

## WPŁYW ZABIEGÓW REKULTYWACYJNYCH NA AKTYWNOŚĆ ENZYMATYCZNĄ SKŁADOWISK POPIOŁÓW ELEKTROWNIANYCH

*Mirosława Gilewska, Anna Płóciniczak, Krzysztof Otremba*

Zakład Rekultywacji, Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji,  
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

### Wstęp

Składowiska popiołów elektrownianych, z racji ich pylenia i często bliskiej lokalizacji zabudowań ludzkich, są zaliczane do obiektów uciążliwych dla środowiska. Pod względem właściwości chemicznych i fizycznych skała popiołowa nie ma swojego odpowiednika w przyrodzie. Cechuje ją nie zrównoważony układ pierwiastków: nadmiar w stosunku do wymagań pokarmowych roślin wapnia, sodu, magnezu i boru oraz niedobór azotu i fosforu. Specyfiką skały popiołowej jest także wyjątkowo wysoki odczyn oraz niewielka ilość wody dostępnej dla roślin [GILEWSKA 2004]. Biologiczna rekultywacja składowisk popiołowych należy więc do przedsięwzięć niezwykle trudnych. Jednak odpowiednio dobrane i zastosowane zabiegi rekultywacyjne, a w szczególności naprawa wadliwego chemizmu tej skały, zmieniają ten stan i umożliwiają wegetację roślin. Składowiska w krótkim czasie, jak podaje GILEWSKA [2004], zostają zadarnione i zadrzewione.

Szata roślinna jest jednym z najbardziej wiarygodnych wskaźników oceny właściwości siedliska. Za interesujące uznano wykorzystanie równie miarodajnego i czułego wskaźnika, jakim jest aktywność enzymatyczna. Określa ona nie tylko tempo metabolizmu glebowego, lecz także intensywność procesów glebotwórczych, zachodzących w glebie lub rekultywowanym gruncie [BIELIŃSKA, WĘGOREK 2003; GILEWSKA, PŁÓCINICZAK 2004a, 2004b] a także, jak należy sądzić, w skałe popiołowej. Niniejsza praca dotyczy aktywności enzymatycznej gruntów składowiska suchego odpopielania elektrowni „Adamów”.

### Materiał i metody badań

Składowisko suchego odpopielania jest zlokalizowane w Turku, w pobliżu Elektrowni „Adamów”. Przez wiele lat stanowiło ono odrażający i uciążliwy dla środowiska obiekt. Wielokrotne próby jego rekultywacji nie przynosiły oczekiwanych rezultatów. Skarpy składowiska były nagie i rozmyte licznymi rynnami erozyjnymi. Wierzchowinę pokrywał rzadki i rachityczny drzewostan robiniowy oraz kikuty obumarłych drzew i krzewów. Skuteczną biologiczną rekultywację składo-

wiska przeprowadzono dopiero w latach 1993–1997. Realizowano ją zgodnie z zasadami koncepcji gatunków docelowych Bendera [BENDER, GILEWSKA 2004]. Podstawowym zabiegiem rekultywacyjnym, zastosowanym na tym składowisku, była naprawa chemizmu gruntu-skały, realizowana w formie nawożenia mineralnego. Rola nawożenia mineralnego, w tym przypadku, polegała nie tylko na dostarczeniu roślinom niezbędnych składników pokarmowych, ale również na ingerencji w nie zrównoważony układ kationów i anionów. Wierzchowina oraz skarpy składowiska zostały zalesione gatunkami kalcyfilnymi, tolerującymi silne zasolenie.

W wyniku zastosowanych zabiegów rekultywacyjnych w składzie drzewostanu dominują obecnie: robinia akacja (*Robinia pseudoacacia* L.), jesion pensylwański (*Fraxinus pensylvanica* MARSHALL), jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.), klon zwyczajny (*Acer platanoides* L.) i klon jesionolistny (*Acer negundo* L.). Podszyt stanowią: oliwnik wąskolistny (*Elaeagnus angustifolia* L.), karagana syberyjska (*Caragana arborescens* LAM.), tamaryszek drobnokwiatowy (*Tamarix parviflora* DC.), jaśminowiec wonny (*Philadelphus coronarius* L.) i śnieguliczka biała (*Symphoricarpos albus* (L.) S. F. BLAKE). W składzie runi obecna jest: kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.), kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* HUDS.) oraz trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos* (L.) ROHM). Wiek drzewostanu jest zróżnicowany i wynosi od 7 do 18 lat. Przeważa jednak drzewostan siedmioletni.

Analizę właściwości chemicznych i aktywności enzymatycznej wierzchniej jednometrowej warstwy gruntu popiołowego przeprowadzono na materiale glebowym pobranym z 18 profili, odkrytych na wyznaczonych fragmentach składowiska. 9 profili zostało odkrytych na powierzchniach pokrytych roślinnością drzewiastą – głównie robinią akacją, a pozostałe 9 na powierzchniach zadarnionych. W niniejszej pracy omówiono właściwości chemiczne i biologiczne wierzchniej warstwy gruntu składowiska popiołowego na podstawie spełniających postulaty niezależności i losowości, a więc reprezentatywnych dla analizowanych powierzchni, profili glebowych. Profil nr 1 reprezentował powierzchnię zdominowaną przez roślinność zielną, a profil nr 2 powierzchnię pokrytą robinią akacją.

W próbkach gruntu, pobranych z poziomów 0–10, 10–25, 25–50, 50–70 i poniżej 70 cm, oznaczono metodami konwencjonalnymi uziarnienie oraz podstawowe właściwości chemiczne [MOCEK i in. 1997]. Zawartość węglanów aktywnych oznaczono metodą Drouineau w modyfikacji LOEPPERT i SUAREZ [1996]. Właściwości biologiczne gruntu określono na podstawie aktywności enzymów, uczestniczących w przemianach związków węgla i azotu – inwertazy (AI) i ureazy (AU) [ŠČERBAKOWA 1983], a także związków fosforu – fosfatazy zasadowej (APh) [TABATABAI, BREMNER 1969]. Tempo procesów oksydoredukcyjnych, zachodzących w tej skale obrazowała aktywność dehydrogenazy (ADh) [GALSTÄN 1978] i katalazy (AC) [ŠČERBAKOWA 1983].

## Wyniki badań i dyskusja

Wszystkie z 18 odkrytych profili glebowych wyróżniały się ciemnym zabarwieniem, będącym wynikiem obecności resztek niespalonego węgla. Stanowią one od 2 do 8% popiołu. Ciemna barwa popiołów powoduje pochłanianie znacznej ilości energii słonecznej. Temperatura wierzchniej warstwy popiołów w słoneczne dni przekraczała często 60°C. Ponadto znaczne rozdrobnienie cząstek popioło-

wych i związana z tym duża powierzchnia właściwa ( $150\text{--}300\text{ m}^2\text{kg}^{-1}$ ) powodowała bardzo szybkie przesychanie gruntu.

W każdym profilu glebowym wyraźnie zaznaczona była warstwa ściółki o miąższości od 2 do 3 cm. Pod warstwą ściółki w profilach odkrytych na powierzchni zadarnionej znajdowała się około 25 cm warstwa rozluźnionej skały popiołowej, silnie poprzerastana korzeniami traw. Ilość korzeni traw oraz rozluźnienie skały popiołowej malały wraz z głębokością profilu glebowego. Poniżej 50 cm skała popiołowa była twarda, silnie scementowana i niepodatna na rozkruszanie. W profilach reprezentujących powierzchnię z roślinnością drzewiastą miąższość rozluźnionej warstwy popiołu również dochodziła do 25 cm. Obecne w niej były korzenie drzew. W przypadku robinii akacyjowej dochodziły one nawet do 70 cm głębokości. Na korzeniach robinii można było zaobserwować brodawki bakterii z rodzaju *Rhizobium*.

Uziarnienie skały popiołowej w obrębie profili nr 1 i nr 2 było podobne (tab. 1). Większość badanych próbek glebowych sklasyfikowano jako piasek gliniasty lub jako glinę piaszczystą. Zawartość ilu koloidalnego wynosiła od 1 do 3%. Jest to wada tego tworzywa glebowego. W glebach mineralnych il koloidalny jest frakcją bardzo aktywną, odpowiedzialną za właściwości sorpcyjne i wodne gleby. Pełni on również funkcje ochronne w stosunku do mikroorganizmów i wydzielanych przez nie enzymów, zapobiegając dezaktywacji przez bakterie proteolityczne. Zasadowy odczyn badanych gruntów, korzystny dla rozwoju mikroorganizmów glebowych, uwarunkowany był głównie zawartością węglanów wapnia (tab. 1). Obok węglanów wapnia, w przekroju wszystkich profili znajdowały się także węglany aktywne. Ich zawartość mieściła się w przedziale od 50 do  $71\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  i wzrastała wraz z głębokością. Obecność węglanów aktywnych wskazując na zachodzące w tej skałe popiołowej procesy karbonatyzacji, uznawane za jeden z najważniejszych procesów lito- i pedogenicznych.

Zawartość węgla organicznego oscylowała w granicach  $33,3\text{--}41,2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Są to wartości znacznie przewyższające zawartość tego składnika w glebach mineralnych. Ilość azotu kształtowała się na poziomie od  $0,59$  do  $1,20\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  i była nieznacznie mniejsza w gruncie pod robinią akacyjową. Zaletą robinii jest zdolność asymilacji azotu atmosferycznego poprzez symbiozę z bakteriami brodawkowymi. Czteroletni drzewostan robiniowy potrafi związać rocznie, jak podaje BENDER i in. [1985], około 300 kg azotu na hektar. Jest to znaczący dopływ tego deficytowego, a bardzo ważnego dla procesów biologicznych, składnika do nowotworzonego siedliska glebowego. Szeroki stosunek C : N ( $28,5\text{--}59,2$ ) wskazuje na trudny rozkład nagromadzonej substancji organicznej. Głównym składnikiem tej substancji, oprócz opadu listowia, korzeni roślin i innych resztek roślinnych, są okruchy niespalonego węgla brunatnego. Badana skała popiołowa odznaczała się ponadto niewielką zawartością przyswajalnych form fosforu oraz dużą zasobnością w związki potasu (tab. 1). Pomimo jednak dość niekorzystnych właściwości chemicznych omawianego tworzywa, zostały w nim zainicjowane podstawowe procesy związane z metabolizmem glebowym.

Aktywność enzymów glebowych utożsamiana jest z procesami rozkładu substancji organicznej, syntezy związków próchnicznych, udostępnianiem składników pokarmowych, a także z procesami wietrzeniowymi. Przeprowadzone badania wykazały, iż te procesy są również właściwe skałe popiołowej poddanej biologicznej rekultywacji. Najwyższą aktywnością, spośród oznaczonych enzymów, charakteryzowała się inwertaza, katalizująca rozkład sacharozy (tab. 2).

Wybrane właściwości gruntów składowiska popiołów; Some properties of ash dump sites

Nr profilu No profile	Szata roślinna Plant	Poziom Level (cm)	% zawartość frakcji; % content of fraction			pH		CaCO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	C	N	C : N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			1,0-0,05	0,05-0,002	< 0,002	H <sub>2</sub> O	1 mol KCl·dm <sup>-3</sup>	g·kg <sup>-1</sup>		g·kg <sup>-1</sup>			mg·kg <sup>-1</sup>	
1	roślinność trawiasta grass	0-10	77	22	1	8,02	7,58	63	51	33,6	1,11	30,3	43	520
		10-25	76	21	3	8,10	7,57	65	64	33,1	0,81	40,9	28	320
		25-50	73	26	1	8,21	7,63	65	62	32,9	0,76	43,3	28	300
		50-70	73	25	2	8,03	7,63	67	62	36,5	0,73	50,0	23	350
		>70	73	26	1	7,98	7,51	76	71	37,8	0,91	41,5	22	370
2	roślinność drzewiasta trees	0-10	73	25	2	8,14	7,45	59	50	34,2	1,20	28,5	49	540
		10-25	69	28	3	8,40	7,68	59	54	33,7	0,73	46,2	26	490
		25-50	73	25	2	8,49	7,75	61	56	34,4	0,61	56,3	25	240
		50-70	69	28	3	7,99	7,62	63	58	34,9	0,59	59,2	28	300
		>70	72	27	1	7,95	7,60	72	67	41,2	0,84	49,0	32	410

Tabela 2; Table 2

Aktywność enzymatyczna gruntów składowiska popiołów; The enzymatic activity of ash dump sites

Nr profilu No profile	Szata roślinna Plant	Poziom; Level (cm)	AI (g gluk·kg <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )	AU (mg N-NH <sub>4</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	Aph (mmol PNP·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	ADh (cm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )	AC (cm <sup>3</sup> O <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·l min <sup>-1</sup> )
1	roślinność trawiasta grass	0-10	79	71,93	73,5	38,88	247
		10-25	12	18,70	29,9	6,48	100
		25-50	3	4,50	34,6	1,44	77
		50-70	1	0	43,2	0	0
		>70	0	0	23,5	0	0
Średnia dla profilu; Mean for profile			19	19,03	40,9	9,36	84
Sx; Sd			33,87	30,55	19,56	16,71	101,22
2	roślinność drzewiasta trees	0-10	95	75,75	101,1	44,64	273
		10-25	20	32,25	33,8	10,08	153
		25-50	9	6,75	45,1	2,88	93
		50-70	2	0,75	19,3	0,72	13
		>70	0	0	24,8	0	0
Średnia dla profilu; Mean for profile			25	22,95	44,8	11,66	106
Sx; Sd			39,79	32,23	32,94	18,86	111,97

Aktywność tego enzymu, jak podkreśla MYŚKÓW [1981], jest bardziej związana z resztkami roślin w glebie niż z drobnoustrojami. Te resztki roślinne, a korzeniowe w szczególności, są zarówno źródłem enzymów, jak i substratem dla mikroorganizmów glebowych. Głównym stymulatorem aktywności inwertazy, w badanej skale popiołowej, była zatem znaczna ilość substratu, nagromadzona w wierzchniej warstwie gruntu. Znacznie wolniej, jak wykazały badania, przebiegał rozkład mocznika, katalizowany przez ureazę. Według BURNSA [1979] hydrolyza tego związku w glebach uprawnych przebiega prawie wyłącznie przy współudziale ureazy zaadsorbowanej przez koloidy glebowe i nie zależy od bezpośredniego metabolizmu mikroorganizmów glebowych. Przypuszczać należy, iż ta prawidłowość dotyczy także omawianego tworzywa glebowego. Znikoma zawartość frakcji ilastej (1–3%) w skale popiołowej mogła być jedną z przyczyn niższej aktywności ureazy. Aktywność fosfatazy cechowała się z kolei znacznym wyrównaniem w obrębie profilu glebowego. Jest to niezmiernie ważne spostrzeżenie. Skąpa popiołowa, jak podaje ŁĄCZNY [1983], zasobna jest w związki fosforu o budowie zbliżonej do hydroksyloapatytu i hydroksyapatytu. Fosfor zawarty w tych połączeniach jest niedostępny dla roślin. Obecność fosfatazy sugeruje, że enzym ten może aktywnie uczestniczyć w rozkładzie tych związków. W procesach ich udostępniania może brać udział także, uczestnicząca w procesach wietrzenia skał, katalaza stabilna [GILEWSKA, PŁÓCINICZAK 2004a].

Dużą intensywnością charakteryzowały się także procesy oksydoredukcyjne, zachodzące w gruntach składowiska. Aktywność dehydrogenazy utożsamiana jest głównie z działalnością mikroorganizmów, a poziom jej aktywności uważany jest często za wskaźnik ogólnej czynności respiracyjnej mikroflory glebowej [LADD i in. 1996]. Działalność tego enzymu świadczy o nagromadzeniu w badanym gruncie zymogenicznej i autochtonicznej mikroflory bakteryjnej, a także o natężeniu procesów utleniania zakumulowanej, zwłaszcza w wierzchniej (0–10 cm) warstwie substancji organicznej. Wysoka była także aktywność katalazy, pośredniczącej w rozkładzie nadtlenu wodoru. Uczestniczy ona również, jak już wcześniej zaznaczono, w procesach wietrzeniowych.

Badane enzymy charakteryzowały się wyższą aktywnością w gruntach pod robinia akacjową (tab. 2). Jest to rezultat obecności bakterii brodawkowych – jednych z producentów enzymów, a także większej ilości dostępnego substratu w formie opadu listowia. Poziom aktywności badanych enzymów zależał także od głębokości pobrania próbek glebowych. Najwyższe tempo przemian substancji organicznej, a także procesów oksydoredukcyjnych, mierzone aktywnością enzymów, odnotowano w wierzchniej (0–10 cm) warstwie gruntu. Warstwa ta jest silnie poprzerastana korzeniami roślin, których wydzieliny stanowią źródło enzymów glebowych, a także stymulują rozwój mikroflory glebowej. Jest to efekt rizo-sfery. O wzmożonej aktywności enzymatycznej w strefie oddziaływania korzeni robinii akacjowej informuje praca GILEWSKIEJ i WÓJCIKA [1984]. Nasze wcześniejsze prace [GILEWSKA, PŁÓCINICZAK 2004a, 2004b], dotyczące wpływu roślin uprawnych na aktywność enzymatyczną gleb, rozwijających się z gruntów pogórnicych również podejmują to zagadnienie. Efektem rizo-sfery w glebach uprawnych zajmowali się natomiast TARAFDAR i MARSCHNER [1994]. Autorzy Ci stwierdzili, iż liczebność mikroorganizmów oraz aktywność enzymów glebowych zmniejsza się wraz ze wzrostem odległości od korzeni roślin. Zaznaczają jednak, że obszar poddany działaniu korzeni i ich wydzielin jest jednak stosunkowo niewielki. To stwierdzenie odnosi się także do analizowanej skały popiołowej. Poniżej zasięgu

korzeni (w profilu nr 1 poniżej 50 cm, a w profilu nr 2 poniżej 70 cm), (tab. 2) poza obecnością fosfatazy nie stwierdzono aktywności badanych enzymów glebowych.

Aktywności enzymatycznej gruntów składowisk popiołowych poświęcono, jak dotychczas, niewiele uwagi. Tą tematykę badawczą podejmują jedynie prace BIELIŃSKA, STANKOWSKI [2004] i BIELIŃSKA i in. [2005], dotyczące jednak popiołów z węgla kamiennego oraz nasza wcześniejsza praca [GILEWSKA, PŁÓCINICZAK 2004c]. Jest to zagadnienie na pewno nowe, wymagające dalszych, szerszych badań i szczegółowej analizy, również pod względem mikrobiologicznym. Z badań prowadzonych na składowisku mokrego odpopielania [WIECZOREK i in. 2005] wynika, iż drobnoustroje glebowe reprezentowane są w skale popiołowej głównie przez bakterie. Mniejszą grupę stanowią natomiast promieniowce, a najmniejszą grzyby. Ponadto ich liczebność jest zależna od stosowanych zabiegów rekultywacyjnych. Ten porządek determinuje niewątpliwie odczyn tego substratu glebowego.

W świetle przeprowadzonych badań można stwierdzić, iż grunty składowiska popiołowego zostały zasiedlone przez mikroorganizmy glebowe – producentów enzymów. Właściwe są im także procesy związane z metabolizmem glebowym. Obecność i aktywność enzymów glebowych może być ważnym wskaźnikiem skuteczności przeprowadzonych na tym składowisku zabiegów rekultywacyjnych. Umiejętnie dobrane i zastosowane, przez czynnik antropogeniczny, zabiegi rekultywacyjne stymulują nie tylko wzrost i rozwój szaty roślinnej, lecz także umożliwiają zasiedlenie i namnażanie mikroorganizmów glebowych. Powodują one zatem przekształcenie skały, tak niekorzystnej pod względem chemizmu, w środowisko przyjazne rozwojowi czynnika biotycznego.

## Wnioski

1. W gruntach składowiska popiołowego, poddanym przemysłanym zabiegom rekultywacyjnym, właściwe są podstawowe procesy związane z metabolizmem glebowym.
2. Umiejętnie dobrane i zastosowane przez czynnik antropogeniczny zabiegi rekultywacyjne umożliwiają przekształcenie skały popiołowej, tak niekorzystnej pod względem chemizmu, w środowisko przyjazne rozwojowi czynnika biotycznego – szaty roślinnej i mikroorganizmów glebowych.
3. Aktywność enzymów glebowych może być wykorzystana w diagnostyce składowisk odpadów przemysłowych.

## Literatura

- BENDER J., GILEWSKA M. 2004. *Rekultywacja w świetle badań i wdrożeń*. Roczn. Glebozn., LV(2): 29–46.
- BENDER J., GILEWSKA M., WÓJCIK A. 1985. *Przydatność robini akacyjowej do zadrzewień gruntów pogórnich*. Arch. Ochr. Środ. 3–4: 113–133.
- BIELIŃSKA E.J., FUTA B., STANKOWSKI S. 2005. *Wpływ zabiegów rekultywacyjnych na aktywność enzymatyczną i wybrane właściwości chemiczne industroziemów na terenie Zespołu Elektrowni „Dolna Odra” S.A. w Nowym Czarnowie*. Monografia. XII

Międzyn. Konf. „Popioły z energetyki”, 12–14 X Sopot: 201–213.

BIELIŃSKA E.J., STANKOWSKI S. 2004. *Wpływ popiołów i odpadów organicznych na właściwości biochemiczne gleb na modelu rekultywacji w ZE Dolna Odra S.A. w Nowym Czarnowie*. XI Międzyn. Konf. „Popioły z energetyki”, 13–16 X Zakopane: 289–298.

BIELIŃSKA E.J., WĘGOREK T. 2003. *Zmiany właściwości biochemicznych gleby na zwalisku zewnętrznym kopalni siarki w wyniku rekultywacji leśnej*. II Międzyn. Konf. Nauk.-Techn. „Rekultywacja terenów zdegradowanych”, 10–11 IV Szczecin: 143–148.

BURNS R.G. 1979. *Interactions of microorganisms, their substrates and their products with soil surface*, w: *Adhesion of microorganisms to surface*. Red. Ellwood D.C., Melling J., Rutter P., Academic Press, London: 109.

GALSTAN A.S. 1978. *Opredilenije aktivnosti počv – metodičskije ukazanija*. Inst. Nauk.-Bad. Gleb. i Agrochimii, Erewan: 81 ss.

GILEWSKA M. 2004. *Rekultywacja biologiczna składowisk popiołowych z węgla brunatnego*. Roczn. Glebozn. LV(2): 103–110.

GILEWSKA M., PŁÓCINICZAK A. 2004a. *Aktywność dehydrogenazy i katalazy w glebach uformowanych z gruntów pogórnicych*. Roczn. AR Poznań, Melior. Inż. Środ. 25: 79–86.

GILEWSKA M., PŁÓCINICZAK A. 2004b. *Aktywność enzymatyczna gleb powstających z gruntów pogórnicych*. Roczn. Glebozn. LV(2): 123–129.

GILEWSKA M., PŁÓCINICZAK A. 2004c. *Aktywność enzymatyczna gruntu składowiska popiołowego*. XI Międzyn. Konf. „Popioły z energetyki”, 13–16 X Zakopane: 299–305.

GILEWSKA M., WÓJCIK A. 1984. *Aktywność enzymatyczna gruntów pogórnicych pod pionierskimi nasadzeniami leśnymi*. Arch. Ochr. Środ. 3–4: 141–156.

LADD N., FOSTER R.C., NANNIPIERI P., OADES J.M. 1996. *Soil structure and biological activity*, w: *Soil Biochemistry*. G. Scotzky, J.M. Bollag, M. Dekker (Eds), New York: 23–78.

LOEPPERT R.H., SUAREZ D.L. 1996. *Carbonate and gypsum*, w: *Methods of soil analysis*. P. 3. *Chemical methods*. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin: 465.

ŁĄCZNY M.J. 1983. *Równowagowe stężenie jonów fosforanowych w wodnych roztworach popiołów lotnych*. Arch. Ochr. Środ. 3–4: 83–93.

MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P. 1997. *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. Wyd. AR Poznań: 416 ss.

MYŚKÓW W. 1981. *Próby wykorzystania wskaźników aktywności mikrobiologicznej do oceny żyzności gleb*. Post. Mikrobiol. XX(3/4): 173–192.

ŠČERBAKOWA T.A. 1983. *Fermentativnaja aktivność počv i transformacija organičesko-wo wieščestwa*. Nauka i Technika. Mińsk: 221 ss.

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

TARAFDAR J.C., MARSCHNER H. 1994. *Phosphatase activity in the rhizosphere of VA-mycorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorous*. Soil Biol. Biochem. 26: 387–395.

WIECZOREK T., MICHALCEWICZ W., WRÓBEL M., STANKOWSKI S., GILEWSKA M. 2005. *Wpływ sposobu rekultywacji składowiska popiołów z elektrowni zasilanych węglem brunatnym na ogólną liczebność biomasy drobnoustrojów glebowych*. Monografia. XII Międzyn. Konf. „Popioły z energetyki”, 12–14 X Sopot: 341–346.

**Słowa kluczowe:** aktywność enzymatyczna, popioły elektrowniane, rekultywacja gruntów

### Streszczenie

Celem badań było określenie właściwości biologicznych gruntów składowiska popiołów poprzez pomiar aktywności enzymów glebowych: invertazy, ureazy, fosfatazy, dehydrogenazy i katalazy. Aktywność enzymatyczna składowiska popiołowego zależna była od szaty roślinnej pokrywającej grunt i od głębokości pobrania próbek glebowych.

### THE INFLUENCE OF RECLAMATION TREATMENTS ON ENZYMATIC ACTIVITY OF THE ASH DUMP SITE GROUNDS

*Mirosława Gilewska, Anna Płóciniczak, Krzysztof Otremba*  
Department of Pedology and Waste Land Reclamation,  
Agricultural University, Poznań

**Key words:** enzymatic activity, power plant ashes, land reclamation

### Summary

The aim of study was to determine biological properties of ash dump sites by measuring the activity of soil enzymes: invertase, urease, phosphatase, dehydrogenase and catalase. The enzymatic activity of ash dump sites was dependent on the kind of plants covering the ground as well as on the depth of sampling.

Prof. dr hab. inż. **Mirosława Gilewska**  
Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji  
Zakład Rekultywacji w Koninie  
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego  
ul. Przemysłowa 120  
62–510 KONIN  
e-mail: katrekult@wp.pl