

Marek Drewnik
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet Jagielloński
ul. Gronostajowa 7, 30–387 Kraków
m.drewnik@geo.uj.edu.pl

Received: 27.06.2006
Reviewed: 18.07.2006

WŁAŚCIWOŚCI STROPOWYCH POZIOMÓW PRÓCHNICZNYCH GLEB POLSKIEJ CZĘŚCI KARPAT

The properties of topsoil humus horizons
in the Polish Carpathians

Abstract: The properties of humus horizons of soils developed in particular geoecological belts in the Polish part of the Carpathians reflect the variation in the factors controlling the accumulation of organic matter and its decomposition. The properties of humus horizons under the severe climatic conditions of upper montane, subalpine and alpine zones do not depend on the soils' parent material while the influence of vegetation is clearly distinguishable. On the other hand the humus properties of the soils developed within lower montane belt reflect the variation of the parent material.

Wstęp

Pionowe zróżnicowanie warunków klimatycznych w obszarach górskich i – idące za tym – zróżnicowanie roślinności są przyczyną wyraźniejszego niż na obszarach niżowych wpływu czynnika bioklimatycznego na wykształcenie gleb (Skiba 1995). Jest to szczególnie ważne w kontekście formowania się poziomów próchnicznych, gdyż ich miąższość oraz właściwości samej próchnicy są rezultatem ustalenia stanu równowagi pomiędzy procesami akumulacji materii organicznej a procesami jej przemian (Richards 1979; Badura 1985). Ilość i jakość substancji organicznej w glebie, a więc i charakter poziomu próchnicznego gleby, zależy zatem od przemian martwej substancji organicznej dostającej się do gleby. W badaniach nad tym zjawiskiem w glebach górskich stwierdzono spowolnienie tempa dekompozycji resztek organicznych wraz z wysokością nad poziom morza w Appalachach (Shanks, Olson 1961) oraz w Andach (Couteaux i in. 2002). Specyfika poziomów próchnicznych gleb górskich jest także dostrzegana w licznych opracowaniach gleboznawczych (m.in. Skiba i in. 1997).

Martwa materia organiczna trafiająca do gleby ulega różnym przeobrażeniom. Przy udziale organizmów glebowych następuje najpierw mechaniczne rozdrobnienie martwych szczątków organicznych, potem zaś (lub już w trakcie rozdrabniania), następują przemiany chemiczne i strukturalne (Richards 1979). Procesy przemian mogą być bezpośrednio wspomagane przez czynniki abiotyczne (wymywanie, niszczenie struktur poprzez zamrażanie i rozmrażanie, nawilżanie i wysuszenie), jednak ich udział w tym procesie jest niewielki (Dziadowiec 1990). Procesy i zjawiska abiotyczne natomiast w dużym stopniu kształtują aktywność i skład edafonu glebowego, a więc wpływają pośrednio na przemiany materii organicznej w glebie (Badura 1985; Dziadowiec 1990).

Trafiająca do gleby martwa materia organiczna może bezpośrednio ulegać mineralizacji (rozkładowi do połączeń mineralnych), bądź też ulegać przemianie do połączeń próchnicznych w wyniku procesu humifikacji. Powstająca w ten sposób próchnica glebowa także ulega powolnemu rozkładowi (mineralizacji). W ekosystemach względnie stabilnych ustala się stan równowagi pomiędzy tworzeniem się próchnicy (przychodem) a jej mineralizacją (rozchodem).

Procesom mineralizacji i humifikacji towarzyszy rozpraszanie energii oraz uwalnianie składników pokarmowych. Produkty humifikacji (połączenia humusowe) stanowią zapas substancji organicznej w glebie (Dziadowiec 1979; Plichta 1981). Intensywność oraz przebieg procesów mineralizacji i humifikacji są kształtowane przez czynniki wewnętrzne (morfologia i skład chemiczny substratu) oraz przez czynniki zewnętrzne (warunki klimatyczne, skład i aktywność edafonu glebowego).

Rodzaj substratu dostającego się do gleby w wyniku akumulacji ściółki lub w wyniku obumarcia części podziemnych, stanowi ważny element wpływający na tempo rozkładu martwej materii organicznej. W poszukiwaniu wartości wskaźnikowych stwierdzono, że tempo dekompozycji jest uzależnione od zawartości trudno rozkładalnych substancji takich jak lignina, garbniki, woski, itp. (Meentemeyer 1978). W przypadku Karpat, w piętrze świerczyn górnoreglowych oraz piętrze kosodrzewiny dominuje trudnorozkładalny materiał zawierający duże ilości tych substancji. W piętrze łąk alpejskich i subalpejskich oraz w lasach liściastych regla dolnego substrat roślinny zawiera mniej substancji spowalniających przemiany martwej materii organicznej.

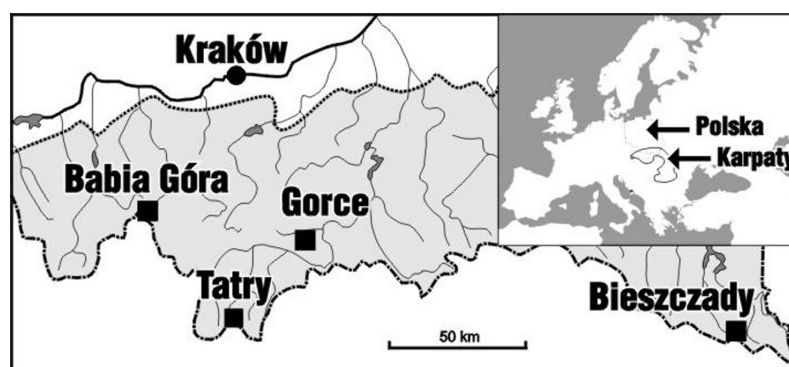
Spośród czynników zewnętrznych ważne są czynniki edaficzne – właściwości samej gleby, np. stosunek C:N (Bieńkowski 1990) oraz czynniki klimatyczne. Badania nad tempem rozkładu celulozy w glebach Karpat (Drewnik 2006) wskazały, że tempo dekompozycji martwej materii organicznej (reprezentowanej w tych badaniach przez celulozę) jest uzależnione od szeregu związanych ze sobą czynników. Tempo rozkładu celulozy spada konsekwentnie wraz z wysokością do piętra subalpejskiego włącznie, natomiast powyżej niego – wbrew oczekiwaniom – ponownie rośnie. Prawdopodobnie ta jest rezultatem – jak pokazała analiza głów-

nych składowych (PCA) – kompleksowej zmiany warunków edaficzno-klimatycznych (w ok. 66% zmienności zjawiska) oraz zmiany czynników edaficznych zależnych od typu roślinności, a niezależnych od czynników klimatycznych (w ok. 15% zmienności zjawiska) (Drewnik 2006). Z przedstawionych badań wynika zatem, że bezpośredni wpływ warunków klimatycznych w regulowaniu tempa rozkładu materii organicznej nie jest najważniejszy, natomiast istotny jest zespół czynników klimatyczno-glebowych objawiający się przede wszystkim cechami poziomów próchnicznych (w tym i właściwościami próchnicy). Do statystycznie najważniejszych czynników należą: zawartość węgla organicznego, odczyn, stopień humifikacji oraz stopień związania materii organicznej z częścią mineralną gleby.

Celem tego opracowania jest ukazanie specyfiki warunków formowania się stropowych poziomów próchnicznych w glebach polskiej części Karpat, ze szczególnym uwzględnieniem właściwości materii organicznej.

Materiał, zakres i metodyka

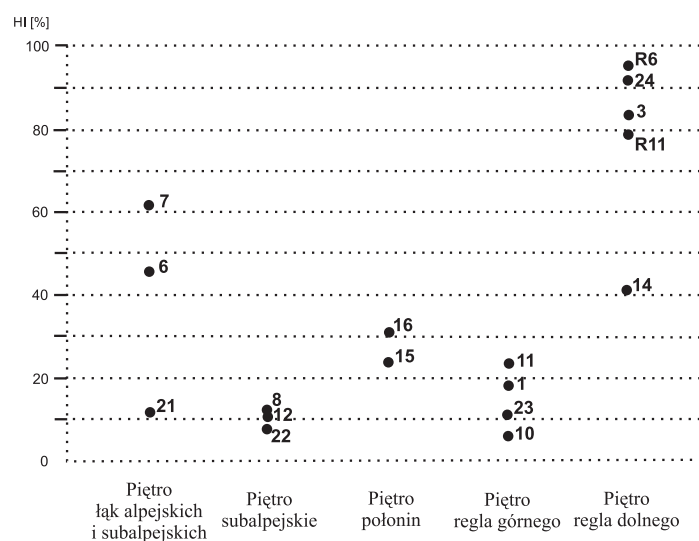
Opracowanie obejmuje wybrane obszary polskich Karpat (Ryc. 1), które odznaczają się typowym wykształceniem piętrowości geoekologicznej. Do prezentacji wybrano częściowo opublikowane materiały zgromadzone przy okazji badań nad tempem dekompozycji materii organicznej w glebach polskich Karpat (Drewnik 1997; 2000; 2002) oraz w ramach badań nad specyfiką formowania się gleb próchniczno-glejowych (Szmuc 2000). W pracach tych właściwości gleb były oznaczane metodami ogólnie przyjętymi w gleboznawstwie, zaś właściwości materii organicznej zostały oznaczone metodą frakcjonowania związków próchnicowych Duchaufoura i Jaquin (1966) po wcześniejszym rozdzieleniu frakcji pod względem ich gęstości (na granicy 2 g cm^{-3}) metodą Monniera i Turca (Monnier i in. 1962).



Ryc. 1. Lokalizacja opisywanych obszarów.

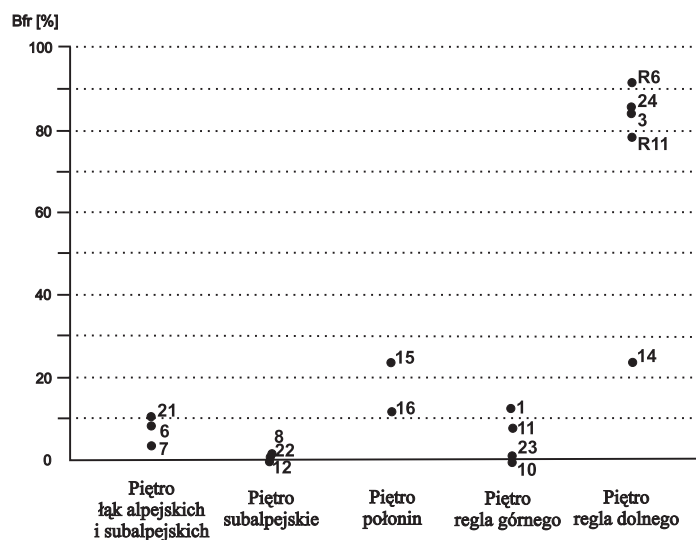
Fig. 1. Localization of areas studied.

Stopień humifikacji (HI – Humification Index) (Ryc. 2) został obliczony jako: suma kwasów fulwowych, huminowych i humin podzielona przez sumę martwej materii organicznej w glebie x 100%. Zawartość frakcji związanej (BFr – Bound Fraction) (Ryc. 3) oznacza procent martwej materii organicznej, która jest związana z częściami mineralnymi gleby. Stosunek Ch:Cf został obliczony jako iloraz sumy węgla kwasów huminowych i sumy węgla kwasów fulwowych.



Ryc. 2. Stopień humifikacji (HI) w stropowych poziomach opisywanych gleb.

Fig. 2. Humification index in topsoil horizons of the described soils.



Ryc. 3. Udział frakcji związanej z częścią mineralną gleby w stropowych poziomach opisywanych gleb.

Fig. 3. The percent of organic fraction bound with the mineral part of soil in topsoil horizons of the described soils.

Właściwości stropowych poziomów próchnicznych gleb

Opisywane gleby różnicują się pod względem ich właściwości (Tab. 1), co jest związane ze specyfiką ich pedogenezy (Drewnik 1997; 2000; 2002; Szmuc 2000). Na szczególną uwagę zasługują właściwości materii organicznej, która jest zakumulowana w poziomach stropowych gleb. Przedstawione właściwości próchnic w glebach wskazują na ich bardzo wyraźne powiązanie z warunkami geoekologicznymi.

W glebach łąk piętra halnego występuje, niezależnie od podłoża geologicznego (skały macierzystej gleby), kwaśna lub lekko kwaśna (rędzina, nr 7) (Ryc. 4), murszopodobna materia organiczna typu *moder alpejski*. Odznacza się ona zawartością od 100 do 200 mg•g⁻¹ węgla organicznego (Ryc. 5), a miąższość poziomów próchnicznych wynosi kilkanaście cm. Bardzo zróżnicowany jest stopień humifikacji (Ryc. 2) – w składzie martwej materii organicznej substancje humusowe zajmują od 10 do ok. 60%. Świadczyć to może o bardzo zróżnicowanych warunkach procesu humifikacji. W składzie związków próchnicowych przeważają rozpuszczalne w wodzie kwasy fulwowe, chociaż oznaczona proporcja pomiędzy zawartością kwasów huminowych i fulwowych wykazuje znaczną rozpiętość (Ryc. 2). Substancja organiczna jest w bardzo małym stopniu związana z mineralną częścią gleby (Ryc. 6).

Charakterystyczne cechy próchnic gleb muraw w piętrze alpejskim są rezultatem spowolnienia rozkładu materii organicznej w warunkach surowego górskiego klimatu (Drewnik 2006). Brak miąższych poziomów nadkładowych w tych glebach wynika z większej podatności obumarłych resztek roślinności zielnej na rozkład. Gleby tego piętra geoekologicznego są także najczęściej objęte intensywnymi procesami morfogenetycznymi, które mogą odprowadzać powierzchniowo materiał glebowy.

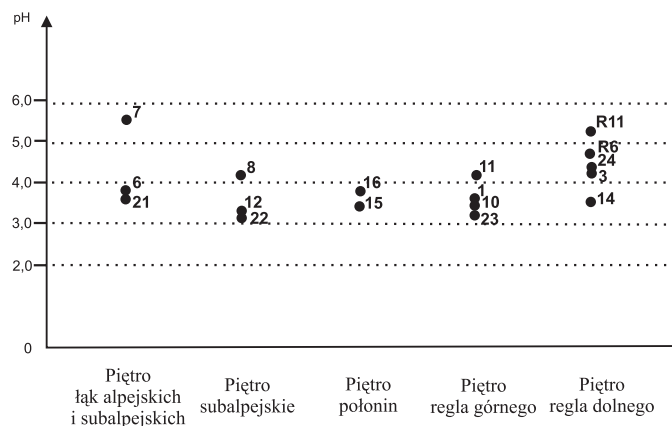
W glebach wykształconych w piętrze subalpejskim pod zaroślami kosodrzewiny występują bardzo dobrze wykształcone i bardzo kwaśne (Ryc. 4) poziomy ektopróchniczne – *tangelmor*. Miąższość poziomów butwinowych *Ofh* łącznie z poziomami *Oh* i *Ah* wynosi ponad 30 cm. Zawierają one ponad 350 mg•g⁻¹ węgla organicznego (czyli ponad 60% substancji organicznej). Także w tym piętrze geoekologicznym skała macierzysta nie wywiera wpływu na właściwości poziomów próchnicznych. Stopień humifikacji jest bardzo niski i wynosi ok. 10% (Ryc. 2), a to świadczy o niskiej intensywności procesów humifikacji martwej materii organicznej. Substancja organiczna w tych poziomach występuje zazwyczaj w tzw. frakcji wolnej, czyli nie związanej z częścią mineralną (Ryc. 3) – budując poziomy typowo nadkładowe. W składzie połączeń humusowych dominują kwasy fulwowe (Ryc. 6).

Tabela 1. Lokalizacja i właściwości opisywanych punktów.
Table 1. Localisation and characteristics of points described.

Piętro geoeologiczne <i>Geoeological zone</i>	Zbiorowisko roślinne <i>Vegetation</i>	Położenie, nr profilu, typ i podtyp gleby <i>Localisation, No. of profile, type of soil</i>	Miaższość poziomów próchnicznych <i>Thickness of humus horizons</i>	Rodzaj poziomów próchnicznych <i>Type of humus</i>
Piętro łąk alpejskich i subalpejskich <i>Alpine and subalpine meadows zone</i>	<i>Oreochloa distichae- Juncetum trifidi</i>	Tatry, nr 6, ranker bielicowy <i>Tatra Mts, no. 6, podzol ranker</i>	A, AB, AC-25 cm	moder alpejski (Alpine moder)
	<i>Festuco versicoloris- Seslerietum tatrae</i>	Tatry, nr 7, rędzina próchniczna górską <i>Tatra Mts, no. 7, humic rendzina</i>	A-40 cm	moder alpejski (Alpine moder)
	<i>Junco trifidi-Festucetum airoidis</i>	Babia Góra, nr 21, ranker bielicowy <i>Babia Góra Mt, no. 21, podzol ranker</i>	A-10 cm	moder alpejski (Alpine moder)
Piętro subalpejskie <i>Subalpine zone</i>	<i>Pinetum mughi</i>	Tatry, nr 12, ranker butwinowy <i>Tatra Mts, no. 12, tangel ranker</i>	O-15 cm; AE-5 cm	tangelmor
	<i>Pinetum mughi</i>	Tatry, nr 8, rędzina butwinowa <i>Tatra Mts, no. 8, tangel rendzina</i>	O-25 cm; A-10 cm	tangelmor

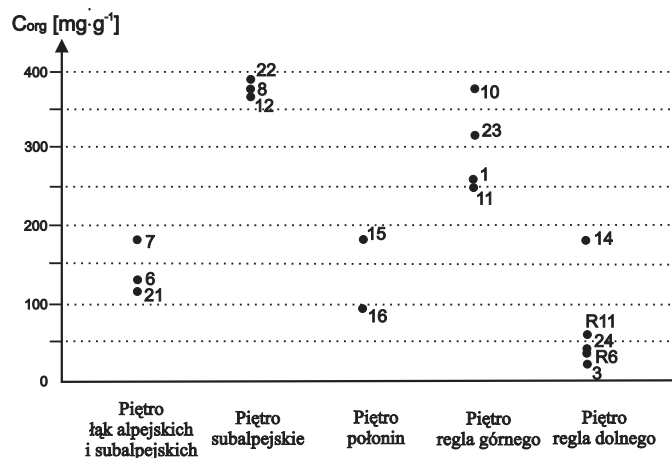
	<i>Pinetum mughi</i>	Babia Góra, nr 22, ranker butwinowy <i>Babia Góra Mt, no 22, tangel ranker</i>	O(O/C)- 50 cm	tangelmor
Piętro połonin <i>Subalpine meadows zone</i>	<i>Vaccinietum myrtilli gentianetosum asclepiadeae</i>	Bieszczady, nr 15, ranker butwinowy <i>Bieszczady Mts, no 15, tangel ranker</i>	O-15 cm; AB-9 cm	moder
	traworośla <i>Calamagrostis villosa</i>	Bieszczady, nr 16, ranker brunatny <i>Bieszczady Mts, no 16, cambic ranker</i>	O-2 cm; A,AB-27 cm	moder/mull
Piętro regła górnego <i>Upper montane zone</i>	<i>Plagiothecio-Piceetum</i>	Tatry, nr 10, bielica próchniczno-żelazista <i>Tatra Mts, no 10, haplic podzol</i>	O-10 cm	mor
	<i>Polysticho-Piceetum</i>	Tatry, nr 11, rędzina próchniczna górską <i>Tatra Mts, no 11, humic rendzina</i>	O-6 cm; A,AC-19 cm	mor
	<i>Plagiothecio-Piceetum</i>	Babia Góra, nr 23, ranker butwinowy <i>Babia Góra Mt., no 23, tangel ranker</i>	O-16 cm; A-9 cm	mor/moder
	<i>Plagiothecio-Piceetum subnormale</i>	Gorce, nr 1, ranker brunatny <i>Gorce Mts, no 1, cambic ranker</i>	O-11 cm; AB-29 cm	mor/moder

Piętro regla dolnego <i>Lower montane zone</i>	<i>Dentario glandulosae - Fagetum</i>	Babia Góra, nr 24, gleba brunatna właściwa wylugowana <i>Babia Góra Mt, no 24, eutric cambisol</i>	0-1 cm; A, AB-37 cm	mull
	<i>Luzulo nemorosae-Fagetum vaccinietosum</i>	Bieszczady, nr 14, gleba brunatna kwaśna <i>Bieszczady Mts, no 14, dystric cambisol</i>	O-1 cm; A-8 cm	moder/mull
	<i>Dentario glandulosae - Fagetum</i>	Gorce, nr 3, gleba brunatna kwaśna <i>Gorce Mts, no 3, dystric cambisol</i>	O-1 cm; A-7 cm	mull
	<i>Dentario glandulosae - Fagetum allietosum</i>	Bieszczady, nr R6, gleba próchniczno-glejowa <i>Bieszczady Mts, no R6, mollic gleysol</i>	O-2 cm; A, AB-48 cm	(higro)mull
	<i>Dentario glandulosae - Fagetum allietosum</i>	Bieszczady, nr R11, gleba próchniczno-glejowa <i>Bieszczady Mts, no R11, mollic gleysol</i>	O-1 cm; A, AB-39 cm	(higro)mull



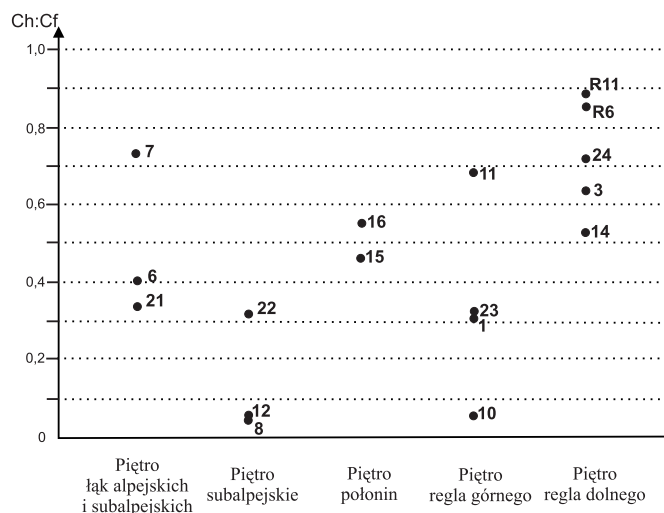
Ryc. 4. Odczyn stropowych poziomów próchnicznych w opisywanych glebach (numery i objaśnienia punktów w tabeli 1).

Fig. 4. Soil reaction in topsoil horizons of the described soils (description of points – see Table 1).



Ryc. 5. Koncentracja węgla organicznego w stropowych poziomach opisywanych gleb.

Fig. 5. The concentration of organic carbon within topsoil horizons of the described soils.



Ryc. 6. Stosunek zawartości węgla kwasów huminowych do węgla kwasów fulwowych w stropowych poziomach opisywanych gleb.

Fig. 6. Humic acids carbon/fulvic acids carbon ratio (Ch:Cf) in topsoil horizons of the described soils.

Charakterystyczne cechy poziomów próchnicznych gleb wykształconych pod zaroślami kosodrzewiny w piętrze subalpejskim są rezultatem wpływu zarówno czynników klimatycznych, jak i udziału roślinności (obumarłych resztek roślin) w spowolnieniu tempa rozkładu materii organicznej. Ilość rozłożonej celulozy była najniższa spośród wszystkich badanych gleb (Drewnik 2006). Kosodrzewina dostarcza do gleby kwaśnego, trudno rozkładalnego substratu (igliwie) o dużej zawartości garbników, co także może być dodatkowo przyczyną gromadzenia się słabo rozłożonej materii organicznej. Duża miąższość poziomów nadkładowych wynika również z zahamowania odprowadzania materii organicznej w wyniku erozji przez gęste pędy kosodrzewiny.

W glebach połoninowych Bieszczadów miąższość poziomów nadkładowych łącznie z poziomami *Oh* i *Ah* wynosi kilkanaście cm, występują tam także mierzące do 10 cm poziomy ektopróchniczne. Właściwości próchnic w opisywanych glebach są zbliżone do właściwości próchnic gleb piętra halnego, zaznacza się jednak zróżnicowanie wynikające z wpływu roślinności. Próchnicę w glebie pod borówczyskami określono jako typu *moder*, natomiast pod traworoślami jako *moder/mull*. W glebach połonin poziomy próchniczne są bardzo kwaśne (Ryc. 4), zawierają 100–200 mg•g⁻¹ węgla organicznego (Ryc. 5). Wykazują one niski stopień humifikacji (Ryc. 2) – około 20–30% (Ryc. 2). Podobnie jak w wyższych piętrach geoekologicznych niewielki jest udział frakcji związanej (10–30% – Ryc. 3) a w składzie połączeń próchnicowych przeważają kwasy fulwowe (Ryc. 6).

W glebach piętra regla górnego pod świerczynami miąższość poziomów nadkładowych łącznie z poziomami *Oh* i *Ah* wynosi nieco ponad 10 cm. Występują tu silnie kwaśne (Ryc. 4) poziomy butwinowe *Ofh*, których morfologia jest zbliżona do butwin gleb piętra subalpejskiego, są to jednak poziomy mniej miąższe. W poziomach tych zawartość węgla organicznego jest także bardzo wysoka i wynosi ponad 250 mg•g⁻¹ (co odpowiada około 40% materii organicznej). Stopień humifikacji w opisywanych poziomach próchnicznych jest bardzo niski (ok. 7–24%), co określa niską intensywność procesów humifikacji. Próchnicę w tych glebach określono jako *mor* lub *mor/moder*. Substancja organiczna występuje głównie we frakcji wolnej (BFR nie przekracza kilkunastu procent – Ryc. 3), a w składzie połączeń próchnicznych dominują kwasy fulwowe (Ryc. 3).

Specyfika poziomów próchnicznych gleb piętra regla górnego wykształconych pod świerczynami wynika z wpływu warunków klimatycznych oraz roślinności na spowolnienie rozkładu materii organicznej (Drewnik 2006). Udział czynnika roślinnego w wykształceniu poziomów próchnicznych tych gleb, podobnie jak w przypadku gleb piętra subalpejskiego wykształconych pod kosodrzewiną, wynika z właściwości substratu roślinnego, jakim jest ściółka szpilkowa. Mniejsza miąższość poziomów nadkładowych może być tłumaczona łagodniejszymi niż w piętrze subalpejskim warunkami klimatycznymi (wyższą temperaturą i dłuższym okresem wegetacyjnym), a to może wpływać na procesy rozkładu.

Podobieństwo poziomów próchnicznych gleb wykształconych w świerczynach w piętrze górnoreglowym na różnym podłożu geologicznym (wapień, granitoidy i skały fliszowe) wskazuje na niewielki udział czynnika litologicznego w wykształceniu próchnic w tych glebach, co potwierdza wyniki Niemyskiej-Łukaszuk (1977a, b). Większy udział w formowaniu się tych poziomów należy przypisać roślinności i warunkom klimatycznym.

W glebach zlokalizowanych w piętrze dolnoreglowym występują poziomy ściółki leśnej (*Ol*), ale brakuje butwinowych poziomów nadkładowych próchnicy (*Ofh*). Poziomy próchniczne występują tu głównie jako poziomy endopróchniczne (*A*), których miąższość wynosi kilkanaście centymetrów, wyjątkowo kilkadziesiąt centymetrów. Przeważa typ próchnicy *mull*. Na ogół gleby regla dolnego wykazują stosunkowo małą zawartość węgla organicznego – poniżej $100 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. Duża część martwej materii organicznej przeszła przez proces humifikacji (HI wynosi ponad 70% – Ryc. 2), a materia organiczna jest w dużym stopniu związana z częścią mineralną gleby (Ryc. 3). W składzie połączeń próchnicznych przeważają kwasy fulwowe, chociaż współczynnik Ch:Cf zbliża się do jedności (Ryc. 6).

W piętrze tym obserwuje się duży wpływ warunków siedliskowych na poziomy próchniczne. Gleby próchniczno-glejowe (R6, R11), typowe dla żyznych wilgotnych buczyn z czosnkiem niedźwiedzim wykazują wyższy odczyn, większą miąższość poziomów próchnicznych, większą zawartość węgla organicznego oraz wyższy stopień humifikacji i stopień związania z częścią mineralną gleby. Natomiast gleby typowe dla kwaśnej buczyny (nr 14) zbliżają się swoimi właściwościami do gleb regla górnego.

Wyniki te wskazują na powiązanie właściwości próchnic gleb z czynnikami bioklimatycznymi oraz z typem i rodzajem gleby. W warunkach klimatycznych regla dolnego w zbiorowiskach buczyn nie ma warunków do gromadzenia się próchnic nadkładowych. W okresie całego roku rozkładowi uległa niemal cała celuloza (Drewnik 2006). Jedynie w glebach zbiorowisk buczyny z dużym udziałem borówki występują próchnice, które swoimi cechami nawiązują do próchnic gleb wyższych położań. W tych też glebach obserwuje się spowolnienie tempa rozkładu materii organicznej. Ilość rozłożonej celulozy w okresie roku wyniosła poniżej 80%. Wynika to z wpływu roślinności, która – związana z siedliskiem uwarunkowanym skałą macierzystą gleby – modyfikuje aktywność edafonu glebowego.

Podsumowanie

Przedstawione właściwości stropowych poziomów próchnicznych gleb polskiej części Karpat mogą posłużyć do uogólnień wskazujących zarówno na uwarunkowania tworzenia się poziomów próchnicznych, jak i na skutki środowiskowe tego zjawiska.

Wszystkie stropowe poziomy próchniczne (niezależnie od skały macierzystej gleby) są kwaśne. O ile w przypadku poziomów A istnieje słaby wpływ skały macierzystej, o tyle w przypadku poziomów nadkładowych O jest on niezauważalny.

Stropowe poziomy próchniczne zawierają bardzo duże ilości materii organicznej, co jest silnie uwarunkowane wpływem roślinności porastającej daną glebę, oraz zależy od warunków klimatycznych (wysokości n.p.m.). Koncentracja węgla organicznego typowa dla stropowych poziomów próchnicznych gleb rozwijających się pod górnoreglowymi świerczynami i subalpejską kosodrzewiną wynosi ponad $200 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. Tak duży zapas martwej materii organicznej jest prawdopodobnie niezbędny dla utrzymania odpowiedniej ilości połączeń próchnicowych w glebie, gdyż tempo procesów humifikacji jest niewielkie. Wzrostowi zawartości substancji organicznej w glebach wraz z wysokością bezwzględną towarzyszy zmniejszający się stopień humifikacji. Miąższość poziomów próchnicznych jest rezultatem nie tylko gromadzenia się martwej materii organicznej w wyniku spowolnienia procesów rozkładu, ale również oddziaływania procesów geomorfologicznych. Przykładem tego mogą być gęste przyziemne pędy kosodrzewiny, które mechanicznie zatrzymują gromadzącą się ściółkę.

Stopień humifikacji (HI – Ryc. 2) określający procent zhumifikowanej materii organicznej jest bardziej uzależniony od rodzaju roślinności niż od wysokości bezwzględnej. Wskazuje to, że środowisko dla życia edafonu, jakie tworzy się w wyniku przemian martwej materii organicznej, determinuje dalsze przemiany tej materii. Zatem w przypadku tworzenia się próchnicy istnieje sprzężenie zwrotne: im wolniej tworzy się próchnica tym wolniej ona później powstaje.

W stropowych poziomach opisywanych gleb wyraźnie kwasy fulwowe dominują nad kwasami huminowymi (Ryc. 6). Oznacza to, że we wszystkich przedstawionych glebach występuje duża ilość ruchliwych, rozpuszczalnych w wodzie kwasów próchnicowych, które – przemieszczając się – mogą oddziaływać na głębsze części gleb oraz migrować do wód gruntowych i wód otwartych. Zjawisko to sprzyja bielcowaniu, które jednak często nie zachodzi z powodu zbyt ciężkiego uziarnienia zwietrzeli skały macierzystej. Ponadto zjawisko to może rzutować na ocenę bilansu węgla organicznego w ekosystemach górskich, co jest w ostatnich latach przedmiotem wielu opracowań ekologicznych.

W piętrze lasów dolnoreglowych na ogół ponad 70% materii organicznej jest związana z częścią mineralną gleby (Ryc. 3). W wyższych położeniach udział tej

części materii organicznej zmniejsza się, a to oznacza, że w glebach tych udział połączeń organiczno-mineralnych jest niewielki.

W przypadku zaburzenia naturalnych warunków kształtowania się poziomów próchnicznych następują zmiany, które skutkują na wiele dziesięcioleci lub mogą być nieodwracalne. Wyniki badań przeprowadzonych w Karkonoszach (Drozd i in. 1998) wskazują, że zmniejszona dostawa materii organicznej do gleby w obumarłych drzewostanach świerkowych i pod zdegradowanymi zaroślami kosodrzewiny zmniejsza zawartość materii organicznej w podpoziomach *Of* i *Oh*. Doprowadza to do wzmożonej mineralizacji materii organicznej, a następnie do zmniejszenia ogólnej zawartości materii organicznej na obszarach zdegradowanych ekosystemów. Dlatego dobrze rozwinięte poziomy ektohumusowe gleb wysokogórskich należy otoczyć szczególną ochroną przeciwdziałając przede wszystkim erozji oraz ewentualnym zabiegom prowadzącym do przyspieszenia mineralizacji materii organicznej.

Wnioski

1. Charakterystyczną cechą gleb obszarów górskich, w tym także gleb Karpat, jest obecność dobrze rozwiniętych poziomów próchnicznych. Miąższość i morfologia tych poziomów oraz skład połączeń próchnicznych różnicują się wraz z wysokością nad poziom morza.
2. Obecność miąższych i kwaśnych poziomów butwinowych gleb wysokogórskich, niezależnie od podłoża geologicznego, wynika ze spowolnienia rozkładu materii organicznej spowodowanego wpływem warunków klimatycznych i roślinnych.
3. Tempo rozkładu materii organicznej w badanych glebach maleje wraz z wysokością nad poziom morza, chociaż najniższe jest ono w glebach wykształconych pod zaroślami kosodrzewiny.
4. Poziomy próchniczne gleb pełnią ważną funkcję w środowisku. Sorpcyjne i jonowymienne właściwości próchnicy glebowej stanowią o jej możliwościach odpornościowych i samoregulacyjnych zapewniających ekosystemom stabilność w przypadku silnej presji czynników zewnętrznych.

Literatura

- Badura L. 1985. Mikroorganizmy w ekopodsystemach glebowych – ich występowanie i funkcje. *Postępy Mikrobiologii* 24 (3): 153–185.
- Bieńkowski P. 1990. Cellulose decomposition as bioenergetic indicator of soil degradation. *Pol. Ecol. Stud.* 16 (3–4): 235–244.
- Couteaux M. M., Sarmiento L., Bottner P., Acevedo D., Thiery J. M. 2002. Decomposition of standard plant material along an altitudinal transect (65–3968 m) in the tropical Andes. *Soil Biol. Biochem.* 34: 69–78.
- Drewnik M. 1997. Próchnica i tempo rozkładu materii organicznej w wybranych glebach Bieszczadzkiego Parku Narodowego. *Roczniki Bieszczadzkie* 5: 175–185.
- Drewnik M. 2000. Ectohumus horizons and the rate of organic matter decomposition in the Carpathian soils, *Prace Geograficzne, Instytut Geografii UJ, Studies in Physical Geography* 105: 391–401.
- Drewnik M. 2002. Rozkład materii organicznej a poziomy próchniczne w glebach Tatr, W: A. Kotarba (red.) *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr, Tatrzański Park Narodowy – Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Zakopane*, s. 101–106.
- Drewnik M. 2006. The effect of environmental conditions on the decomposition rate of cellulose in mountain soils. *Geoderma* 132: 116–130.
- Drozd J., Licznar M., Weber J., Licznar S. E., Jamroz E., Dradach A., Mastalska-Cetera B., Zawerbny T. 1998. Degradacja gleb w niszczonych ekosystemach Karkonoszy i możliwości jej zapobiegania. *Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych. Wrocław 1998*, ss. 125.
- Duchaufour P., Jacquin F., 1966. Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques. *Bulletin de l'Ecole Nationale Supérieure de Nancy*, 8, 1–24.
- Dziadowiec H. 1979. Zmiany energetyczne towarzyszące humifikacji ściółek leśnych. *Studia Soc. Scient. Torunensis. XI. 1. (Botanica). PWN Warszawa, Poznań, Toruń*.
- Dziadowiec H. 1990. Rozkład ściółek w wybranych ekosystemach leśnych (mineralizacja, uwalnianie składników pokarmowych, humifikacja). *UMK w Toruniu – Rozprawy*, ss. 137.
- Meentemeyer V. 1978. Macroklimat and lignin control of litter decomposition rates. *Ecology* 59 (3): 465–472.
- Monnier G., Turc L., Jeanson-Lunsuung C. 1962. Une méthode de fractionnement densimétrique par centrifugation des matières organiques du sol. *Ann. Agron.* 13: 55–63.
- Niemyska-Lukaszuk J. 1977a. Charakterystyka próchnicy niektórych leśnych gleb tatrzańskich. Część I. Właściwości badanych gleb oraz udział densymetrycznych frakcji glebowych. *Rocz. Gleb.* 27: 143–168.
- Niemyska-Lukaszuk J. 1977b. Charakterystyka próchnicy niektórych leśnych gleb tatrzańskich. Część II. Skład frakcyjny połączeń próchnicznych. *Rocz. Gleb.* 27: 170–188.
- Plichta W. 1981. Zagadnienie genezy, właściwości i klasyfikacji próchnicy mor. *Uniw. Mikołaja Kopernika w Toruniu. Rozprawy*, ss. 144.
- Richards B. N. 1979. Wstęp do ekologii gleby. *PWN Warszawa*, ss. 326.
- Shanks R. E., Olson J. S. 1961. First-Year Breakdown of Leaf Litter in Southern Appalachian Forests. *Science* 134: 194–195.
- Skiba S. 1995. Soils of the upper timberline ecotone in the Polish Carpathian Mts. W: (eds. O. Heikkinen, B. Obrębska-Starkłowa, S. Tuhkanen) „Environmental aspects of the timberline in Finland and in the Polish Carpathians”. *Zesz. Nauk. UJ. Prace Geogr.* 98: 189–198.
- Skiba S., Drewnik M., Drozd J. 1997. Characteristics of the Organic Matter of Ectohumus Horizons in the Soils of Different Mountain Regions in Poland. W: *The Role of Humic Substances in the Ecosystems and in Environmental Protection*. [red.] J. Drozd, S. S. Gonet, N. Senesi, J. Weber. *Proceedings of the 8th Meeting of the International Humic Substances Society. Wrocław, 9–14. września 1996 r.* ss.: 497–505.
- Szmuc R. 2000. Geomorfologiczno-hydrologiczne uwarunkowania rozwoju gleb próchniczno-glejowych w Bieszczadach Zachodnich. *Rozpr. Doktorska. Inst. Geografii UJ*, ss. 80.

Summary

The aim of this paper is to show the properties of humus horizons of soils developed within particular geoecological belts in the Polish part of the Carpathians (Fig. 1). The properties of the studied soils reflect the variation in the soil-forming factors controlling the soil cover of the studied area (Tab. 1). The morphology and properties of humus horizons deserve particular attention (Fig. 2–6).

In soils of alpine zone, regardless of the parent material, the muck-like organic matter of the *alpine moder* type occurs. It is characterized by humus horizons more than 10 cm thick and a concentration of organic carbon more than 100 mg•g⁻¹. The organic matter is poorly bound with the mineral parts, and the humification index (HI) is varied. In the subalpine zone, soils have very well developed ectohumus horizons – *tangelmor* occur under dwarf pine thickets. The raw humus (*Ofh*) horizons, together with the *Oh* and *Ah* horizons are more than 30 cm thick. They contain more than 350 mg•g⁻¹ of organic carbon. In this geoecological zone the parent material does not influence the properties of soil humus. Within these horizons organic matter occurs mainly within the free fraction. The humification index is very low – approximately 10%.

In the Bieszczady Mts the altitudinal equivalent of an upper forest zone is a zone of subalpine meadows called *poloninas*. In the *polonina* soils the thickness of ectohumus horizons including *Oh* and *Ah* is between 10 and 20 cm and 10–cm-thick endohumus horizons occur here. The humus properties of the soils similar to alpine zone soils, and one can observe diversity resulting from the influence of vegetation. The humus under *Vaccinietum myrtilli pocuticum* was described as *moder* while under meadow communities as *moder/mull*.

In the soils of the upper forest (upper montane) zone, the thickness of ectohumus horizons is slightly more than 10 cm. Raw humus (*Ofh*) horizons occur under spruces, with a morphology that is similar to that of the raw humus horizons in the subalpine belt, although not so thick. Organic carbon concentration is also very high – more than 250 mg•g⁻¹. The organic matter occurs mainly within the free fraction. The humification index in those horizons is very low, which suggests a low intensity of humification. The humus in those soils was described as *mor* or *mor/moder*. In the soils of the lower forest (lower montane) zone, humus horizons occur mainly as endohumus (*A*), with a thickness less than 20 cm. Organic matter is mainly in the bound fraction and it is fairly well decomposed, and it is generally well humified. The *mull* type of humus is prevalent. Under the acid beech forest (with *Vaccinium myrtillus* – No. 14) and under fertile beech forest (with *Alium ursinum* – No. R6, R11) different humus horizons originate.

