
Białystok 1	2,7	68,1	14,3	5,4
Białystok 2	6,3	122,3	40,3	10,5
Lublin 1	1,8	47,2	9,5	3,2
Lublin 2	3,9	91,4	30,1	6,5
Rzeszów 1	1,9	50,8	10,9	3,7
Rzeszów 2	4,5	107,2	32,9	7,5
Stalowa Wola 1	1,1	29,6	8,2	2,3
Stalowa Wola 2	4,2	98,3	31,3	6,8
Zamość 1	3,1	75,3	20,7	6,1
Zamość 2	6,9	153,8	48,9	12,9
NIR _{0.05} – LSD _{0.05}	0,9	6,8	3,3	1,2

Dh – dehydrogenazy w $\text{cm}^3 \text{H}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,

Ph – fosfatazy w $\text{mmol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,

U – ureaza w $\text{mg N-NH}_4^+ \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,

P – proteaza w $\text{mg tyrozyny} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,

Dh – dehydrogenases in $\text{cm}^3 \text{H}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,

Ph – phosphatases in $\text{mmol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,

U – urease in $\text{mg N-NH}_4^+ \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,

P – protease in $\text{mg tyrosine} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

od lokalizacji ogrodów działkowych, a tym samym intensywności presji antropogenicznej. Istotną zależność pomiędzy aktywnością badanych enzymów a zawartością C organicznego wykazano wyłącznie w przypadku próbek glebowych pochodzących z ogrodów działkowych usytuowanych na peryferiach miast. W glebach obszarów peryferyjnych aktywność badanych enzymów była dodatnio skorelowana z zawartością Corg. $r = 0,89-0,92$, przy $p \leq 0,001$. Zupełny brak zależności pomiędzy zawartością węgla organicznego i aktywnością enzymatyczną gleb w strefach śródmiejskich mógł być związany z niskim udziałem substancji próchnicznych w ogólnej zawartości materii organicznej w glebach miejskich [Czarnowska 1995], a w konsekwencji ograniczonej dostępności łatwo przyswajalnego C, determinującego rozwój bakterii glebowych wytwarzających enzymy. Schulten i in.

Aktywność wszystkich analizowanych enzymów w glebach ogrodów działkowych usytuowanych na peryferiach miast była kilkakrotnie większa niż w glebach śródmiejskich (tab. 2). Z wcześniejszych badań własnych [Bielińska 2005, 2006, 2007] wynika, że znaczne osłabienie aktywności enzymatycznej gleb w strefach śródmiejskich wiąże się ściśle z zanieczyszczeniem środowiska glebowego metalami ciężkimi. Wyższa koncentracja pierwiastków śladowych w glebach położonych w centrum miasta w porównaniu z obszarami peryferyjnymi jest jedną z charakterystycznych właściwości gleb terenów zurbanizowanych [Alexandrowskaya, Alexandrovsky 2000; Gąsiorek, Niemyska-Łukaszuk 2004]. Najmniejszą aktywnością enzymatyczną cechowała się gleba obiektu Stalowa Wola 1, pomimo wysokiej zawartości C organicznego (tab. 1). W niniejszych badaniach relacje pomiędzy aktywnością enzymów a zawartością węgla organicznego i azotu ogółem oceniono na podstawie współczynników korelacji. Ocenę tę przeprowadzono dla całego obszaru badań, jak również w zależności

TABELA 3. Aktywność wybranych enzymów w glebach ogródków działkowych w miastach Górnego Śląska [Bielińska 2005]

TABLE 2. Activity of selected enzymes in soils from Upper Silesia's cities [Bielińska 2005]

Miasto – City	Dh	Ph	U	P
Bytom	0,8	34,7	5,4	1,3
Miasteczko Śląskie	0,5	22,8	2,6	1,1
Zabrze	0,6	26,5	5,8	1,4

Dh – dehydrogenazy w $\text{cm}^3 \text{H}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,

Ph – fosfatazy w $\text{mmol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,

U – ureaza w $\text{mg N-NH}_4^+ \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,

P – proteaza w $\text{mg tyrozyny} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,

Dh – dehydrogenases in $\text{cm}^3 \text{H}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,

Ph – phosphatases in $\text{mmol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,

U – urease in $\text{mg N-NH}_4^+ \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,

P – protease in $\text{mg tyrosine} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

[1995] wykazali istotny wpływ jakości próchnicy na aktywność enzymatyczną gleby. Cytowani autorzy stwierdzili ujemną korelację pomiędzy stosunkiem humusu do kwasów fulwowych i aktywnością enzymów w glebie. Nawet przy znacznej zawartości próchnicy wysoki udział w niej kwasów fulwowych zmniejsza aktywność enzymów. Może to być spowodowane niską masą cząsteczkową kwasów fulwowych i łatwością ich rozpadu. Wiązanie enzymów w kompleksach próchnicznych może chronić białka enzymatyczne, ale może powodować ich dezaktywację względem substratów o dużej masie cząsteczkowej [Shulten i in. 1995]. W przypadku azotu ogółem nie odnotowano istotnych zależności pomiędzy zawartością tego składnika w glebach a aktywnością badanych enzymów.

Gleba z obrzeży Białej Podlaskiej (Biała Podlaska 2) cechowała się istotnie mniejszą aktywnością badanych enzymów niż gleba pochodząca z ogrodu na peryferiach Białego-stoku (tab. 2). Gleby te, o bardzo zbliżonej zawartości węgla organicznego, różniły się wartościami pH (zanotowana różnica wynosiła 0,5 jednostki pH w 1 mol·dm⁻³ KCl) (tab. 1). Wieloletnie badania Januszka [1999] wykazały, że nawet niewielkie zmiany pH mogą znacznie zmienić aktywność enzymów.

WNIOSKI

1. Poziom aktywności enzymatycznej gleb badanych ogrodów działkowych wahał się w szerokich granicach, jednak wyraźnie zależał od ich lokalizacji. W glebach ogrodów usytuowanych w strefach śródmiejskich aktywność enzymów była kilkakrotnie mniejsza niż w glebach działek położonych na obrzeżach miast, co potwierdza zróżnicowanie układów ekologicznych na terenach zurbanizowanych w części centralnej i peryferyjnej.
2. Relacje pomiędzy aktywnością enzymów i zawartością węgla organicznego w glebach miejskich miały zróżnicowany charakter w zależności od lokalizacji ogrodów działkowych, co wskazuje, że determinowane są głównie stanem środowiska kształtowanego wpływami antropopresji.
3. Uzyskane wyniki mogą być pomocne w doborze wskaźników do szybkiej oceny stanu środowiska glebowego na terenach zurbanizowanych.

LITERATURA

- ALEXANDROWSKAYA E.I., ALEXANDROVSKY A.L. 2000: History of the cultural soil layer in Moscow and accumulation of anthropogenic substances in it. *Catena* **41**: 249–259.
- BIELIŃSKA E.J. 2005: Zastosowanie testów enzymatycznych do oceny jakości gleb ogrodów działkowych z terenów o różnym oddziaływaniu antropopresji. W: Problemy monitoringu i analityki środowiska. L. Pawłowski, M.R. Dudzińska, A. Pawłowski (red.) *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN* **33** (2): 301–308.
- BIELIŃSKA E.J. 2006: Wpływ antropogenicznego wzbogacenia gleb ogródków działkowych w metale ciężkie na aktywność enzymów glebowych. *Acta Agraria et Silvestria* **49**: 75–82.
- BIELIŃSKA E.J. 2007: Aktywność enzymów glebowych w ryzosferze mniszka lekarskiego jako wskaźnik stanu ekochemicznego gleb miejskich. *J. Research and Applications in Agricultural Engineering* **52** (3): 10–14.
- CHODAK T., SZERSZEŃ L., KABAŁA C. 1995: Metale ciężkie w glebach i warzywach ogrodów działkowych Wrocławia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **418**: 291–297.

- CURZYDŁO J. 1995: Skażenia motoryzacyjne wzdłuż dróg i autostrad oraz sposoby przeciwdziałania ujemnym skutkom motoryzacji w środowisku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **418**: 265–270.
- CZARNOWSKA K. 1995: Gleby i rośliny w środowisku miejskim. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **418**: 111–115.
- DE KIMPE CH.R., MOREL J.L. 2000: Urban soil management: a growing concern. *Soil Science* **165** (1): 31–40.
- FIERER N., SCHIMEL J.P., HOLDEN P. 2003: Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. *Soil Biol. Biochem.* **35**: 167–176.
- GĄSIÓREK M., NIEMYSKA-ŁUKASZUK J. 2004: Kadm i ołów w glebach antropogenicznych ogrodów klasztornych Krakowa. *Rocz. Glebozn.* **55**, 1: 127–134.
- HÜBNER H. 2002: Ekologiczne biomonitorowanie człowieka. W: Ekologia. Jej związki z różnymi dziedzinami wiedzy. A. Kurnatowska (red.). Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa - Łódź: 321–331.
- 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.
- KUCHARSKI J. 1997: Relacje między aktywnością enzymów a żyznością gleby. W: Drobnoustroje w środowisku. Występowanie, aktywność i znaczenie. Katedra Mikrobiologii Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie: 327–347.
- LADD N., BUTLER J.H.A. 1972: Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. *Soil Biol. Biochem.* **4**: 19–30.
- PN-ISO 10390:1997: Jakość gleby – Oznaczanie pH.
- PN-ISO 14235:2003: Jakość gleby – Oznaczanie zawartości węgla organicznego przez utlenianie dwuchromianem(VI) w środowisku kwasu siarkowego(VI).
- PN-ISO 13878:2002: Jakość gleby – Oznaczanie zawartości azotu całkowitego po suchym spalaniu („analiza elementarna”).
- SCHULTEN H.R., MONTREAL C.M., SCHNITZER M. 1995: Effect of long-term cultivation on the chemical structure of soil organic mater. *Naturwissenschaften* **81**, 1: 42–44.
- TABATABAI M.A., BREMNER J.M. 1969: Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* **1**: 301–307.
- THALMANN A. 1968: Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenase Aktivität in Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirtsch. Forsch.* **21**: 249–258.
- ZANTUA M.I., BREMNER J.M. 1975: Comparison of methods of assaying urease activity in soils. *Soil Biol. Biochem.* **7**: 291–295.

Prof. dr hab. Elżbieta Jolanta Bielińska
Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
20-069 Lublin, ul. Leszczyńskiego 7
e-mail: elzbieta.bielinska@up.lublin.pl