

Rola uziarnienia gleb w ocenie jakości siedlisk górskich

The use of particle size distribution of soils in estimating quality of mountain forest sites

Jarosław Lasota*, Ewa Błońska, Maciej Zwydak, Tomasz Wanic

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Gleboznawstwa Leśnego, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

*Tel. +48 12 6625031, rllasota@cyf-kr.edu.pl

Abstract. The physical and chemical properties of soil are the basic features that are used in the assessment of mountain sites. The aim of this study was to produce a simple key for classifying forest sites in mountain areas using soil particle size distribution. 200 plots (standard typological space) were selected for examination, most of which are typical of the Carpathians – being dominated by flysch rock. A few plots were located in the Sudety and Tatra Mountains, which have a different surface geology, mostly metamorphic rock and granite. The study proved that soil properties (reaction, base saturation, content of base cations, organic carbon and nitrogen) are helpful in distinguishing and assigning soils to particular site types. The particle size distribution of forest mountain sites separated into different categories in terms of productivity. These results can be used to improve the classification of forest mountain sites.

Key words: forest soil, particle size distribution, mountain forest sites

1. Wstęp

Uziarnienie gleby, pozostające w ścisłym związku z cechami podłoża skalnego, jest jedną z podstawowych właściwości, determinujących warunki rozwoju i wzrostu drzewostanów zasiedlających glebę w określonych warunkach klimatu. Zasobność zwietrzliny skalnej, zwłaszcza w silnie przetworzone minerały ilaste, wpływa na właściwości sorpcyjne, zapas dostępnych dla roślin składników pokarmowych, a także głębokość biologiczną powstałych z nich utworów glebowych.

W trakcie inwentaryzacji siedliskowych typów lasu w terenach górskich uziarnienie gleby jest jedną z cech, którą określa się na podstawowych i pomocniczych powierzchniach typologicznych (Instrukcja Urządzenia Lasu 2012). Jednocześnie brakuje instrukcji, która ułatwiałaby interpretację wyników wykonywanych analiz gleb oraz ich wykorzystanie do oceny żyzności i produktywności siedlisk leśnych.

Celem pracy jest ukazanie prawidłowości, jakie obserwuje się, analizując uziarnienie utworów glebowych

tworzących siedliska górskie o zróżnicowanej żyzności i produktywności. Podjęto próbę opracowania prostego klucza, który ułatwiałby diagnozowanie typu siedliskowego lasu w terenach górskich z wykorzystaniem uziarnienia gleby.

2. Materiał i metody

Do badań wybrano 200 powierzchni, które spełniają kryteria wzorcowych powierzchni typologicznych, gdzie związek szaty roślinnej z glebą nie budzi wątpliwości. Większość spośród wytypowanych powierzchni reprezentuje typowe siedliska i gleby Karpat zbudowane ze skał fliszowych. Niewielka część powierzchni została wybrana w Sudetach oraz Tatrach na odmiennym podłożu geologicznym, głównie skałach przeobrażonych i granitach (tab. 1).

W niniejszej pracy szerzej scharakteryzowano podtypy gleb, które tworzą zróżnicowane siedliska i są najtrudniejsze do diagnozy. Te podtypy, gleby brunatne

kwaśne i brunatne biellicowe, przedstawiono szczegółowo z uwzględnieniem ich położenia.

Na podstawie wyników zaproponowano prosty schemat ułatwiający diagnozowanie siedlisk w odpowiednich podstrefach reglowych z uwzględnieniem podtypu gleby i wybranych właściwości. Klucz dotyczy dominujących w obszarach górskich gleb i siedlisk świeżych, posiadających największe znaczenie dla hodowli drzewostanów w obszarach górskich. Zaprezentowane w tabeli 2 zależności nie dotyczą gleb i siedlisk rzadkich, związanych z wyjątkowymi, lokalnymi warunkami orograficznymi i wodnymi, glebami tzw. pozastrefowymi, jakimi są np. gleby gruntowoglejowe, deluwialne, torfowe czy mady rzeczne.

Metodyka prac na poszczególnych powierzchniach badawczych zgodna jest z metodyką prac glebowo-siedliskowych. Na każdej powierzchni badawczej, w jej części centralnej, wykonana została głęboka (1,0–1,2 m) odkrywka glebowa. Z poziomów akumulacji próchnicy pobierano zbiorczą próbę mieszaną. Próby gleb z głębszych poziomów pobierano z odkrywki głównej. Na każdej powierzchni pomierzono drzewostan (na powierzchni 0,25 ha) oraz wykonano spis roślinności runa, co pozwoliło na ustalenie diagnoz typów siedliskowych lasu według drzewostanu i runa.

W pobranych próbkach oznaczono podstawowe właściwości według metodyki stosowanej w badaniach gleboznawczych (Ostrowska et al. 1991). Określono:

– skład granulometryczny gleb metodą areometryczną Bouyoucosa-Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, podając grupy granulometryczne zgodnie z Klasyfikacją Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (2008):

– pH w H₂O i w 1M 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 (Skp) metodami Kappena, na podstawie których obliczono pojemność sorpcyjną (T) i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (V);

– kwasowość wymienną oraz zawartość glinu ruchomego metodą Sokołowa;

– węgiel organiczny metodą Tiurina w modyfikacji Oleksynowej;

– azot całkowity metodą Kjeldahla;

– zawartość wymiennego wapnia, magnezu, potasu i sodu w wyciągu 1M CH₃COONH₄ o pH 7 – metoda ASA z wylizaniem sumy kationów zasadowych.

Przyporządkowanie powierzchni badawczych do typów siedliskowych lasu przeprowadzono zgodnie z systemem klasyfikacyjnym Alexandrowicza (1972), wykorzystując cztery grupy elementów siedliskowo-rozpoznawczych (warunki klimatyczne, warunki glebowe, cechy drzewostanowe oraz roślinność runa). Posiadany materiał badawczy klasyfikowano odrębnie w poszczególnych piętrach klimatyczno-leśnych Alexandrowicza (1972) według trwałych cech glebowych, uwzględniając typ i podtyp gleby, rodzaj skały macierzystej i uziarnienie. Diagnozy typu i podtypu gleby określano według kryteriów zamieszczonych w „Klasyfikacji gleb leśnych Polski” (2000). Równoległe z diagnozą glebową siedliska określano typ siedliskowy lasu na podstawie cech drzewostanu. Obie diagnozy konfrontowano i ustalano ostateczny typ siedliska, potwierdzając słuszność diagnozy obecnością roślin siedliskowo-rozpoznawczych.

Wykorzystując program Statistica 10, wykonano statystyczną analizę danych. Do ustalenia poziomu istotności różnic pomiędzy średnimi właściwościami w poziomach genetycznych gleb tworzących zróżnicowane siedliska leśne zastosowano test nieparametryczny Tukeya (HSD).

Tabela 1. Liczba powierzchni badawczych reprezentujących poszczególne strefy wysokościowe wraz z podtypami gleb i rodzajem podłoża skalnego

Table 1. The number of research plots in the different top level in connection with soil subtype and parent material

Położenie Location	Pasma górskie Mountain ranges	Liczba powierzchni, podtyp gleby (rodzaj skały macierzystej) Number of research plots, soil subtype (type of parent material)
Regiel górny The top level	Beskidy	4 Bw (piaskowce), 2 BRk (piaskowce)
	Sudety	2 Bw (granit)
	Tatry	5 Bw (granit), 5 Rp (wapienie i dolomity)
Wysoki regiel dolny The upper part of the lower level	Beskidy	12 BRb (piaskowce), 15 BRk (piaskowce)
	Sudety	10 BRk, 6 BRb, 5Bw (granit i ubogie gnejsy), 4 BRwy (skały magmowe zasadowe)
	Tatry	7 Bw, 5 BRk (granit), 5 Rbr (wapienie i dolomity)
Niski regiel dolny The lower part of the lower level	Beskidy	48 BRk, 22 BRb, 13 BRwy (piaskowce i łupki)
	Sudety	8 BRwy, 2BRw, 2 BRs (piaskowce), 6 BRwy, 2 BRw (skały magmowe zasadowe)
	Tatry	3 PRbr, 3 BRw, 2 BRwy (piaskowce i łupki), 2Rbr (wapienie i dolomity)

Oznaczenia: Bw – biellicowa właściwa, BRb – brunatna biellicowa, BRk – brunatna kwaśna, BRwy – brunatna wylugowana, BRw – brunatna właściwa, BRs – szarobrunatna, PRbr – pararedzina brunatna, Rbr – redzina brunatna, Rp – redzina próchniczna

Notes: Bw – Haplic Podzol, BRb – Albic Cambisol, BRk – Hyperdystric Cambisol, BRwy – Epidystric Cambisol, BRw – Eutric Cambisol, BRs – Cambisol Humic Eutric, PRbr – Calcaric Cambisol Sceletic, Rbr – Cambic Rendzic, Rp – Mollic Rendzic

3. Wyniki

W ocenie jakości siedlisk górskich największe problemy istnieją w przypadku oceny produktywności gleb brunatnych kwaśnych oraz gleb brunatnych biellicowych (dawniej określanych mianem brunatnych biellicowanych). Gleby tych podtypów rozpowszechnione są na dużych powierzchniach w obszarach górskich, gdzie w podłożu występują piaskowce o spoiwie pozbawionym węglanów, bądź inne kwaśne skały magmowe czy przeobrażone. W pracy scharakteryzowano gleby brunatne biellicowe i brunatne kwaśne ponieważ przy ich

„wycenie” potrzebne są dodatkowe (poza podtypem gleby) kryteria (tab. 2). W przypadku gleb najuboższych – z dominującym procesem biellicowania – właściwych gleb biellicowych oraz biellic, jak również w odniesieniu do bogatszych gleb brunatnych – brunatnych wylugowanych, brunatnych właściwych czy szarobrunatnych, podobne problemy przy ocenie siedlisk kształtujących się na tych glebach w terenach górskich nie powinny wystąpić. Szczegółowe właściwości gleb biellicowych, brunatnych wylugowanych i właściwych w terenach górskich zamieszczono w tabelach 3–10.

Tabela 2. Związek typów i podtypów gleb górskich z typami siedlisk w poszczególnych strefach reglowych

Table 2. Relationship of types and subtypes of mountain soils with types of sites in the zones

Typ, podtyp gleby (odmiana troficzna) Type and subtype of soil (form of trophic)	Niski regiel dolny ¹ The lower part of the lower level	Wysoki regiel dolny ² The upper part of the lower level	Regiel górny The top level
R, PR, BRw, BRwy, BRs (eutroficzne / eutrophic)	LGśw	LMGśw	BMWGśw
BRk (meztroficzne / mezotrophic)	LGśw LMGśw	LMGśw BMGśw	BWGśw
BRb (oligo-meztroficzne / oligo-mezotrophic)	LMGśw BMGśw	BMGśw LMGśw	BWGśw
Bw, Blw (oligotroficzne / oligotrophic)	BMGśw	BMGśw, BGśw	BWGśw

Symbole typów, podtypów gleb: R – rędzina, PR – pararendzina, BRw – gleba brunatna właściwa, BRwy – gleba brunatna wylugowana, BRs – gleba szarobrunatna (mogą tworzyć również siedliska wilgotne), BRk – gleba brunatna kwaśna, BRb – gleba brunatna biellicowa, Bw – gleba biellicowa właściwa, Blw – biellica właściwa

Symbole typów siedliskowych lasu: BWGśw – bór wysokogórski świeży, BGśw – bór górski świeży, BMWGśw – bór mieszany wysokogórski świeży, BMGśw – bór mieszany górski świeży, LMGśw – las mieszany górski świeży, LGśw – las górski świeży

¹ Niski regiel dolny – dolna strefa regla dolnego rozciągająca się w Karpatach fliszowych od 500 (550) – 850 (900) m n.p.m., w Tatrach od 600 (650) – 1000 (1050) m n.p.m., w Sudetach od 450 (500) – 750 (800) m n.p.m.,

² Wysoki regiel dolny (regiel środkowy w ujęciu Alexandrowicza (1972)) – górna strefa regla dolnego rozciągająca się w Karpatach fliszowych od 850 (900) – 1050 (1100) m n.p.m., w Tatrach od 1000 (1050) – 1200 (1250) m n.p.m., w Sudetach od 750 (800) – 950 (1000) m n.p.m.

Uwaga! W przypadku, gdy w określonych warunkach położenia, danej glebie przypisano dwa typy siedliskowe (przedzielone ukośną linią) cechą przydatną do rozróżnienia typu siedliskowego lasu jest uziarnienie. W przypadku piasków gliniastych, glin piaszczystych oraz glin lekkich potencjalną produktywność należy obniżyć, a w przypadku glin piaszczysto-ilastych, glin zwykłych, glin ilastych, glin pylasto-ilastych, ilu – podwyższyć.

Symbols of type and subtype of soil: R – Rendzic Soil, PR – Calcaric Regosol, BRw – Eutric Cambisol, BRwy – Epidystric Cambisol, BRs – Cambisol Humic Eutric, BRk – Hyperdystric Cambisol, BRb – Albic Cambisol, Bw – Haplic Podzol, Blw – Podzol.

Symbols of forest site types: BWGśw – high-mountain fresh coniferous forest site, BGśw – mountain fresh coniferous forest sites, BMWGśw – high-mountain fresh mixed coniferous forest site, BMGśw – mountain fresh mixed coniferous forest sites, LMGśw – mountain fresh mixed broadleaf forest sites, LGśw – mountain fresh broadleaf forest sites

¹ The lower part of the lower level – lower part of the lower level extending in the Outer Carpathian Mountains from 500 (550) – 850 (900) m asl, in the Tatra Mountains from 600 (650) – 1000 (1050) m asl, in the Sudety Mountains from 450 (500) – 750 (800) m asl,

² The upper part of the lower level – in terms of Alexandrowicz (1972)) – upper part of lower level extending in the Outer Carpathian Mountains from 850 (900) – 1050 (1100) m asl, in the Tatra Mountains from 1000 (1050) – 1200 (1250) m asl, in the Sudety Mountains from 750 (800) – 950 (1000) m asl.

Note. In the case of certain location specific soil was assigned by two forest sites (divided by a diagonal line) soli texture becomes a useful feature for distinguishing of forest site. In the case of loamy sand, sandy loam and light loam, potential productivity should be reduced, while sandy clay loam, loam, clay loam, silt clay loam and clay – should be increased.

Tabela 3. Wybrane właściwości poziomów gleb brunatnych bielcowych tworzących siedlisko BMGśw w wysokich położeniach regla dolnego (wartości średnie i odchylenia standardowe)

Table 3. Selected properties of Albic Cambisols creating BMGśw site in high position of lower level (mean values and standard deviations)

Poziom Horizon	pH H ₂ O	pH KCl	Soct. cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	Skp. cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	V %	Frakcje, % Fractions, %				Corg. Organic C %	Nog. Total N %
						>2 mm	0,1–0,02	<0,02	<0,002		
Ofh	3,4±0,1	2,7±0,1	3,2±1,3	6,4±2,3	6,8±1,5	-	-	-	-	26,4±6,5	1,2±0,2
AEes	3,6±0,2	2,8±0,2	0,5±0,1	1,5±0,7	6,0±2,6	26,7±17,3	20,3±2,6	23,8±5,1	10,9±2,8	4,6±1,6	0,3±0,1
BfeBbr	4,2±0,2	3,6±0,3	0,4±0,1	2,2±0,6	11,6±5,3	46,7±19,5	18,4±4,2	23,1±5,4	7,3±1,9	2,1±0,8	0,1±0,0
BC-C	4,6±0,1	4,0±0,1	0,4±0,1	1,4±0,7	13,3±6,2	82,8±3,6	16,6±3,7	21,8±4,9	6,3±1,7	-	-

Oznaczenia: AEes – wierzchnie mineralne poziomy akumulacji próchnicy (poziomy próchniczno-eluwialne), BfeBbr – poziomy wzbogacenia, BC-C – poziomy najgłębiej leżące (skały macierzystej). pH w H₂O, pH w KCl, Soct. – suma zasadowych kationów wymiennych oznaczona w 1 M CH₃COONH₄, Skp. – suma zasadowych kationów wymiennych oznaczonych metodą Kappena, V – stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi, frakcje glebowe: >2 mm (części szkieletowe), 0,1–0,02 mm, <0,02 mm – części spławialne, <0,002 mm – ii, Corg. – węgiel organiczny, Nog. – azot ogólny.

Notes: AEes – top layers of mineral humus accumulation (humus-alluvial horizon), BfeBbr – saturation horizons, BC-C – deepest horizons (parent rock). pH in H₂O, pH in KCl; Soct. – sume of base cations detrimined in 1 M CH₃COONH₄, Skp. – sume of base cations determined by Kappen method, V – base saturation.

Tabela 4. Wybrane właściwości poziomów gleb brunatnych bielcowych tworzących siedlisko LMGśw w wysokich położeniach regla dolnego (wartości średnie i odchylenia standardowe)

Table 4. Selected properties of Albic Cambisols creating LMGśw site in high position of lower level (mean values and standard deviations)

Poziom Horizon	pH H ₂ O	pH KCl	Soct. cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	Skp. cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	V %	Frakcje, % Fractions, %				Corg. Organic C %	Nog. Total N %
						>2 mm	0,1–0,02	<0,02	<0,002		
Ofh	3,4±0,1	2,7±0,1	4,0±0,6	8,2±2,0	9,3±2,9	-	-	-	-	25,7±5,1	1,3±0,2
AEes	3,6±0,2	2,8±0,2	0,7±0,2	3,0±0,7	9,3±1,6	22,5±16,7	25,1±1,7	35,9±10,5	16,5±6,7	4,9±1,7	0,3±0,1
BfeBbr	4,4±0,1	3,9±0,2	0,4±0,1	3,3±0,6	18,0±4,7	38,8±14,7	22,5±3,7	40,9±16,1	15,9±9,1	1,8±0,8	0,1±0,0
BC-C	4,7±0,2	4,1±0,2	0,5±0,1	2,9±0,3	22,5±8,5	77,0±16,2	17,3±2,8	40,5±16,0	14,9±8,8	-	-

Oznaczenia jak w tab. 2. / Symbols as in Table 2.

Tabela 5. Wybrane właściwości poziomów gleb brunatnych kwaśnych tworzących siedlisko BMGśw w wysokich położeniach regla dolnego (wartości średnie i odchylenia standardowe)

Table 5. Selected properties of Dystric Cambisols creating BMGśw site in high position of lower level (mean values and standard deviations)

Poziom Horizon	pH H ₂ O	pH KCl	Soct. cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	Skp. cmol ₍₊₎ kg ⁻¹	V %	Frakcje, % Fractions, %				Corg. Organic C %	Nog. Total N %
						>2 mm	0,1–0,02	<0,02	<0,002		
Ofh	3,6±0,1	2,9±0,1	2,3±0,9	6,5±2,4	7,5±1,3	-	-	-	-	23,9±6,8	1,2±0,2
A	3,7±0,3	2,9±0,2	0,5±0,2	2,1±0,7	8,7±3,8	25,0±21,2	19,0±4,2	20,0±3,5	8,5±2,0	4,8±0,6	0,3±0,1
Bbr	4,2±0,1	3,5±0,1	0,3±0,2	2,1±0,3	10,3±4,9	57,5±10,5	18,5±9,2	20,0±4,0	5,5±1,5	2,0±0,8	0,1±0,0
BC-C	4,7±0,2	4,0±0,1	0,3±0,1	1,3±0,4	10,4±5,8	80,0±10,0	16,5±4,9	25,5±3,5	5,5±1,6	-	-

Oznaczenia jak w tab. 2 / Symbols as in Table 2

W przypadku stwierdzenia gleb bielcowych właściwych bądź bieliec właściwych, diagnoza typu siedliskowego lasu winna uwzględnić warunki położenia i związane z nimi cechy klimatu. Jeżeli gleby bielcowe występują w niskich położeniach regla dolnego to potencjalnym typem siedliska jest bór mieszany górski. W

wyższych położeniach regla dolnego, określanymi mianem wysokiego regla dolnego na glebach bielcowych współwystępują bory mieszane górskie oraz przy granicy z reglem górnym bory górskie (tab. 2). Ich rozdzielanie opiera się głównie na podstawie cech wzrostowych i produktywności świerka. Skrajnie odmienne

Tabela 6. Wybrane właściwości poziomów gleb brunatnych kwaśnych tworzących siedlisko LMGśw w wysokich położeniach regla dolnego (wartości średnie i odchylenia standardowe)

Table 6. Selected properties of Dystric Cambisols creating LMGśw site in high position of lower level (mean values and standard deviations)

Poziom Horizon	pH H ₂ O	pH KCl	Soct. cmol(+)kg ⁻¹	Skp. cmol(+)kg ⁻¹	V %	Frakcje, % Fractions, %				Corg. Organic C %	Nog. Total N %
						>2 mm	0,1-0,02	<0,02	<0,002		
Ofh	3,5±0,2	2,8±0,1	5,0±1,6	9,0±1,1	9,8±2,8	-	-	-	-	30,0±8,6	1,3±0,3
A	3,7±0,1	3,0±0,1	0,9±0,3	4,0±1,3	11,1±3,4	19,3±11,0	32,6±6,1	38,0±10,4	17,9±2,8	6,7±1,8	0,4±0,1
Bbr	4,5±0,3	3,9±0,4	0,4±0,1	3,6±0,7	23,9±9,0	40,0±12,9	22,7±1,4	48,1±9,4	19,0±3,2	1,5±0,4	0,1±0,0
BC-C	4,5±0,3	4,0±0,1	0,5±0,2	2,6±0,7	22,3±7,4	77,1±6,4	20,6±2,9	41,9±7,4	17,1±2,7	-	-

Oznaczenia jak w tab. 2 / Symbols as in Table 2

Tabela 7. Wybrane właściwości poziomów gleb brunatnych kwaśnych tworzących siedlisko LMGśw w niskich położeniach regla dolnego (wartości średnie i odchylenia standardowe)

Table 7. Selected properties of Dystric Cambisols creating LMGśw site in lower position of lower level (mean values and standard deviations)

Poziom Horizon	pH H ₂ O	pH KCl	Soct. cmol(+)kg ⁻¹	Skp. cmol(+)kg ⁻¹	V %	Frakcje, % Fractions, %				Corg. Organic C %	Nog. Total N %
						>2 mm	0,1-0,02	<0,02	<0,002		
Ofh	3,6±0,2	2,8±0,2	4,9±2,3	10,4±2,9	9,6±2,5	-	-	-	-	31,1±6,3	1,4±0,3
A	3,6±0,1	2,8±0,1	0,6±0,2	3,1±1,6	9,9±3,6	26,0±20,0	26,6±6,3	28,5±4,4	11,4±2,6	4,7±2,0	0,2±0,1
Bbr	4,3±0,3	3,9±0,2	0,3±0,1	3,3±1,0	20,8±8,9	41,5±12,3	22,5±5,0	32,7±6,7	9,9±1,9	1,7±0,8	0,1±0,0
BC-C	4,6±0,2	4,1±0,2	0,3±0,2	2,3±0,7	23,4±7,1	77,0±15,1	21,2±4,5	30,6±17,3	10,4±7,5	-	-

Oznaczenia jak w tab. 2 / Symbols as in Table 2

Tabela 8. Podstawowe właściwości poziomów gleb brunatnych kwaśnych tworzących siedlisko LGśw w niskich położeniach regla dolnego (wartości średnie i odchylenia standardowe)

Table 8. Selected properties of Dystric Cambisols creating LGśw site in lower position of lower level (mean values and standard deviations)

Poziom Horizon	pH H ₂ O	pH KCl	Soct. cmol(+)kg ⁻¹	Skp. cmol(+)kg ⁻¹	V %	Frakcje, % Fractions, %				Corg. Organic C %	Nog. Total N %
						>2 mm	0,1-0,02	<0,02	<0,002		
A	4,0±0,2	3,2±0,2	1,4±0,7	6,5±2,7	17,4±3,0	15,8±12,7	31,0±5,1	41,8±9,8	17,2±4,4	6,1±2,1	0,4±0,1
Bbr	4,5±0,2	3,9±0,2	0,7±0,5	4,1±1,0	27,6±5,4	38,1±19,8	22,5±4,3	51,9±11,4	18,7±5,7	1,1±0,3	0,1±0,0
BC-C	4,9±0,3	3,9±0,2	2,4±2,0	5,1±2,0	36,0±10,9	76,2±18,4	19,2±4,9	50,9±12,7	20,7±7,9	-	-

Oznaczenia jak w tab. 2 / Symbols as in Table 2

Tabela 9. Wybrane właściwości poziomów gleb bielcowych tworzących siedlisko BMGśw oraz BGśw w wysokich położeniach regla dolnego (wartości średnie i odchylenia standardowe)

Table 9. Selected properties of Podzols creating BMGśw and BGśw site in high position of lower level (mean values and standard deviations)

Poziom Horizon	pH H ₂ O	pH KCl	Soct. cmol(+)kg ⁻¹	Skp. cmol(+)kg ⁻¹	V %	Frakcje, % Fractions, %				Corg. Organic C %	Nog. Total N %
						>2 mm	0,1-0,02	<0,02	<0,002		
Ofh	3,7±0,2	2,9±0,2	3,1±2,0	6,4±1,6	4,1±2,4	-	-	-	-	37,8±12,1	1,4±0,4
AEes	3,8±0,2	3,1±0,2	0,4±0,4	1,5±1,6	1,4±0,7	18,0±21,9	29,7±15,6	25,9±7,1	6,5±3,2	4,7±4,7	0,2±0,2
Bhfe	4,3±0,2	3,8±0,2	0,2±0,1	1,0±0,7	1,3±0,6	36,5±22,2	25,8±7,9	19,4±7,2	4,6±3,0	4,5±2,8	0,2±0,1
BC-C	4,6±0,3	4,2±0,3	0,1±0,1	0,5±0,2	2,2±1,1	72,5±18,7	24,3±7,8	20,1±8,5	5,2±2,9	1,31±1,29	0,1±0,1

Oznaczenia jak w tab. 2 / Symbols as in Table 2

Tabela 10. Wybrane właściwości poziomów gleb brunatnych wylugowanych oraz brunatnych właściwych tworzących siedlisko LGśw w niskich położeniach o regla dolnego (wartości średnie i odchylenia standardowe)

Table 10. Selected properties of Meso-eutric Cambisols creating LGśw site in lower position of lower level (mean values and standard deviations)

Poziom Horizon	pH H ₂ O	pH KCl	Soct. cmol(+)kg ⁻¹	Skp. cmol(+)kg ⁻¹	V %	Frakcje, % Fractions, %				Corg. Organic C %	Nog. Total N %
						>2 mm	0,1-0,02	<0,02	<0,002		
A	4,3±0,3	3,4±0,3	2,0±1,8	4,0±2,4	9,7±7,9	26,6±32,4	28,7±12,0	33,7±13,4	8,4±6,6	2,8±2,0	0,2±0,2
Bbr	4,7±0,4	3,8±0,2	2,7±3,8	4,9±5,2	19,9±23,6	43,6±25,5	26,9±11,1	36,8±14,2	9,2±6,8	1,4±1,1	0,1±0,1
BC-C	5,4±0,6	4,1±0,5	7,8±6,6	12,9±9,1	53,6±27,6	67,0±29,4	25,0±11,2	36,0±15,4	10,6±9,4	0,7±0,6	0,1±0,1

Oznaczenia jak w tab. 2 / Symbols as in Table 2

warunki siedliskowe kształtują się na korzystnych pod względem troficzności glebach brunatnych wylugowanych, właściwych i szarobrunatnych. W najniższym pasie reglowym stanowią one podłoże lasu górskiego świeżego, w wysokim reglu dolnym, ze względu na obniżenie produktywności przez niekorzystne warunki klimatyczne, gleby te tworzą siedlisko lasu mieszanego górskiego świeżego (tab. 2).

Nieporównywalnie trudniejsza jest ocena produktywności gleb brunatnych bielicowych. Jest to ważny podtyp gleb brunatnych, rozpowszechniony zwłaszcza w wyższych położeniach regla dolnego. W tabelach 3 i 4 zestawiono właściwości kolejnych poziomów genetycznych gleb brunatnych bielicowych tworzących siedliska boru mieszanego górskiego oraz lasu mieszanego górskiego w wysokich położeniach regla dolnego. Pomimo podobnej morfologii i układu poziomów genetycznych gleby brunatne bielicowe obydwu typów siedliskowych różnią się podstawowymi parametrami decydującymi o jakości siedliska. Tabela 11 zawiera wyniki oceny istotności różnic pomiędzy średnimi wartościami wybranych parametrów w odpowiadających sobie poziomach genetycznych gleb tego samego podtypu, tworzących zróżnicowane siedliska leśne w wysokich położeniach regla dolnego. Wyniki tej analizy potwierdzają, że najsilniej różnicują gleby brunatne bielicowe borów i lasów mieszanych górskich takie właściwości jak zawartość łu (frakcji <0,002 mm) oraz zawartość części spławialnych (cząstek <0,02 mm). W glebach brunatnych bielicowych borów mieszanych górskich średnie zawartości frakcji łu w zwietrzelinie glebowej są o 6–8% niższe niż zawartość tych frakcji w odpowiednich poziomach genetycznych gleb lasów mieszanych górskich, odpowiednio różnice zawartości frakcji spławialnej sięgają 12–18% w kolejnych poziomach glebowych (tab. 3, 4). Różnice zawartości frakcji spławialnych (<0,02 mm) w kolejnych poziomach gleb brunatnych bielicowych borów i lasów mieszanych górskich wysokiego regla dolnego ilustrują ryciny 1a–1c. Wraz z różną zawartością drobnych frakcji w badanych glebach obserwuje się różną zawartość wymiennych ka-

tionów zasadowych oraz stopień wysycenia tymi kationami (tab. 3, 4).

Gleby brunatne bielicowe w niższej strefie regla dolnego (tzw. niskim reglu dolnym) są glebami rzadko spotykanymi. W panującym w tej strefie stosunkowo łagodnym klimacie, gleby brunatne bielicowe tworzą głównie siedlisko lasu mieszanego górskiego świeżego, sporadycznie zaś są to gleby boru mieszanego górskiego świeżego. Gleby boru mieszanego górskiego, podobnie jak w wyższej strefie, odróżniają się bardziej gruboziarnistym uziarnieniem, które w częściach ziemistych stanowią piaski gliniaste, gliny piaszczyste bądź gliny lekkie. Zwietrzeliny o uziarnieniu glin zwykłych, piaszczysto-ilastych, ilastych lub pylasto-ilastych charakteryzują się wyższą produktywnością siedlisk lasów mieszanych górskich (tab. 2)

Kolejnym, bardzo rozpowszechnionym w reglu dolnym, podtypem gleb brunatnych są gleby brunatne kwaśne. Gleby takie mogą wytworzyć się ze zwietrzelin wszystkich bezwęglanowych skał masywnych – piaskowców, granitu, gnejsów, szarogłazów, łupków krystalicznych, porfirów kwarcowych a nawet amfibolitów, zieleńców czy bazaltu. Analiza posiadanego materiału świadczy, że gleby brunatne kwaśne w niskich położeniach regla dolnego tworzą siedliska lasu górskiego świeżego lub lasu mieszanego górskiego świeżego. W wysokim reglu dolnym klimat wpływa ograniczająco na produktywność siedlisk. Na tym samym typie gleb współwystępują lasy mieszane górskie świeże oraz bór mieszany górski świeży (tab. 2). Uśrednione właściwości gleb brunatnych kwaśnych (z podziałem na poszczególne poziomy genetyczne), tworzących siedliska borów mieszanych górskich i lasów mieszanych górskich w wysokim reglu dolnym, zamieszczono w tabelach 5 i 6. Właściwości gleb brunatnych kwaśnych tworzących siedliska lasów mieszanych górskich oraz lasów górskich w niskim reglu dolnym zawierają tabele 7 i 8.

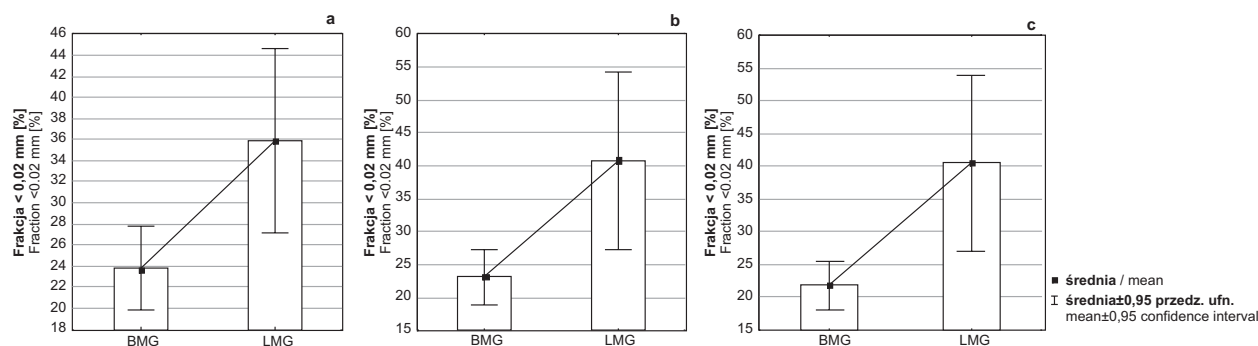
Gleby brunatne kwaśne lasów mieszanych górskich i borów mieszanych górskich w wysokich położeniach regla dolnego różnią się przede wszystkim uziarnieniem. Różnice te uwidaczniają się zwłaszcza w procentowej

Tabela 11. Poziom istotności różnic pomiędzy średnimi właściwościami w poziomach genetycznych gleb tworzących zróżnicowane siedliska leśne (podkreślono wartości $p < 0,05$, na podstawie testu nieparametrycznego HSD)Table 11. The level of significance differences between the properties in genetic horizons of soils creating diverse forest sites ($p < 0,05$, nonparametric test HSD)

TSL	Gleba Soil	Poziom Horizon	pH H ₂ O	pH KCl	Skp. cmol(+)kg ⁻¹	V %	Fracje / Fractions				Corg. Organic C %	Nog. Total N %	C/N
							>2 mm	0,1–0,02	<0,02	<0,002			
BMG-LMG (WRD)	BRb	AEes	0,4682	0,7081	<u>0,0005</u>	<u>0,0081</u>	0,5614	<u>0,0008</u>	<u>0,0093</u>	<u>0,0418</u>	0,7156	0,3307	0,4887
		BfrBbr	<u>0,0213</u>	0,0546	<u>0,0027</u>	<u>0,0222</u>	0,4364	0,0572	<u>0,0085</u>	<u>0,0175</u>	0,6112	0,3792	<u>0,0051</u>
		BC-C	0,6948	0,7127	<u>0,0002</u>	<u>0,0247</u>	0,5596	0,6821	<u>0,0055</u>	<u>0,0142</u>	-	-	-
BMG-LMG (WRD)	BRk	A	0,7810	0,9238	<u>0,0011</u>	0,1698	0,4595	<u>0,0002</u>	<u>0,0003</u>	<u>0,0002</u>	<u>0,0103</u>	<u>0,0052</u>	0,1999
		Bbr	<u>0,0100</u>	<u>0,0091</u>	<u>0,0002</u>	<u>0,0006</u>	<u>0,0016</u>	0,1695	<u>0,0002</u>	<u>0,0002</u>	0,1424	0,0524	<u>0,0002</u>
		BC-C	0,3027	1,0000	<u>0,0004</u>	<u>0,0004</u>	0,2040	<u>0,0402</u>	<u>0,0002</u>	<u>0,0002</u>	-	-	-
LMG-LG (NRD)	BRk	A	<u>0,0002</u>	<u>0,0002</u>	<u>0,0032</u>	<u>0,0002</u>	0,1951	0,0973	<u>0,0014</u>	<u>0,0023</u>	0,1409	0,0276	<u>0,0023</u>
		Bbr	0,0855	0,8992	0,0906	<u>0,0439</u>	0,6883	0,9854	<u>0,0004</u>	<u>0,0004</u>	<u>0,0201</u>	0,9016	<u>0,0002</u>
		BC-C	<u>0,0038</u>	0,1151	<u>0,0009</u>	<u>0,0071</u>	0,9198	0,3617	<u>0,0060</u>	<u>0,0075</u>	-	-	-

Oznaczenia: TSL – oznaczenie par typów siedliskowych, pomiędzy którymi określano różnice średniej wartości wybranych parametrów glebowych. WRD – wysoki pas regla dolnego, NRD – niski regiel dolny; pozostałe jak w tab. 3

Notes: TSL – compared forest site types, WRD – high position of lower level, NRD – lower position of lower level; other as in Table 3



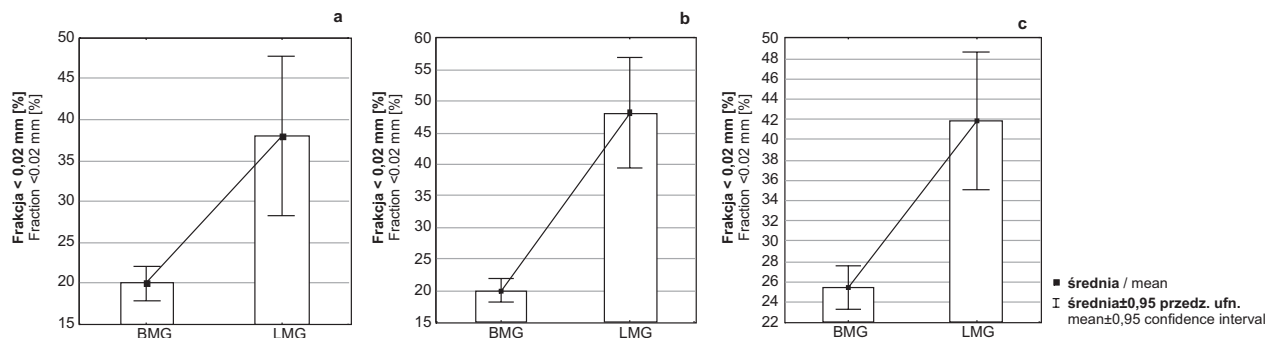
Rycina 1. Średnia zawartość frakcji <0,02 mm w poziomach gleb brunatnych bielcowych siedliska BMGśw i LMGśw wysokich położen regla dolnego a) poziom próchniczo eluwalny (AEes), b) poziom wzbogacenia (BfrBbr), c) poziom skały macierzystej (C)

Figure 1. Average content of fraction <0.02 mm in horizon of Albic Cambisols of BMGśw and LMGśw sites in upper position of lower level a) humus-mineral horizon (AEes), b) cambic horizon (BfrBbr), c) parent rock horizon (C)

zawartości frakcji drobnych – części spławialnych (<0,02 mm) oraz najdrobniejszej frakcji łu (<0,002 mm) i są istotne we wszystkich poziomach genetycznych (tab. 11). Zwiertzeliny gleb brunatnych kwaśnych tworzących siedliska lasów mieszanych górskich zawierają średnio o 12–28% więcej cząstek spławialnych i o 9–14% łu, aniżeli gleby brunatne kwaśne borów mieszanych górskich (tab. 5 i 6). Różnice zawartości frakcji spławialnych we wspomnianych glebach zostały zobrazowane także na rycinach 2a–c. Różnice zawartości frakcji pyłu istotne są w poziomach mineralno-próchnicznych oraz poziomach skały macierzystej omawianych gleb. Konsekwencją różnej zasobności zwiertzelin badanych gleb brunatnych kwaśnych we frakcję łu są także różne zawartości zasadowych kationów wymienionych, jak również stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego tymi kationami, widoczne we wszystkich

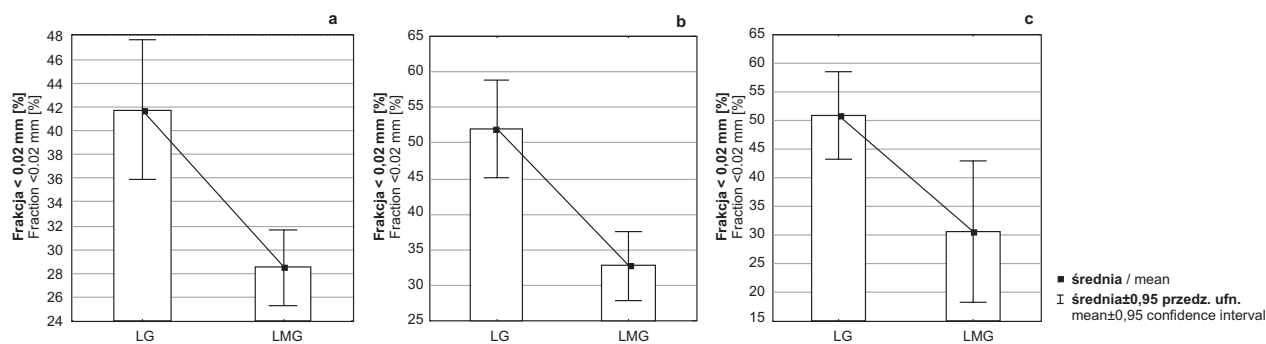
poziomach genetycznych (tab. 11). Poziomy akumulacji próchnicy gleb brunatnych kwaśnych lasu mieszane górskiego oraz boru mieszane górskiego różnią się także zawartością węgla organicznego oraz azotu ogólnego.

Gleby brunatne kwaśne niskich położen regla dolnego, tworzące siedliska lasu mieszane górskiego oraz lasu górskiego różnią się między sobą podobnymi właściwościami jak wyżej wspomniane gleby brunatne kwaśne siedlisk w wyższych położeniach regla dolnego (tab. 7 i 8). Różnica w zawartości frakcji spławialnych w poziomach genetycznych tych gleb średnio wynosi 14–20% (zawartość tych frakcji w glebach lasu górskiego jest wyższa) (ryc. 3a, b, c). Odpowiednio, gleby brunatne kwaśne lasu górskiego zawierają w częściach ziemistych przeciętnie 6–10% łu więcej aniżeli gleby tego samego podtypu, tworzące siedlisko lasu



Rycina 2. Średnia zawartość frakcji <0,02 mm w poziomach gleb brunatnych kwaśnych siedliska BMGów i LMGów wysokich położenia regla dolnego a) poziom próchniczo eluwalny (A), b) poziom wzbogacenia (Bbr), c) poziom skały macierzystej (C)

Figure 2. Average content of fraction <0,02 mm in horizon of Dystric Cambisols of BMGów and LMGów sites in upper position of lower level a) humus-mineral horizon (A), b) cambic horizon (Br), c) parent rock horizon (C)



Rycina 3. Średnia zawartość frakcji <0,02 mm w poziomach gleb brunatnych kwaśnych siedliska LGów i LMGów w niskim reglu dolnym poziom próchniczo mineralnych (A), b) poziom wzbogacenia (Bbr), c) poziom skały macierzystej (C)

Figure 3. Average content of fraction <0,02 mm in horizon of Dystric Cambisols of LGów and LMGów sites in lower position of lower level a) humus-mineral horizon (A), b) cambic horizon (Br), c) parent rock horizon (C)

mieszanego górskiego. Pozostałe cechy – pH, zawartość wymiennych kationów zasadowych, wysycenie tymi kationami oraz zawartość azotu i proporcja C/N w poziomach mineralno-próchnicznych – różnią się we wspomnianych glebach w poziomach akumulacji próchnicy oraz w poziomach najgłębszych (tab. 11).

4. Dyskusja

Przedstawione badania są kontynuacją a zarazem uzupełnieniem badań siedlisk górskich, prowadzonych przez typologów tzw. szkoły krakowskiej. Pionierskie prace na temat waloryzacji siedlisk górskich wykonał Alexandrowicz (1960, 1962) w Beskidzie Śląskim i Żywieckim. Autor ten jako pierwszy zaproponował wydzielenie strefy wysokiego regla dolnego (tzw. regla środkowego) jako strefy o obniżonych zdolnościach leśno-produkcyjnych. Alexandrowicz zdefiniował podstawowe związki zachodzące pomiędzy wyróżnionymi przez siebie typami siedlisk a rodzajem podłoża geolo-

gicznego występującego w określonej strefie reglowej. W niniejszych badaniach przyjęto koncepcję Alexandrowicza o potrzebie podziału regla dolnego na dwie strefy różniące się warunkami klimatycznymi a zarazem leśno-produkcyjnymi. Autorzy opracowania uzyskanymi wynikami potwierdzają odrębność siedlisk zarówno niskiego, jak i wysokiego regla dolnego i potrzebę odrębnej waloryzacji siedliskowej gleb wykształconych w tych podstrefach. Konieczność odrębnej waloryzacji siedlisk górskich w podstrefach reglowych zauważali i stosowali w badaniach typologdy szkoły krakowskiej, zajmujący się oceną siedlisk górskich (Baran 1968, 1996; Sikorska 1997, 1999).

W starszych opracowaniach, przy braku szczegółowych danych analitycznych gleb, większą wagę przy ocenie warunków siedliskowych przykładano do rodzaju podłoża geologicznego. Przykładowo Alexandrowicz (1960) w Beskidzie Śląskim połączył utwory skalne warstw istebniańskich w niskim reglu dolnym z siedliskiem LMG. Nie określił cech odróżniających siedliska BMG i LMG w wysokim reglu dolnym, traktując je jako

swoisty „kompleks siedlisk”. W rejonie występowania utworów warstw magurskich Alexandrowicz (1962) określił siedliska jako „monolit trofizmu” i wydzielił w niskich położeniach regła dolnego jeden typ siedliska – LG. Autorzy opracowania nie umniejszają znaczenia podłoża skalnego w kształtowaniu jakości siedlisk górskich. Pragną jedynie zauważyć, że podłoże to może charakteryzować się pewną zmiennością, która utrudnia bezpośrednio wnioskowanie o jakości siedlisk na podstawie samego rodzaju podłoża skalnego. Prezentowane badania wskazują, że na podłożu różnorodnych skał bezwęglanowych, w niskich położeniach, jak i wysokich regła dolnego, tworzą się zróżnicowane siedliska na tym samym podtypie gleby i rodzaju skały macierzystej. To zjawisko dotyczy zwłaszcza silnie rozpowszechnionych gleb brunatnych bielcowych oraz brunatnych kwaśnych. Rozróżnianie siedlisk powinno opierać się w takim przypadku na szczegółowych kryteriach glebowych, zwłaszcza na uziarnieniu zwietrzliny skalnej. Gleby należące do tego samego podtypu, ale zasobniejsze we frakcje drobne ($<0,02$ mm) wykazują wyższą produktywność w określonych warunkach klimatycznych (w tej samej podstrefie regłowej) aniżeli gleby mniej zasobne we wspomniane frakcje. Większa zawartość frakcji o średnicy $<0,02$ mm wiąże się z jednoczesną wyższą zasobnością zwietrzliny w składniki pokarmowe, jak również z lepszymi właściwościami do retencjonowania wody. Iły obok materii organicznej stanowią podstawowy składnik zdolny do sorpcji fizykochemicznej, odpowiedzialny za efektywną pojemność sorpcyjną kationów w glebie (Gruba 2012). Przyczyniają się one ponadto do poprawy strukturalności gleby (Paluszek 2011), przez co wpływają na właściwości biochemiczne i wzrost żywności gleby (Chakrabarti et al. 2004; Gianfreda et al. 2005). If tworzy ponadto trwałe połączenia z substancją organiczną gleby, przez co wzrasta ich stabilność i odporność na rozkład biochemiczny (Pastuszko 2007).

Uziarnienie gleb jest cechą, którą wcześniej wykorzystano do oceny żywności gleb leśnych obszarów niżowych i wyżynnych w Polsce. Brożek i in. (2007, 2011) sformułowali liczbowy wskaźnik żywności gleb leśnych – siedliskowy indeks glebowy, uwzględniający całkowity zasób frakcji $<0,02$ mm w pedonie gleby $1,5$ m³. Autorzy opracowania udowodnili, że wzrost zasobności części spławialnych w glebie wiąże się ze wzrostem żywności gleb i siedlisk leśnych. Niniejsza praca jest próbą wykorzystania uziarnienia gleby także do oceny jakości gleb górskich. Autorzy nie proponują ujmowania jakości gleby za pomocą wskaźnika liczbowego, proponują natomiast do tradycyjnego podejścia bazującego na ocenie typu i podtypu gleby dołączyć wycenę wybranych jej mierzalnych cech. Przedstawione, dokładniejsze kryteria służące określeniu potencjalnej produkcyj-

ności gleb, mają tu zastosowanie w przypadkach, kiedy diagnoza typu lub podtypu gleby jest niewystarczająca do oceny jej produktywności. Praca może zostać wykorzystana do uszczegółowienia kryteriów glebowych służących rozpoznaniu typów siedlisk górskich, zamieszczonych w obowiązujących instrukcjach siedliskowych (Siedliskowe podstawy hodowli lasu 2004; Instrukcja urządzania lasu 2012).

Odniesienie uzyskanych w opracowaniu charakterystyk typów siedliskowych lasów górskich do jednostek klasyfikacji siedlisk wyróżnianych w krajach ościenych jest utrudnione ze względu na różnice stosowanych systemów klasyfikacji. W najbardziej zbliżonych pod względem warunków przyrodniczych regionach Karpat Słowackich czy Ukraińskich stosuje się florystyczne systemy klasyfikacji siedlisk (Randuška 1977; Gieruszyński 1988), które w rejonach występowania kompleksów gleb brunatnoziemnych, w podobnych położeniach górskich, wyróżniają głównie typy lasów bukowych, bukowo-jodłowych bądź świerkowo-bukowo-jodłowych.

5. Podsumowanie i wnioski

W obszarach górskich nadrzędnym czynnikiem warunkującym produktywność siedlisk leśnych jest klimat. Szczegółowa wycena jakości gleb i ich wpływu na jakość siedlisk leśnych winna być uwzględniana w odrębnych pod względem cech klimatu strefach regłowych. Prezentowane badania potwierdzają potrzebę wyodrębnienia wyższej strefy regła dolnego o charakterze przejściowym pomiędzy niską strefą regła dolnego a właściwym regłem górnym. Można przyjąć, że w położeniach wysokiego regła dolnego gleby zbliżone pod względem właściwości fizyko-chemicznych posiadają niższą produktywność o około jedną klasę siedliska w stosunku do podobnych gleb, wykształconych w niskim reglu dolnym. Przykładowo gleba, która w niskich położeniach regła dolnego stanowi podłoże siedliska lasu górskiego świeżego, w wysokich położeniach regła dolnego będzie tworzyła siedlisko lasu mieszanego górskiego świeżego, w reglu górnym zaś boru wysokogórskiego.

Wykorzystanie uziarnienia zwietrzliny do oceny jakości gleb i siedlisk górskich znajduje szczególne zastosowanie w odniesieniu do gleb dominujących – gleb brunatnych kwaśnych oraz brunatnych bielcowych. Należy do tych podtypów gleb przyjąć zasadę, że zwietrzliny bardziej drobnoziarniste – gliny piaszczysto-ilaste, gliny zwykłe, gliny pylasto-ilaste, gliny ilaste oraz iły, odznaczają się wyższą zasobnością w składniki odżywcze, a zatem i większą produktywnością powstających na takim podłożu siedlisk. Zwietrzliny uboższe w drobne

frakcje o uziarnieniu piasków gliniastych, glin piaszczystych oraz glin lekkich łączą się z siedliskami o niższej urodzajności. W przypadku występowania w profilu poziomów o różnym uziarnieniu należy kierować się uziarnieniem poziomów o największej miąższości. W odniesieniu do podtypów gleb zarówno mniej, jak i bardziej żyznych znaczenie uziarnienia w ocenie jakości siedlisk jest mniejsze. Gleby bielcowe oraz bielice powstają w górach na silnie przepuszczalnych zwietrzelinach kamienisto-piaszczystych, zaś gleby brunatne wylugowane czy brunatne właściwe wyróżniają się korzystnymi cechami chemicznymi, a uziarnienie w tych glebach jest mniej istotne.

Do oceny produkcyjności gleb górskich sformułowano prosty klucz, który wykorzystuje piętrowość stref klimatycznych, typ i podtyp gleby wraz z uziarnieniem zwietrzelin skalnej.

Podziękowania

Niniejsza praca powstała dzięki dofinansowaniu Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych w Warszawie.

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. Warszawa, PWN.
- Baran S. 1968. Gleby świerczyn Żywiecczyzny. *Sylwan*, 6: 45–58.
- Baran S. 1996. Zróżnicowanie warunków siedliskowych w Nadleśnictwie Wiśla. *Sylwan*, 7: 77–92.
- Brożek S., Zwydak M., Wanic T., Gruba P., Lasota J., 2007. Kierunki doskonalenia metod rozpoznawania siedlisk leśnych. *Sylwan*, 2: 26–34.
- 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.
- Chakrabarti K., Sinha N., Chakraborty A., Bhattacharyya P. 2004. Influence of soil properties on urease activity under different agro-ecosystems. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 50, 4–5: 477–483.
- Gianfreda L., Rao A.M., Piotrowska A., Palumbo G., Colombo C. 2005. Soil enzyme activities as affected by anthropogenic alterations: intensive agricultural practices and organic pollution. *The Science of the total environment*, 341(1–3): 265–79.
- Gieruszyński Z. J. 1988. Opredelitel tipov lesa Ukrainiskih Karpat. L'vovskij lesotehničeskij institut. L'vov.
- Gruba P. 2012. Zależności pomiędzy wybranymi właściwościami jonowymiennymi gleb leśnych oraz ich zmiany pod wpływem drzewostanów. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie nr 489, seria Rozprawy, Zeszyt nr 366, 70 s.
- Instrukcja urządzania lasu. 2012. Instrukcja wyróżniania i kartowania w Lasach Państwowych typów siedliskowych lasu oraz zbiorowisk roślinnych. Warszawa, CILP.
- Klasyfikacja gleb leśnych Polski. 2000. Warszawa, CILP.
- Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych. 2008. Warszawa, Polskie Towarzystwo Gleboznawcze.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubińska Z. 1991. Metody analizy właściwości gleb i roślin. Warszawa, Instytut Ochrony Środowiska.
- Paluszek J. 2011. Kryteria oceny jakości fizycznej gleb uprawnych Polski. *Acta Agrophysica*, 191(2): 1–139.
- Pastuszko A. 2007. Substancja organiczna w glebach. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 30: 83–98.
- Randuška D. 1977. Fitocenologia a leśnicka typologia. Učebne texty. Zvolen, VSLD.
- Siedliskowe Podstawy Hodowli Lasu. 2004. Warszawa, Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych w Bedoniu.
- Sikorska E. 1997. Studium nad systematyką gorceńskich siedlisk leśnych. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Ser. Rozpr. 229.
- Sikorska E. 1999. Aktualne problemy typologii leśnej na terenach wyżynnych i górskich. *Sylwan*, 11: 89–97.

Wkład autorów

J.L., E.B. – koncepcja, założenia, interpretacja wyników i opracowanie tekstu artykułu, M.Z., T.W. prace terenowe i pobór prób do badań.