

ELŻBIETA JOLANTA BIELIŃSKA, JACEK PRANAGAL

## AKTYWNOŚĆ ENZYMATYCZNA JAKO WSKAŹNIK DEGRADACJI GLEB PYŁOWYCH UŻYTKOWANYCH ROLNICZO\*

### ENZYMATIC ACTIVITY AS AN INDICATOR OF DEGRADATION OF AGRICULTURALLY USED SILTY SOILS

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska, Akademia Rolnicza w Lublinie

*Abstract:* The aim of the study was to evaluate an effect of the intensity of agricultural use on changes in the activity of phosphatases in the soils developed from silty parent material. The evaluation of the environment of the silty soils of Lublin Province based on measurements of the activity of phosphatases showed that an intense agriculture use of chernozem and alluvial soil did not deteriorate their quality. The negative effect of the use of perennial monocultures on the activity of phosphatases was the most noticeable in haplic luvisols. The following pattern in the activity of phosphatases of the types of soils studied was shown: Haplic Phaeozem > Eutric Fluvisol > Haplic Luvisols.

*Słowa kluczowe:* gleby pyłowe, użytkowanie rolnicze, aktywność fosfataz.

*Key words:* silty soils, agricultural use, phosphatases activity.

### WSTĘP

Współczesne rolnictwo przyczynia się do postępującej degradacji gleb. Ekologiczne i biologiczne zachwianie równowagi w środowisku glebowym regulowane jest najczęściej za pomocą pestycydów i nawozów mineralnych. System ten, zależny od zewnętrznych nakładów, nie może spełniać warunków zrównoważonego rozwoju [Šarapatka, Dlouhý 1995]. Ocena jakości gleb użytkowanych rolniczo obejmuje nie tylko zdolności gleby do produkcji plonów, ale również bezpieczeństwo żywności oraz zdrowie zwierząt i ludzi [Torstensson i in. 1998].

\*Praca wykonana w ramach projektu badawczego Nr 2 P06R 059 26 finansowanego w latach 2004-2007 ze środków budżetowych Ministerstwa Nauki i Informatyzacji.

Przy ocenie wpływu zabiegów agrotechnicznych na ekosystem glebowy często stosowane są testy enzymatyczne [Kucharski 1997]. Podstawowe zalety biologicznych metod oceny stanu środowiska glebowego, opartych na oznaczeniach enzymatycznych, to przede wszystkim zdolność sumarycznego wyrażenia wpływu licznych czynników oraz dokonywania ocen parametrów niemożliwych do określenia w inny sposób, np. elementów metabolizmu komórkowego [Kieliszewska-Rokicka 2001]. Zmiany aktywności enzymatycznej gleb są najwcześniejszym sygnałem zmian intensywności procesów życiowych w środowisku [Gostkowska i in. 1998]. W badaniach jakości gleby wykorzystuje się te enzymy, które reagują wyraźnie na działanie czynników stresowych, a wielkość zmiany aktywności enzymatycznej związana jest z natężeniem działających czynników. Najczęściej badanymi enzymami w glebie agroekosystemów są fosfatazy, ponieważ reagują najszybciej na stresy środowiskowe spowodowane intensywnością użytkowania rolniczego [Clarholm 1993; Gupta, Germida 1988] i na zmiany użytkowania gleb [Adams 1992].

Celem niniejszych badań była ocena wpływu intensywności użytkowania rolniczego na zmiany aktywności fosfataz w glebach wytworzonych z utworów pyłowych wybranych regionów geograficznych Lubelszczyzny.

## MATERIAŁ I METODY

Badania aktywności fosfataz przeprowadzono na glebach należących do działu gleb autogenicznych, sklasyfikowanych do dwóch rzędów: gleb czarnoziemnych i gleb brunatnoziemnych, oraz należących do działu gleb napływowych z rzędu gleb aluwialnych. Wyboru obiektów dokonano na podstawie dwóch zasadniczych kryteriów: 1) skała macierzysta o rozkładzie granulometrycznym pyłów; 2) zróżnicowany sposób wieloletniego użytkowania – odmienny dobór uprawianych roślin, agrotechnika, nawożenie, stopień mechanizacji prac polowych, intensywność stosowania środków ochrony roślin.

Obiektami badań było 20 profilów gleb zlokalizowanych na obszarze makroregionów: Wyżyny Wołyńsko-Podolskiej i Wyżyny Lubelsko-Lwowskiej, na terenie następujących mezoregionów: Grzędy Sokalskiej (czarnoziem niezdegradowany wytworzony z lessu), Płaskowyżu Nałęczowskiego (gleba płowa typowa wytworzona z lessu), Wyniosłości Giełczewskiej (gleba płowa typowa wytworzona z pyłu, niecałkowita na opoce) i Kotliny Chodelskiej (mada rzeczna właściwa wytworzona z utworów pyłowych). W każdym objętym badaniami mezoregionie wybrano po pięć obiektów o zróżnicowanym sposobie wieloletniego użytkowania: ponad 20-letnie sady jabłoniowe; ponad 20-letnie chmielniki; przynajmniej stułetnie pola uprawne o dowolnym zmianowaniu; około pięćdziesięcioletnie, ekstensywne, trwałe użytki zielone i naturalne ekosystemy leśne z drzewostanem przynajmniej 150-letnim.

W objętych badaniami sadach i chmielnikach stosowano tradycyjne systemy uprawy. W sadach utrzymywano ugór herbicydowy w rzędach drzew za pomocą herbicydów triazynowych (simazyny – Azotop) i murawę w międzyrzędziach. Stosowano nawożenie wyłącznie azotem w formie saletry amonowej (34%), corocznie zwykle w dawce  $100 \text{ kg N} \times \text{ha}^{-1}$ . Zwalczanie chemiczne chorób i szkodników drzew prowadzono zgodnie z zaleceniami dla produkcyjnych sadów jabłoniowych. W chmielnikach

stosowano corocznie wysokie nawożenie mineralne, w ilości uzależnionej od zasobności gleby ( $\text{kg NPK} \times \text{ha}^{-1}$ : N 120–200,  $\text{P}_2\text{O}_5$  60–80,  $\text{K}_2\text{O}$  130–200), chemiczne środki ochrony roślin i mechaniczne ugorowanie międzyrzędzi. Na polach uprawnych podstawowe nawożenie mineralne obejmowało saletrę amonową, superfosfat i sól potasową w dawkach zależnych od zasobności gleby i od wymagań konkretnej rośliny. Pesticydów stosowano sporadycznie, w niewielkich dawkach. Objęte badaniami, ekstensywne, trwałe użytki zielone nawożono sporadycznie bez stosowania pestycydów.

Próbki glebowe do badań pobrano w okresie letnim 2004 roku. Glebę pobierano z następujących miejsc: sad – pas herbicydowy między drzewami, chmielnik – w rzędzie między karpami; pole – z pszenicy ozimej z międzyrzędzia; użytek zielony – losowo; las – z miejsc o ograniczonym zasięgu korzeni drzew. Próbki gleby pobierane były z dwóch wyodrębnionych z poziomu uprawno-próchnicznego (Ap) lub próchnicznego (Ah – w lasach) warstw 0–10 cm i 10–20 cm i dodatkowo z jednej warstwy spoza zasięgu oddziaływania elementów roboczych maszyn i narzędzi rolniczych – poniżej 35 cm z poziomów Bt lub Ah.

Glebę wysuszone w temperaturze pokojowej i przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm. W tak przygotowanych próbkach oznaczono aktywność fosfatyzacji metodą Tabatabai i Bremnera [1969]. Dodatkowo oznaczono odczyn badanych gleb – pH w  $\text{H}_2\text{O}$  i w  $1 \text{ mol} \times \text{dm}^{-3}$  KCl [ISO 10390].

Różnice między średnimi sprawdzono testem *t*-Studenta, a ich istotność – metodą analizy wariancji dla klasyfikacji potrójnej ortogonalnej przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

W obrębie badanych jednostek systematycznych gleb, sposób wieloletniego użytkowania przy równoczesnym stosowaniu zróżnicowanych zabiegów agrotechnicznych istotnie wpływał na kształtowanie się aktywności fosfatyzacji w glebie (tab. 1). Natężenie oraz kierunek obserwowanych zmian były zależne od typu gleby i głębokości analizowanej warstwy.

W analogicznych pod względem użytkowania obiektach największą aktywnością fosfatyzacji cechowały się czarnoziemy, potem mady, a najmniejszą gleby płowe (tab. 1). Każdy typ gleby, zależnie od jej pochodzenia i warunków rozwojowych jest odmienny pod względem zawartości materii organicznej, składu granulometrycznego i aktywności mikroorganizmów, a w konsekwencji intensywności procesów biologicznych [Gianfreda, Bollag 1996]. Poziom aktywności fosfatyzacji w glebach jest determinowany głównie zawartością węgla organicznego [Jordan, Kremer 1994], a czarnoziemy i mady rzeczne charakteryzują się relatywnie wysoką zawartością próchnicy. Liczne dane z literatury przedmiotu informują o ścisłych dodatnich korelacjach pomiędzy zawartością próchnicy w glebie i aktywnością fosfatyzacji. Na przykład Beyer i in. [1999] stwierdzili liniowy związek pomiędzy aktywnością fosfatyzacji a zawartością węgla organicznego w różnych intensywnie uprawianych rolniczo glebach. Również Aon i Colaneri [2001] wykazali silne współzależności pomiędzy zawartościami węgla organicznego i azotu ogółem z aktywnością fosfatyzacji kwaśnej i zasadowej w glebie użytkowanej rolniczo. Na aktywność fosfatyzacji w środowisku glebowym oddziałuje wiele czynników, zarówno

abiotycznych, jak i biotycznych. Należą do nich m.in.: zawartość mineralnych i organicznych koloidów, temperatura, właściwości wodno-powietrzne i odczyn gleby, zawartość pierwiastków biogennych, liczebność i stan gatunkowy mikroorganizmów [Aon, Colaneri 2001]. Czynniki te są w znacznym stopniu kształtowane przez system uprawy gleby [Gostkowska i in. 1998].

Wpływ intensywności użytkowania rolniczego na aktywność fosfatyz w glebach ujawnił się najwyraźniej w poziomie próchnicznym (warstwy 2–10 i 10–20 cm), co było z pewnością efektem najsilniejszego oddziaływania stosowanych zabiegów agrotechnicznych, w tym głównie chemicznych środków ochrony roślin.

W obrębie badanych typów gleb najmniejszą aktywność fosfatyz stwierdzono (tab. 1) w glebie chmielników i sadów jabłoniowych, a największą w glebie trwałych użytków zielonych. Na czarnoziemach i madach aktywność fosfatyz w glebach leśnych dorównywała aktywności tych enzymów w glebie użytków zielonych, a w przypadku czarnoziemiu nie różniła się statystycznie istotnie także od aktywności fosfatyz w glebie pola uprawnego.

Relatywnie niska aktywność fosfatyz w glebach badanych sadów i chmielników mogła być spowodowana zjawiskiem zmęczenia gleby (*soil-sickness*). Ten patologiczny stan gleby, będący efektem długotrwałej monokultury, wpływa ujemnie na metabolizm drobnoustrojów przejawiający się wytwarzaniem większej ilości toksyn i osłabieniem

TABELA 1. Aktywność fosfatyz badanych gleb (w mmol PNP  $\times$  kg<sup>-1</sup>  $\times$  h<sup>-1</sup>)

TABLE 1. Phosphatases activity of investigated soils (in mmol PNP  $\times$  kg<sup>-1</sup>  $\times$  h<sup>-1</sup>)

Gleba Soil	Warstwa Layer [cm]	Sposób użytkowania – Land use				
		Sad Orchard	Chmielnik Hop-garden	Pole Field	Trawy Grassland	Las Forest
Czarnoziem Haplic Phaeozem	0–10	140,21 l	135,14 l	162,56 n	166,84 n	171,36 n
	10–20	122,41 k	117,92 k	129,47 l	133,87 l	135,09 l
	>35	81,76 h	66,87 g	89,15 i	92,90 i	106,37 j
Płowa lessowa Haplic Luvisol (loess)	0–10	24,99 b	27,25 c	43,59 d	136,22 l	59,28 f
	10–20	19,28 b	22,01 b	26,61 c	101,25 i	29,08 c
	>35	12,30 a	13,73 a	15,84 a	30,87 c	16,61 a
Płowa niecałkowita Haplic Luvisol (non-uniform)	0–10	43,50 d	46,38 e	56,55 f	143,90 m	75,74 h
	10–20	21,24 b	43,16 d	55,42 f	77,02 h	46,85 e
	>35	16,32 a	16,80 a	32,67 c	43,76 d	13,22 a
Mada rzeczna Eutric luvisol	0–10	57,66 f	51,60 e	90,84 i	161,13 n	168,54 n
	10–20	44,52 d	45,56 e	57,92 f	98,09 j	97,38 j
	>35	30,09 c	27,12 c	37,87 d	63,12 f	53,31 e

Różnice między wartościami oznaczonymi tą samą literą (a, b, c...) są nieistotne statystycznie – Differences between values in the column followed by the same letter (a, b, c...) are statistical not significant.

aktywności enzymatycznej gleby [Barabasz i in. 1998]. Również Pawluczuk i Pach [1993] wykazali, że uprawa roślin w monokulturze odbija się negatywnie na aktywności enzymatycznej gleby.

Obserwowana inhibicja aktywności fosfataz w glebie chmielników mogła się również wiązać z wysokim nawożeniem mineralnym stosowanym w tradycyjnej uprawie chmielu. Podwyższony poziom nieorganicznego fosforu dostarczonego do gleby z nawożeniem obniża aktywność tej grupy enzymów [Kieliszewska-Rokicka 2001]. Haynes i Swift [1988] wykazali ujemną korelację pomiędzy zawartością fosforu dostępnego i aktywnością fosfataz. Również zabieg wapnowania zmniejsza aktywność fosfataz [Haynes, Swift 1988]. Badania Dicka i in. [1994] potwierdzają, że wieloletnia monokultura, intensywna uprawa i nawożenie odbijają się ujemnie na aktywności fosfataz w glebie.

W przypadku sadów bezpośrednią przyczyną osłabienia aktywności fosfatazowej gleb mogła być podwyższona śmiertelność mikroorganizmów wytwarzających fosfatazę ze względu na stosowanie simazyny. Badania oceniające wpływ różnych pestycydów na aktywność fosfataz w glebie wykazały, że herbicydy triazynowe obniżają istotnie ich aktywność [Schäffer 1993]. Ograniczony wieloletnim stosowaniem herbicydów dopływ świeżej substancji organicznej z pewnością potęgował niekorzystny wpływ użytkowania sadowniczego na aktywność fosfataz. Warto podkreślić, że świeża materia organiczna wpływa dodatnio na tempo rozkładu pestycydów w środowisku glebowym [Greaves, Malkomes 1980].

Nasilenie negatywnego wpływu wielkotowarowych monokultur (sady i chmielniki) na aktywność badanych enzymów zależało od typu gleby i uwidoczniło się najwyraźniej w przypadku gleb pływych (tab. 1). Na degradację biologiczną gleb brunatnoziemnych (gleby płowe i gleby brunatne wytworzone z lessu) pod wpływem tradycyjnej uprawy w sadach i chmielnikach wskazują także inne badania [Gostkowska i in. 1998; Bielińska i in. 2004]. Aktywność fosfataz w glebach badanych sadów i chmielników na czarnoziemach była mniejsza niż w glebach użytków zielonych o około 20%, na madach około 2–3-krotnie, a na glebach pływych około 3–5-krotnie. Złagodzenie ujemnego oddziaływania zabiegów agrotechnicznych na aktywność fosfataz w czarnoziemach mogło być związane z dość wysokim pH gleb (tab. 2), a także relatywnie dobrą zasobnością w materię organiczną. Tolerancja środowiska glebowego na działanie czynników stresowych jest zróżnicowana i zależy głównie od właściwości buforowych gleby [Łabuda, Niemira 2000]. Większa zawartość substancji organicznej w glebie zwiększa znacznie pojemność glebowego kompleksu sorpcyjnego, co ma korzystny wpływ na aktywność enzymów glebowych [Kucharski 1997].

W przypadku gleb pływych zwraca uwagę fakt, że aktywność fosfataz w glebach naturalnych ekosystemów leśnych była niższa niż w glebach pola uprawnego (tab. 1). Zjawisko to mogło być związane z bardzo silnym zakwaszeniem gleb leśnych, w których wartości pH w 1 mol  $\times$  dm<sup>-3</sup> KCl wahały się w granicach 3,5–3,9 (tab. 2). W bardzo kwaśnych glebach rozkład ściółki leśnej zachodzi wolniej niż w glebach o wyższym pH, co prowadzi do akumulacji materiału organicznego mniej rozłożonego. W efekcie niedostatecznego zaopatrzenia mikroorganizmów w łatwo dostępny C następuje osłabienie ich aktywności metabolicznej. Shulten i in. [1995] podkreślają istotny wpływ jakości próchnicy na aktywność fosfataz. Cytowani autorzy stwierdzili ujemną korelację

pomiędzy stosunkiem humusu do poziom kwasu fulwowego i aktywnością fosforów w glebie. Odczyn gleby ma istotne znaczenie dla syntezy biomasy mikrobiologicznej i udziału C biomasy mikrobiologicznej ( $C_{mic.}$ ) w ogólnej zawartości glebowego C organicznego [Kurek 2002]. Stosunek  $C_{mic.}$  do  $C_{org.}$  jest wskaźnikiem względnej dostępności substratów dla reakcji enzymatycznych. Wykazano, że %  $C_{mic.}$  obniża się wraz ze spadkiem pH gleby, może to być rezultatem wpływu zakwaszenia na szatę roślinną i związane z tym zmiany w ilości i jakości wydzielin korzeniowych [Kurek 2002].

Wysoki poziom aktywności fosforów obserwowany w przypadku gleb trwałych użytków zielonych i gleb leśnych (czarnoziem i mady) wskazuje, że częste zabiegi agrotechniczne mogą naruszać naturalną strukturalną i funkcjonalną równowagę biologiczną środowiska glebowego. Zakłócenia w zespołach mikroorganizmów i nasileniu procesów biochemicznych pod wpływem wzrastającej intensywności użytkowania rolniczego potwierdzają badania Masciandro i Ceccanti [1999]. W agroekosystemach, gleba jako układ otwarty, do którego dostają się lub są wynoszone różne substancje, narażona jest na ciągły wpływ czynników zarówno naturalnych, jak i antropogenicznych, wynikających z użytkowania rolniczego, zdecydowanie silniej niż w ekosystemach niemodyfikowanych. Naturalne krążenie składników biogenicznych w krajobrazach rolniczych ulega zakłóceniu poprzez nowy dopływ substancji chemicznych lub gwałtowną zmianę właściwości fizycznych i chemicznych gleby [Doran i in. 1996]. Składniki

TABELA 2. Odczyn badanych gleb – pH w  $H_2O$  i w  $1 \text{ mol} \times \text{dm}^{-3}$  KCl  
TABLE 2. Reaction of investigated soils – pH in  $H_2O$  and in  $1 \text{ mol} \times \text{dm}^{-3}$  KCl

Gleba Soil	War- stwa Layer [cm]	Sposób użytkowania – Land use									
		Sad Orchard		Chmielnik Hop-garden		Pole Field		Trawy Grassland		Las Forest	
		pH									
		$H_2O$	KCl	$H_2O$	KCl	$H_2O$	KCl	$H_2O$	KCl	$H_2O$	KCl
Czarnoziem Haplic Phaeozem	0–10	6,9	6,5	6,5	6,3	7,5	7,4	6,2	5,5	5,8	4,8
	10–20	7,6	7,4	6,5	5,9	7,6	7,5	6,5	5,7	5,0	4,0
	>35	6,5	5,6	6,3	5,7	7,7	7,5	6,6	5,8	6,4	5,4
Płowa lessowa Haplic Luvisol (loess)	0–10	3,9	3,3	5,6	5,0	6,6	5,4	6,5	5,5	4,5	3,5
	10–20	5,0	4,3	5,1	4,4	6,1	5,0	5,8	4,6	4,6	3,7
	>35	6,2	4,9	5,6	4,0	6,0	4,7	5,2	4,0	4,8	3,6
Płowa niecałk. Haplic Luvisol (non-uniform)	0–10	4,5	3,6	4,9	4,3	6,2	5,4	6,5	5,6	4,4	3,6
	10–20	4,8	3,5	4,2	4,0	6,6	5,8	7,3	5,7	4,4	3,8
	>35	5,3	4,0	4,5	4,1	5,9	4,5	7,5	7,0	4,5	3,9
Mada rzeczna Eutric Fluvisol	0–10	5,5	4,6	4,3	3,8	6,0	5,2	6,0	5,1	6,1	5,2
	10–20	5,2	4,2	5,0	4,3	5,8	4,9	5,9	4,9	6,2	5,2
	>35	5,5	4,6	6,1	5,1	6,0	5,0	6,0	5,0	6,6	5,5

wynoszone z plonem zostają zastąpione nawożeniem mineralnym i organicznym. Dodatkowe znaczenie mają takie czynniki, jak mechaniczna uprawa roli, wapnowanie, melioracje. W naturalnych ekosystemach leśnych lub w ekosystemach zbliżonych do naturalnych (trwałe użytki zielone) wzajemne oddziaływania pomiędzy roślinami wyższymi a mikroflorą glebową regulowane są reakcjami buforującymi oraz sprzężeń zwrotnych, warunkującymi homeostazę ekosystemu. Farrell i in. [1994] badając aktywność fosfatazy w glebie trwałych użytków zielonych i w glebie leśnej stwierdzili, że długotrwała uprawa trwałych użytków zielonych (69-letnia) prowadziła do 66% zredukowania aktywności fosfatazy, a 40-letnia uprawa gleby leśnej zmniejszała ją o 88%. Długotrwała uprawa tych gleb zmniejszała wartość  $V_{max}$  o 74 i 88%. Natomiast wartość stałej Michaelita (Km) wynosiła od 1,72 do 9,38 mM i zmniejszała się w miarę zwiększenia intensywności uprawy. Z badań Haynesa [1999] wynika, że po 5 latach od zmiany sposobu użytkowania pola uprawnego na pastwisko aktywność kwaśnej fosfatazy w glebie była większa o 100–180%, a zawartość C organicznego o 60% niż w glebie pola uprawnego. Kandeler i Murer [1993] badali wpływ konwencjonalnej uprawy na stabilność agregatów glebowych i procesy mikrobiologiczne w glebach ekstensywnych użytków zielonych. Badania te wykazały, że po zaoraniu użytków zielonych biomasa drobnoustrojów glebowych oraz aktywność enzymatyczna gleb ulegała gwałtownemu zmniejszeniu. Również Schulten i in. [1995] stwierdzili, że uprawa konwencjonalna wywołuje znaczące zmiany w jakości, składzie chemicznym i wielkości cząstek substancji organicznej gleby oraz zmniejszenie aktywności enzymów biorących udział w cyklu przemian C, N i P (zmniejszenie aktywności dehydrogenazy, ureazy i kwaśnej fosfatazy wahało się w zakresie od 60 do 80%).

We wszystkich obiektach badawczych aktywność fosfataz zmniejszała się wraz z głębokością analizowanej warstwy (tab. 1). Taka prawidłowość odpowiada rozmieszczeniu mikroorganizmów w profilach glebowych i wiąże się z zawartością substancji organicznej w glebach, której ilości szybko maleją w głębszych poziomach genetycznych.

Podsumowując uzyskane wyniki należy stwierdzić, że intensywne użytkowanie rolnicze czarnoziemowi praktycznie nie obniżyło jego jakości w odniesieniu do aktywności fosfatazowej. Również w madach aktywność fosfataz nie odbiegała zasadniczo od aktywności fosfatazowej gleb dobrej jakości i kształtowała się na poziomie, który nie zagraża organizmowi żywym, charakterystycznym dla gleb o niezakłóconym przebiegu procesów biologicznych. Przeprowadzone badania wskazują, że aktywność fosfataz odzwierciedlała złożone relacje pomiędzy aktywnością bioty glebowej, a składnikami gleby, które „buforują” wpływ intensywnych zabiegów agrotechnicznych. Świadczy to, że aktywność fosfatazowa może stanowić syntetyczny indeks jakości gleby. Indeks ten umożliwi ocenę warunków glebowych zarówno w aspekcie zdolności gleby do zachowania zasobów glebowej materii organicznej i do produkcji plonów, ale również właściwej jakości żywności i pasz. Przemawia to za dalszą kontynuacją badań tego parametru biochemicznego w glebach w aspekcie wpływu zabiegów uprawowych. Umożliwi to przestrzeganie zasad zrównoważonego rolnictwa w odniesieniu do użytkowanych zasobów glebowych.

## WNIOSKI

1. Ocena stanu środowiska glebowego wybranych regionów geograficznych Lubelszczyzny na podstawie pomiarów aktywności fosfataz wykazała, że intensywne użytkowanie rolnicze czarnoziem i mady obniżyło jakość tych gleb tylko w niewielkim stopniu.
2. Negatywny wpływ stosowania wieloletnich monokultur (chmielniki, sady) na aktywność fosfataz uwidocznił się najwyraźniej w przypadku gleb płowych.
3. Aktywność fosfataz była w dużym stopniu zróżnicowana w zależności od typu gleby. Wykazano następującą regularność w aktywności fosfatazowej badanych typów gleb: czarnoziem > mada > gleby płowe.
4. Szeroki zakres aktywności fosfataz w glebach wskazuje na przydatność tej grupy enzymów do oceny zmian w środowisku glebowym pod wpływem czynników zarówno naturalnych, jak i antropogenicznych.
5. Istnieje potrzeba kontynuacji monitorowania zmian w środowisku glebowym.
6. Uzyskane wyniki mogą być pomocne w doborze wskaźników wykorzystywanych do monitorowania i szybkiej oceny jakości gleby.

## LITERATURA

- ADAMS M.A. 1992: Phosphatase activity and phosphorus fractions in Karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) forest soils. *Biol. Fertility Soils* **14**: 200–204.
- AON M.A., COLANERI A.C. 2001: Temporal and spatial evolution of enzymatic activities and physical-chemical properties in an agricultural soil. *Applied Soil Ecology* **18**: 255–270.
- 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. Fertility Soils* **28**, 2: 156–161.
- BARABASZ W., SMYK B., CHMIEL M.J., VOŘIŠEK K. 1998: Zmęczenie gleby a skład mikroflory glebowej. W: „Ekologiczne aspekty mikrobiologii gleby”. Wyd. Kat. Mikrobiologii Rolnej AR, Poznań: 43–56.
- BIELIŃSKA E.J., SZEWCZUK C., GŁOWACKA A. 2004: Zastosowanie niektórych testów enzymatycznych do oceny czynników hamujących procesy degradacji gleby w uprawie chmielu. Mat. II Ogólnopolskiej Konf. „Biologiczne metody oceny stanu środowiska przyrodniczego”, Paradyż, 2–4 kwietnia 2004, 5.
- CLARHOLM M. 1993: Microbial biomass P, labile P and acid phosphatase activity in the humus layer of a spruce forest, after repeated additions of fertilizers. *Biol. Fertility Soils* **16**: 287–292.
- DICK R.P., SANDOR J.A., EASCH N.S. 1994: Soils enzyme activities after 1500 years of terrace agriculture in the Colca Valley, Peru. *Agr. Ecosyst. Environ.* **50**: 123–131.
- GIANFREDA L., BOLLAG J.M. 1996: Influence of natural and anthropogenic factors on enzyme activity in soil. W: Soil Biochemistry. Stotzky G., Bollag J.M. (red.) Marcel Dekker, New York **9**: 123–193.
- DORAN J.W., SARRANTONIO M., LIEBIEG M.A. 1996: Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy* **56**: 1–54.
- FARRELL R.E., GUPTA V.V., GERMIDA J.J. 1994: Effect of cultivation on activity and kinetics of arylophosphatase in Saskatchewan soils. *Soil Biol. Biochem.* **26**: 1033–1044.

- GREAVES M.P., MALKOMES H.P. 1980: Effects on soil microflora. W: Interactions between herbicides and the soil. (ed. Hance R.J.), Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.
- GUPTA V.V.S.R., GERMIDA J.J. 1988: Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classes as affected by cultivation. *Soil Biol. Biochem.* **20**(6): 777–786.
- HAYNES R.J. 1999: Size and activity of the soil microbial biomass under grass and arable management. *Biol. Fertility Soils* **30**, 3: 210–216.
- HAYNES R.J., SWIFT R.S. 1988: Effects of lime and phosphate addition on changes in enzyme activities, microbial biomass and levels of extractable nitrogen, sulphur and phosphorus in an acid soil. *Biol. Fertility Soils* **6**: 153–158.
- JORDAN D., KREMER R.J. 1994: Potential use of soil microbial activity as an indicator of soil quality. W: Soil biota: management in sustainable farming systems. Pankhurst C.E., Doube B.M., Gupta V.V.S.R., Grace P.R. (Eds.) CSIRO, Australia: 245–249.
- KANDELER E., MURER E. 1993: Aggregate stability and soil microbial processes in a soil with different cultivation. *Geoderma* **56**, 1–4: 503–513.
- KIELISZEWSKA-ROKICKA B. 2001: Enzymy glebowe i ich znaczenie w badaniach aktywności mikrobiologicznej gleby. W: Drobnoustroje środowiska glebowego. (red.) H. Dahm, A. Pokojka-Burdziej, UMK, Toruń: 37–47.
- KUCHARSKI J. 1997: Relacje między aktywnością enzymów a żyznością gleby. [W:] Drobnoustroje w środowisku, występowanie, aktywność i znaczenie. (red.) W. Barabasz, AR Kraków: 327–348.
- KUREK E. 2002: Związki przyczynowo-skutkowe aktywności mikrobiologicznej i zakwaszenia gleb. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **482**: 307–316.
- ŁABUDA S., NIEMIRA A. 2000: Potrzeba uwzględnienia właściwości gleby i warunków glebowych oraz metod ekstrakcji w ocenie zagrożeń środowiskowych pierwiastkami śladowymi. *Chem. Inż. Ekol.* **7**, 5: 465–471.
- MASCIANDARO G., CECCANTI B. 1999: Assessing soil quality in different agroecosystems through biochemical and chemico-structural properties of humic substances. *Soil Till. Res.* **51**, 1–2: 129–137.
- PAWLUCZUK Z., PACH K. 1993: Wpływ roślin uprawianych w monokulturze i zmianowaniu na aktywność enzymatyczną warstwy uprawnej gleby. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* **37**: 143–152.
- ŠARAPATKA B., DLOUHÝ J. 1995: Perspektivy trvale udržiteľných zemědělských systému z mezinárodního pohledu. W: Trvalo udržateľné hospodárenie v kultúrnej krajine. Kováč K. and Procházka B. (eds.): DT ZSVTS Nitra, Slovak Republic: 71–75.
- SCHÄFFER A. 1993: Pesticide effects on enzyme activities in the soil ecosystem. *Soil Biochem.* **8**: 273–340.
- SCHULTEN H.R., MONREAL C.M., SCHNITZER M. 1995: Effect of long-term cultivation on the chemical structure of soil organic matter. *Naturwissenschaften* **82**, 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.
- TORSTENSSON L., PELL M., STEINBERG B. 1998: Need of strategy for evaluation of arable soil quality. *Ambio* **1**: 4–8.

*Dr hab. Elżbieta Jolanta Bielińska*  
*Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska AR,*  
*20-069 Lublin, ul. Leszczyńskiego 7*  
*e-mail: elzbieta.bielinska@ar.lublin.pl*