

AKTYWNOŚĆ ENZYMATYCZNA GRUNTÓW SKŁADOWISKA MOKREGO ODPOPIELANIA ELEKTROWNI „ADAMÓW”¹

Mirosława Gilewska, Anna Plóciniczak

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

Wstęp

Aktywność enzymów glebowych uważana jest za jeden z najbardziej czułych i miarodajnych wskaźników zmian, zachodzących w glebie. Dostarcza ona informacji zarówno o stanie mikrobiologicznym gleby, jak również o jej właściwościach chemicznych, fizycznych i fizyko-chemicznych. Jest postrzegana jako miara produktywności i żyzności gleby. W przypadku gruntów pogórnich aktywność enzymów glebowych stanowi także, jak podkreślają GILEWSKA i BENDER [1984] oraz BIELIŃSKA i in. [2004], wymierny wskaźnik rozwoju procesów glebotwórczych oraz prawidłowości i skuteczności stosowanych zabiegów rekultywacyjnych.

Aktywność enzymatyczna może być także przydatna w ocenie zmian, zachodzących w skale popiołowej poddanej rekultywacji biologicznej.

Materiał i metody badań

Badania zostały przeprowadzone na powierzchni badawczej, zlokalizowanej na załadowionej części składowiska mokrego odpopielania Elektrowni „Adamów”. Ta baza eksperymentalna została założona w 1999 roku przez zespół pod kierunkiem prof. Jana Bendera i prof. Mirosławy Gilewskiej. Obejmuje ona trzy warianty doświadczalne:

- I. skalę popiołową,
- II. skalę popiołową ulepszoną osadem ściekowym,
- III. skalę popiołową ulepszoną gliną zwałową szarą.

Na wszystkie warianty doświadczenia wprowadzone zostały te same, wybrane gatunki drzew i krzewów: jesion amerykański, klon zwyczajny, robinia akacja, oliwnik wąskolistny, karagana syberyjska, rokitnik zwyczajny oraz dereń.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań prowadzonych na wariantcie

¹ Badania realizowane w ramach projektu badawczego nr 2P06S 030 28, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji.

I – skale popiołowej, obejmującym trzy kombinacje nawozowe. Kombinacja nawozowa NPK – poletko nr 1, na którym przeprowadzono kompleksową naprawę chemizmu skały poprzez nawożenie mineralne, kombinacja N – poletko nr 2 – z nawożeniem azotowym i kombinacja 0 NPK – poletko nr 3 – bez nawożenia mineralnego.

W sierpniu 2005 roku z wierzchniej (0–25 cm) warstwy gruntu popiołowego pobrano do badań próbki średnie, składające się z 15 pojedynczych próbek indywidualnych. W próbkach tych oznaczono aktywność poniższych enzymów glebowych:

- proteazy – enzymu uczestniczącego w metabolizmie związków białkowych, metodą LADDA i BUTLERA [1972],
- fosfatazy zasadowej – odpowiedzialnej za procesy transformacji organicznych związków fosforowych, metodą TABATABAI i BREMNERA [1969],
- katalazy labilnej – katalizującej procesy oksydoredukcyjne zachodzące w glebie, metodą ŠČERBAKOWEJ [1983],
- katalazy stabilnej, nieenzymatycznego odpowiednika katalazy labilnej – metodą ŠČERBAKOWEJ [1983].

Pozostałe analizy zostały wykonane metodami konwencjonalnymi [MOCEK i in. 1997].

Wyniki badań i dyskusja

Skała popiołowa charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem właściwości fizycznych i chemicznych, zarówno w układzie powierzchniowym, jak i profilowym. Jest to typowe środowisko anizotropowe. W najbliższym sąsiedztwie zrzutni lokowane są, zgodnie z podstawowymi prawami sedimentacji, części najgrubsze: żużel i popiół o składzie żwirów i piasków. Im dalej od zrzutni, tym frakcje są drobniejsze i bogatsze w związki wapnia i siarki. Jest to skała o uziarnieniu piasków gliniastych i piasków gliniastych pylastych, która zawiera od 10 do 20% części spławialnych, w tym śladowe ilości ilu koloidalnego. Cechą charakterystyczną tej skały jest zawartość frakcji pyłowych (18–26%), powodująca znaczną podatność popiołów na pylenie [GILEWSKA, SPYCHALSKI 2002].

Grunty popiołowe charakteryzują się, jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 1, odczynem zasadowym; pH w H₂O wynosi od 9,19 do 9,51, a w 1 mol KCl·dm⁻³ od 9,00 do 9,22. Jest to odczyn niespotykany w glebach mineralnych, a ponadto niekorzystny dla rozwoju czynnika biotycznego. Ta alkaliczność popiołów uwarunkowana jest, jak podaje GILEWSKA [2003], obecnością związków alkalicznych – głównie wapnia i sodu. Zawartość węglanów wapnia w skale popiołowej kształtuje się na poziomie od 95,3 do 107 g·kg⁻¹. Jest on produktem reakcji bezwodnika kwasu węglowego z wodorotlenkiem wapnia. Podczas wiązania CO₂ masa popiołowa twardnieje i następuje zmiana właściwości fizycznych i chemicznych tego tworzywa. Na szczególną uwagę zasługuje również zawartość węglanów aktywnych (tab. 1). Dorównuje ona, a w przypadku poletka nr 3 blisko dwukrotnie przewyższa, zawartość węglanów wapnia. Obecność tych związków oraz ich wysoka koncentracja świadczy o zachodzących w tej skale popiołowej procesach wietrzenia chemicznego. Karbonatyzacja uznawana jest za jeden z najważniejszych procesów lito- i pedogenicznych. Obecność węglanów aktywnych sprzyja wymywaniu kwarcu i rozpuszczaniu krzemianów. Desilikacja stanowi także ważne

ogniwo procesów glebotwórczych [GILEWSKA 2004].

W składzie chemicznym popiołów dominują związki krzemu oraz wapnia. Mniej jest natomiast związków glinu i magnezu, a zawartość pierwiastków śladowych nie przekracza $1,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [GILEWSKA, SPYCHALSKI 2003]. Specyfiką skały popiołowej jest znaczna zawartość węgla organicznego i znikoma zawartość azotu ogólnego (tab. 1). Szeroki stosunek C : N (33-266) wskazuje natomiast na bardzo trudny rozkład, obecnej w popiołach substancji organicznej. Ta substancja organiczna reprezentowana jest głównie przez resztki niespalonego węgla. GILEWSKA i SPYCHALSKI [2002] podają, że straty żarzenia w temperaturze 800°C dla popiołów z elektrowni „Adamów” kształtują się w granicach od 2,2 do 39,4%. Cząsteczki węgla posiadają jednak właściwości pęczniące, sprzyjające rozkruszaniu scementowanej skały popiołowej. Wadą popiołów jest także niewielka zawartość przyswajalnych form fosforu. Zasobność skały popiołowej w przyswajalne związki potasu jest natomiast średnia. Zawartość K_2O w analizowanych próbkach wynosi od 188 do $224 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Przytoczone powyżej dane wskazują, iż skała popiołowa jest tworzywem o bardzo niekorzystnych właściwościach chemicznych. Odznacza się ona wysokim odczynem, nadmierną – w stosunku do potrzeb roślin niektórych składników pokarmowych np. dużą koncentracją związków wapnia i sodu oraz brakiem azotu i fosforu. Znikoma jest również, jak podają GILEWSKA i PRZYBYŁA [2001], ilość wody dostępnej, wynikająca między innymi ze zdolności puculanowych popiołów, a także zachodzących w nich procesów hydratacji. Jest to środowisko nieprzyjazne dla rozwoju szaty roślinnej. Świadczy o tym stan wprowadzonych na te powierzchnie gatunków drzew i krzewów. Poletka z samym popiołem wyróżniają się brakiem roślinności zielnej. Na poletku nr 1 (z kompleksową naprawą chemizmu – nawożeniem NPK) pojawiły się pojedyncze rośliny traw i gorczycy polnej. Wprowadzone gatunki drzew i krzewów wypadły prawie w 70%. Pozostały jedynie pojedyncze egzemplarze robinii akacjowej i oliwnika wąskolistnego, wykazujące jednak objawy niedoboru składników pokarmowych i skarłowacenia. Obecny jest także rokitnik zwyczajny, rozmnażający się poprzez rozłogi. Nadmienić również należy, iż wprowadzone na te poletka sadzonki drzew i krzewów były zgryzane przez zwierzęta, co również przyczyniło się do zahamowania ich wzrostu i rozwoju. W tej skale glebotwórczej, pomimo jej niekorzystnego chemizmu i związanego z tym ograniczonego rozwoju czynnika biotycznego (szaty roślinnej), zainicjowane zostały jednak złożone procesy metaboliczne.

Aktywność enzymatyczna analizowanej skały popiołowej odznaczała się znacznym zróżnicowaniem i zależała głównie od rodzaju badanego enzymu. Aktywność proteazy, rozkładającej złożone molekuly białkowe do oligopeptydów i aminokwasów, kształtowała się na poziomie od 10,7 do $24,5 \text{ mg tyroz}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{godz.}^{-1}$. Najniższą aktywność tego biokatalizatora glebowego odnotowano w próbce gruntu reprezentującej poletko bez nawożenia mineralnego, a najwyższą poletko z nawożeniem azotowym (tab. 2). Podobne tendencje odnotowano także w przypadku fosfatazy zasadowej. Uczestniczy ona w hydrolizie organicznych połączeń fosforu, przekształcając je w formy mineralne: HPO_4^{2-} i H_2PO_4^- – dostępne dla roślin i mikroorganizmów glebowych. Podkreślić należy, iż skała popiołowa, jak wynika z badań GILEWSKIEJ i SPYCHALSKIEGO [2002], odznacza się wysoką zawartością fosforu rozpuszczalnego w HCl i HF. Są to jednak połączenia trudno rozpuszczalne, a ich budowa, jak sugeruje ŁĄCZNY [1983], oscyluje pomiędzy hydroksyloapatytem a hydroksyapatytem.

Tabela 1; Table 1

Wybrane właściwości gruntów składowiska mokrego odpopielania Elektrowni „Adamów”
Some properties of the grounds on wet ash dump site of „Adamów” Power Plant

Nr poletka Plots number	Nawożenie Fertilization	pH		CaCO ₃	HCO ₃ ⁻	C org. Organic C	N	C : N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		H ₂ O	1 mol KCl·dm ⁻³	g·kg ⁻¹	g·kg ⁻¹	g·kg ⁻¹	g·kg ⁻¹		mg·kg ⁻¹	mg·kg ⁻¹
1	NPK	9,29	9,06	107	91	16,2	0,49	33	25	224
2	N	9,19	9,00	100	74	47,3	0,69	68	20	210
3	0 NPK	9,51	9,22	95,3	176	45,3	0,17	266	17	188

Tabela 2; Table 2

Aktywność enzymów glebowych w gruntach składowiska mokrego odpopielania Elektrowni „Adamów”
The activity of soil enzymes in the grounds on wet ash dump site of „Adamów” Power Plant

Nr poletka Plots number	Nawożenie Fertilization	Proteaza Protease	Fosfataza zasadowa Alkaline phosphatase	Katalaza stabilna Stable catalase	Katalaza labilna Labile catalase
		mg (tyrozyny)·kg ⁻¹ ·h ⁻¹	mmol PNP·kg ⁻¹ ·h ⁻¹	cm ³ O ₂ ·kg·min ⁻¹	cm ³ O ₂ ·kg·min ⁻¹
1	NPK	20,5	19,4	1851	0
2	N	24,5	25,1	1451	0
3	0 NPK	10,7	13,8	1877	0

Obecność i aktywność proteazy i fosfatazy zasadowej świadczyć może o zainicjowanych w tym tworzywie popiołowym przemianach biogeochemicznych. Konstatowana aktywność tych enzymów jest wyższa, zwłaszcza w przypadku proteazy, od danych podanych przez BIELIŃSKĄ i in. [2005], również dla gruntów popiołowych. Wysokie tempo przemian proteolitycznych w badanej skale popiołowej utożsamiać można z obecnością licznych grup mikroorganizmów glebowych – głównych producentów proteazy, o której informuje praca WIECZORKA i in. [2005]. Z badań tych Autorów wynika, iż biomasa żywych mikroorganizmów na poletkach z samym popiołem, a więc z pominięciem naprawy chemizmu gruntu-skały, wynosi 45,08 mg C·100 g⁻¹·godz.⁻¹, a ogólna liczba mikroorganizmów w 1 g suchej masy popiołu – 174250. Drobnoustroje glebowe reprezentowane są głównie przez bakterie, grzyby i promieniowce, a ich liczebność, jak zaznaczają cytowani Autorzy, zależy jest od stosowanego nawożenia mineralnego. Dominującą grupę stanowią bakterie, wśród których nie można wykluczyć bakterii z rodzaju *Rhizobium*. Żyją one w symbiozie między innymi z obecnymi na badanych powierzchniach: robinia akacjową i karaganą syberyjską. Duży udział w puli mikrobiologicznej skały popiołowej stanowią także symbiotyczne mikroorganizmy z grupy promieniowców. WRÓBEL i in. [2005] wiążą intensywny rozwój rokitnika zwyczajnego na skale popiołowej z nagromadzeniem *Actinomycetes* (*Frankia eleagni*). Warto dodać, iż zjawisko mikoryzy *Frankia eleagni* dotyczy także oliwnika.

Niska, aczkolwiek możliwa do wykrycia, aktywność fosfatazy zasadowej świadczy z kolei o niewielkim stopniu mineralizacji organicznych związków fosforu w tej skale popiołowej. Czynnikiem limitującym aktywność tego enzymu był niedobór substratów, potrzebnych do przeprowadzenia tych reakcji enzymatycznych. Ponadto fosfatazy, jako egzoenzymy, wydzielane są do środowiska glebowego głównie przez korzenie roślin wyższych [SCHNEIDER i in. 2001]. W analizowanych wariantach, jak już wcześniej zaznaczono, rozwój szaty roślinnej, nawet na poletkach z naprawą wadliwego chemizmu skały popiołowej, był znacząco ograniczony.

W próbkach gruntu popiołowego nie stwierdzono obecności katalazy labilnej. Enzym ten bierze udział w rozkładzie toksycznego dla żywych organizmów nadtlenu wodoru, powstającego w procesach utleniania substancji organicznej. Jej aktywność jest postrzegana jako wskaźnik procesów oksydoredukcyjnych, zachodzących w glebie, a także w rekultywowanym gruncie [GILEWSKA, PŁÓCINICZAK 2004b]. Brak substancji organicznej, w analizowanych wariantach doświadczenia, był zapewne jednym z czynników inhibitujących obecność i aktywność tego enzymu. Cechą charakterystyczną badanej skały popiołowej okazała się natomiast wyjątkowo wysoka aktywność katalazy stabilnej (tab. 2). Aktywność tego nieenzymatycznego odpowiednika katalazy labilnej odzwierciedla przemiany o charakterze oksydoredukcyjnym, zachodzące w tworzywie glebowym, ale bez udziału enzymów glebowych. Działalność tej katalazy jest zazwyczaj wiązana z obecnością w glebie związków manganu i żelaza oraz z procesami wietrzeniowymi [SKUJINS 1967; GILEWSKA, PŁÓCINICZAK 2004a]. Jej wysoka aktywność w gruntach składowiska świadczyć może o intensywności procesów wietrzenia chemicznego, związanego z utlenianiem związków żelaza i manganu. Podobnie jak desilikacja prowadzą one do rozluźnienia tej twardej i scementowanej skały. Z badań GILEWSKIEJ i SPYCHALSKIEGO [2003] wynika, iż w popiołach, wytwarzanych przez elektrownię „Adamów”, jak również w gruntach składowiska mokrego odpopielania, udział żelaza i manganu jest znaczący. Ponadto tworzą one związki o różnej rozpuszczalności.

Jony żelaza i manganu, mogą występować również jako składniki budulcowe w cząsteczkach enzymów. Stanowią one wówczas część niebiałkową, zwaną koenzymem, warunkującą ich uzdolnienia katalityczne [BURNS 1983]. Obecność koenzymów jest niezbędna w czasie przebiegu procesów oksydo-redukcyjnych w glebie, katalizowanych między innymi przez katalazę.

Wieloletnie badania BENDERA i GILEWSKIEJ [2004] nad uproduktywnieniem poprzemysłowych nieczytyków dowiodły, iż podstawowym zabiegiem rekultywacyjnym jest naprawa chemizmu gruntu-skały. Jest ona realizowana poprzez odpowiednio dobrane nawożenie mineralne. W przypadku skały popiołowej, zastosowanie nawożenia mineralnego, jako samodzielnego zabiegu rekultywacyjnego, stymulującego rozwój szaty roślinnej, jest jednak mało efektywne. Skała popiołowa, jak wykazały przeprowadzone badania, posiada jednak ważne oznaki życia biologicznego. Obecne są w niej mikroorganizmy oraz enzymy glebowe. Charakteryzuje się ona jednak nadal nie zrównoważonym układem jonowym, ograniczającym rozwój czynnika biotycznego. Potrzebne są zatem dodatkowe rozwiązania rekultywacyjne, umożliwiające wegetację roślin. W tym celu prowadzi się badania nad wykorzystaniem osadów ściekowych oraz gliny zwalowej w procesie biologicznej rekultywacji składowisk popiołowych.

Wnioski

1. Skała popiołowa pod względem właściwości chemicznych stanowi środowisko nieprzyjazne rozwojowi szaty roślinnej. Umiejętnie dobrane i zastosowane zabiegi rekultywacyjne, a w szczególności ingerencja czynnika antropogenicznego w charakterystyczny dla tej skały nie zrównoważony układ pierwiastków, umożliwia rozwój czynnika biotycznego.
2. W badanej skale popiołowej zainicjowane zostały złożone procesy związane z metabolizmem glebowym. Aktywne są w niej enzymy uczestniczące w transformacji organicznych związków białkowych i fosforowych. Brak substancji organicznej jest zapewne jedną z przyczyn inhibicji obecności i aktywności katalazy labilnej.
3. Wysoka aktywność katalazy stabilnej jest wskaźnikiem zachodzących procesów wietrzeniowych. Pod względem glebotwórczym jest to zjawisko korzystne. Prowadzi ono do rozluźnienia zbitej i scementowanej skały popiołowej.

Literatura

- BENDER J., GILEWSKA M. 2004. *Rekultywacja w świetle badań i wdrożeń*. Roczn. Glebozn. LV(2): 29–46.
- BIELIŃSKA E.J., WĘGOREK T., LIGEŻA S., FUTA B. 2004. *Aktywność enzymatyczna piaszkowych industroziemów zalesionych robinią akacją (Robinia pseudoacacia L.) zależnie od wystawy stoku zwalowiska*. Roczn. Glebozn. LV(2): 69–76.
- BIELIŃSKA E.J., FUTA B., STANKOWSKI S. 2005. *Wpływ zabiegów rekultywacyjnych na aktywność enzymatyczną i wybrane właściwości chemiczne industroziemów na tere-*

nie Zespołu Elektrowni „Dolna Odra” S.A. w Nowym Czarnowie. Monografia. *Popioły z energetyki*. Sopot: 201–213.

BURNS R.G. 1983. *Extracellular enzyme – substrate interaction in soil*, w: *Microbes in their natural environments*. Slater H. (Red.), Cambridge University Press. New York: 249–298.

GILEWSKA M. 2003. *Właściwości gruntów składowiska popiołów Elektrowni „Adamów”*. II Międzyn. Konf. Nauk.-Techn. „Rekultywacja terenów zdegradowanych”, 10–11 IV Szczecin: 21–24.

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

GILEWSKA M., BENDER J. 1984. *Aktywność enzymatyczna gruntów zwalowskich Konińskiego Zagłębia Węgla Brunatnego*. Cz. IV. *Aktywność ureazy w gruntach pogórnich rekultywowanych rolniczo*. Arch. Ochr. Środ. 2: 125–132.

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

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

GILEWSKA M., PRZYBYŁA CZ. 2001. *Wykorzystanie osadów ściekowych w rekultywacji składowisk popiołowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 477: 217–222.

GILEWSKA M., SPYCHALSKI M. 2002. *Właściwości gruntów składowiska popiołów elektrownianych*. Roczn. AR Poznań Melior. Inż. Środ. 23: 95–101.

GILEWSKA M., SPYCHALSKI M. 2003. *Wybrane właściwości chemiczne gruntów składowiska popiołów*. Zesz. Nauk. Wydz. Bud. i Inż. Środ. 21: 827–835.

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.

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.

SCHNEIDER K., TURRION M.B., GRIERSON P.F., GALLARDO J.F. 2001. *Phosphatase activity, microbial phosphorus, and fine root growth in forest soils in the Sierra de Gata, western central Spain*. Biol. Fertil. Soils. 34: 151–155.

SKUJINS J.J. 1967. *Enzymes in soil*, w: *Soil Biochemistry*. A.D. Mc Laren, G.H. Peterson (red.). Dekker. New York: 371–407.

ŠČERBAKOWA T.A. 1983. *Fermentativnaja aktivność počv i transformacija organičesko-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.

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. *Popioły z energetyki*. Sopot: 341–346.

WRÓBEL M., WIECZOREK T., STANKOWSKI S., GILEWSKA M., OTREMBKA K. 2005. *Analiza florystyczna i fitosocjologiczna zachwaszczenia powierzchni eksperymentalnych mode-*

lu biologicznej rekultywacji składowiska mokrego odpopielania Elektrowni „Adamów”. Monografia. Popioły z energetyki. Sopot: 347–359.

Słowa kluczowe: składowisko mokrego odpopielania, enzymy glebowe, rekultywacja

Streszczenie

Rozpoznano aktywność enzymatyczną gruntów składowiska mokrego odpopielania Elektrowni „Adamów” na podstawie aktywności wybranych enzymów glebowych. Otrzymane wyniki badań wykazały, iż grunty tego składowiska charakteryzują się wysoką aktywnością proteazy i niską aktywnością fosfatazy. Wysoka aktywność katalazy stabilnej świadczy o zachodzących procesach wietrzeniowych. Nie stwierdzono aktywności katalazy labilnej.

ENZYMATIC ACTIVITY OF THE GROUNDS UNDER WET ASH DUMP SITES OF „ADAMÓW” POWER PLANT

Mirosława Gilewska, Anna Plóćiniczak
Department of Pedology and Waste Land Reclamation,
Agricultural University, Poznań

Key words: wet ash dump sites, soil enzymes, land reclamation

Summary

Enzymatic activity of the grounds under wet ash dump sites belonging to „Adamów” Power Plant was studied on the basis of selected soil enzyme. Obtained results showed that grounds of wet ash dump sites were characterized by high activity of protease and low activity of phosphatase. High activity of stable catalase testified about weathering processes. No activity of labile catalase was observed.

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