

ELŻBIETA JAMROZ

## Właściwości próchnic gleb leśnych pod zaroślami kosodrzewiny w Rezerwacie Śnieżnik Kłodzki\*

Properties of soil organic matter in the forest soils under mountain dwarf pine in the Śnieżnik Kłodzki Reserve

### ABSTRACT

Elżbieta Jamroz 2012. Właściwości próchnic gleb leśnych pod zaroślami kosodrzewiny w Rezerwacie Śnieżnik Kłodzki. Sylwan 156 (11): 825-832.

Study characterizes fractional composition of humic substances in the forest soils under mountain dwarf pine in subalpine region of the East Sudety Mountains (SW Poland). Organic matter in acidic mountain conditions is characterized by low humification ratio and high content of fractional groups. Negative processes leading to decay of mountain dwarf pine affect decreasing carbon stocks and changes in morphology of organic horizon.

### KEY WORDS

forest soils, humic substances, mountain dwarf pine

### ADDRESSES

Elżbieta Jamroz – e-mail: elzbieta.jamroz@up.wroc.pl

Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska; Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu;  
ul. Grunwaldzka 53; 50-357 Wrocław

### Wstęp

Rola glebowej materii organicznej jest znana i podkreślana od kilkudziesięciu lat [Schnitzer, Khan 1972; Hayes, Swift 1978; Stevenson 1994]. Szczególne zadanie ma jednak do spełnienia w ekosystemach leśnych. Według założeń ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (UNFCCC), wszystkie państwa będące jej sygnatariuszami mają obowiązek prowadzenia monitoringu zmian zasobów węgla w rolnictwie, leśnictwie oraz innych sektorach użytkowania gruntów. Dostępność informacji w tym zakresie nie jest jednak wystarczająca [Lindner, Karjalainen 2007]. Ekosystemy leśne w Europie, zawierając około 49% glebowych zasobów węgla, stanowią dość znaczne źródło tego pierwiastka [Schulp i in. 2008].

W glebach leśnych materia organiczna występuje w poziomach nadkładu, ponad poziomami mineralnymi w tzw. ektopróchnicy oraz gromadzi się w postaci enodopróchnicy w poziomach mineralnych, tworząc mniej lub bardziej trwałe kompleksy organiczno-mineralne [Drozd i in. 1993; Dziadowiec 2003]. Materia organiczna dostarczana często do podłoża przy produkcji sadzonek w postaci ściółki leśnej wpływa korzystnie na aktywność biologiczną gleby i rozwój grzybów mikoryzowych, co skutkuje lepszymi warunkami dla wzrostu i rozwoju siewek drzew [Leski i in. 2009]. W górskich glebach leśnych tworzy się specyficzny typ próchnicy nadkładowej, której źródło stanowi opad igliwia oraz liści z drzew, a także resztki roślinne z podszytu i runa leśnego, charakteryzujące się niską zawartością azotu, szczególnie w siedliskach borowych

\* Praca powstała ze środków grantu MNiSW nr 2 P06S 059 29.

[Jamroz 2009]. Procesy transformacji materii organicznej zależą od wielu czynników, wśród których jednym z ważniejszych jest skład chemiczny rozkładających się martwych szczątków organicznych. Procesy mineralizacji i humifikacji, jakim podlega glebowa materia organiczna, wywierają wpływ na funkcjonowanie całego ekosystemu. Mineralizacja prowadzi do zmniejszenia zasobów węgla oraz uwalniania składników pokarmowych dla roślin, przez co stanowi główne ogniwo w obiegu materii oraz przepływie energii [Drozd i in. 1998]. Produkty powstające w procesach humifikacji oddziałują na szereg właściwości fizycznych, fizyko-chemicznych i chemicznych gleb, przyczyniając się do wzrostu ich żyzności oraz zapobiegając takim zjawiskom zachodzącym w środowisku jak procesy degradacji czy wzrost zanieczyszczeń. W warunkach zamierania drzewostanów szczególną uwagę należy zwrócić na zachowanie poziomów próchnicy nadkładowej, która będzie zapobiegała niekorzystnym zjawiskom (erozja, osuwanie się gleby) oraz będzie zwiększała retencję wodną i stabilizację agregatów, zwłaszcza w glebach lekkich i utworach zwirowo-piaszczystych. Naturalna równowaga pomiędzy procesami mineralizacji i humifikacji może zostać zakłócona pod wpływem czynników m.in. pochodzenia antropogenicznego, które prowadzą do zmian w składzie jakościowym i ilościowym glebowej materii organicznej.

Celem pracy była ocena właściwości próchnic gleb leśnych w ekosystemach kosodrzewinowych Rezerwatu Śnieżnik Kłodzki, w których lokalnie zaobserwowano procesy zamierania roślin w postaci stopniowego zasychania i opadania igieł.

## Material i metody

Badany obszar, będący po stronie polskiej pod nadzorem Nadleśnictwa Łądek Zdrój, znajduje się pod wpływem emisji przemysłowych i zaliczony jest do klas I-III uszkodzeń przemysłowych, z uwagi na uszkodzenia aparatu asymilacyjnego roślin [Klimczak 1996].

Przedmiotem badań były gleby z terenu boru wysokogórskiego (BWG) z Rezerwatu Śnieżnik Kłodzki, w pasie przyszczytowym Śnieżnika, na wysokości 1398-1419 m n.p.m. Zlokalizowano je pod płatami kosodrzewiny bez negatywnych objawów uszkodzeń aparatu asymilacyjnego (KOS A), zamierającej – z uszkodzeniami w postaci żółknących i zasychających igieł w około 50% (KOS B) oraz obumarłej – całkowicie pozbawionych igieł (KOS C). Średni wiek kosodrzewiny (90 lat) ustalono w oparciu o opisy taksacyjne uzyskane w Nadleśnictwie.

Obszar Masywu Śnieżnika zbudowany jest ze skał metamorficznych, głównie gnejsów, łupków, kwarcytów oraz wapieni krystalicznych [Don, Opletal 1996]. Badane gleby należały do bielic wytworzonych z gnejsów, o składzie granulometrycznym piasków gliniastych z zawartością części szkieletowych wynoszącą 40-60% [Jamroz 2008]. Typ próchnicy określono jako mor. Do analiz z poziomów ektopróchnicy oraz mineralnych pobrano próbki gleb w 3 powtórzeniach. Oznaczono podstawowe parametry glebowe, takie jak: zawartość węgla organicznego ogółem (Corg.), na analizatorze CS-mat 5500 firmy Strohlein, zawartość azotu ogółem (Nog.) metodą Kjeldahla na analizatorze N-Buchi, pH potencjometrycznie w 1 M KCl oraz zawartość wymiennego glinu metodą Sokołowa. W Polsce najpowszechniej stosowane metody badań składu frakcyjnego próchnicy kwaśnych gleb bielicowych, a w szczególności ich poziomów nadkładowych, to metoda Tiurina w różnych modyfikacjach, w tym Ponomariewej-Płotnikowej, a także metoda Duchaufour i Jacquin [Kuźnicki i in. 1974; Czępińska-Kamińska 1986; Dziadowiec, Gonet 1999]. W niniejszej pracy, z uwagi na specyfikę gleb górskich, zastosowano zmodyfikowaną metodę Tiurina, której wyniki pozwalają porównać analizowane gleby do licznych opracowań z zakresu badań materii organicznej gleb leśnych z obszaru Sudetów [Drozd i in. 1993, 1998; Drozd 1995; Licznar i in. 2000; Jamroz 2009]. W poziomach ektopróchnicy oraz iluwalnych oznaczono skład frakcyjny substancji humusowych, wydzielając frakcje:

- Ia – substancje przechodzące do roztworu podczas dekalcytacji gleby 0,05 M  $H_2SO_4$ , obejmujące niskocząsteczkowe połączenia próchniczne, głównie ruchliwe kwasy fulwowe;
- I – połączenia próchniczne ekstrahowane drogą wielokrotnego traktowania gleby 0,1 M NaOH, po dekalcytacji obejmujące różne formy połączeń próchnicy (wolne, związane z wapniem oraz niekrzemianowymi formami  $R_2O_3$ ), rozdzielając frakcję na węgiel kwasów huminowych (CKH) oraz fulwowych (CKF);
- II – (tylko w poziomach iluwalnych) – połączenia wydzielone podczas przemiennego traktowania gleby 0,05 M  $H_2SO_4$  i 0,1 M NaOH, obejmujące substancje próchniczne silniej związane z mineralną częścią gleby i krzemianowymi formami  $R_2O_3$ ;
- C – humin – węgiel niehydrolizujący, obejmujący tzw. pozostałość poekstrakcyjną, wyliczony z różnicy Corg. – (C frakcji Ia+C frakcji I+C frakcji II).

Ponadto w preparatach kwasów huminowych wykonano oznaczenia absorbancji przy długościach fal 465 nm (E4) i 665 nm (E6) oraz wyliczono stosunek E4/E6.

Na podstawie uzyskanych wyników wyliczono indeksy transformacji materii organicznej, tj. C/N, CKH/CKF, a także indeks humifikacji IH wyrażony jako suma węgla frakcji Ia, I i II [Drozd i in. 1998].

## Wyniki i dyskusja

Badane gleby różnią się wyraźnie pod względem właściwości materii organicznej. Procesy zniekształceń drzewostanu w postaci zamierania płatów kosodrzewiny znajdują odzwierciedlenie przede wszystkim w zmianie sukcesji roślinnej. Pod obumarłą kosodrzewiną rozwija się roślinność łąk subalpejskich, która wywiera wpływ na kształt tworzącej się próchnicy gleb z wyższą zawartością kwasów huminowych, niższym udziałem humin oraz wyższym stopniem humifikacji w porównaniu do próchnicy gleb pod drzewostanami świerkowymi [Drozd i in. 1998]. W runie występowały *Vaccinium myrtillus*, *Calamagrostis*, *Deschampsia caespitosa* czy *Polytrichum*. Poziomy próchnicy nadkładowej w analizowanych bielicach pod kosodrzewiną bez objawów degradacji charakteryzowały się wyraźnym podziałem na podpoziomy Ol, Of i Oh (tab. 1). Na stanowiskach pod kosodrzewiną zamierającą i obumarłą podpoziom Ol ustąpił miejsca Olf, który charakteryzował się bardziej zwartą konsystencją i nieco ciemniejszą barwą w stosunku do podpoziomu Ol. We wszystkich stanowiskach jednak odczyn ektopróchnicy był silnie kwaśny, z najniższymi wartościami pH na poziomie 2,4-2,5 pod kosodrzewiną zamierającą.

Poziomy próchnicy nadkładowej cechowały się także bardzo wysoką zawartością wymiennego glinu (tab. 1), co wskazuje na jego pozamineralne źródło pochodzenia. Badania Fabiszewskiego [1996] wykazały wielokrotnie wyższe zawartości tego pierwiastka w igłach świerków ze Śnieżnika niż z Tatr granitowych. Opadające igliwie, zwłaszcza z drzewostanów zamierających, jest źródłem glinu, którego fitotoksyczne oddziaływanie zwiększa się wraz ze wzrostem zakwaszenia gleby [Gworek 2006].

Zawartość węgla organicznego kształtowała się w sposób typowy dla próchnic mor [Dziedowicz 2003]. W poziomach próchnicy nadkładowej ilość całkowitego węgla organicznego wynosiła od 288,8 g/kg w poziomie Oh pod kosodrzewiną obumarłą do 508,5 g/kg w poziomie Ol pod kosodrzewiną świeżą (tab. 1). Poziomy mineralne analizowanych gleb charakteryzowały się zdecydowanie niższą zawartością Corg., którego rozmieszczenie w profilu odzwierciedla przebiegający w surowych górskich warunkach proces bielicowania. W wyraźnie wykształconych poziomach eluwalnych charakteryzujących się niższą zawartością węgla organicznego oraz zalegających pod nimi wzbogaconych iluwalnych poziomach Bhfe, ilość Corg. malała wraz

Tabela 1.

Wybrane właściwości gleb pod kosodrzewiną w Rezerwacie Śnieżnik Kłodzki  
Selected properties of the soils under mountain dwarf pine in the Śnieżnik Kłodzki Reserve

Poziom genetyczny	Mięszczość [cm]	pH (1 M KCl)	Alw [mg/100g]	Corg. [g/kg]	N [g/kg]
KOS A					
Ol	18-14	3,4	50,63	508,5	23,4
Of	14-6	2,8	165,38	415,8	18,0
Oh	6-0	2,9	101,25	261,7	11,6
Ees	0-14	3,2	8,64	89,6	4,2
Bhfe	14-52	3,8	11,34	113,0	6,1
KOS B					
Olf	14-9	2,4	136,69	385,4	11,5
Oh	9-0	2,5	170,44	339,0	11,0
Ees	0-4	3,0	5,04	36,0	2,0
Bhfe	4-26	3,5	9,27	79,9	2,9
BhfeC	26-55	4,1	6,66	48,2	2,3
KOS C					
Olf	14-5	3,1	106,31	497,0	21,5
Oh	5-0	2,7	101,25	228,8	10,2
Ees	0-18	3,5	5,40	29,1	2,8
Bhfe	18-30	3,9	11,16	67,9	3,6

z pogarszającym się stanem zdrowotnym kosodrzewiny ( $r=-0,96$ ;  $p<0,05$ ). Badane gleby charakteryzuje niewielka zawartość azotu, wynikająca z naturalnie ubogiego w ten składnik składu chemicznego opadających igieł [Maciaszek i in. 2001]. Zmieniała się ona pod wpływem stopnia zniekształcenia roślinności i była najniższa na stanowisku pod kosodrzewiną zamierającą (tab. 1). W poziomach powierzchniowych, a także w głębszych poziomach mineralnych biellic pod kosodrzewiną obumarłą, stwierdzono wzrost zawartości azotu ogółem w porównaniu do stanowiska pod kosodrzewiną zamierającą. Wskazuje to wyraźnie na wpływ wkraczającej w miejsce obumarłej kosodrzewiny roślinności łąkowej na zawartość składników mineralnych w glebie. Podobne wyniki uzyskali Drozd i in. [1998] oraz Licznar i in. [2000], badając gleby w Karkonoszach w siedliskach leśnych narażonych na antropopresję. W składzie frakcyjnym próchnicy zwraca uwagę wzrost połączeń niskocząsteczkowych w poziomach epihumusowych Oh oraz iluwialnych Bhfe, pojawiający się pod wpływem stopnia degradacji kosodrzewiny (tab. 2). Wskazuje to na zwiększenie przemieszczania ruchliwych połączeń węgla podczas procesów przemian materii organicznej. Zawartość humin, zwłaszcza w poziomach iluwialnych, wzrastała w badanych glebach wraz ze wzrostem stopnia zniekształceń kosodrzewiny ( $r=0,96$ ;  $p<0,05$ ). Huminy to grupa substancji próchnicowych niepodlegających ekstrakcji alkaliem, które w mineralnych poziomach gleby stanowią produkty humifikacji bardzo silnie związane z mineralną częścią gleby, natomiast w poziomach organicznych zawierają niezhumifikowane domieszki substancji organicznych [Kononowa 1963]. Wyniki analiz badanych gleb wskazują, iż w warunkach zaburzonej równowagi w ekosystemie wzrasta w glebie ilość słabo zhumifikowanych, niepodlegających hydrolizie substancji humusowych. Uzyskane rezultaty są zgodne z prezentowanymi wcześniej przez Drozda i in. [1998].

O zmianach jakościowych glebowej materii organicznej świadczą jej indeksy mineralizacji i humifikacji. Badane gleby charakteryzowały się szerokim zakresem wartości stosunku C/N w poziomach próchnicy nadkładowej (tab. 3). Taki stosunek węgla do azotu, przy silnie kwaśnym odczynie, jest charakterystyczny dla próchnicy typu mor i kształtowany jest przede wszystkim

Tabela 2.

Skład frakcyjny substancji humusowych gleb pod kosodrzewiną w Rezerwacie Śnieżnik Kłodzki [% Corg.]  
Fractional composition of humic substances of the soils under mountain dwarf pine in the Śnieżnik Kłodzki Reserve [% TOC]

Frakcja	KOS A				KOS B			KOS C		
	Ol	Of	Oh	Bhfe	Olf	Oh	Bhfe	Olf	Oh	Bhfe
Cwydz. Ia	3,26	3,29	4,74	11,30	3,22	3,30	22,5	3,10	5,94	24,3
Cwydz. I	33,08	35,98	41,69	34,13	28,46	32,30	17,52	33,88	36,63	6,77
CKH	17,95	19,87	23,96	19,17	14,69	18,17	9,39	19,09	22,03	3,39
CKF	15,12	16,11	17,73	14,96	13,73	14,13	8,14	14,79	14,60	3,39
Cwydz. II	n.o.	n.o.	n.o.	1,01	n.o.	n.o.	0,88	n.o.	n.o.	1,18
C humin	63,66	60,73	53,57	53,56	68,32	64,40	59,10	63,02	57,43	67,75

Tabela 3.

Indeksy transformacji materii organicznej gleb pod kosodrzewiną w Rezerwacie Śnieżnik Kłodzki  
Transformation indices for soil organic matter under mountain dwarf pine in the Śnieżnik Kłodzki Reserve

Frakcja	KOS A				KOS B			KOS C		
	Ol	Of	Oh	Bhfe	Olf	Oh	Bhfe	Olf	Oh	Bhfe
C/N	22	23	23	19	33	31	27	23	22	18
CKH/CKF	1,19	1,23	1,35	1,28	1,07	1,29	1,15	1,29	1,51	1,00
IH	36,34	39,27	46,43	46,44	31,68	35,60	40,90	36,98	42,57	32,25
E4/E6 KH	n.o.	n.o.	4,87	5,22	n.o.	4,53	6,50	n.o.	5,02	5,29

przez słabo zaopatrzone w azot resztki roślinne, a także wolno przebiegające procesy rozkładu materii organicznej w chłodnych, surowych warunkach klimatycznych rejonów subalpejskich. Stopniowe wkraczanie innego typu roślinności w zdegradowane siedliska leśne powoduje zawężenie tego wskaźnika procesów mineralizacji materii organicznej. Stosunek kwasów huminowych do fulwowych w badanych glebach wskazuje, iż w wydzielonych frakcjach próchnicznych dominują kwasy huminowe (tab. 3). Poziomy glebowe charakteryzujące się wyższym stopniem humifikacji materii organicznej, jak Oh, wykazywały nieco wyższą zawartość frakcji kwasów huminowych, co potwierdza tezę Dziadowiec [1990], że procesy humifikacji ściółek, bez względu na gatunek drzew, prowadzą do wzrostu ilości kwasów huminowych, a zatem wzrostu stosunku CKH/CKF. W poziomach iluwalnych stwierdzono, że wraz ze wzrostem stopnia degeneracji kosodrzewiny maleje stosunek CKH/CKF, co może wskazywać na niższy stopień humifikacji próchnicy w warunkach degradacji środowiska. Tezę tę potwierdza również obliczony indeks humifikacji, który wyraźnie maleje w poziomach Bhfe wraz z postępującym zamieraniem kosodrzewiny (tab. 3). Według analizy Duchaufour i Jacquin huminy w poziomach mineralnych zaliczane są do związków zhumifikowanych [Czępińska-Kamińska 1986; Kuźnicki in. 1974]. Tworzą one w tych poziomach frakcję pochodnych kwasów huminowych najsilniej związaną z koloidami mineralnymi. Na powierzchniach KOS C wkroczenie roślinności trawiastej modyfikuje czy wręcz ogranicza proces bielcowania. Do poziomów B nie są dostarczane kwasy fulwowe, a huminowe mogą przekształcać się w huminy. Stąd wzrost udziału humin i ubytek kwasów huminowych na obszarach dotkniętych procesami degradacji. Podobne, niskie wartości indeksu humifikacji próchnic nadkładowych pod kosodrzewiną w piętrze subalpejskim stwierdził Drewnik [2006], badając stropowe poziomy próchniczne gleb polskiej części Karpat. Autor ten, wykorzystując do badań materii organicznej metodę Duchaufour i Jacquin, dodatkowo podkreśla, że kosodrzewina dostarcza do gleby kwaśne igliwie o dużej zawartości garbników, co wpływa na gromadzenie się słabo rozłożonej materii organicznej. Kuźnicki i in. [1974] również wykorzystując do oznaczeń

składu frakcyjnego metodę Duchaufour i Jacquin w glebach bielicowych Puszczy Kampinoskiej, stwierdzili znaczące różnice w stopniu humifikacji materii organicznej między poziomami powierzchniowymi (około 10%) a mineralnymi (ponad 80% w poziomach B). Należy jednak podkreślić, iż badane przez nich profile występowały na niżu i pod nieco innym drzewostanem.

Do oceny stopnia humifikacji oraz dojrzałości kwasów humusowych wykorzystuje się także ich właściwości optyczne. Najczęściej wykorzystywanymi są pomiary absorbancji roztworów alkalicznych przy długościach fal 280, 465, 665 nm, a także ich wzajemne stosunki [Kononowa 1968; Chen i in. 1977; Gołębiowska 2004]. Kononowa [1968] w swoich badaniach sugerowała, że malejący stosunek E4/E6 świadczy o stopniowym zwiększaniu kondensacji jądra aromatycznego w KH przy równoczesnym zmniejszaniu w cząsteczkach alifatycznych łańcuchów bocznych. Według tej teorii wyznaczenie stosunku E4/E6 było prostą metodą do określenia właściwości hydrofilowych bądź hydrofobowych substancji humusowych. Badania prowadzone w kolejnych dziesięcioleciach, w tym szczególnie przez Chena i in. [1977], nie potwierdzały jednak tej teorii. Wymienieni autorzy stwierdzili wręcz, że nie ma żadnego bezpośredniego związku pomiędzy wartościami stosunku E4/E6 a stężeniem skondensowanych pierścieni aromatycznych w kwasach humusowych. Niemniej jednak parametr ten jest często wykorzystywany do określenia stopnia dojrzałości i humifikacji kwasów humusowych w zmiennych warunkach środowiskowych [Drozd i in. 1998; Bonifacio i in. 2006; Gonet i in. 2007; Jamroz 2009]. Stosunek E4/E6 kwasów fulwowych odznaczających się mniejszą masą cząsteczkową oraz prostszą budową od kwasów huminowych, przyjmuje zwykle wartości powyżej 5, natomiast dla kwasów huminowych większości gleb określony jest wartościami poniżej 5. Niektórzy autorzy sugerują, iż wyższe wartości stosunku E4/E6 wskazują na niższą masę cząsteczkową drobin kwasów huminowych o strukturze z większą ilością grup funkcyjnych (głównie karboksylowych) oraz większą ilością łańcuchów bocznych o charakterze alifatycznym [Rivero i in. 2004; Bonifacio i in. 2006].

Kwasy huminowe badanych gleb charakteryzowały się wysokimi wartościami stosunku E4/E6 (4,53-5,02 w poziomach Oh oraz 5,22-6,50 w poziomach B). Wyniki te potwierdzają tezę, że w surowych warunkach górskich pod zaroślami kosodrzewiny tworzące się kwasy huminowe charakteryzują się niską masą cząsteczkową oraz niskim stopniem kondensacji struktur aromatycznych (tab. 3). Porównując KH w na stanowiskach pod różnie zniekształconą kosodrzewiną, można zauważyć, iż kwasy huminowe w glebach na stanowisku KOS B w poziomach iluwialnych charakteryzowały się wyższymi wartościami stosunku E4/E6 w porównaniu do stanowiska KOS A. W poziomach Oh najwyższe wartości tego parametru stwierdzono pod kosodrzewiną obumarłą, co wskazuje na wpływ procesów zamierania drzewostanu na obniżenie humifikacji materii organicznej badanych gleb.

## Wnioski

- ✦ W surowych warunkach subalpejskich na terenie Rezerwatu Śnieżnik Kłodzki glebowa materia organiczna kształtowana jest przez nakładające się procesy bielicowania, zamierania drzewostanów oraz naturalną sukcesję roślinności darniowej wkraczającej w miejsca obumarłych drzew.
- ✦ Negatywne zjawiska prowadzące do zamierania drzewostanów powodują przekształcenia glebowej materii organicznej gromadzącej mniejszą ilość węgla, zarówno w poziomach powierzchniowych, jak też mineralnych badanych gleb.
- ✦ Procesy degradacji roślinności badanych gleb znajdują odzwierciedlenie w postaci zmian w morfologii poziomów próchnicy nadkładowej, a także zwiększenia ruchliwości substancji humusowych, które mogą przyczyniać się do wymywania składników mineralnych do głębszych partii profilu glebowego.

✚ Materia organiczna w kwaśnym środowisku rejonów subalpejskich wykazuje niski stopień humifikacji, a tworzące się w procesach transformacji kwasy huminowe charakteryzują się niską masą cząsteczkową oraz większym udziałem grup karboksylowych. Proces degradacji kosodrzewiny wywiera wpływ na obniżenie stopnia humifikacji materii organicznej, szczególnie w poziomach wzbogacania badanych gleb. Roślinność darniowa rozwijająca się pod obumarłą kosodrzewiną powoduje, iż w poziomach powierzchniowych kumuluje się materia organiczna o wyższym stopniu humifikacji niż pod zamierającym drzewostanem.

## Podziękowania

Praca powstała dzięki uprzejmości i pomocy Nadleśnictwa Łądek Zdrój w Strachocinie.

## Literatura

- Bonifacio E., Santoni S., Celi L., Zanini E. 2006. Spodosol-Histosol evolution in the Krkonose National Park (CZ). *Geoderma* 131: 237-250.
- Chen Y., Senesi N., Schnitzer M. 1977. Information provided on humic substances by E4/E6 ratios. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41: 352-358.
- Czepińska-Kamińska D. 1986. Zależność między rzeźbą terenu a typami gleb obszarów Puszczy Kampinoskiej. W: Wpływ działalności człowieka na środowisko glebowe w Kampinoskim Parku Narodowym. SGGW, Warszawa. 5-72.
- Don J., Opletal M. 1996. Budowa i ewolucja geologiczna Masywu Śnieżnika. W: Masyw Śnieżnika, zmiany w środowisku przyrodniczym. PAE, Warszawa. 13-25.
- Drewnik M. 2006. Właściwości stropowych poziomów próchnicznych gleb polskiej części Karpat. *Roczniki Bieszczadzkie* 14: 221-235.
- Drozd J. 1995. Transformacja związków próchnicznych w glebach różnie degradowanych ekosystemów leśnych Karkonoszy. W: Fisher Z. [red.]. *Problemy ekologiczne wysokogórskiej części Karkonoszy*. Instytut Ekologii PAN, Dziekanów Leśny. 149-156.
- Drozd J., Licznar S. E., Licznar M. 1993. Formy próchnicy w pionowych strefach klimatyczno-glebowych Karkonoszy. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 411: 149-156.
- Drozd J., Licznar M., Weber J., Licznar S. E., Jamroz E., Dradrach A., Mastalska-Cetera B., Zawerbyny T. 1998. Degradacja gleb w niszczonej ekosystemach Karkonoszy i możliwości jej zapobiegania. PTSH, Wrocław.
- Dziadowiec H. 1990. Rozkład ściółek w wybranych ekosystemach leśnych. *Rozprawy, UMK, Toruń*.
- Dziadowiec H. 2003. Wybrane problemy badań próchnicy gleb leśnych. W: Dębska B., Gonet S. S. [red.]. *Substancje humusowe w glebach i nawozach*. Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych. 141-165.
- Dziadowiec H., Gonet S. S. [red.]. 1999. Przewodnik metodyczny do badań materii organicznej gleb. *Prace Komisji Naukowych PTG* 120.
- Fabiszewski J., Brej T. 1996. Dynamika przemian flory i roślinności. W: Masyw Śnieżnika, zmiany w środowisku przyrodniczym. PAE, Warszawa. 221-228.
- Gołębiowska D. 2004. Spektrometria absorpcyjna w zakresie UV-VIS: parametry i sposoby analizy widm absorpcji związków humusowych. W: Gołębiowska D. [red.]. *Metody badań substancji humusowych ekosystemów wodnych i lądowych*. Wyd. AR w Szczecinie.
- Gonet S. S., Dębska B., Zaujec A., Banach-Szott M., Szombathova N. 2007. Wpływ gatunku drzew i warunków glebowo-klimatycznych na właściwości próchnicy gleb leśnych. W: Gonet S. S., Markiewicz M. [red.]. *Rola materii organicznej w środowisku*. Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych.
- Gworek B. 2006. Glin w środowisku przyrodniczym a jego toksyczność. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 29: 27-38.
- Hayes M. H. B., Swift R. S. 1978. The chemistry of organic colloids. W: Greenland D. J., Hayes M. H. B. [red.]. *The chemistry of soil constituents*. Wiley-Intersci., New York.
- Jamroz E. 2008. Dynamika węgla i tempo rozkładu materii organicznej w zróżnicowanych siedliskach górskich, na przykładzie Sudetów Wschodnich. Raport końcowy z projektu badawczego. Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska UP we Wrocławiu.
- Jamroz E. 2009. Charakterystyka próchnic gleb w rejonie Puszczy Jaworowej w Górach Białych. *Roczniki Gleboznawcze* 60 (2): 47-52.
- Klimczak H. 1996. Przekształcenia obszarów leśnych. W: Masyw Śnieżnika, zmiany w środowisku przyrodniczym, PAE, Warszawa. 231-239.
- Kononowa M. 1968. Substancje organiczne gleby. PWRiL.
- Kuźnicki F., Białousz S., Rusiecka D., Skłodowski P. 1974. Charakterystyka procesu bielcowania w glebach wytworzonych z piasków wydmywanych Puszczy Kampinoskiej. *Roczniki Gleboznawcze* 25 (2): 25-51.



- Leski T., Rudawska M., Aucina A., Skridaila A., Riepsas E., Pietras M. 2009. Wpływ ściółki sosnowej i dębowej na wzrost sadzonek sosny i zbiorowiska grzybów mikoryzowych w warunkach szkółki leśnej. *Sylwan* 153 (10): 675-683.
- Licznar S. E., Łabaz B., Licznar M. 2000. Właściwości fizykochemiczne i skład frakcyjny związków próchnicznych w różnie degradowanych ekosystemach kosodrzewiny *Pinus mugo*. *Opera Corcontica* 37: 486-491.
- Lindner M., Karjalainen T. 2007. Carbon inventory methods and carbon mitigation potentials of forests in Europe: a short review of recent progress. *European Journal of Forest Research* 126: 149-156.
- Maciaszek W., Gruba P., Lasota J., Lato J., Wanic T., Zwydak M. 2001. Właściwości utworów organicznych wytworzonych z leżaniny drzew w wybranych rezerwatach ścisłych Polski południowej. Wyd. AR w Krakowie.
- Riverso C., Chirenje T., Ma L. Q., Martinem G. 2004. Influence of kompost on soil organic matter quality under tropical conditions. *Geoderma* 123: 355-361.
- Schnitzer M., Khan S. U. 1972. Humic substances in the environment. Marcel Dekker Inc., New York.
- Schulp C. J. E., Nabuurs G. J., Verburg P. H., de Waal R. W. 2008. Effect of tree species on carbon stocks in forest floor and mineral soil and implications for soil carbon inventories. *Forest Ecology and Management* 256: 482-490.
- Stevenson F. J. 1994. Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons, New York.

## SUMMARY

### Properties of soil organic matter in the forest soils under mountain dwarf pine in the Śnieżnik Kłodzki Reserve

The aim of this study was to characterize properties of soil organic matter in the mountain dwarf pine ecosystems of the Śnieżnik Kłodzki Reserve, where gradually yellowing and falling needles were observed locally. The study area is localised in Łądek Zdrój Forest District. The area is influenced by industrial emissions and is classified in I-III industrial injury classes basing on damage to the assimilation apparatus of plants. Study plots were located in subalpine coniferous forest, at the altitude of 1398-1419 m a.s.l., under the mountain dwarf pine without negative symptoms of yellowing needles (KOS A), with damage in the form of yellowing and dying needles in about 50% (KOS B) and completely devoid of needles (KOS C). The studied soil belonged to podzols derived from gneiss, soil texture of loamy sand, containing 40-60% of the skeleton parts. Type of humus was defined as mor. For the analysis of soil samples were taken in 3 replications, from organic and mineral horizons. In the samples basic parameters were determined, such as: the content of total organic carbon, total content of nitrogen, pH, exchangeable aluminum content. In organic and B horizons fractional composition of humic substances was analysed. Moreover, in preparations of humic acids an absorbance at wavelengths 465 nm and 665 nm was determined and E4/E6 ratio was calculated.

Indices describing transformation of organic matter were calculated, i.e. the C/N, CKH/CKF and IH. The studied soils vary considerably in terms of organic matter properties. Deformation processes in the form of trees dying are reflected primarily in the change in plant succession. Subalpine meadow vegetation develops under the dead mountain dwarf pines, which influences the shape of forming humus soils. Negative processes leading to dieback of the pines cause the transformation of soil organic matter accumulating a smaller amount of carbon as well as changes in the morphology of organic horizons. Transformation of organic matter affects an increasing mobility of humic substances, which may contribute to the leaching of minerals to deeper parts of the soil profile. Organic matter in the acidic environment of subalpine regions is characterized by a low degree of humification, low molecular weight and higher contribution of carboxyl groups.