

GRAŻYNA OLSZOWSKA

Rozkład pionowy aktywności enzymatycznej gleb różnych siedlisk leśnych

Vertical distribution of enzymatic activity in soils of different forest habitats

ABSTRACT

Olszowska G. 2010. Rozkład pionowy aktywności enzymatycznej gleb różnych siedlisk leśnych. Sylwan 154 (6): 405-411.

Vertical distribution of enzymatic activity in the soil profile was studied in Scots pine (*Pinus sylvestris*) and oak (*Quercus robur*) stands located in southwestern Poland. The enzymatic activity for the most part is accumulative in upper layers of soil: on coniferous site type in Ofh and mineral (0-10 cm) layer, and on broadleaved site type in the mineral (0-10 cm) layer.

KEY WORDS

forest sites, soil profiles, enzymatic activity

ADDRESSES

Grażyna Olszowska – e-mail: G.Olszowska@ibles.waw.pl

Zakład Ekologii Lasu; Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary ul. Braci Leśnej 3; 05-090 Raszyn

Wstęp

Do dziś nie zostały dostatecznie poznane procesy transformacji materiału organicznego w glebie, szczególnie te, zachodzące przy udziale mikroorganizmów. Mało jest badań związanych z aktywnością biologiczną i zawartością materii organicznej w głębszych warstwach gleby [Burns 1982]. Znaczenie tych warstw dla obiegu materii organicznej i zaopatrzenia w składniki odżywcze dla roślin jest słabo rozpoznane i pomijane w badaniach. Zróżnicowana profilowa budowa gleb leśnych, a także wpływ szeregu czynników środowiskowych na rozwój drobnoustrojów glebowych uniemożliwiają ustalenie „norm” parametrów mikrobiologicznych dla poszczególnych typów gleb lub siedlisk leśnych, podobnie jak to ma miejsce w przypadku parametrów chemicznych [Moffat 2003; Amacher i in. 2007]. Ocenę aktywności mikrobiologicznej gleb leśnych można przeprowadzić na podstawie odpowiednio dobranych testów, dotyczących parametrów związanych z przebiegiem procesów mikrobiologicznych istotnych dla funkcjonowania lasu, a które pozostają w istotnej relacji do parametrów chemicznych odzwierciedlających żyzność gleb [Olszowska i in. 2005, 2007]. Enzymy glebowe katalizują szereg reakcji biochemicznych w glebie i w przeważającej części są syntetyzowane i uwalniane przez drobnoustroje, stąd ich aktywność na ogół skorelowana jest z biomasą i aktywnością drobnoustrojów. Do badań glebowych wybiera się na ogół enzymy uczestniczące w procesach mineralizacji substancji organicznej, zwłaszcza związane z uwalnianiem składników pokarmowych.

Celem pracy było zbadanie rozkładu pionowego aktywności enzymatycznej w glebach leśnych i wytypowanie warstw gleby, które miarodajnie oceniają stan aktywności procesów biochemicznych w różnych warunkach siedliskowych.

Obiekt i metodyka badań

Badania prowadzono na powierzchniach zlokalizowanych na terenie RDLP Katowice (tab. 1) na siedliskach borowych: bór świeży (Bśw) i bór mieszany świeży (BMśw) z litymi drzewostanami sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) oraz na siedliskach lasowych: las mieszany świeży (LMśw) i las świeży (Lśw), gdzie gatunkiem dominującym jest dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.) z niewielkim udziałem buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.), brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.) i sosny zwyczajnej. W drzewostanach sosnowych występują gleby bielcowe z próchnicą typu mor (Bśw) lub moder-mor (BMśw) z dobrze wykształconym poziomem organicznym (butwinowo-epihumusowym – Ofh). Natomiast na siedliskach lasowych stwierdzono glebę rdzawą właściwą (LMśw) i rdzawą brunatną (Lśw) z próchnicą typu moder mulłowy z warstwą organiczną o miąższości poniżej jednego centymetra, składającą się głównie z nierozłożonych resztek roślinnych. Dokładną charakterystykę powierzchni przedstawiono w publikacjach Zwolińskiego [2001] i Olszowskiej i in. [2007].

We wrześniu 2007 roku na każdej powierzchni wykonano odkrywkę glebową o długości 1,5 m. Za pomocą laski glebowej o średnicy 5 cm pobrano, w odstępach 20 cm, po 5 objętościowych próbek glebowych z całej warstwy organicznej (poziom Ofh) w drzewostanach sosnowych oraz na wszystkich powierzchniach po 5 próbek objętościowych z głębokości 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 i 50-60 cm gleby mineralnej. Próbki pobierano z góry, usuwając przy poborze kolejne warstwy gleby. Do analiz użyto próby zbiorcze, w skład których wchodziło po 5 próbek pobranych z każdej warstwy.

Badania enzymatyczne gleb obejmowały pomiar aktywności czterech enzymów: ureazy i asparaginazy, które oznaczono metodą kolorymetryczną, wyrażając ich aktywność w mg N-NH₄ na 10 g gleby [Gałstjan 1978], fosfatazy kwaśnej – metodą kolorymetryczną, w mg PNP (4-nitrofenylofosforanu sodu) na 10 g gleby i dehydrogenaz – metodą kolorymetryczną, w mg TPF (trójfenyloformazanu) na 10 g gleby [Russel 1972]. Odczyn gleby oznaczono w H₂O metodą potencjometryczną. Stosunek objętości gleby do objętości roztworu (w/v) wynosił 1:10 w poziomie Ofh i 1:2,5 w warstwie mineralnej. Węgiel organiczny (Corg) oznaczono metodą suchego spalania na analizatorze węgla SC132 Leco, po uprzednim usunięciu węgla mineralnego przez

Tabela 1.

Wykaz i charakterystyka powierzchni badawczych
Specification of the study plots

Pow.	Nadleśnictwo	Leśnictwo, oddział	Typ gleby	Typ siedliskowy lasu	Dominujący gatunek drzewa, wiek
1	Świerklaniec	Miasteczko Śląskie 201j	bielicowa właściwa	Bśw	<i>Pinus sylvestris</i> , 68
2	Koszęcin	Dyrdy 39c	bielicowa właściwa	Bśw	<i>Pinus sylvestris</i> , 70
3	Kędzierzyn	Kędzierzyn 196d	bielicowa właściwa	BMśw	<i>Pinus sylvestris</i> , 81
4	Rudy Raciborskie	Kuźnia Raciborska 124b	bielicowa właściwa	BMśw	<i>Pinus sylvestris</i> , 80
5	Namysłów	Gręboszów 396a	rdzawa właściwa	LMśw	<i>Quercus robur</i> , 71
6	Namysłów	Polkowskie 195i	rdzawa brunatna	Lśw	<i>Quercus robur</i> , 63

przemycie prób 10% HCl i wysuszeniu [Ostrowska i in. 1991]. Wszystkie analizy biochemiczne wykonano w trzech powtórzeniach, obliczając średnią arytmetyczną uzyskanych wyników. Do analizy statystycznej wykorzystano program Statistica 98. Zależność pomiędzy Corg i aktywnością enzymatyczną w glebie oznaczono na podstawie współczynnika korelacji Pearsona i przyjmując poziom istotności $p=0,05$.

Wyniki

Poziom organiczny (Ofh) badanych gleb na siedliskach borowych (Bśw i BMśw) odznaczał się silnie kwaśnym odczynem. Wartość pH w H_2O wahała się od 3,68 do 4,02 (tab. 2). W warstwach mineralnych, niezależnie od typu siedliska, obserwowano na ogół wzrost pH wraz z głębokością w profilu glebowym z 3,5-3,8 w warstwie 0-10 cm do 4,3 w warstwie 50-60 cm na siedliskach borowych i odpowiednio z 4,0-4,2 do 4,3-4,6 na siedliskach lasowych.

Najwyższą koncentrację węgla organicznego notowano w poziomach organicznych gleb na siedliskach borowych i wynosiła ona 19,4-29,8%. Jednocześnie na wszystkich siedliskach następował spadek koncentracji węgla organicznego wraz z głębokością w profilu glebowym z 1,5-7,1% (0-10 cm) do 0,1-0,6% (50-60 cm) (tab. 2). Podobną tendencję obserwowano w przypadku aktywności badanych enzymów glebowych. Najwyższą aktywność enzymów notowano w poziomach organicznych gleb na siedliskach borowych (ryc.). Aktywność ureazy zmniejszała się na siedliskach borowych z 2,89-4,97 mg $NH_3/10$ g gleby w warstwie 0-10 cm do 0,44-0,62 mg $NH_3/10$ g gleby w warstwie 50-60 cm, a na powierzchniach lasowych z 6,64 i 7,35 mg $NH_3/10$ g gleby do 0,37 i 0,40 mg $NH_3/10$ g gleby. Aktywność asparaginazy zmniejszała się na siedliskach borowych z 2,66-3,01 mg $NH_3/10$ g gleby w warstwie 0-10 cm do 0,08-0,19 mg $NH_3/10$ g gleby w warstwie 50-60 cm, a na powierzchniach lasowych odpowiednio z 1,71 i 3,24 mg do 0,32 i 0,17 mg $NH_3/10$ g gleby w warstwie 30-40 cm. Podobnie aktywność fosfatazy kwaśnej zmniejszała się na siedliskach borowych z 0,35-0,43 mg PNP/10 g gleby w warstwie 0-10 cm do 0,01-0,05 mg PNP /10 g gleby w warstwie 50-60 cm, a na powierzchniach lasowych odpowiednio z 1,22-1,80 mg do 0,01 mg PNP /10 g gleby w warstwie 40-50 cm. Aktywność dehydrogenaz zmniejszała się na siedliskach borowych z 0,98-0,82 mg TFF/10 g gleby w warstwie 0-10 cm do 0,16 mg TFF/10 g gleby w warstwie 50-60 cm, a na powierzchniach lasowych odpowiednio z 1,42-1,64 mg do 0,01-0,02 mg TFF/10 g gleby.

Dyskusja

Badania, które wykonano na powierzchniach reprezentujących dominujące typy siedliskowe w Polsce, wykazały, że zdecydowana większość (60-90%) aktywności enzymatycznej gleb występuje w górnych jej poziomach, przy czym miał tu znaczenie typ siedliskowy lasu (tab. 3). W badanych borach sosnowych znaczna część aktywności enzymatycznej ułożona była w poziomie Ofh. Jej wielkość w tej warstwie profilu wynosiła 40-90% aktywności oznaczanej w glebie do 60 cm. W glebie mineralnej zdecydowanie największą aktywnością enzymatyczną odznaczała się górna warstwa 0-10 cm. Natomiast na siedliskach lasowych 65-92% aktywności enzymatycznej oznaczanej w glebie do głębokości 60 cm zgromadzone było w górnej warstwie mineralnej gleby. Jej wielkość, w odróżnieniu do siedlisk borowych, gwałtownie spadała w niższych warstwach. Potwierdzają to badania aktywności mikrobiologicznej, w tym biomasy drobnoustrojów w głębszych poziomach gleb leśnych [Ekelund i in. 2001; Agnelli i in. 2004; Castellazzi i in. 2004]. Wskazują na to także niniejsze badania, które wykazały ponadto istotną ujemną korelację pomiędzy aktywnością badanych enzymów a głębokością, z której pobrano próby glebowe (tab. 4). Zwoliński [2008] proponuje do oceny aktywności mikrobiologicznej

Tabela 2.

Odczyn gleby (pH) i zawartość węgla organicznego (Corg) w profilu glebowym
Soil reaction (pH) and organic carbon (Corg) contents in soil profile

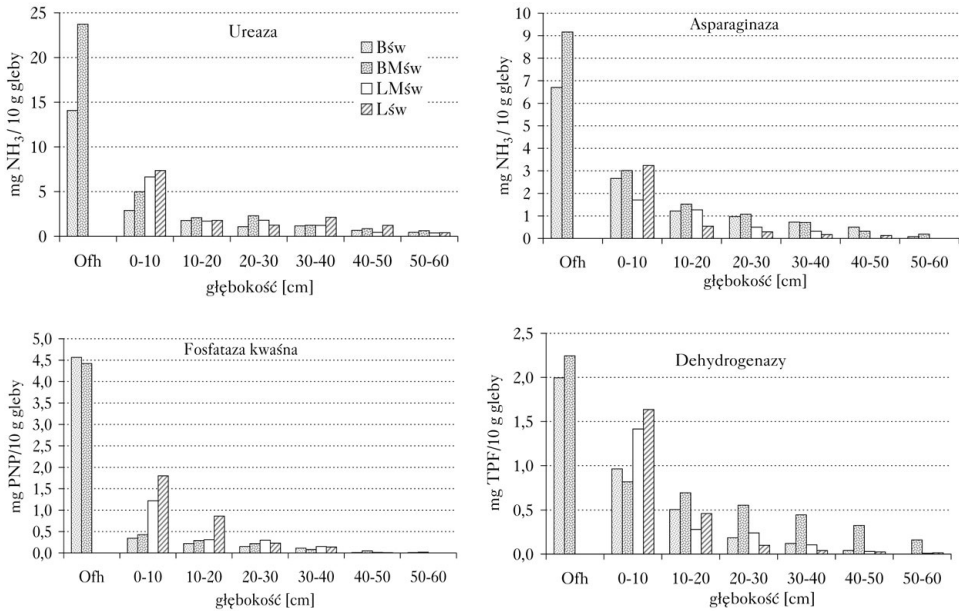
Pow.	Poziom Ofh		Warstwa mineralna [cm]											
	pH	Corg	0-10		10-20		20-30		30-40		40-50		50-60	
			pH	Corg	pH	Corg	pH	Corg	pH	Corg	pH	Corg	pH	Corg
1	4,02	23,35	3,57	5,88	3,66	3,27	3,97	1,11	4,03	1,57	4,14	0,50	4,24	0,17
2	3,76	19,40	3,75	1,46	4,21	0,51	4,03	0,77	4,28	0,49	4,33	0,26	4,29	0,14
3	3,76	29,76	3,47	4,95	3,71	3,54	3,57	3,02	3,80	1,63	4,16	0,82	4,26	0,54
4	3,68	26,32	3,65	3,55	4,06	1,18	4,21	0,71	4,22	0,70	4,25	0,72	4,25	0,55
5	n.d.	n.d.	4,04	3,60	4,37	0,72	4,54	1,51	4,54	0,62	4,53	0,38	4,55	0,20
6	n.d.	n.d.	4,22	7,09	4,31	2,80	4,26	1,47	4,39	0,83	4,33	0,41	4,31	0,22

Tabela 3.

Procentowy rozkład aktywności enzymatycznej w profilu glebowym
The proportional distribution activity enzyme in soil profile

Typ siedliskowy	Poziom Ofh						Warstwa mineralna											
	U		A		Fkw		0-10 cm		10-60 cm		U		A		Fkw		D	
Bśw	75,8	54,7	89,9	68,5	13,7	29,5	7,2	23,6	10,5	15,8	2,9	8,0						
BMśw	54,8	59,3	80,7	40,1	26,4	26,5	11,8	27,9	18,8	14,2	7,5	32,0						
LMśw	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	68,6	78,5	76,7	81,5	31,4	21,5	23,3	18,5						
Lśw	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	64,7	86,6	87,6	92,3	35,3	13,5	12,4	7,7						

U – ureaza, A – asparaginaza, Fkw – fosfataza kwasna, D – dehydrogenazy



Ryc.

Spadek aktywności enzymatycznej w profilu glebowym
Decrease in enzyme activity in soil profile

Tabela 4.

Współczynniki korelacji określające zależności między aktywnością enzymatyczną a zawartością Corg a głębokością w profilu glebowym

Correlation coefficients determining relationships between enzyme activity and organic carbon, and depth in soil profile

Pow.	Dehydrogenazy	Ureaza	Asparaginaza	Fosfatasa kw.	Corg
1	-0,852*	-0,717	-0,847*	-0,672	-0,765*
2	-0,670	-0,635	-0,807*	-0,627	-0,652
3	-0,880*	-0,833*	-0,872*	-0,697	-0,722
4	-0,762*	-0,738*	-0,717	-0,654	-0,675
5	-0,791*	-0,816*	-0,951*	-0,839*	-0,765*
6	-0,783*	-0,755*	-0,744	-0,864*	-0,867*

* wartości istotne na $p < 0,05$

* values significant at $p < 0,05$

gleb leśnych pobieranie próbek z poziomu Ofh oraz górnej 10 cm warstwy mineralnej na siedliskach borowych, a na siedliskach lasowych – z górnej warstwy mineralnej, a jeśli poziom Ofh jest dobrze wykształcony – także warstwy organicznej.

Na wszystkich powierzchniach aktywność badanych enzymów była silnie skorelowana z koncentracją węgla organicznego (tab. 5), co potwierdzają liczne doniesienia o związku rozwoju drobnoustrojów z zawartością Corg, który jest ich podstawowym substratem energetycznym [Duxbury, Tate 1981; Olszowska i in. 2005, 2007; Šnajdr i in. 2008]. Przedstawione badania, jak i dane literaturowe dotyczące tematu wskazują, że oznaczenia aktywności enzymatycznej gleb powinny być ograniczone do poziomów charakteryzujących się znaczącą, w kontekście ekologicznym, biomasa i aktywnością drobnoustrojów, a więc obejmować poziom organiczny wraz z co

Tabela 5.

Współczynniki korelacji określające zależności pomiędzy aktywnością enzymatyczną a zawartością Corg ($p < 0,001$)

Correlation coefficients determining relationships between enzyme activity and organic carbon ($p < 0.001$)

Pow.	Dehydrogenazy	Ureaza	Asparaginaza	Fosfataza kw.
1	0,981	0,997	0,987	0,987
2	0,999	0,999	0,938	0,999
3	0,944	0,976	0,942	0,999
4	0,984	0,989	0,997	0,999
5	0,970	0,980	0,801*	0,978
6	0,986	0,951	0,971	0,985

* wartości istotne na $p < 0,05$

* values significant at $p < 0.05$

najmniej 0-10 cm warstwą mineralną gleby. Zaproponowane w niniejszej pracy zasady metodyczne dają możliwość wykorzystania testów biochemicznych w badaniach diagnostycznych gleb leśnych, co pozwoli zarówno na rzetelną ocenę ich kondycji, jak i na bardziej wiarygodne prognozowanie wpływu czynników naturalnych i antropogenicznych na rozwój ekosystemu leśnego.

Wnioski

- ✦ Aktywność enzymatyczną stwierdzono nawet w najgłębszej badanej warstwie (50-60 cm) gleby, lecz przeważająca jej część występowała w poziomach górnych.
- ✦ Aktywność enzymów glebowych jest istotnie skorelowana z koncentracją węgla organicznego i drastycznie spada wraz z głębokością niezależnie od typu siedliskowego lasu.
- ✦ Oznaczenia aktywności enzymatycznej mogą być ograniczone do poziomów charakteryzujących się znaczącą, w kontekście ekologicznym, biomasą i aktywnością drobnoustrojów, a więc obejmować poziom organiczny wraz z co najmniej 0-10 cm warstwą mineralną gleby.
- ✦ Wykorzystanie testów biochemicznych w badaniach diagnostycznych gleb leśnych pozwala na rzetelną ocenę ich kondycji oraz żyzności siedlisk leśnych.

Literatura

- Agnelli A., Aser J., Cotri G., Ceccherini M. T., Nannipieri P., Pietramellara G. 2004. Distribution of microbial communities in a forest soil profile investigated by microbial biomass, soil respiration and DGGE of total and extracellular DNA. *Soil Biol. Biochem.* 36: 859-868.
- Amacher M. C., O'Niell K. P., Perry C. H. 2007. Soil vital signs: a new soil quality index (SQI) for assessing forest soil health. *Res. Pap. RMRS-RP_65vWWW*, U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Burns R. G. 1982. Enzyme activity in soil: location and a possible role on microbial ecology. *Soil Biol. Biochem.* 34: 423-427.
- Castellazzi M. S., Brookes P. C., Jenkinson D. S. 2004. Distribution of microbial biomass down soil profiles under regenerating woodland. *Soil Biol. Biochem.* 36: 1485-1489.
- Duxbury J. M., Tate R. L. 1981. The effect of soil depth and crop cover on enzymatic activities in Pahoee Muck. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 322-328
- Ekelund F., Ronn R., Christensen S. 2001. Distribution with depth of protozoa, bacteria and fungi in soil profiles from three Danish forest sites. *Soil Biol. Biochem.* 33: 475-481.
- Galstjan A. Sz. 1978. Opredelenie aktivnosti fermentov počv - metodičeskie ukazania. *Dokl. Akad. Nauk Arm. SSR*, Erewan.
- Moffat A. J. 2003. Indicators of soil quality for UK forestry. *Forestry* 5: 547-567.
- 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 Bad.* 3: 17-37.
- Olszowska G., Zwoliński J., Matuszczyk I., Syrek D. 2007. Zastosowanie biochemicznych charakterystyk gleb w diagnostyce typologicznej siedlisk leśnych. *Leśne Prace Bad.* 4: 83-105.

- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z. 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Russel S. 1972. Metody oznaczania enzymów glebowych. PTG Komisja Biologii Gleby. Warszawa.
- Šnajdr J., Valášková V., Merhautová V., Herinková J., Cajthaml T., Baldrian P. 2008. Spatial variability of enzyme activities and microbial biomass in the upper layers of *Quercus petraea* forest soil. Soil Biol. Biochem. 40: 2068-2075.
- Zwoliński J. 2001. Reakcja borów sosnowych na kwaśne opady. I. Gleba i aparat asymilacyjny drzew. Prace IBL. Ser. A. 912: 113-137.
- Zwoliński J. 2008. Rozkład pionowy biomasy drobnoustrojów w glebach leśnych. Leśne Prace Bad. 69: 225-231.

SUMMARY

Vertical distribution of enzymatic activity in soils of different forest habitats

Research was performed at study sites localised in Katowice Regional Directorate of the State Forests NFH. They were localised in pure Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands growing on fresh conifer and fresh mixed conifer habitat types as well as in pure common oak (*Quercus robur* L.) stands growing on fresh deciduous and fresh mixed deciduous habitat types (tab. 1). Soils under pine stands belonged to the podzols and under oak forests to eutric arenosols and brown arenosols. For analyses we used complex samples that included 5 subsamples taken from each soil layer e.i. Ofh level and mineral soil from 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 and 50-60 cm depth. Activity of urease, asparaginase, phosphatase and dehydrogenase was also investigated. Soil pH was determined in H₂O with potentiometer method, while organic carbon content (Corg) – with dry burning in SC132 Leco carbon analyser.

Organic layers of analysed conifer habitat types were very acidic, while mineral layers, independently on site type, pH value was increasing with depth. The highest organic carbon content was observed in organic layers in conifer sites. All sites exhibited decrease of that feature down the soil profile. Similar tendency was observed for enzymatic activity. The majority (60-90%) of enzymatic activity takes place in upper soil layers, and habitat type diversifies the level of that trait. In conifer habitat types most of the enzymatic activity was observed in organic Ofh layer, where it constituted 40-90% of level determined at depth of 60 cm. Upper layer of 10 cm exhibited the greatest enzymatic activity in organic soils. In broadleaved habitat types 65-92% of that feature determined at depth of 60 cm concentrated in upper mineral layer of 10 cm and, in contrary to conifer sites, its value decreases rapidly in lower layers.

Determination of enzymatic activity may be limited to the layers that characterise significant, in ecological context, microbial biomass and activity of microbe, that is to organic layer and at least 10 cm of mineral soil.