

GRAŻYNA OLSZOWSKA

## Biochemiczna aktywność gleb różnych siedlisk leśnych\*

Biochemical soil activity of different forest site

### ABSTRACT

Olszowska G. 2016. Biochemiczna aktywność gleb różnych siedlisk leśnych. Sylwan 160 (8): 666-673.

The aim of the study was to determine the enzymatic activity and chemical properties of soil in selected stands of different age classes on two forest site types: fresh mixed coniferous forest (BMśw) and fresh mixed deciduous forest (LMśw). The investigations were carried out in Nowe Ramuki Forest District in 2013-2015 located in the central part of Warmińsko-Mazurskie administration district Poland. In organic and humus horizons following parameters were described: acidity in 1M KCL, content of nitrogen, carbon and exchangeable alkaline cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$ ) as well as hydrolytic acidity. Enzymatic investigation included the measurements of urease, asparaginase, acid phosphatase and dehydrogenase activity. Content of C and N, sum of base cations (S), hydrolytic acidity (Hh), cation exchange capacity (PWK), base saturation percentage were significantly higher in organic than humus horizon. Enzymatic activity was connected with the content of organic matter, what resulted in higher activity in organic than humus horizon independently of site type and stand age. The concentration of organic carbon (C), nitrogen, C/N ratio, hydrolytic acidity and cation exchange capacity was higher on BMśw than LMśw site type. Activity of urease, acid phosphatase and dehydrogenase was lower in soils of LMśw than BMśw site type. Lower enzymatic activity may suggest lower intensity of decaying process of organic matter in these soils. Significant correlations between enzymes and chemical soil parameters were found. Significant correlation between enzymatic activity and soil chemical properties shows that biochemical parameters can be used as indexes of their productivity. Investigation of biochemical reaction intensity can be complement to soil chemical studies usually used in forestry.

### KEY WORDS

forest site type, enzymatic activity, soil chemistry

### ADDRESSES

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

Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

## Wstęp

Podstawowym kryterium żyzności gleby przyjętym w siedliskoznawstwie są jej właściwości fizyczne i chemiczne. Nie uwzględnia się natomiast bezpośrednio aktywności enzymów glebowych, których rola w kształtowaniu właściwości fizykochemicznych gleb jest znacząca [Aon, Colaneri 2001]. Enzymy, poprzez swój udział w procesach mineralizacji materii organicznej, zapewniają stały dopływ składników pokarmowych do gleby. Jednocześnie rozwój drobnoustrojów, które

\*Badania sfinansowano ze środków Instytutu Badawczego Leśnictwa nr 260101.

wydzielają enzymy, uwarunkowany jest zasobnością gleb w składniki pokarmowe, stąd pomiędzy aktywnością biologiczną a żyznością gleb istnieje ścisła korelacja [Leirós i in. 2000].

Celem badań było określenie aktywności enzymatycznej i właściwości chemicznych gleb w wybranych drzewostanach różnych klas wieku rosnących na siedlisku BMśw i LMśw.

## Material i metody

Badania prowadzono w latach 2013-2015 na terenie Nadleśnictwa Nowe Ramuki. Obszar zajmowany przez Nadleśnictwo według regionalizacji przyrodniczo-leśnej położony jest w Krainie II Mazursko-Podlaskiej, Dzielnicy 2 Równiny Mazurskiej [Trampler i in. 1990]. Według regionalizacji fizyczno-geograficznej teren Nadleśnictwa znajduje się na obszarze mezoregionu Pojezierza Olsztyńskiego (842.81) [Kondracki 2000].

Badania przeprowadzono w 14 drzewostanach różniących się wiekiem i składem gatunkowym. Drzewostany występowały w dwóch typach siedliskowych lasu – BMśw (8 powierzchni) i LMśw (6 powierzchni). Na wszystkich powierzchniach BMśw i na trzech LMśw występowały gleby z podtypu rdzawych bielcowych, na pozostałych trzech badanych stanowiskach w LMśw gleby należały do rdzawych brunatnych. Skąłą macierzystą był piasek wodnolodowcowy o uziarnieniu piasku luźnego w całym profilu (wszystkie powierzchnie BMśw i jedna LMśw) oraz piasku słabo gliniastego na piasku luźnym (pozostałe pięć stanowisk LMśw) (tab. 1).

Do analiz chemicznych oraz pomiarów aktywności enzymatycznej gleb pobierano wiosną i jesienią z każdej powierzchni próby ogólne (z 10 punktów równomiernie rozmieszczonych na powierzchni) z poziomu organicznego (O) i poziomu próchnicznego (A). Oznaczenie właściwości chemicznych oraz aktywności enzymatycznej gleb wykonano po przesianiu powietrznie suchych prób glebowych przez sito o średnicy oczek 2 mm. Analizy chemiczne, wykonane według ogólnie przyjętych metod [Kowalkowski 1973; Ostrowska i in. 1991], obejmowały oznaczenia: odczynu gleby w 1 M KCl – metodą potencjometryczną, zawartości azotu – metodą destylacyjną Kjeldahla,

**Tabela 1.**

Lokalizacja (Leśnictwo, Oddział) oraz typ siedliskowy lasu (TSL), typ i podtyp gleby wraz z uziarnieniem (Gleba), klasa wieku (klw) i skład gatunkowy drzewostanu (Skład) na powierzchniach badawczych w Nadleśnictwie Nowe Ramuki

Location (Leśnictwo – forest range, Oddział – compartment) and forest site type (TSL), soil type and subtype with particle size (Gleba), age class (klw) and species compositions (Skład) of stand on study plots in Nowe Ramuki Forest District

Leśnictwo	Oddział	TSL	Gleba	klw	Skład
Grada	759f	LMśw	RDb ps/pl	I	6Db 2So 2Św
Grada	715c	LMśw	RDb ps/pl	II	6So 3Md 1Św
Grada	655g	BMśw	RDb pl	III	10So
Grada	687Bc	BMśw	RDb pl	IV	8So
Grada	687Bg	LMśw	RDb ps/pl	IV	4So 2Brz
Grada	686Ak	BMśw	RDb pl	VI	9So
Grada	681a	BMśw	RDb pl	VI	7So 1Św
Grada	667a	LMśw	RDb ps/pl	VII	8So 1Św 1Gb
Grada	653b	LMśw	RDb pl	VII	7So 1Św 1Gb
Muchorowo	643f	BMśw	RDb pl	II	8So 1Md 1Św
Muchorowo	643d	BMśw	RDb pl	III	8So 1Św 1Brz
Muchorowo	661a	BMśw	RDb pl	V	10So
Muchorowo	676b	BMśw	RDb pl	V	8So 1Św 1Db

LMśw – fresh mixed broadleaved forest; BMśw – fresh mixed coniferous forest; RDb – Cambic Brunic Arenosol, RD – Albic Brunic Arenosol, ps – weakly loamy sand, pl – loose sand; Brz – birch, Db – oak, Gb – hornbeam, Md – larch, So – pine, Sw – spruce

węgla – na analizatorze Leco SC-132, wymiennych kationów zasadowych ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ ), po ekstrakcji gleby 1 M octanem amonu – techniką absorpcji atomowej, kwasowości hydrolytycznej – metodą Kappena. Na podstawie sumy kationów zasadowych (S) i kwasowości hydrolytycznej (Hh) obliczono pojemność wymiany kationów (PWK) oraz stopień wysycenia zasadami (V%). Badania enzymatyczne obejmowały pomiar aktywności: ureazy i asparaginazy – metodą kolorymetryczną (w mg  $\text{N-NH}_3$  na 10 g gleby), fosfatazy kwaśnej – metodą kolorymetryczną (w mg PNP na 10 g gleby) i dehydrogenaz – metodą kolorymetryczną (w mg trójfenyloformazanu (TPF) na 10 g gleby [Russel 1972]).

Obliczenia statystyczne przeprowadzono przy pomocy programu Statistica 10. Do oceny wpływu siedliska na badane parametry chemiczne i biologiczne zastosowano analizę wieloczynnikową analizę wariancji. Dla sprawdzenia istotności różnic parametrów chemicznych i biologicznych pomiędzy poziomami organicznym i próchnicznym zastosowano test t Studenta. Przyjęto poziom istotności  $p < 0,05$ . Zależności pomiędzy aktywnością biologiczną gleb a właściwościami chemicznymi gleb oraz pomiędzy poszczególnymi parametrami biochemicznymi określono na podstawie współczynnika korelacji Pearsona, przyjmując 95-procentowe granice ufności ( $p < 0,05$ ) do weryfikacji istotności.

## Wyniki

**WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE GLEB.** Stwierdzono duże zróżnicowanie parametrów chemicznych w obu badanych poziomach. Na wszystkich powierzchniach zawartość C, N, suma kationów zasadowych (S), C/N oraz kwasowość hydrolytyczna (Hh), pojemność wymiany kationów (PWK) i stopień wysycenia kationami (V) były istotnie ( $p < 0,001$ ) wyższe w poziomie organicznym niż próchnicznym badanych gleb (tab. 2). Wyniki pomiarów pH w 1 M KCl wskazują, że odczyn gleb, niezależnie od siedliska i klasy wieku drzewostanu, był silnie kwaśny. Nie notowano istotnych różnic w odczynie gleb pomiędzy lasem mieszanym świeżym a borem mieszanym świeżym w obu badanych poziomach (tab. 2). Wykazano istotną zależność pomiędzy zawartością węgla organicznego a typem siedliskowym lasu – statystycznie wyższe ( $F=13,9$ ;  $p < 0,01$ ) wartości notowano na siedlisku BMśw niż w LMśw w poziomie organicznym. W poziomie próchnicznym więcej węgla organicznego było w LMśw niż w BMśw, ale nie były to istotne różnice (tab. 2). Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości węgla pomiędzy klasami wieku. Różnice w za-

**Tabela 2.**

Właściwości chemiczne (średnia  $\pm$  błąd standardowy) poziomu organicznego (O) i próchnicznego (A) gleb w zależności od typu siedliskowego lasu (TSL – oznaczenia jak w tabeli 1)

Chemical properties (mean value  $\pm$  standard error) of organic (O) and humus (A) horizons of analysed soils depending on the type of forest site (TSL – denotes as in table 1)

TSL		pH KCl	C [%]	N [%]	C/N	S	Hh	PWK	V(%)
LMśw	O	3,12a $\pm 0,14$	18,40a $\pm 4,20$	0,76a $\pm 0,15$	22a $\pm 1,68$	7,38a $\pm 1,48$	51,65a $\pm 12,36$	59,02a $\pm 13,81$	15,75a $\pm 1,17$
	A	3,40b $\pm 0,11$	2,14c $\pm 0,14$	0,11c $\pm 0,01$	20c $\pm 1,31$	0,71b $\pm 0,12$	11,29c $\pm 0,87$	12,00c $\pm 0,81$	6,83b $\pm 1,69$
BMśw	O	2,96a $\pm 0,11$	25,13b $\pm 1,39$	0,91b $\pm 0,05$	27b $\pm 0,67$	9,61a $\pm 1,16$	74,86b $\pm 5,11$	84,47b $\pm 4,69$	14,00a $\pm 2,94$
	A	3,41b $\pm 0,08$	1,87c $\pm 0,21$	0,08c $\pm 0,01$	23c $\pm 0,93$	0,48b $\pm 0,05$	10,47c $\pm 0,91$	10,95c $\pm 0,93$	4,69b $\pm 0,43$

S – suma kationów zasadowych; sum of exchangeable cations, Hh – kwasowość hydrolytyczna; hydrolytic acidity, PWK – pojemność wymiany kationów; cation exchange capacity, V(%) – stopień wysycenia zasadami; base saturation

the same letters indicate means that do not differ significantly

wartości azotu pomiędzy siedliskami były istotne ( $F=13,2$ ;  $p<0,01$ ) w poziomie organicznym, średnio więcej azotu stwierdzono na siedlisku BMśw niż LMśw. Różnice w poziomie próchnicznym nie były istotne statystycznie (tab. 2).

Stosunek C/N był wyższy na BMśw niż LMśw w obu badanych poziomach, ale istotne różnice ( $F=10,1$ ;  $p<0,01$ ) notowano tylko w poziomie organicznym. Suma kationów zasadowych (S) w poziomie organicznym i próchnicznym gleb była wyższa na siedlisku BMśw niż LMśw, a obserwowane różnice nie były istotne statystycznie. Gleby na siedlisku BMśw charakteryzowały się wyższą kwasowością hydrolityczną (Hh) niż gleby na siedlisku LMśw. Statystycznie istotne ( $F=8,45$ ;  $p<0,05$ ) różnice notowano dla poziomu organicznego. Na siedlisku BMśw w poziomie organicznym stwierdzono także istotnie wyższą ( $F=12,9$ ;  $p<0,01$ ) niż na LMśw pojemność wymiany kationów (PWK). Różnice w pojemności wymiany kationów pomiędzy klasami wieku nie były istotne. Na obu siedliskach wartości wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami (V) były podobne i nie różniły się istotnie (tab. 2).

**AKTYWNOŚĆ ENZYMATYCZNA GLEB.** Stwierdzono wyraźne zróżnicowanie aktywności wszystkich testowanych enzymów w obu badanych poziomach. Z badań wynika również, że aktywność enzymów była ściśle związana z zawartością substancji organicznej, co przejawiało się ich istotnie wyższą aktywnością w poziomie organicznym niż próchnicznym gleb niezależnie od typu siedliskowego lasu i klasy wieku drzewostanu (tab. 3).

Aktywność ureazy była zróżnicowana na poszczególnych powierzchniach. Średnia aktywność tego enzymu była wyższa na siedlisku LMśw niż BMśw, a obserwowane różnice były istotne statystycznie w poziomie próchnicznym ( $F=6,49$ ;  $p<0,05$ ). W poziomie organicznym nieznacznie wyższa aktywność ureazy była na BMśw niż LMśw, różnice nie były istotne (tab. 3). Aktywność ureazy korelowała istotnie z zawartością azotu, węgla organicznego, sumą kationów, pojemnością sorpcyjną i kwasowością hydrolityczną. Stwierdzono istotne korelacje ureazy z asparaginazą oraz fosfatazą kwaśną (tab. 4). Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy siedliskami w aktywności asparaginazy. Aktywność tego enzymu była nieznacznie wyższa na LMśw niż BMśw w obu badanych poziomach gleby (tab. 3). Asparaginaza istotnie korelowała z zawartością węgla organicznego, pojemnością sorpcyjną i kwasowością hydrolityczną oraz z pH, a także z fosfatazą kwaśną (tab. 4).

Aktywność fosfatazy kwaśnej w poziomie organicznym gleb była istotnie ( $F=10,8$ ;  $p<0,01$ ) wyższa na BMśw niż LMśw (tab. 3). W poziomie próchnicznym badanych gleb nie stwierdzono różnic w aktywności tego enzymu pomiędzy siedliskami. Fosfataza kwaśna istotnie korelowała

**Tabela 3.**

Aktywność enzymatyczna (średnia  $\pm$ błąd standardowy) poziomu organicznego (O) i próchnicznego (A) gleb w zależności od typu siedliskowego lasu (TSL – oznaczenia jak w tabeli 1)

Enzymatic activity (mean value  $\pm$ standard error) of organic (O) and humus (A) horizons of analysed soils depending on the type of forest site (TSL – denotes as in table 1)

TSL		Ureaza Urease [mg NH <sub>3</sub> /10 g]	Asparaginaza Asparaginase [mg NH <sub>3</sub> /10 g]	Fosfataza kw. Acid phosphatase [mg PNP/10 g]	Dehydrogenazy Dehydrogenases [mg TPF/10 g]
LMśw	O	29,31a $\pm$ 3,17	17,67a $\pm$ 4,15	3,88a $\pm$ 0,33	0,81a $\pm$ 0,25
	A	8,10b $\pm$ 1,33	3,07b $\pm$ 0,34	0,44c $\pm$ 0,06	0,18b $\pm$ 0,03
BMśw	O	30,04a $\pm$ 1,72	16,85a $\pm$ 1,88	4,21b $\pm$ 0,12	1,07a $\pm$ 0,26
	A	4,74c $\pm$ 0,56	2,59b $\pm$ 0,38	0,42c $\pm$ 0,05	0,23c $\pm$ 0,05

te same litery oznaczają średnie nieróżniące się istotnie; the same letters indicate means that do not differ significantly

Tabela 4.

Współczynnik korelacji między parametrami chemicznymi a biologicznymi badanych gleb (oznaczenia jak w tabeli 2)

Coefficient of correlation between soil chemical and biological parameters (denotes es in table 2)

	Ureaza Urease	Dehydrogenazy Dehydrogenases	Asparaginaza Asparaginase	Fosfataza kw. Acid phosphatase
N	0,670**	-0,267	0,788***	0,914****
C	0,584*	-0,278	0,752**	0,887****
C/N	0,353	-0,206	0,543*	0,673**
pH KCl	-0,399	0,756**	0,782***	-0,535*
S	0,772***	0,259	0,328	0,670**
Hh	0,659**	0,349	0,740**	0,732**
PWK	0,713**	-0,289	0,729**	0,767****
Ureaza		-0,178	0,622*	0,569*
Dehydrogenazy			-0,504	-0,091
Asparaginaza				0,746**

\* p<0,05; \*\* p<0,01; \*\*\* p<0,001; \*\*\*\* p<0,0001

z zawartością azotu, węgla organicznego oraz z sumą kationów, z C/N, pH, kwasowością hydrolytyczną i pojemnością sorpcyjną (tab. 4).

W poziomie organicznym nie obserwowano istotnych różnic w aktywności dehydrogenaz między badanymi siedliskami. Natomiast w poziomie próchnicznym średnia aktywność dehydrogenaz była istotnie ( $F=5,17$ ;  $p<0,05$ ) wyższa na BMśw niż LMśw (tab. 3). Ponadto stwierdzono istotną korelację aktywności dehydrogenaz z pH gleb (tab. 4).

## Dyskusja

Wyniki badań parametrów chemicznych gleb wskazują na istotne zróżnicowanie związane z siedliskiem oraz poziomem gleby. Badania nie wykazały istotnego zróżnicowania zawartości węgla, azotu, kwasowości hydrolytycznej i pojemności sorpcyjnej w poszczególnych klasach wieku. Ich wyniki były zbliżone do wyników badań Olszowskiej i in. [2007] dotyczących siedliska lasu mieszanego świeżego. W niniejszych badaniach stwierdzono natomiast istotnie wyższą koncentrację węgla organicznego i azotu ogólnego, a także wyższe wartości C/N, kwasowości hydrolytycznej oraz pojemności sorpcyjnej na siedlisku BMśw niż LMśw. Podobną zależność odnotowali Olszowska i in. [2005, 2007] oraz Zwoliński [2008] – badane parametry chemiczne miały również wyższe wartości na BMśw. Według Goneta i in. [2009] fizykochemiczne właściwości gleby są określane nie tylko przez skały macierzyste i warunki klimatyczne, ale również przez sposób użytkowania gruntów.

Z przedstawionych badań wynika, że aktywność enzymów była ściśle związana z zawartością substancji organicznej, czego dowodem była ich statystycznie wyższa aktywność w poziomach organicznych niż próchnicznych gleb w różnych klasach wieku drzewostanu. Dane literaturowe potwierdzają ścisły związek aktywności enzymatycznej i rozwoju drobnoustrojów z zawartością węgla organicznego, który jest ich podstawowym substratem energetycznym [Leirós i in. 2000; Šnajdr i in. 2008; Olszowska 2010].

Zróżnicowanie aktywności wszystkich testowanych enzymów pomiędzy powierzchniami można tłumaczyć oddziaływaniem szeregu czynników środowiskowych, np. wilgotnością, temperaturą i stopniem natlenienia gleby oraz dopływem materii organicznej, a także zadrzewieniem [Bauchus i in. 1998; Côte i in. 2000]. Wielu autorów wykazało również dużą zmienność

aktywności enzymatycznej gleby ornej i leśnej w skali regionalnej, lokalnej, topograficznej oraz pojedynczego drzewa [Brejda i in. 2000; Smoliński i in. 2008; Piotrowska i in. 2010].

Żyzność siedlisk związana jest z aktywnością enzymów glebowych, na co wskazują badania wykazujące niższą aktywność ureazy, fosfatazy kwaśnej i dehydrogenaz w glebach LMśw niż BMśw [Gil-Sotres i in. 2005; Januszek 2011]. Niższa aktywność badanych enzymów może wskazywać na mniej intensywny proces rozkładu substancji organicznej w glebach LMśw. W badaniach Olszowskiej i in. [2005, 2007] stwierdzono wyższą aktywność dehydrogenaz na LMśw niż BMśw. Jednocześnie aktywność enzymatyczna może być czułym wskaźnikiem wczesnych zmian warunków glebowych spowodowanych zabiegami hodowlanymi [Dinesh i in. 2004; Nourbakhsh 2007]. Często reakcja enzymów glebowych poprzedza zauważalne zmiany właściwości chemicznych i fizycznych gleb. Według wcześniejszych badań Olszowskiej i in. [2005, 2009] aktywność enzymów glebowych oraz stan mikrobiologiczny gleb, a także ich właściwości chemiczne uwarunkowane były jakością siedliska i na ogół zmniejszały się wraz ze spadkiem bonitacji drzewostanu.

Właściwości fizyczne i chemiczne gleb są silnie powiązane ze sobą oraz istotnie oddziałują na organizmy glebowe, a tym samym na aktywność enzymów [Aon, Colaneri 2001]. Szereg prac wskazuje na istotną korelację pomiędzy aktywnością biologiczną a żyznością gleb [Moffat 2003; Trasar-Cepeda i in. 2008]. Potwierdzają to uzyskane wyniki badań, wskazujące na wyraźną zależność aktywności enzymatycznej od właściwości chemicznych gleb. Omówione powyżej charakterystyki biochemiczne gleb były statystycznie istotnie skorelowane przynajmniej z kilkoma parametrami określającymi żyzność gleb, takimi jak: pH, zawartość węgla organicznego, azotu, suma kationów zasadowych, kwasowość hydrolityczna i pojemność sorpcyjna. Wszystkie testowane parametry biochemiczne są związane z przebiegiem rozkładu substancji organicznej, procesu gwarantującego utrzymanie niezbędnego dla rozwoju roślin zapasu składników pokarmowych. Istotne korelacje pomiędzy aktywnością badanych enzymów a parametrami żyzności gleb świadczą o tym, że każdy z tych parametrów może mieć zastosowanie w badaniach biochemicznych jako wskaźnik jakości gleb. Za miarodajny wskaźnik żyzności siedlisk uważa się właściwości gleb charakteryzowane m.in. składem chemicznym, stanem mikrobiologicznym i aktywnością enzymatyczną [Lasota 2005; Błońska i in. 2013]. Uzyskane wyniki pomiarów chemicznych i aktywności biologicznej gleb badanych powierzchni okazały się nieadekwatne do jakości siedlisk. Na siedlisku LMśw stwierdzono niższą zasobność gleb w składniki pokarmowe (wyrażoną mniejszą zawartością węgla organicznego, azotu, kationów zasadowych oraz niższą pojemnością sorpcyjną) aniżeli na teoretycznie uboższym BMśw. Powierzchnie na siedlisku LMśw charakteryzowały się ponadto słabszą aktywnością enzymatyczną gleb, zwłaszcza fosfatazy kwaśnej i dehydrogenaz. Jednym z czynników decydujących o zasobności gleb leśnych w składniki pokarmowe jest skład gatunkowy drzewostanu. Błońska i Januszek [2010] obserwowali hamujący wpływ drzewostanu sosnowego na aktywność enzymatyczną w porównaniu z drzewostanem dębowym. Na badanych powierzchniach, niezależnie od siedliska, dominowała sosna, która prowadzić może do degradacji siedlisk, przejawiającej się zarówno zubożeniem zbiorowisk roślinnych, jak i pogorszeniem właściwości górnych warstw gleby. W badaniach Olszowskiej i in. [2007] została również stwierdzona niezgodność właściwości chemicznych gleb i ich aktywności biologicznej z żyznością siedlisk Lśw i LMśw. Być może jej źródłem jest zbyt schematyczne wyróżnianie typów siedliskowych lasu na podstawie typu i podtypu gleby, bez wnikliwej oceny jej właściwości biochemicznych. Problem ten dotyczy zwłaszcza odróżniania siedlisk borów mieszanych od lasów mieszanych na glebach bielicoziemnych. Obecnie w celu większego powiązania właściwości gleb z diagnozą siedliska wykorzystuje się siedliskowy indeks glebowy (SIG) [Brożek i in.

2011]. Nowa metoda diagnozowania siedlisk z zastosowaniem wskaźnika SIG daje możliwość bezspornego rozdzielenia zbliżonych siedlisk, a także określenia trofizmu gleb i siedlisk.

Z powyższych obserwacji można wnioskować, że parametry określające potencjalne możliwości siedliska są bardziej precyzyjnym wskaźnikiem przy diagnozie typologicznej aniżeli stosunki florystyczne i fitosocjologiczne, które często, o czym już wspomniano, mogą ulegać silnym deformacjom w wyniku działań gospodarczych. Można zatem uważać, że właściwości gleb wyrażone ich składem chemicznym oraz aktywnością biologiczną są miarodajnym wskaźnikiem żyzności gleb [Burns 1982; Alkrota i in. 2003; Błońska 2011].

## Wnioski

- ✦ Parametry chemiczne określające żyzność gleb, tj. zawartość substancji organicznej, azotu, kationów zasadowych oraz pojemność sorpcyjna, były na badanych powierzchniach nieadekwatne do jakości siedlisk BMśw i LMśw – według klasyfikacji przedstawionej w operatach siedliskowych, czego prawdopodobną przyczyną było zniekształcenie siedlisk spowodowane działalnością gospodarczą.
- ✦ Badania aktywności enzymatycznej gleb mogą być miarodajną oceną stanu badanych siedlisk zmienionych i zniekształconych oraz na pograniczu grup troficznych LMśw/BMśw.
- ✦ Istotną zależność aktywności enzymów glebowych od właściwości chemicznych gleb jest argumentem uzasadniającym wykorzystanie parametrów biochemicznych gleb jako wskaźników ich żyzności.
- ✦ Wykorzystanie badań intensywności reakcji biochemicznych może być uzupełnieniem stosowanych w praktyce leśnej badań chemicznych gleb.

## Literatura

- Alkrota I., Aizpurual A., Riga P., Albizu I., Amezaga I., Garbisu C. 2003. Soil enzyme activities as biological indicators of soil health. *Rev. Environ. Health* 18 (1): 65-73.
- Aon M. A., Colaneri A. C. 2001. Temporal and spatial evolution of enzymatic activities and physico-chemical properties in an agricultural soil. *Applied Soil Ecology* 18: 255-270.
- 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 Biology & Biochemistry* 30: 1077-1089.
- Błońska E. 2011. Soil enzyme activity as an indicator of changes in forest soil. *Polish Journal of Soil Science* 44 (1): 75-80.
- Błońska E., Januszek K. 2010. Wpływ składu gatunkowego drzewostanów na aktywność enzymatyczną i właściwości fizykochemiczne gleb leśnych. *Roczniki Gleboznawcze* 61 (2): 5-14.
- Błońska E., Lasota J., Januszek K. 2013. Variability of enzymatic activity in forest Cambisols and Brunic Arenosols of Polish lowland areas. *Soil Science Annual* 64 (2): 54-59.
- Brejda J. J., Moorman T. B., Smith J. L., Karlen D. L., Allan D. L., Dao T. H. 2000. Distribution and variability of surface soil properties at a regional scale. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 974-982.
- Brożek S., Lasota J., Zwydak M., Wanic T., Gruba P., Błońska E. 2011. Zastosowanie siedliskowego indeksu glebowego (SIG) w diagnozie typów siedlisk leśnych. *Roczniki Gleboznawcze* 62 (4): 133-149.
- Burns R. G. 1982. Enzyme activity in soil: location and a possible role on microbial ecology. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 423-427.
- Côte L., Brown S., Paré D., Fyles J., Bauchus J. 2000. Dynamics of carbon and nitrogen mineralization in relation to stand type, stand age and soil texture in the boreal mixedwood. *Soil Biology & Biochemistry* 32: 1079-1090.
- Dinesh R., Ghoshal Chaudhuri S., Sheeja T. E. 2004. Soil biochemical and microbial indices in wet tropical forests: Effects of deforestation and cultivation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 167 (1): 24-32.
- Gil-Sotres F., Trasar-Cepeda C., Leirós M.C., Seoane S. 2005. Different approaches to evaluate soil quality using biochemical properties. *Soil Biology & Biochemistry* 37: 877-887.
- Gonet S., Dębska B., Dziamski A., Banach-Szott M., Zaujec A., Szombathowa N. 2009. Properties of organic matter in Haplic Luvisol under arable, meadow and forest management. *Polish Journal of Soil Science* 42: 139-148.
- Januszek K. 2011. The enzyme activity of the forest soil of southern Poland as a measure of soil quality. *EJPAU* 14 (2).
- Kondracki J. 2000. *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

- Kowalkowski A. 1973. Instrukcja laboratoryjna dla pracowni gleboznawczo-nawożeniaowych. Warszawa – Sękocin.
- Lasota J. 2005. Biochemical indicator of mountain forest soil fertility. *Soil Science Annual* 56(3/4): 42-52.
- Leirós M. C., Trasar-Cepeda C., Seoane S., Gil-Sotres F. 2000. Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (Atlantic oakwood) in an area of European temperature-humid zone (Galicia, NW Spain): General parameters. *Soil Biology & Biochemistry* 32: 733-745.
- Moffat A. J. 2003. Indicators of soil quality for UK forestry. *Forestry* 5: 547-567.
- Nourbakhsh F. 2007. Decoupling of soil biological properties by deforestation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 121: 435-438.
- Olszowska G. 2009. Ocena aktywności biochemicznej gleb leśnych w różnych typach siedliskowych terenów górskich. *Leś. Pr. Bad.* 70 (4): 383-394.
- Olszowska G. 2010. Rozkład pionowy aktywności enzymatycznej gleb różnych siedlisk leśnych. *Sylwan* 154 (6): 405-411.
- Olszowska G., Zwoliński J., Matuszczyk I., Syrek D. 2007. Zastosowanie biochemicznych charakterystyk gleb w diagnostyce typologicznej siedlisk leśnych. *Leś. Pr. Bad.* 4: 83-105.
- 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. *Leś. Pr. Bad.* 3: 17-37.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z. 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Piotrowska A., Długosz J., Namysłowska-Wilczyńska B., Zamorski R. 2010. Field-scale variability of topsoil dehydrogenase and cellulase activities as affected by variability of some physico-chemical properties. *Biology and Fertility of Soils* 47: 101-109.
- Russel S. 1972. Metody oznaczania enzymów glebowych. PTG, Komisja Biologii Gleby. Warszawa.
- Smoliński S., Długosz J., Piotrowska A., Zamorski R. 2008. Spatial variability of soil dehydrogenases and cellulases activities in a field scale. *Polish Journal of Soil Science Soil Biology* 41 (1): 73-80.
- 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 Biology & Biochemistry* 40: 2068-2075.
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa.
- Trasar-Cepeda C., Leirós M. C., Gil-Sotres F. 2008. Hydrolytic enzyme activities in agricultural and forest soils some implications for their use as indicators of soil quality. *Soil Biology & Biochemistry* 40: 2146-2155.
- Zwoliński J. 2008. Rozkład pionowy biomasy drobnoustrojów w glebach leśnych. *Leś. Pr. Bad.* 69: 225-231.