

GRAŻYNA OLSZOWSKA, IRENEUSZ OLEJARSKI

## OCENA STANU MIKROBIOLOGICZNEGO GLEB POROLNYCH PO ZASTOSOWANIU ZABIEGÓW REWITALIZACYJNYCH

### ESTIMATION OF THE MICROBIOLOGICAL STATE OF POSTAGRICULTURAL SOILS AFTER THE APPLICATION OF REVITALIZATION TREATMENT

Zakład Ekologii Lasu, Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie Starym

*Abstract:* The aim of the study was to define the influence of the applied revitalization treatment and natural regeneration on the microbiological state and the dehydrogenase activity of postagricultural soils. Stromal remains, cortical compost and sawdust were distributed into rows on experimental plots. The sub-crust from the cortical compost was scattered under planted pine trees. No treatment was applied to the control area. At the same time the study plots were left unforested for natural succession. The optimal microbiological state and dehydrogenase activity were noted on study plots where stromal remains and compost were applied, followed by plots with sawdust and sub-crust from cortical compost. The bioactivity of postagricultural soils left for natural succession was lower than in the forest soils.

*Słowa kluczowe:* gleby porolne, rewitalizacja, aktywność biologiczna, dehydrogenazy.

*Key words:* postagricultural soils, revitalization, soil biological activity, dehydrogenases.

## WSTĘP

W Polsce występuje znaczny udział gruntów niskich klas bonitacyjnych, użytkowanych rolniczo. Zalesienie takich gleb podniesie ich wartość ekonomiczną, zwiększy udział lasów w globalnym bilansie węgla, a ściśle określone sposoby zakładania upraw leśnych i dobór gatunków drzew wpłyną korzystnie na zwiększenie bioróżnorodności [Gorzelać i in. 1999].

Wyłania się obecnie potrzeba perspektywicznego podejścia do zalesień na glebach porolnych w sposób pełniej uwzględniający ochronę różnorodności biologicznej. Jedną z godnych rozpatrzenia alternatyw jest, praktykowane dotychczas na niewielką skalę, pozostawianie zalesiania samej przyrodzie. Liczne doniesienia [Sławski 2007; Ritter i in. 2003; Wójcik 1996] wskazują, że wykorzystanie sukcesji naturalnej może być pod wieloma względami lepsze niż zalesianie. Jednocześnie zabiegi rewitalizacyjne (nawożenie organiczne i mineralne, uprawa gleby, fito- i zoomelioracja) zastosowane na glebach porolnych mogą przyspieszyć proces sukcesji w kierunku ekosystemów leśnych [Olejarski i in. 2003; Olejarski 2005].

Celem badań była ocena wpływu zastosowanych zabiegów rewitalizacyjnych oraz odnowień naturalnych na stan mikrobiologiczny i aktywność dehydrogenaz gleb porolnych.

## MATERIAŁ I METODY

Stałe powierzchnie próbné założono na terenie nadleśnictw: Bielsk i Ostrołęka położonych w Krainie IV Mazowiecko-Podlaskiej, Dzielnicy Niziny Podlaskiej i Wysoczyzny Siedleckiej oraz Przymuszewo i Czarne Człuchowskie położonych w Krainie III Wielkopolsko-Pomorskiej, Dzielnicy Borów Tucholskich i Pojezierza Krajeńskiego [Trampler i in. 1990]. Powierzchnia próbna 0,30 ha z siedmioletnią sosną położona w nadleśnictwie Bielsk, leśnictwie Wyszki została objęta zabiegami rewitalizacji gleb, które wykonano w 2001 roku (po jesiennym przygotowaniu gleby). Na 2-arowe poletka doświadczalne rozsypano w rzędy pozostałości zrębowe, kompost korowy, trociny oraz wykonano podsypkę z kompostu korowego pod posadzoną sosną. Na powierzchni kontrolnej nie wykonano żadnych zabiegów. Jednocześnie w czterech nadleśnictwach o zróżnicowanych warunkach siedliskowych: Przymuszewo – bór świeży (Bśw), Ostrołęka i Czarne Brzezie – bór mieszany świeży (BMśw) oraz Bielsk Czeremcha – las mieszany świeży (LMśw) pozostawiono powierzchnie próbné niezalesione do naturalnej sukcesji. Występują tam gleby rdzawe bielcowe oraz rdzawe brunatne wytworzone z piasków akumulacji wodnolodowcowej.

Do oznaczania aktywności enzymatycznej i mikrobiologicznej gleb pobierano z każdej powierzchni objętościowe próbki zbiorcze (z 10 punktów równomiernie rozmieszczonych na powierzchni) z warstw 0–10 cm wiosną 2008 roku.

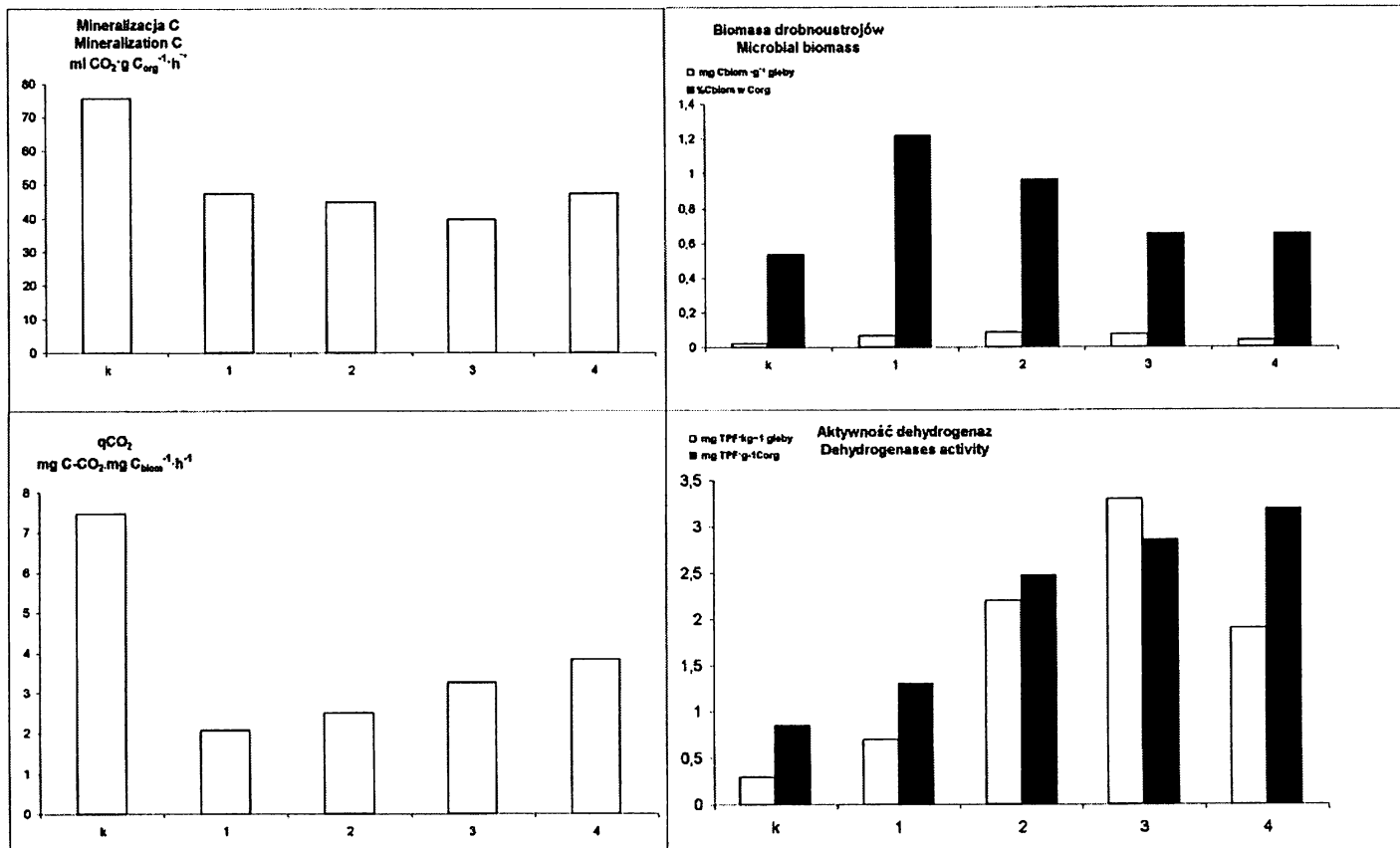
Stan mikrobiologiczny gleb badanych powierzchni oceniano na podstawie pomiarów biomasy drobnoustrojów ( $C_{\text{biom}}$ ), intensywności mineralizacji substancji organicznej oraz oznaczeń wartości ilorazu metabolicznego drobnoustrojów ( $q\text{CO}_2$ ). Biomassę drobnoustrojów oznaczano metodą indukowanej substratem respiracji – SIR [Anderson, Domsch 1978]. Intensywność mineralizacji substancji organicznej mierzono w warunkach laboratoryjnych (temp. 22°C) określając ilość uwalnianego  $\text{CO}_2$  w przeliczeniu na  $\text{g } C_{\text{org}}$  w ciągu godziny. Pomiary uwalnianego  $\text{CO}_2$ , niezbędne do oznaczeń biomasy drobnoustrojów i intensywności mineralizacji, wykonano na chromatografie gazowym Perkin Elmer-Clarus 500 [Zwoliński 2005].

Do obliczeń ilorazu metabolicznego drobnoustrojów ( $q\text{CO}_2 = \mu\text{g } C\text{-CO}_2 \cdot \text{mg } C_{\text{biom}}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) wykorzystano wyniki oznaczeń biomasy drobnoustrojów i oddychania gleb [Anderson, Domsch 1993]. Badania enzymatyczne gleb obejmowały pomiar aktywności dehydrogenaz, w warunkach beztlenowych metodą kolorymetryczną, wyrażonej w mg TPF (trifenylformazan) na 100 g gleby i na 1 g  $C_{\text{org}}$  [Russel 1972].

## WYNIKI

Oceniając aktywność biologiczną gleb przetestowano powszechnie stosowane parametry, które związane są z podstawową rolą drobnoustrojów w glebach leśnych, a mianowicie z procesami mineralizacji substancji organicznej. Dotyczyły one oddychania gleb (mineralizacja), biomasy drobnoustrojów ( $C_{\text{biom}}$ ), ilorazu metabolicznego ( $q\text{CO}_2$ ) oraz aktywności dehydrogenaz – enzymów uczestniczących w procesach oksydacyjno-redukcyjnych, a wyniki tych badań przedstawiono na rysunku 1.

W badaniach stwierdzono, że intensywność procesu mineralizacji (wyrażona ilością wydzielonego  $\text{CO}_2$ ) wskazująca na potencjalną aktywność drobnoustrojów w procesie mineralizacji węgla była zróżnicowana. Najwyższą intensywność mineralizacji węgla



RYCINA.1 Wpływ zabiegów rewitalizacyjnych na stan mikrobiologiczny gleb i aktywność dehydrogenaz: k – kontrola, 1 – trociny, 2 – pozostałości zrębowe, 3 – kompost korowy, 4 – podsypka korowa

FIGURE 1. The influence of revitalization treatment on the microbiological state and dehydrogenases activity: k – control, 1 – sawdust, 2 – stromal remains, 3 – cortical compost, 4 – cortical sub-crust

notowano na powierzchni kontrolnej, a blisko dwukrotnie niższą na powierzchni z kompostem korowym. Pozostałe warianty charakteryzowała aktywność tego procesu na zbliżonym poziomie i niższa niż na powierzchni kontrolnej.

Wszystkie zastosowane zabiegi rewitalizacyjne wywarły wyraźny wpływ na intensywność rozwoju drobnoustrojów glebowych. Gleby na powierzchniach z zastosowaniem pozostałości zrębowych charakteryzowały się czterokrotnie wyższymi wartościami biomasy drobnoustrojów niż gleby na powierzchni kontrolnej. Obserwowano 3,5-krotny wzrost biomasy drobnoustrojów po zastosowaniu kompostu korowego i 3-krotny na poletkach z trocinami. Podosypka powodowała prawie dwukrotny wzrost biomasy w stosunku do powierzchni kontrolnej.

Ze względu na duże zróżnicowanie gleb pod względem zawartości substancji organicznej, wyniki oznaczeń biomasy drobnoustrojów glebowych i aktywności dehydrogenaz przedstawiono w przeliczeniu na gram  $C_{org}$ , co pozwala na bardziej miarodajną ocenę stanu mikrobiologicznego gleb. Można przypuszczać, że przygotowanie gleby przed sadzeniem (zabiegi rewitalizacyjne) stworzyło korzystniejsze warunki do mineralizacji materii organicznej zawartej w glebie. Przemawiają za tym wyniki badań mikrobiologicznych gleb wskazujące na większy udział biomasy drobnoustrojów w węglu organicznym gleb ( $\%C_{biom}$  w  $C_{org}$ ) na powierzchniach z zabiegami rewitalizacyjnymi niż na powierzchni kontrolnej.

W badaniach stwierdzono, podobnie jak w przypadku biomasy drobnoustrojów, wyraźny wpływ zabiegów rewitalizacyjnych na  $qCO_2$ . Najniższe wartości, wskazujące na lepsze warunki dla odnowienia stanu mikroflory gleb, notowano po zastosowaniu trocin i pozostałości zrębowych, a w dalszej kolejności kompostu i podosypki.

Miarą intensywności procesów utleniających w glebie jest również aktywność dehydrogenaz. W badaniach stwierdzono wyraźny wpływ zabiegów rewitalizacyjnych na aktywność dehydrogenaz. Najniższą aktywność dehydrogenaz notowano na powierzchni kontrolnej. Kompost, pozostałości zrębowe oraz podosypka wpłynęły na zwiększenie aktywności dehydrogenaz odpowiednio: 10-krotnie, 7-krotnie i 6-krotnie w stosunku do powierzchni kontrolnej. Odniesienie wyników pomiarów aktywności dehydrogenaz do zawartości  $C_{org}$  w glebie pozwala na ocenę przebiegu procesów aktywności dehydrogenaz, które w dużej mierze są zależne od zawartości substancji organicznej. Wszystkie wykonane zabiegi rewitalizacyjne wpłynęły na poprawę aktywności dehydrogenaz (wyrażoną w mg TPF w  $C_{org}$ ). Potwierdza to stwierdzona wyższa aktywność tych enzymów na powierzchniach z zabiegami rewitalizacyjnymi w porównaniu z powierzchnią kontrolną (rys.1).

Porównanie wyników badań parametrów mikrobiologicznych na powierzchniach pozostawionych do naturalnej sukcesji z badaniami w glebach z drzewostanem 50–80-letnim wskazuje, że skład zespołu drobnoustrojów glebowych na glebach porolnych nie został jeszcze w pełni ustabilizowany (tab. 1). Szczególnie jest to widoczne w mniej żyznych siedliskach boru świeżego i boru mieszanego świeżego, gdzie notowano wyższe wartości  $qCO_2$  i dwukrotnie niższe wartości mineralizacji C oraz biomasy drobnoustrojów (a) w porównaniu z glebami leśnymi. Aktywność dehydrogenaz badanych gleb porolnych była niższa niż gleb leśnych w porównywalnych siedliskach.

## DYSKUSJA

Pomiary aktywności mikrobiologicznej i dehydrogenaz, przy prowadzeniu badań porównawczych, pozwalają na ocenę wpływu zastosowanych zabiegów na tempo rozwoju drobnoustrojów glebowych. Wyraża się ono postępującym wzrostem biomasy drobn-

TABELA 1 Stan mikrobiologiczny gleb i aktywność dehydrogenaz na powierzchniach z sukcesją naturalną  
TABLE 1 The microbiological state of soils and dehydrogenases activity on areas with the natural succession

Nadleśnictwo Forest district	Leśnictwo sub-district	Typ siedliska Forest site type	*Mineralizacja C C mineralization	**Biomasa drobnoustrojów Microbial biomass		***qCO <sub>2</sub>	****Dehydrogenazy Dehydrogenases	
				a	b		c	d
Przymuszewo	Przymuszewo	Bśw So 50-70 lat <sup>1</sup>	29,43 <b>62,40</b>	0,045 <b>0,120</b>	0,369 <b>0,242</b>	4,294 <b>2,400</b>	4,25 <b>6,10</b>	2,374
Ostrołęka	Lelis	BMśw	41,01	0,035	0,507	4,315	1,95	2,826
Czarne	Brzezie	BMśw	38,77	0,091	0,508	4,085	4,40	2,543
Czarne	Brzezie	BMśw So 50-70 lat <sup>1</sup>	39,65 <b>76,20</b>	0,106 <b>0,115</b>	0,613 <b>0,543</b>	3,481 <b>3,512</b>	3,15 <b>7,80</b>	2,582
Bielsk	Czeremcha	LMśw Db 50-80 lat <sup>1</sup>	33,92 <b>48,69</b>	0,230 <b>0,373</b>	1,217 <b>0,900</b>	1,492 <b>3,062</b>	4,10 <b>10,00</b>	2,169

Bśw -- fresh coniferous forest; BMśw – mixed fresh coniferous forest; LMśw – mixed fresh broadleaved forest; <sup>1</sup> years; \*ml CO<sub>2</sub>·g C<sub>org</sub><sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, \*\*a – mg C<sub>biom</sub>·g<sup>-1</sup> gleby, b – %C<sub>biom</sub> w C<sub>org</sub>, \*\*\*mg C-CO<sub>2</sub>·mg C<sub>biom</sub><sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, \*\*\*\*c – mg TPF·100 g<sup>-1</sup> gleby, d – mg TPF·g<sup>-1</sup> C<sub>orr</sub>

ustrojów i aktywności dehydrogenaz na powierzchniach z zastosowaniem różnych metod rewitalizacji gleb. Spada jednocześnie wartość ilorazu metabolicznego (qCO<sub>2</sub>) drobnoustrojów, wyrażająca ilość CO<sub>2</sub> uwalnianą przez jednostkę biomasy drobnoustrojów w jednostce czasu. Związane to jest z tworzeniem się zespołów drobnoustrojów charakteryzujących się coraz bardziej efektywnym metabolizmem, tj. zmniejszonym zapotrzebowaniem energetycznym na utrzymanie i biosyntezę [Insam, Haselwandter 1989].

Uzyskane wyniki sugerują ponadto, że najkorzystniejszy wpływ na badane parametry mikrobiologiczne miało zastosowanie pozostałości zrębowych i kompostu, a w dalszej kolejności trocin i podsypki z kompostu korowego pod korzenie. Specyficzne tempo respiracji drobnoustrojów wyrażone ilorazem metabolicznym (qCO<sub>2</sub>) jest często stosowane przy ocenie efektywności drobnoustrojów w wykorzystywaniu zawartych w glebie substratów odżywczych [Anderson, Domsch 1993]. Niższa wartość qCO<sub>2</sub> oznacza większą wydajność wzrostu drobnoustrojów, tzn. w większym stopniu wykorzystują one energię do biosyntezy niż w procesach katabolicznych (respiracja).

Na przebieg sukcesji oraz kształtujący się stan mikrobiologiczny gleb istotny wpływ ma jakość substancji organicznej zawartej w glebie, a szczególnie stosunek frakcji łatwo rozpuszczalnej do odpornej na rozkład [Bauchus i in. 1998]. Jakość substancji organicznej jest jednym z głównych czynników determinujących biosyntezę drobnoustrojów, których aktywność wiąże się ściśle z żyznością i produktywnością gleb [Jenkinson, Ladd 1981; Zak i in. 1990]. Jako wskaźnik jakości substancji organicznej wykorzystywany jest stosunek C<sub>biom</sub> do C<sub>org</sub>, który w prezentowanych badaniach wskazuje na korzystny wpływ zastosowanych zabiegów rewitalizacyjnych na poprawę warunków glebowych.

Krótki okres badań nie pozwala na prognozowanie kierunku i dynamiki dalszego rozwoju drobnoustrojów glebowych na podstawie oznaczeń mikrobiologicznych i enzymatycznych oraz przydatności zastosowanych komponentów organicznych do poprawy warunków glebowych w uprawach sosnowych. Można natomiast stwierdzić, że wzbogacenie gleb w substraty organiczne spowodowało wyraźny wzrost aktywności biologicznej w porów-

naniu z glebami kontrolnymi. Porównanie badanych parametrów mikrobiologicznych z danymi literaturowymi [Olszowska i in. 2005,2007; Zwoliński 2008] dotyczącymi lasów zagospodarowanych wskazuje, że skład zespołu drobnoustrojów w glebach porolnych nie został jeszcze w pełni ustabilizowany, a zmiana użytkowania gleby z rolniczego na leśne jest zabiegiem trudnym i długotrwałym. Gleby porolne na skutek długotrwałej uprawy ulegają silnym zmianom i różnią się zasadniczo od gleb leśnych, o czym donoszą Paul i in. [2002] oraz Wall i Hytönen [2005].

Ze względu na szybszą, w porównaniu z organizmami wyższymi, reakcję drobnoustrojów na oddziaływanie czynników zewnętrznych (w tym zabiegów rewitalizacyjnych), poprzedzającą zazwyczaj dostrzegalne zmiany właściwości chemicznych i fizycznych gleb, pomiar parametrów mikrobiologicznych i biochemicznych pozwala na wczesną ocenę poprawy jakości gleb. Przemawia to za szerszym wykorzystaniem wskaźników mikrobiologicznych i biochemicznych w badaniach gleb leśnych, zwłaszcza przy ocenie wpływu zastosowanych zabiegów rewitalizacyjnych.

## WNIOSKI

1. Sposoby przygotowania gleby pod uprawy sprzyjają lepszemu rozwojowi zasiedlających je drobnoustrojów glebowych; przejawia się to wzrostem biomasy drobnoustrojów oraz niższą wartością ilorazu metabolicznego ( $qCO_2$ ), a także wyższą aktywnością dehydrogenaz.
2. Najkorzystniejszy wpływ na rozwój drobnoustrojów glebowych miało zastosowanie pozostałości zrębowych i kompostu, a w dalszej kolejności trocin i podsypki z kompostu korowego pod korzenie.
3. Zmiana użytkowania gleby z systemu rolniczego na leśny jest zabiegiem trudnym i długotrwałym, ponieważ skład zespołu drobnoustrojów w glebach porolnych, a obecnie leśnych, nie został jeszcze w pełni ustabilizowany.

## LITERATURA

- ANDERSON J.P.E., DOMSCH K.H. 1978: A physiological method for quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil Biol. Biochem.* **10**: 215–221.
- ANDERSON T.H., DOMSCH K.H. 1993: The metabolic quotient for  $CO_2$  ( $qCO_2$ ) as specific activity parameter to assess the effect of environment condition, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem.* **25**: 393–395.
- BAUCHUS J., PARÉ D., CÔTE L. 1998: Effects of tree species, stand age and soil type on soil microbial biomass and its activity in southern boreal forest. *Soil Biol. Biochem.* **30**: 1077–1089.
- GORZELAK A., GIL W., GŁAZ J., KOLK A., ŁUKASZEWICZ J., MIKUŁOWSKI M., SIEROTA Z., ZACHARA T., ZAJĄC S. 1999: Zalesianie terenów porolnych. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa: 174 ss.
- INSAM H., HASELWANDTER K. 1989: Metabolic quotient of the microflora in relation to plant succession. *Oecologia* **79**: 174–179.
- JENKINSON D.S., LADD J.N. 1981: Microbial biomass in soil: measurement and turnover. W: *Soil Biochemistry*, vol. 5, E.A. Paul, J.N. Ladd (eds), Marcel Dekker, New York: 5: 415–471.
- OLEJARSKI I. 2005: Wykorzystanie pozostałości zrębowych do nawożenia organicznego gruntów porolnych. *Postępy Techniki w Leśnictwie* **92**: 20–24.
- OLEJARSKI I., OSZAKO T., HILSZCZAŃSKA D., WÓJCIK J., ZWOLIŃSKI J. 2003: Możliwości wykorzystania odpadów zrębowych, kompostów, trocin na gruntach porolnych w celu inicjowania procesów przekształceń gleby rolnej w leśną. Sprawozdanie naukowe dla DGLP (2001–2003).

- OLSZOWSKA G., ZWOLIŃSKI J., MATUSZCZYK I., SYREK D., ZWOLIŃSKA B., PAWLAK U., KWAPIS Z., DUDZIŃSKA M. 2005: Wykorzystanie badań aktywności biologicznej do wyznaczenia wskaźnika żyzności gleb w drzewostanach sosnowych na siedliskach boru świeżego i boru mieszanego świeżego. *Leśne Prace Badawcze* 3: 17–37.
- OLSZOWSKA G., ZWOLIŃSKI J., MATUSZCZYK I., SYREK D. 2007: Zastosowanie biochemicznych charakterystyk gleb w diagnostyce typologicznej siedlisk leśnych. *Leśne Prace Badawcze* 4: 83–105.
- PAUL K.I., POLGLASE P.J., NYAKUENGAMA J.G., KHANNA P.K. 2002: Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecol. Manag.* 168: 241–257.
- RITTER E., VESTERDAL L., GUNDERSEN P. 2003: Changes in soil properties after afforestation of former intensively managed soils with oak and Norway spruce. *Plant and Soil* 2: 319–330.
- RUSSEL S. 1972: Metody oznaczania enzymów glebowych. PTG Komisja Biologii Gleby. Warszawa: 65 ss.
- SŁAWSKI M. 2007: Spontaniczne odtwarzanie lasu na porzuconych gruntach rolniczych na tle zmian wybranych właściwości gleby. *Przegląd Przyrodniczy* 18,1–2: 255–277.
- TRAMPLER T., MAKOŚA K., GIRŻDA A., BĄKOWSKI J., DMYTERKO E. 1990: Siedliskowe podstawy hodowli lasu. PWRiL, Warszawa: 197 ss.
- WALL A., HYTÖNEN J. 2005: Soil fertility of afforested arable land compared to continuously forested sites. *Plant and Soil* 275: 247–260.
- WÓJCIK R. 1996: Sukcesja wtórna na gruntach porolnych. *Sylvan* 8: 63–67.
- ZAK D.R., GRIGAL D.F., GLEESON S., TILMAN D. 1990: Carbon and nitrogen cycling during old-field succession: constrains on plant and microbial biomass. *Biogeochemistry* 11: 111–129.
- ZWOLIŃSKI J. 2005: Oznaczanie udziału grzybów i bakterii w biomacie drobnoustrojów gleb leśnych. *Leśne Prace Badawcze* 4: 7–18.
- ZWOLIŃSKI J. 2008: Rozkład pionowy biomasy drobnoustrojów w glebach leśnych. *Leśne Prace Badawcze* 3: 225–231.

*Dr Grażyna Olszowska*  
*Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Ekologii Lasu*  
*ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn*  
*e-mail: G.Olszowska@ibles.waw.pl*