

JAROSŁAW LASOTA

BIOCHEMICZNY WSKAŹNIK ŻYZNOŚCI GÓRSKICH GLEB LEŚNYCH

BIOCHEMICAL INDEX OF MOUNTAIN FOREST SOIL FERTILITY

Katedra Gleboznawstwa Leśnego AR w Krakowie

Abstract: The paper presents a new numerical index (W_{DNS}) designed to measure the fertility of mountain forest soils. The values of partial indices (W_{poz}) were computed on the basis of dehydrogenase activity (ADh), the total amount of nitrogen (N_{og}) and the sum of exchangeable basic cations (S_{kp}) in successive genetic horizons, using the formula:

$$W_{poz} = \sqrt{ADh^2 + Nog^2 + Skp^2}$$

The final value of the biochemical index (W_{DNS}) is the weighted average of the partial indices with the depths of the genetic horizons as weights. The studies established the ranges of W_{DNS} values that characterise soils of different forest-site types and their trophic varieties in the mountain forest zone belts differing in climatic conditions and productive capacity. The index enables assessment of the fertility of forest soils, mostly on the basis of soil properties, and valuation of forest sites even if the forest vegetation is deformed.

Key words: soil trophism, index of soil fertility.

Słowa kluczowe: żyzność gleb, wskaźnik żyzności gleb.

WSTĘP

Stosowana obecnie w praktyce glebowo-siedliskowej kompleksowa metoda typologiczna opracowana przez IBL [Trampler i in. 1990], pozwala na precyzyjne rozpoznanie warunków siedliskowych w przypadku istnienia zgodności składu gatunkowego drzewostanu z siedliskiem i zgodnej ze zdolnością lasotwórczą gleby bonitacji głównych gatunków drzew. W odniesieniu do lasów zniekształconych, gdzie pomocnicza rola wskaźników florystycznych, jak również dendrometrycznych zostaje ograniczona, rozpoznanie urodzajności siedliska możliwe jest jedynie na podstawie trwałych elementów środowiska glebowego [Mąkosa 1993, Mąkosa i in. 1994], do których należy głównie utwór geologiczny wraz z jego zasobnością oraz typ gleby. Wyniki dotychczasowych badań siedliskowych prowadzonych w Beskidach [Alexandrowicz 1960, 1962, Baran 1968, Sikorska 1997] świadczą, że w terenach górskich występują ogólne prawidłowości w relacjach pomiędzy charakterem skały macierzystej i typem gleby a typem siedliska, w obrębie jednorodnych pięter klimatyczno-roślinnych. Jednak w wielu przypadkach wspomniane cechy mogą okazać się niewystarczające lub nieprzydatne do diagnozy typu siedliskowego lasu.

Przyczyną może być silne zróżnicowanie właściwości podłoża geologicznego w obrębie wyróżnianych utworów, brak wyraźnych oznak morfologicznych świadczących o obecności określonego procesu glebotwórczego, jak również odmiennosc głębokich poziomów skały macierzystej (niejednokrotnie bardzo zasobnych) od wierzchnich poziomów, w których odczytuje się kierunek i typ procesu glebotwórczego. W praktyce precyzyjna diagnoza typu i podtypu gleby możliwa jest po wykonaniu oznaczeń podstawowych właściwości chemicznych. Rozpoznanie jednak typu, a nawet podtypu gleby górskiej często jest niewystarczające do jednoznacznej oceny jej urodzajności, zwłaszcza w przypadku gleb brunatnych kwaśnych i brunatnych bielicowych. Przyczyną jest brak ścisłych kryteriów umożliwiających wykorzystanie zbadanych cech gleby do oceny jej zdolności produkcyjnych i lasotwórczych. Pojawia się zatem pytanie, czy bezpośrednie wykorzystanie wyników analiz glebowych do ustalania poziomu żyzności gleb nie mogłoby prowadzić do uzyskania bardziej jednoznacznych, a zarazem precyzyjnych podstaw do ich leśno-produkcyjnej waloryzacji? Odpowiedź wydaje się być pozytywna pod warunkiem uwzględnienia we wspomnianej ocenie cech glebowych najistotniejszych, w najwyższym stopniu odzwierciedlających poziom jej trofizmu. W badaniach gleboznawczych podejmowano już próby „konstruowania” wskaźników żyzności czy urodzajności gleby, z wykorzystaniem jej różnych właściwości [Prusinkiewicz, Kowalkowski 1964, Myśków i in. 1996, Brożek 2001, Januszek 1999]. Bardzo dobre rezultaty osiągnęli Myśków i in. [1996] opracowując Biologiczny Wskaźnik Żyzności Gleb (dla gleb lekkich i średnich), stwierdzili istotny związek aktywności biologicznej gleby użytkowanej rolniczo z wielkością plonów roślin. Próby sformułowania liczbowego wskaźnika żyzności gleb leśnych podjął Brożek [2001]. Brożek i in. [2001] zaproponowali stosowanie Indeksu Trofizmu Gleb Leśnych do waloryzacji produktywności gleb leśnych na terenach zarówno nizinnych, jak i wyżynnych [Brożek i in. 2001]. Wskaźnik ten jednak nie odzwierciedlał produktywności gleb leśnych terenów górskich [Lasota 2003].

Celem niniejszej pracy było opracowanie liczbowego wskaźnika żyzności gleby, służącego do oceny produktywności górskich gleb leśnych. Obiektywny wskaźnik, sformułowany na podstawie właściwości gleby, decydujących o jej trofizmie, mógłby stanowić przydatne narzędzie w ocenie potencjalnej produktywności siedlisk leśnych, zwłaszcza w sytuacji, kiedy diagnoza glebowa nie może być wiarygodnie potwierdzona elementami drzewostanowymi (skład gatunkowy drzewostanu, bonitacja wzrostowa drzew) czy florystycznymi (obecność gatunków siedliskowo-diagnostycznych).

MATERIAŁ I METODY

Do opracowania wskaźnika żyzności gleb leśnych wykorzystano materiał zebrany na 80 powierzchniach rozpoznania typologicznego, które posłużyły do opracowania rozprawy „Waloryzacja siedliskowa gleb leśnych Żywiecczyny” [Lasota 2003]. Zakres prac terenowych na powierzchniach badawczych wykonano zgodnie z zasadami kartowania siedlisk leśnych [Mąkosa i in. 1994].

W próbkach glebowych pobranych do badań laboratoryjnych wykonano metodami stosowanymi w badaniach gleboznawczych [Ostrowska i in. 1991] następujące oznaczenia:

- skład granulometryczny gleb metodą areometryczną Bouyoucosa-Casagrande’a w modyfikacji M. Prószyńskiego, podając grupy granulometryczne zgodnie z Systematyką gleb Polski [Systematyka... 1989],
- pH w H_2O i w $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl potencjometrycznie przy zastosowaniu proporcji gleby do roztworu 1:5 w poziomach organicznych i 1:2,5 w poziomach mineralnych,
- kwasowość hydrolityczną (Y) i sumę zasadowych kationów wymiennych (S_{kp}) metodą Kappena, z obliczeniem pojemności sorpcyjnej (T) i stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (V),

- węgiel organiczny metodą Tiurina w modyfikacji Oleksynowej,
- azot całkowity metodą Kjeldahla,
- zawartość wymiennego wapnia, magnezu, potasu i sodu w wyciągu 1 mol · dm⁻³ CH₃COONH₄ o pH 7 – metodą ASA jako S_{oct},
- rozpuszczalny w 1 mol · dm⁻³ HCl fosfor oznaczono kolorymetrycznie metodą wanadanową.

Dodatkowo w próbach pobranych z poziomów organicznych oraz mineralnych próchnicznych aż do poziomów wzbogacania oznaczono aktywność dehydrogenaz metodą Cassidy i in. [1964] oraz aktywność fosfataz metodą Kramera i Erdei za Russelem [1972]. Próbkę gleby przeznaczone do badań enzymatycznych pobierano w okresie od lipca do września. Próby te pobierano do woreczków foliowych, przecierano przez sito o średnicy otworów 2 mm i do momentu wykonania oznaczeń aktywności enzymatycznej przechowywano w chłodni w temperaturze 0–5°C.

Grupowanie powierzchni według typów siedliskowych lasu przeprowadzono kilkustopniowo według systemu klasyfikacyjnego krakowskiej szkoły Alexandrowicza [1972] opierając diagnozę typu siedliska na czterech grupach elementów siedliskowo-rozpoznawczych. Są nimi: warunki klimatyczne, glebowe, cechy drzewostanowe i roślinność runa. Posiadany materiał badawczy w pierwszej kolejności pogrupowano w obrębie stref klimatyczno-leśnych Alexandrowicza [1972], a następnie według trwałych cech glebowych, uwzględniając typ gleby, rodzaj skały macierzystej i uziarnienie. Równoległe z diagnozą glebową siedliska, określano typ siedliskowy lasu na podstawie cech drzewostanu, który na danej glebie występuje, a jeśli został zniekształcony, lecz zachowała się dokumentacja – to na podstawie drzewostanu, jaki występował w przeszłości. Obie diagnozy konfrontowano i ustalano ostateczny typ siedliska, potwierdzając słuszność diagnozy obecnością roślin siedliskowo-rozpoznawczych. Powierzchnie, które założono w drzewostanach zbliżonych do naturalnych, traktowano jako wzorce potencjalnych możliwości lasotwórczych gleb o określonych właściwościach, a zarazem wzorce typów siedliskowych lasu. Rolę pomocniczych wzorców odgrywały powierzchnie założone w drzewostanach zniekształconych, których naturalny skład gatunkowy można było ustalić na podstawie zachowanej dokumentacji oraz powierzchnie z drzewostanem przebudowanym. Szczegółową charakterystykę gleb siedlisk regla dolnego, dokonaną na podstawie posiadanego materiału badawczego, zamieszczono we wcześniejszej publikacji [Lasota 2004].

Zaproponowany w niniejszej pracy Biochemiczny Wskaźnik Żywności jest modyfikacją Biologicznego Wskaźnika Żywności Gleb opracowanego przez Myśkowiaka i in. [1996]. Myśkowiak i in. [1996] wyrazili biologiczny wskaźnik żywności jako funkcję trzech wielkości:

$$M, H \text{ i } T \left(F = \sqrt{M^2 + H^2 + T^2} \cdot 100 \right),$$

a więc aktywności biologicznej (M), zawartości węgla organicznego (H) i pojemności sorpcyjnej (T). Za wyznacznik aktywności biologicznej autorzy zamiennie przyjmowali aktywność enzymów glebowych: dehydrogenaz lub fosfataz oraz stosunek liczebności bakterii do liczebności grzybów.

W prezentowanej pracy wykorzystano zaproponowany przez Myśkowiaka i wsp. [1996] Wskaźnik Żywności Gleb, jak również koncepcję oceny żywności z wykorzystaniem trzech mierzalnych cech, które informują o poziomie żywności gleby. Jako mierniki poziomu aktywności biologicznej (M) testowano zamiennie aktywność dehydrogenaz (ADh) i fosfataz (AF). Jako parametr związany z poziomem substancji organicznej w glebie, wykorzystano do obliczeń wskaźnika żywności gleb procentową zawartość węgla organicznego (C_{org}), a także zawartość ogólnego azotu (N_{og}) oraz zawartość fosforu (P). Jako trzeci element składowy (cechy związane z właściwościami sorpcyjnymi gleby) zastosowano zamiennie: całkowitą pojemność sorpcyjną gleby (T), sumę zasadowych kationów wymiennych oznaczaną metodą Kappena (S_{kp}) oraz w wyciągu octanu amonu (S_{oct}), odczyn (pH) i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami (V). Ze względu na zróżnicowane jednostki i zakresy uwzględnionych cech gleby, poszczególne parametry użyte do obliczenia

wskaźnika (zgodnie z koncepcją Myśkova i wsp. [1996]) zostały znormalizowane przy użyciu odpowiednich dzielników tak, aby ich wartości mieściły się w przedziale 0–1. Dodatkowo uzyskane wyniki (sumy zasadowych kationów wymiennych, zawartości fosforu, aktywności dehydrogenaz, aktywności fosfataz) mnożono przez gęstość nasypową prób gleby, co pozwoliło na wyrażenie analizowanych cech w podobnych jednostkach objętości gleby oraz umożliwiło zastosowanie podobnych dzielników w stosunku do poziomów organicznych, jak i mineralnych (tab. 1).

Zmodyfikowany został również sposób obliczania omawianego wskaźnika dla konkretnej gleby. Myśków i wsp. [1996] ustalili go tylko dla warstwy ornej. Natomiast w niniejszej pracy wskaźnik ten obliczono dla całego profilu glebowego następująco: cząstkowe wartości wskaźnika, obliczone wzorem Myśkova i wsp. [1996] dla kolejnych poziomów genetycznych danej gleby, mnożono przez ich miąższość, a następnie sumowano. Tak uzyskaną sumę dzielono przez całkowitą głębokość profilu glebowego (wyrażoną w metrach), aby różnice głębokości poszczególnych odkrywek glebowych nie decydowały o ostatecznej wartości wskaźnika.

WYNIKI

Spośród szeregu testowanych kombinacji poprzednio wymienianych cech, użytych do obliczenia biologicznego wskaźnika żyzności, najlepsze rezultaty uzyskano wykorzystując jako składniki: aktywność dehydrogenaz (ADh), ogólną zawartość azotu (N_{og}) oraz sumę zasadowych kationów wymiennych oznaczonych metodą Kappena (S_{kp}). Taka kombinacja cech pozwoliła na uzyskanie wskaźnika (W_{DNS}), który najlepiej rozdziela i grupuje gleby pod względem ich zdolności lasotwórczych i żyzności.

$$W_{DNS} = \frac{\sum (\text{w poziomach}) W_{poz} * \text{miąższość poziomu glebowego}}{\text{miąższość profilu glebowego}}$$

$$W_{poz} = \sqrt{ADh^2 + Nog^2 + Skp^2}$$

W_{poz} – wartość wskaźnika w poszczególnych poziomach gleb

W przypadku innych kombinacji cech, obliczone wielkości nie pozwalały na zadowalające, tzn. dostatecznie dokładne rozdzielanie wyróżnionych grup gleb wg ich możliwości lasotwórczych i reprezentowanych typów siedlisk.

Słuszność doboru parametrów, które posłużyły do sformułowania biochemicznego wskaźnika żyzności, potwierdziła analiza wariacji. Przy użyciu testów nieparametrycznych potwierdzono istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami aktywności dehydrogenaz, ogólnej zawartości azotu oraz sumy zasadowych kationów wymiennych (S_{kp}), w analogicznych poziomach gleb siedlisk o różnej produktywności (tab. 2a, b i c).

Zakresy wartości biologicznego wskaźnika (W_{DNS}), jakie uzyskano w badanych glebach tworzących określone siedliska leśne, przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Osobno rozpatrywano siedliska w położeniach niskiego regla dolnego (w strefie wysokości 550–900 m n.p.m.) – rys. 1, osobno siedliska z położeń wysokiego regla dolnego (w strefie wysokości 900–1100 m n.p.m.) – rys. 2.

Na podstawie wielkości przedstawionych na rysunkach 1, 2 ustalono przedziały wartości biochemicznego wskaźnika żyzności dla rozróżnienia gleb różnych typów i wariantów troficznych siedlisk (tab. 3). W strefie wysokiego regla dolnego wartości omawianego wskaźnika mieszczące się w granicach wartości 18,1–19,0 uzyskują siedliska o charakterze przejściowym pomiędzy bogatszymi borami mieszanymi górskimi i ubogimi lasami mieszanymi górskimi. W odniesieniu do tej grupy siedlisk za cechę pomocniczą w ostatecznym zdiagnozowaniu można uznać uziarnienie zwietrzeli. W przypadku „lekkich zwietrzelin”, tzn. piasków gliniastych i glin lekkich, wskaźniki z przedziału

TABELA 1. Dzielniki użyte do przeliczenia wyników oznaczeń właściwości gleby, testowanych przy formułowaniu biochemicznego wskaźnika żyzności

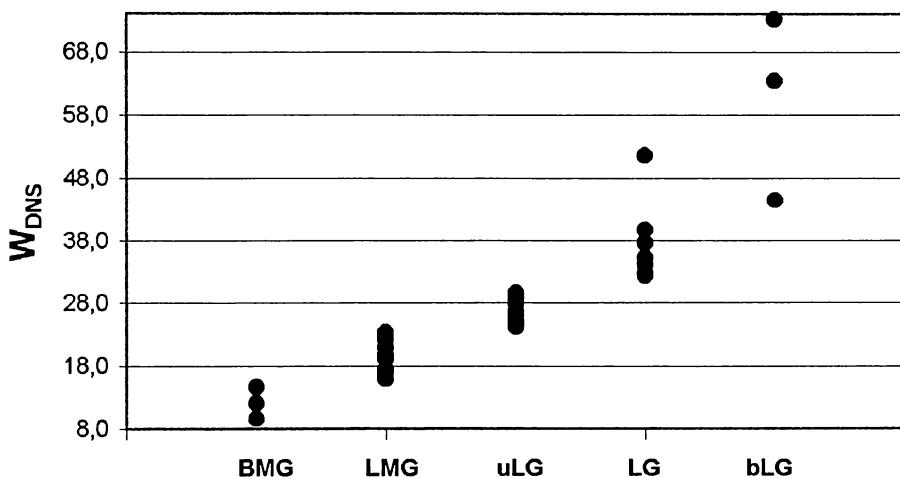
TABLE 1. Divisors for converting of soil properties in formulating of biochemical index of site fertility

Właściwości Properties*	ADh	AF	C _{org}	N _{og}	S _{kp.}	S _{oct.}	T	P	pH
Dzielnik w poziomach organicznych Divisor for organic horizons	25	100	250	10	25	15	100	150	30
Dzielnik w poziomach mineralnych Divisor for mineral horizons	25	30	20	1	25	10	100	150	30

Właściwości – Properties*: ADh – aktywność dehydrogenazy – dehydrogenase activity, AF – aktywność fosfatazy – phosphatase activity, C_{org} – węgiel organiczny – organic C, N_{og} – azot ogólny – total N, S_{kp.} – suma zasadowych kationów wymiennych (met. Kappena) – Total Exchangeable Bases (by Kappen method), S_{oct.} – ta sama suma kationów (met. AAS) – Total Exchangeable Bases (by AAS method), T – pojemność sorpcyjna gleby – Cation Exchangeable Capacity

18,1–19,0 charakteryzują siedlisko boru mieszanego górskiego regla środkowego (BMG_S), natomiast w przypadku zwietrzelin o charakterze glin średnich i ciężkich, podobne wartości wskaźnika charakteryzują siedlisko lasu mieszanego górskiego regla środkowego (LMG_S).

Przy zachowaniu wspomnianych kryteriów pomocniczych, diagnozy typu siedliskowego, dokonane dla powierzchni badawczych położonych w wysokim i niskim reglu dolnym, przy pomocy wskaźnika biochemicznego (W_{DNS}) i metodą tradycyjną [Mąkosa in. 1994] są niemal w 100% zgodne.



RYSUNEK 1. Wartości biologicznego wskaźnika żyzności (W_{DNS}) w glebach siedlisk niskiego regla dolnego (opracowano na podstawie 40 pow.)

FIGURE 1. Values of biochemical index of site fertility (W_{DNS}) for soils in zone between 550 and 900 m above the sea level (on the basis of 40 sites)

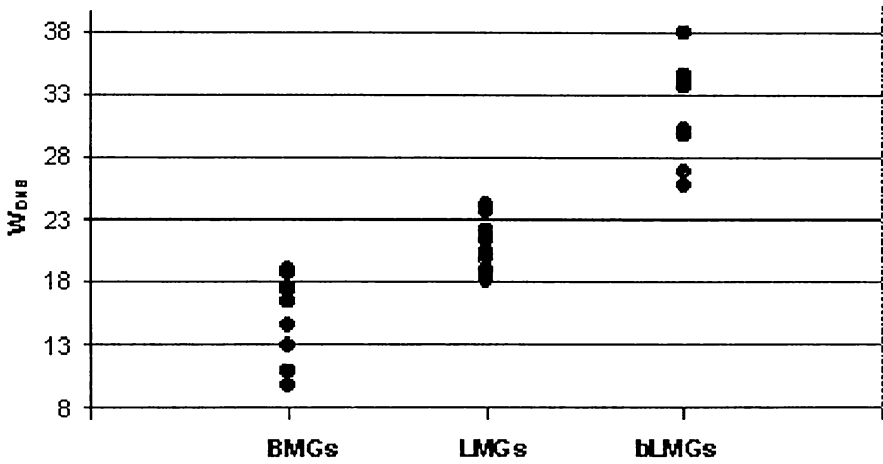
TABELA 2a. Poziomy istotności różnic między średnimi (na podstawie testu NIR) dla właściwości (użytych do sformułowania wskaźnika żyzności), w mineralnych poziomach akumulacji próchnicy (AE, A, Ah) gleb siedlisk wyróżnionych w reglu dolnym. Wartości średnie właściwości (ADh – aktywność dehydrogenaz wyrażona w mg TFF na 100 g gleby na 24 godz., S_{kp} – suma zasadowych kationów wymiennych oznaczona met. Kappena wyrażona w $cmol(+) \cdot kg^{-1}$, N_{og} – azot ogólny w %) umieszczono poniżej symboli oznaczających siedliska. Siedliska strefy niskiego regla dolnego: BMG – bór mieszany górski, LMG – las mieszany górski, uLG – ubogi podtyp lasu górskiego, LG – typowy las górski, bLG – bogaty podtyp lasu górskiego; siedliska strefy wysokiego regla dolnego: BMG_S – bór mieszany górski, LMG_S – typowy las mieszany górski, $bLMG_S$ – bogaty podtyp lasu mieszanego górskiego. Poziom istotności różnic między średnimi oznaczono kursywą, gwiazdką zaznaczono poziomy statystycznie istotne

TABLE 2a. The levels of statistical significance between mean values (on the basis of NIR-test) for properties used for formulating of fertility index in mineral horizons (AE, A, Ah) in soils of different mountain site types. Mean values of the dehydrogenase activity (ADh) [mg TPF per 100 g soil per 24 h], total exchangeable bases (S_{kp}) [$cmol(+) \cdot kg^{-1}$], total N (N_{og}) [%] placed below the symbols of the site types. Site types in zone between 550 and 900 m above the sea level: BMG – mixed mountain coniferous forest, LMG – mixed mountain forest, uLG – poor subtype of mountain forest, LG – typical subtype of mountain forest, bLG – rich subtype of mountain forest; Site types in zone between 900 and 1100 m above the sea level: BMG_S – mixed mountain coniferous forest, LMG_S – typical subtype of mixed mountain forest, $bLMG_S$ – rich subtype of mixed mountain forest. Level of significans between mean values is written in italics * – represent level of statistical significans

BMG 4,27	LMG 6,58	uLG1 1,66	LG 19,22	bLG 12,70		BMG- 6,06	LMG 6,22	bLMG _S 14,49	
ADh	<i>0,4158</i>	<i>0,0346*</i> <i>0,0311*</i>	<i>0,0038*</i> <i>0,0013*</i> <i>0,1326</i>	<i>0,0432*</i> <i>0,0727</i> <i>0,6376</i> <i>0,5706</i>	BMG LMG uLG LG	ADh	<i>0,9167</i>	<i>0,0000*</i> <i>0,0000*</i>	BMG _S LMG _S
BMG 0,12	LMG 0,24	uLG 0,35	LG 0,40	bLG 0,37		BMG _S 0,23	LMG _S 0,35	bLMG _S 0,45	
N_{og}	<i>0,0370*</i>	<i>0,0004*</i> <i>0,0078*</i>	<i>0,0001*</i> <i>0,0008*</i> <i>0,2319</i>	<i>0,0016*</i> <i>0,0359*</i> <i>0,6530</i> <i>0,7073</i>	BMG LMG uLG LG	N_{og}	<i>0,0048*</i>	<i>0,0000*</i> <i>0,0291*</i>	BMG _S LMG _S
BMG 0,73	LMG 3,27	uLG 6,41	LG 6,24	bLG 9,87		BMG _S 1,28	LMG _S 3,40	bLMG _S 6,46	
S_{kp}	<i>0,0000*</i>	<i>0,0000*</i> <i>0,0017*</i>	<i>0,0000*</i> <i>0,0060*</i> <i>0,9578</i>	<i>0,0000*</i> <i>0,0051*</i> <i>0,3721</i> <i>0,3791</i>	BMG LMG uLG LG	S_{kp}	<i>0,0000*</i>	<i>0,0000*</i> <i>0,0009*</i>	BMG _S LMG _S

DYSKUSJA

Można sądzić, że prezentowany w pracy biochemiczny wskaźnik żyzności opracowany zgodnie z koncepcją Myśkova i wsp. [1996] może zostać wykorzystany do waloryzacji trofizmu górskich gleb leśnych. Wykorzystane do obliczenia wskaźnika właściwości (zawartość azotu, suma kationów zasadowych oraz aktywność dehydrogenaz) w najwyższym stopniu związane są z żyznością gleb leśnych. Ogólna zawartość azotu, jako jednego z podstawowych pierwiastków biogenicznych, ma ścisły związek z zasobnością gleby w silnie przetworzone związki próchniczne, jak również wiąże



RYSUNEK 2. Wartości biologicznego wskaźnika żyzności (W_{DNS}) w glebach siedlisk wysokiego regła dolnego (opracowano na podstawie 40 pow.)

FIGURE 2. Values of biochemical index of site fertility (W_{DNS}) for soils in zone between 900 and 1100 m above the sea level (on the basis of 40 sites)

się ze sprawnością i tempem obiegu materii w ekosystemie leśnym [Attiwill, Leeper 1987]. Suma zasadowych kationów wymiennych wyraża w pewnej mierze pulę biogenów koniecznych dla wzrostu i rozwoju roślin [Rehfuess 1999], zaś aktywność dehydrogenaz uważana jest za miernik poziomu aktywności mikrobiologicznej gleby [Myśków 1981, Myśków i in. 1996], która z kolei jest czułym indykatorem szeregu właściwości gleby nie tylko chemicznych, ale także fizycznych i biologicznych [Januszek 1999]. Niniejsze badania dowiodły, że prawidłowa ocena stanu żyzności gleby możliwa jest przy łącznym uwzględnieniu wszystkich wspomnianych parametrów.

Zaskakujący jest fakt uzyskania negatywnych prób formułowania wskaźnika żyzności z użyciem takich właściwości jak suma kationów wymiennych oznaczanych w wyciągu octanu amonu, oraz zawartość fosforu. Przypuszczać można, że lepsze efekty formułowania wskaźnika przy wykorzystaniu sumy zasadowych kationów wymiennych określonych przy użyciu met. Kappena, wynikają ze specyfiki tej metody. Użycie w oznaczeniu silniejszego reagenta ($0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HCl}$) powoduje w kwaśnych glebach, oznaczenie nieco wyższej zawartości kationów wymiennych (w porównaniu z użyciem octanu amonu). Metoda ta przypuszczalnie bardziej odzwierciedla potencjalne aniżeli dostępne w danym momencie zasoby składników mineralnych. Natomiast brak pozytywnych wyników przy formułowaniu wskaźnika żyzności na podstawie zawartości fosforu wytłumaczyć można prawdopodobnie zastosowaniem niewłaściwej metody do oznaczenia zawartości tego pierwiastka.

Prezentowany biochemiczny wskaźnik żyzności (W_{DNS}), dzięki uwzględnieniu cech biologicznych wydaje się precyzyjny i odzwierciedla wpływ czynników, których znaczenia nie można ocenić badaniem wyłącznie cech chemicznych gleby. Uwzględnienie miąższości poszczególnych poziomów genetycznych w obliczeniach wskaźnika pozwala na uchwycenie zróżnicowania utworów glebowych oraz bardziej precyzyjne ich porównanie. Wykorzystanie gęstości nasypowej gleb do przekształcenia wyników analiz wyrażanych w jednostkach wagowych (S, ADh) zapewnia bardziej dokładną ocenę trofizmu gleb odmiennych pod względem uziarnienia, składu mineralologicznego czy struktury. Pominięcie zawartości części szkieletowych przy obliczaniu wskaźnika można uzasadnić znaczeniem części szkieletowych w pełnieniu funkcji swoistej „bazy” i potencjalnego źródła kationów odżywczych, co dowiodły badania Kohlera i in. [2000].

TABELA.2b. Poziomy istotności różnic między średnimi (na podstawie testu NIR) dla właściwości (użytych do sformułowania wskaźnika żyzności), w mineralnych poziomach wzbogacenia (BfeBbr, Bbr) gleb siedlisk wyróżnionych w reglu dolnym. Oznaczenia jak w tab. 2a

TABLE 2b. The levels of statistical significance between mean values (on the basis of NIR-test) for properties used for formulating of fertility index in mineral horizons (BfeBbr, Bbr) in soils of different mountain site types. The descriptions as in Table 2a

BMG 0,20	LMG 0,74	uLG 0,66	LG 2,62	bLG 1,25		BMG _S 0,36	LMG _S 0,84	bLMG _S 1,12	
ADh	0,7058	0,7398 0,9319	0,1033 0,0714 0,0488*	0,5519 0,7177 0,6690 0,3484	BMG LMG uLG LG	ADh	0,1888	0,0515 0,3688	BMG _S LMG _S
BMG 0,04	LMG 0,09	uLG 0,10	LG 0,08	bLG 0,11		BMG _S 0,10	LMG _S 0,12	bLMG _S 0,13	
N _{og.}	0,0044*	0,0010* 0,4330	0,0104* 0,6134 0,2197	0,0011* 0,1637 0,3536 0,0947	BMG LMG uLG LG	N _{og.}	0,0508	0,0293* 0,6517	BMG _S LMG _S
BMG 1,07	LMG 3,14	uLG 4,05	LG 4,81	bLG 10,70		BMG _S 1,58	LMG _S 3,31	bLMG _S 4,84	
S _{kp.}	0,0000*	0,0000* 0,0481*	0,0000* 0,0136* 0,4238	0,0000* 0,0000* 0,0001* 0,0010*	BMG LMG uLG LG	S _{kp.}	0,0000*	0,0000* 0,0002*	BMG _S LMG _S

Zastosowana w pracy modyfikacja sposobu obliczania wskaźnika wymaga jednak, aby sposób i dokładność wykonania potrzebnych oznaczeń były jednorodne w porównywanych profilach gleb. Na podstawie doświadczeń własnych podczas badania gleb górskich można wskazać na konieczność oznaczeń aktywności dehydrogenaz oraz azotu ogólnego we wszystkich poziomach genetycznych aż do poziomów wzbogacania włącznie. Poziomy najgłębsze (przejściowe do skały macierzystej – BC-C), sięgające z reguły w glebach górskich do ok. 1 m, nie wykazują zarówno aktywności dehydrogenaz, jak i zawartości azotu. W związku z tym, cząstkowy wskaźnik obliczany dla tych najgłębszych poziomów gleby przyjmuje wartość zależną wyłącznie od trzeciej składowej – sumy zasadowych kationów wymiennych. Niemniej nie można w obliczeniach wskaźnika pominąć tych poziomów najgłębszych, bowiem są one często swoistym „rezerwuarem” składników pokarmowych, przez co współdecydują o trofizmie gleb leśnych.

Fakt wykorzystania do obliczenia wskaźnika biochemicznego (W_{DNS}) oznaczeń właściwości biochemicznych związanych z poziomem aktywności mikrobiologicznej gleb skłania do zastanowienia się nad rodzajem określanej w ten sposób żyzności. Nie jest bezpodstawne przypuszczenie, że wartość wskaźnika biochemicznego, odzwierciedla aktualną żyzność gleby. Do takich wniosków prowadzą wyniki badań, które mówią, że poziom aktywności biologicznej danej gleby, jak również skład mikroflory glebowej są silnie skorelowane z rodzajem materii organicznej dostarczanej do gleby, jak również z rodzajem wydzielin korzeniowych, swoistych dla różnych gatunków roślin [Kermen 1981, Badura 1985]. Z drugiej jednak strony, poziom aktywności biologicznej zależy od innych (uznawanych za względnie trwałe) elementów gleby, warunkujących jej żyzność potencjalną.

TABELA 2c. Poziomy istotności różnic między średnimi (na podstawie testu NIR) dla właściwości (użytych do sformułowania wskaźnika żyzności), w głębokich poziomach mineralnych (BC-C) gleb siedlisk wyróżnionych w reglu dolnym. II – zawartość części sypialnych w zwietrzelinie (w %), pozostałe oznaczenia jak w tab. 2a

TABLE 2c. The levels of statistical significance between mean values (on the basis of NIR-test) for properties used for formulating of fertility index in deep mineral horizons (BC-C) in soils of different mountain site types; II – content of fraction < 0.02 mm [%], the other descriptions as in Table 2a

BMG 0,87	LMG 2,48	uLG 5,26	LG 9,01	bLG 14,90		BMG _s 1,34	LMG _s 2,73	bLMG _s 8,11	
S _{kp.}	0,0005*	0,0000* 0,0007*	0,0000* 0,0000* 0,0070*	0,0000* 0,0000* 0,0003* 0,0702*	BMG LMG uLG LG	S _{kp.}	0,0004*	0,0000* 0,0005*	BMG _s LMG _s
BMG 25,00	LMG 34,46	uLG 50,00	LG 52,00	bLG 65,33		BMG _s 21,08	LMG _s 41,00	bLMG _s 50,33	
II	0,3490	0,0169* 0,0155*	0,0148* 0,0169* 0,7765	0,0031* 0,0038* 0,1329 0,2140	BMG LMG uLG LG	II	0,0000*	0,0000* 0,1153	BMG _s LMG _s

Z cech tych wymienić można np. zasobność w składniki pokarmowe głębszych poziomów oraz trudne do zmierzenia właściwości fizyczne gleby, zwłaszcza jej strukturalność oraz relacje pomiędzy odpowiednimi fazami gleby [Drażkiewicz 1989].

WNIOSKI

1. Prezentowany w tym opracowaniu biochemiczny wskaźnik żyzności można wykorzystać do waloryzacji żyzności leśnych gleb górskich.
2. Biochemiczny wskaźnik żyzności górskich gleb leśnych (W_{DNS}) wykorzystuje formułę zaproponowaną przez Myśkova i wsp. [1996] oraz sposób wyważenia każdej z wielkości w celu sprowadzenia jej do podobnego przedziału (w granicach 0–1).
3. Modyfikacja biologicznego wskaźnika Myśkova i in. [1996] na potrzeby waloryzacji górskich gleb leśnych pod względem żyzności polega na uwzględnieniu wszystkich poziomów genetycznych danej gleby, dla których ustala się wskaźniki cząstkowe. Biochemiczny wskaźnik żyzności górskiej gleby leśnej (W_{DNS}) jest średnią ważoną wskaźników cząstkowych. Rolę wag pełnią miąższości poszczególnych poziomów.
4. Wykorzystanie do sformułowania biochemicznego wskaźnika żyzności leśnych gleb górskich (W_{DNS}) aktywności dehydrogenaz (ADh), całkowitej zawartości azotu ($N_{og.}$) oraz sumy zasadowych kationów wymiennych określonej metodą Kappena ($S_{kp.}$) pozwoliło na otrzymanie wskaźnika, który najlepiej grupuje i rozdziela powierzchnie różnych typów siedliskowych lasu i ich odmian.

TABELA 3. Przedziały wartości biochemicznego wskaźnika żyzności W_{DNS} do rozgraniczenia trofizmu gleb zróżnicowanych siedlisk leśnych
 TABLE 3. Range of biochemical indices of site fertility (W_{DNS}) in different forest site types

Niski regiel dolny Zone between 550 and 900 m above the sea level		Wysoki regiel dolny Zone between 900 and 1100 m above the sea level	
Typ siedliska* Site types	Zakres W_{DNS} Range of W_{DNS}	Typ siedliska* Site types	Zakres W_{DNS} Range of W_{DNS}
BMG	9,5–15,0	BMG _S	9,0–18,0
LMG	15,1–24,0	BMG _S /LMG _S	18,1–19,0
uLG	24,1–30,0	LMG _S	19,1–25,0
LG	30,1–40,0	bLMG _S	>25,0
bLG	>40,0		

*Siedliska strefy niskiego regla dolnego: BMG – bór mieszany górski, LM – las mieszany górski, uLG – ubogi podtyp lasu górskiego, LG – typowy las górski, bLG – bogaty podtyp lasu górskiego; siedliska strefy wysokiego regla dolnego: BMG_S – bór mieszany górski, LMG_S – typowy las mieszany górski, bLMG_S – bogaty podtyp lasu mieszanego górskiego

*Site types in zone between 550 and 900 m above the sea level: BMG – mixed mountain coniferous forest, LMG – mixed mountain forest, uLG – poor subtype of mountain forest, LG – typical subtype of mountain forest, bLG – rich subtype of mountain forest; site types in zone between 900 and 1100 m above the sea level: BMG_S – mixed mountain coniferous forest, LMG_S – typical subtype of mixed mountain forest, bLMG_S – rich subtype of mixed mountain forest

LITERATURA

- ALEXANDROWICZ B.W. 1960: Typy lasu u źródeł Wisły. *Sylwan* 7: 21–34.
- ALEXANDROWICZ B.W. 1962: Przyrodnicze podstawy przebudowy lasów Beskidu Żywieckiego. *Sylwan* 2: 13–21.
- ALEXANDROWICZ B.W. 1972: Typologiczna analiza lasu. PWN, Warszawa: 286.
- ATTIWILL P.M., LEEPER G.W. 1987: Forest Soils and Nutrient Cycles. Melbourne University Press: 202.
- BADURA L. 1985: Mikroorganizmy w ekopodsystemach glebowych – ich występowanie i funkcje. *Post. Mikrob.* 24, 3: 153–185.
- BARAN S. 1968: Gleby świerczyn Żywiecczyny. *Sylwan* 6: 45–58.
- BROŻEK S. 2001: Indeks trofizmu gleb leśnych. *Acta Agr. Et Silv., Ser. Silv.* 39: 19–36.
- BROŻEK S., LASOTA J., ZWYDAK M. 2001: Zastosowanie indeksu trofizmu gleb leśnych do diagnozy siedlisk nizinnych i wyżynnych. *Acta Agr. Et Silv., Ser. Silv.* 39: 37–50.
- CASSIDA L.E., KLEIN D.A., SANTORO T. 1964: Soil dehydrogenase activity. *Soil Sci.* 98: 371–376.
- DRAŹKIEWICZ M. 1989: Relacje pomiędzy fazą stałą gleby a mikroorganizmami. *Post. Mikrob.* 28, 2–4: 161–172.
- JANUSZEK K. 1999: Aktywność enzymatyczna wybranych gleb leśnych Polski południowej w świetle badań polowych i laboratoryjnych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Ser. Rozpr.* 250: 132.

- KERMEN J. 1981: Dynamiczna równowaga mikroorganizmów w glebie. *Post. Mikrob.* **20**, 3/4: 201–211.
- KLASYFIKACJA GLEB LEŚNYCH POLSKI. 2000: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa: 123.
- KOHLER M., WILPERT K.V., HILDEBRAND E.E. 2000: The soil skeleton as a source for the short-term supply of „base cations” in forest soil of the Black Forest (Germany). *Water, Air, a. Soil Pollut.* **122**, 1/2: 37–48.
- LASOTA J. 2003: Waloryzacja siedliskowa gleb leśnych Żywiecczyzny. Rozprawa doktorska. KGL AR Kraków, maszynopis: 125.
- LASOTA J. 2004: Gleby siedlisk leśnych Żywiecczyzny. Cz. I. Siedliska niskiego regła dolnego. *Sylvan* **2**: 3–10.
- LASOTA J. 2004: Gleby siedlisk leśnych Żywiecczyzny. Cz. II. Siedliska wysokich położeń regła dolnego i regła górnego. *Sylvan* **3**: 14–20.
- MAKOSA K. 1993: Degradacja siedlisk leśnych i potrzeba ich meliorowania. *Prace IBL, Ser. B* **15**: 201–209.
- MAKOSA K., DZIERZBICKI J., GROMADZKI A., KLICZKOWSKA A., KRZYŻANOWSKI A. 1994: Zasady kartowania siedlisk leśnych. Wyd. IBL, Warszawa: 121.
- MYSKÓW W. 1981: Próby wykorzystania wskaźników aktywności mikrobiologicznej do oceny żyzności gleby. *Post. Mikrobiol.* **20**: 173–192.
- MYSKÓW W., STACHYRA A., ZIĘBA S., MASIĄK D. 1996: Aktywność biologiczna gleby jako wskaźnik jej żyzności i urodzajności. *Rocz. Glebozn.* **47**, 1/2: 89–99.
- OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZUBIAŁKA Z. 1991: Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Katalog. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa: 334.
- PRUSINKIEWICZ Z., KOWALKOWSKI A. 1964: Studia gleboznawcze w Białowieskim Parku Narodowym. *Rocz. Glebozn.* **15**, 2: 161–304.
- REHFUESS K.-E. 1999: Indikatoren der Fruchtbarkeit von Waldbödenzeitliche Veränderungen und menschlicher Einfluss. *Forstwiss. Centralbl.* **118**, 2: 88–96.
- RUSSEL S. 1972: Metody oznaczania enzymów glebowych. PTG, Kom. Biol. Gleby, Warszawa: 63.
- SIKORSKA E. 1997: Studium nad systematyką gorczańskich siedlisk leśnych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Ser. Rozpr.* **229**: 99.
- SYSTEMATYKA GLEB POLSKI. Wydanie czwarte. 1989 *Rocz. Glebozn.* **40**, 3/4: 150.
- TRAMPLER T., MAKOSA K., GIRŻDA A., BĄKOWSKI J., DMYTERKO E. 1990: Siedliskowe podstawy hodowli lasu. Dodatek do V wydania Zasad hodowli lasu. PWRiL Warszawa: 197.

Dr inż. Jarosław Lasota

Katedra Gleboznawstwa Leśnego, Akademia Rolnicza w Krakowie

Al. 29-Listopada 46, 31-425 Kraków

e-mail: rllasota@cyf-kr.edu.pl