

LIDIA OKTABA, MAREK KONDRAS

Przemiany materii organicznej gleb łąkowych w pierwszych latach po zalesieniu

Organic matter transformation in meadow soils during the first years after afforestation

ABSTRACT

Oktaba L., Kondras M. 2015. Przemiany materii organicznej gleb łąkowych w pierwszych latach po zalesieniu. Sylwan 159 (2): 126-134.

The properties of humic substances in gley soils in the first years after afforestation were characterized. Study was performed in former meadow soils in Gostynin Forest District (central Poland). Four soil profiles were analysed. It was found that changes of soil organic matter in studied soils were closely associated with hydrologic properties of these soils. Establishment of forest plantation on gley soils greater violated the balance of mineralization and humification processes in mineral-organic soils than in mineral soils. This was reflected in substantial losses of organic carbon (Corg) and total nitrogen (Nog) in the upper layers mineral-organic soils and minor changes of Corg content and Nog in the upper horizons of the mineral soils. Fractional composition of humus was more sensitive indicator of changes than the analysis of the total quantity of carbon and nitrogen. Studies have shown that after afforestation labile compounds were mineralized at first. Transformations of other humus fractions depended on soil subtype. In soils with high initial content of Corg (93.7 g/kg) in addition to the loss of organic matter deterioration of humus quality were also recorded. In the soil of the average initial content of Corg (65.1 g/kg) loss of organic matter was found, but a better quality of humic substances with increased proportion of humic acids was recognized. In soils with the lowest initial content of Corg changes in the amount of organic matter were not statistically significant, but a larger share of humic acids in different humic compounds was evidence of the greater stability after afforestation.

KEY WORDS

afforestation, carbon, nitrogen, humus, fractional composition, meadow soils

ADDRESSES

Lidia Oktaba – e-mail: lidia_oktaba@sggw.pl

Marek Kondras – e-mail: marek_kondras@sggw.pl

Katedra Nauk o Środowisku Glebowym, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

Wstęp

Zmiana użytkowania gleby z rolniczego na leśne prowadzi zwykle do zmiany jej właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych [Smal, Misztal 1996; Smal i in. 2004; Olszewska, Smal 2008; Smal, Olszewska 2008; Kondras i in. 2012]. Z badań dotyczących wpływu zalesienia na właściwości gleb i akumulację węgla organicznego (Corg) w ekosystemach leśnych wynika, że pierwiastek

*Badania sfinansowane przez NCN w ramach projektu badawczego nr N N310 2243 33.

ten gromadzony jest głównie w glebie [Dixon i in. 1994; Perez-Quezada i in. 2011]. Nawet jeśli poziomy mineralne gleb zawierają go mniej, to zachodzi dodatkowa akumulacja w ściółce, która przebiega bardziej lub mniej intensywnie, w zależności od rodzaju drzewostanu [Błońska i in. 2013]. Vesterdal i in. [2002] wykazali, że w krótkim okresie akumulacja węgla zachodzi głównie w biomase, natomiast w dłuższym to gleba odpowiada za magazynowanie CO₂ w postaci glebowej materii organicznej.

W celu lepszego zarządzania glebami ważne jest poznanie charakteru zmian zachodzących w nich tuż po założeniu uprawy i w późniejszym okresie rozwoju lasu. Mimo wzrastającej liczby prac na ten temat wciąż pozostają wątpliwości, jak zalesienie wpływa na glebę. Niektórzy autorzy stwierdzają zwiększenie się ilości Corg, szczególnie w wierzchniej 5-centymetrowej warstwie gleby [Post, Kwon 2000; Vesterdal i in. 2002], inni zmniejszanie się tej ilości w pierwszych 30-50 latach po zalesieniu [Smal, Olszewska 2008]. Obserwuje się też początkowe zmniejszenie zawartości, a następnie większą akumulację węgla w podłożu [Paul i in. 2002]. Smal i Olszewska [2008] stwierdziły, że najwrażliwymi na zmianę parametrami gleby są pH i mineralne formy azotu, które po 30 latach od zalesienia były zbliżone do tych na glebach leśnych. O ile w miarę obszerna jest literatura dotycząca ilości węgla organicznego i azotu, to na temat jakości związków humusowych w zalesionych glebach porolnych praktycznie brakuje badań.

Celem pracy była analiza wpływu zalesienia obszarów łąkowych na akumulację węgla i azotu w glebie oraz ocena procesów wpływających na stabilizację związków humusowych.

Materiał i metody

Badania prowadzono na byłych glebach łąkowych na terenie dwóch leśnictw w Nadleśnictwie Gostynin. W leśnictwie Kruk, gdzie zalesiono 5,58 ha gruntu porolnego, zlokalizowane były dwa profile (1mu i 2pr). Główne gatunki drzew, które posadzono, to dąb, olsza i lipa. W mniejszej ilości wykorzystano także grab, jarząb, kalinę, modrzew, świerk i inne gatunki. Na terenie leśnictwa Łucień z zalesionego płata gruntu porolnego o powierzchni 5,65 ha pobrano również dwa profile (3pr i 4mu). Główne gatunki drzew, które posadzono, to dąb i olsza. W niewielkiej ilości wykorzystano grab, dereń, lipę, świerk i inne gatunki. Gleba przed posadzeniem drzew przygotowana była w sposób tradycyjny przy użyciu pługa dwuodkładnicowego.

Badania gleb przeprowadzono w 2003 roku – trzy miesiące po zalesieniu i w 2008 roku – pięć lat od zalesienia. W pierwszym roku wykonano i opisano łącznie cztery profile glebowe i z poziomów genetycznych pobrano próbki do analiz. Z poziomów powierzchniowych pobrano dodatkowo próbki gleby (w czterech powtórzeniach, które następnie zmieszano) z głębokości 0-5, 5-10, 10-15 i 15-20 cm w celu oszacowania przemian materii organicznej. W 2008 roku w tych samych miejscach pobrano próbki, jedynie profil 2pr został wykonany kilkanaście metrów dalej ze względu na zbuchtowanie powierzchni przez dziki. W pobranym materiale wykonano następujące analizy: zawartość węgla organicznego metodą katalitycznego spalania do CO₂ w temperaturze 900°C na aparacie Shimadzu 5000A, zawartość azotu ogółem (Nog) zmodyfikowaną metodą Kjeldahla na analizatorze Kieltec-Tecator, pH w 1M KCl – potencjometrycznie [Ostrowska i in. 1991] oraz skład granulometryczny metodą Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego. Grupy granulometryczne wyznaczono według Klasyfikacji... [2009].

Glebę z czterech warstw poziomów próchnicznych (bądź murszastych) poddano analizie na zawartość węgla organicznego i azotu ogółem (jak wyżej) oraz dodatkowo wykonano frakcjonowaną analizę materii organicznej (humusu) metodą Kononowej i Bielczikowej [Dziadowiec, Gonet 1999]. Frakcja Cpy została wydzielona mieszaniną 0,1M Na₄P₂O₇ + NaOH (związki próchniczne wolne i związane z bezkrzemianowymi formami Fe i Al oraz połączenia związane z wap-

niem). Z roztworu wydzielono i oznaczono ilościowo kwasy huminowe (CKH). Z różnicy Cpy – CKH otrzymano ilość kwasów fulwowych (CKF). Frakcja Cncp (niskocząsteczkowe połączenia związków organicznych) została wydzielona w 0,05M H₂SO₄. Ilość frakcji Ch, czyli poekstrakcyjnej pozostałości, którą traktuje się jako huminy (stabilne połączenia humusu z mineralną częścią gleby), obliczono z różnicy Corg – Cpy. W otrzymanych frakcjach, po odparowaniu ekstrahentów, oznaczono ilość węgla metodą Tiurina. W każdej warstwie wyznaczono stosunek C/N oraz CKH/CKF.

Analizę statystyczną porównania średnich ilości węgla organicznego, azotu i węgla poszczególnych frakcji materii organicznej między rokiem 2003 a 2008 wykonano t-testem przy użyciu programu Stagraphics 4.1.

Wyniki

CHARAKTERYSTYKA PROFILI GLEBOWYCH. Badane grunty porolne położone są w dolinie rzeki Skrwy, dlatego procesy zachodzące w tych glebach prowadzą głównie do akumulacji materii organicznej w warunkach dużego uwilgotnienia i słabego natlenienia. Gleby zostały zaklasyfikowane do typu gleb gruntowoglejowych, do podtypu murszastych – profile 1mu i 4mu oraz do podtypu próchnicznych – profile 2pr i 3pr [Klasyfikacja... 2000]. Gleby charakteryzowały się uziarnieniem piasków – od luźnych do gliniastych. Jedynie w powierzchniowych poziomach gleby 2pr stwierdzono występowanie gliny piaszczystej (tab. 1).

Wartości pH (w KCl) w wierzchnich poziomach badanych gleb wskazywały na odczyn słabo kwaśny lub obojętny, a w profilu 2pr, gdzie odnotowano nagromadzenie węglanów, zasadowy.

Tabela 1.

Skład granulometryczny zalesionych gleb [%]
Granulometric composition of afforested soils [%]

Poziom Horizon	Miąższość Depth [cm]	Piasek Sand	Pył Silt	Ił Clay
1mu – Gleba gruntowoglejowa murszasta Haplic Gleysol				
Amugg	0-20	94	6	0
Agg	20-46	86	13	1
Go	46-53	88	9	3
Gor	53-80	95	1	4
2pr – Gleba gruntowoglejowa próchniczna Haplic Gleysol				
Aggca	0-25	75	17	8
Goca	25-38	64	18	18
Gor	38-90	94	3	3
3pr – Gleba gruntowoglejowa próchniczna Haplic Gleysol				
Agg	0-35	91	9	0
Go	35-50	87	9	4
Gor	50-75	93	4	3
4mu – Gleba gruntowoglejowa murszasta Haplic Gleysol				
Amugg	0-32	92	8	0
Agor	32-48	91	7	2
Gor	48-68	93	5	2
Gr	68-98	94	3	3

W większości przypadków pH gleb po pięciu latach od zalesienia było niższe w stosunku do roku pierwszego. Jedynie w profilu 1mu (gleby o charakterze mineralno-organicznym) zaobserwowano wzrost wartości pH. Zawartość węgla organicznego wierzchnich poziomów w pierwszym roku badań mieściła się w zakresie od 11,9 do 93,7 g/kg gleby, a azotu ogółem od 1,9 do 10,9 g/kg gleby (tab. 2). Stosunek C/N był wąski, charakterystyczny dla gleb uprawnych (6,2-8,6), wskazujący na dużą aktywność mikroorganizmów. We wszystkich profilach zarówno ilość węgla organicznego, jak i azotu ogółem drastycznie malała wraz z głębokością. Po pięciu latach od zalesienia zaobserwowano w glebach murszastych (profile 1mu i 4mu) mniejszą ilość Corg oraz Nog we wszystkich badanych poziomach genetycznych. Natomiast w profilach gleb próchnicznych (profile 2pr i 3pr) odnotowano zwiększoną zawartość zarówno Corg, jak i Nog po pięciu latach, ale tylko w poziomach próchnicznych. Różnice te jednak nie były statystycznie istotne. Stwierdzono także szerszy stosunek C/N we wszystkich profilach w roku 2008 w porównaniu do 2003, ale także tylko w wierzchnich poziomach.

WĘGIEL, AZOT ORAZ WŁAŚCIWOŚCI MATERII ORGANICZNEJ W 20-CENTYMETROWEJ WARSTWIE GLEBY. Analizie poddano powierzchniowe poziomy badanych gleb do głębokości 20 cm, z rozdzielaniem na cztery 5-centymetrowe warstwy. W opisie jednak dla uproszczenia używa się sformułowania „gleba”, wskazując na miejsce pobrania próbek.

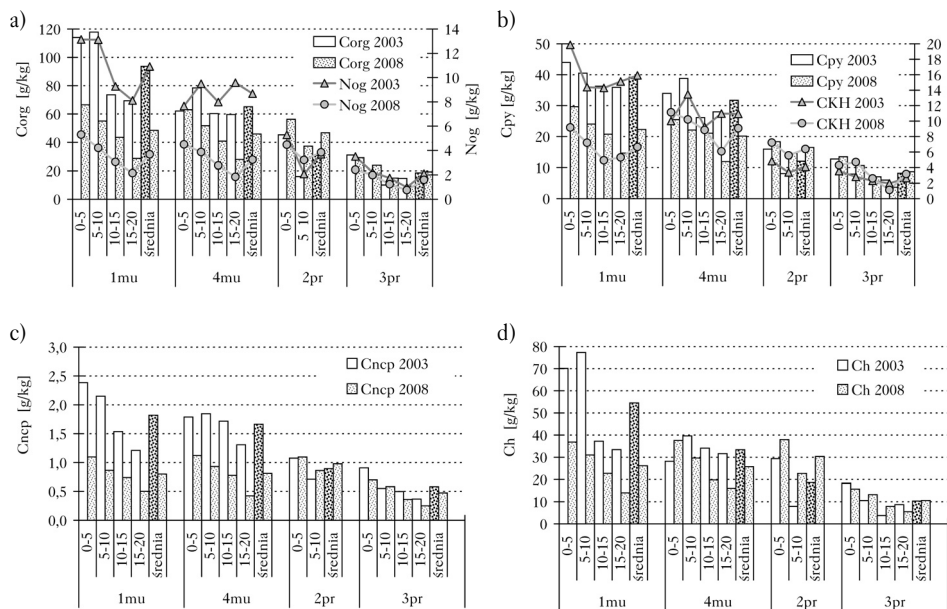
Ilości węgla i azotu w obu terminach badań największe były (w większości przypadków) w powierzchniowej warstwie gleby (0-5cm) i malały wraz z głębokością (ryc.). Najwyższą śred-

Tabela 2.

Wybrane właściwości zalesionych gleb
Selected properties of afforested soils

Poziom Horizon	2003					2008				
	pH 1M KCl	Corg [g/kg]	Cnieorg [g/kg]	Nog [g/kg]	C/N	pH 1M KCl	Corg [g/kg]	Cnieorg [g/kg]	Nog [g/kg]	C/N
1mu – Gleba gruntowoglejowa murszasta Haplic Gleysol										
Amugg	5,5	93,71	–	10,91	8,6	6,6	48,42	–	3,68	13,2
Agg	5,8	8,52	–	1,23	6,9	6,7	5,48	–	0,41	13,3
Go	6,4	2,92	–	0,33	8,9	6,6	0,51	–	0,09	5,4
Gor	7,2					7,6				
4mu – Gleba gruntowoglejowa murszasta Haplic Gleysol										
Amugg	6,2	40,49	–	5,55	7,3	5,9	33,58	–	2,87	11,7
Agor	6,4	0,72	–	1,09	0,7	6,2		–		
Gor	6,3		–			7,1				
2pr – Gleba gruntowoglejowa próchniczna Haplic Gleysol										
Aggca	7,6	14,87	2,0	2,11	7,0	6,4	46,77	–	3,84	12,2
Goca	7,7	4,56	13,3	0,54	8,5	6,7	3,51	–	0,32	11
Gor	7,9					6,4				
3pr – Gleba gruntowoglejowa próchniczna Haplic Gleysol										
Agg	6,4	11,89	–	1,93	6,2	5,9	20,55	–	2,67	7,7
Go	6,5	1,57	–	0,17	9,3	6,2	1,18	–	0,14	8,2
Gor	6,8					6,0				

Corg – węgiel organiczny, Cnieorg – węgiel nieorganiczny, Nog – azot ogółem
Corg – organic carbon, Cnieorg – inorganic carbon, Nog – total nitrogen



Ryc.

Zawartość węgla i azotu organicznego (a), węgla frakcji Cpy i kwasów huminowych CKH (b), węgla frakcji Cncp (c) oraz węgla frakcji Ch (d) w 20-centymetrowej warstwie badanych gleb

Content of organic carbon and nitrogen (a), Cpy carbon and humic acids CKH (b), Cncp carbon (c) and Ch carbon (d) in 20 cm top horizon of analysed soils

nią zawartością Corg w pierwszym roku badań charakteryzowały się warstwy gleb murszastych (93,7 g/kg gleby w profilu 1mu oraz 65,1 g/kg gleby w profilu 4mu). Po pięciu latach stwierdzono znaczne zmniejszenie się ilości Corg w tych glebach ($p=0,005$). W wierzchniej warstwie profili 2pr i 3pr (gleby próchniczne) zaobserwowano natomiast niewielkie, statystycznie nieistotne, zwiększenie ilości Corg.

Takie same tendencje odnotowano w przypadku azotu ogółem (ryc.). Średnie ilości Nog z czterech warstw w 2003 roku większe były w glebach gruntowoglejowych murszastych niż w gruntowoglejowych próchnicznych. W glebach murszastych stwierdzono znacznie mniejsze ilości tego składnika w roku 2008 ($p=0,000$). W glebach gruntowoglejowych próchnicznych (2pr oraz 3pr) nie odnotowano większych różnic w ilości azotu w obu terminach badawczych.

Analiza składu frakcyjnego humusu dostarcza dodatkowych danych na temat przemian materii organicznej po zmianie użytkowania. Najwięcej węgla poszczególnych frakcji stwierdzono w warstwie 0-5 cm i ilość ta stopniowo malała wraz z głębokością, zarówno w pierwszym, jak i piątym roku badań (ryc.).

Ilość frakcji Cpy w glebach gruntowoglejowych murszastych (profile 1mu i 4mu) była większa we wszystkich badanych warstwach w pierwszym roku w porównaniu z piątym rokiem badań (średnio 39,2 i 31,7 g Cpy/kg gleby w roku 2003 oraz 22,3 i 20,1 g Cpy/kg gleby w roku 2008). Różnice te były statystycznie istotne przy $p=0,000$. Odwrotne tendencje zaobserwowano w glebach gruntowoglejowych próchnicznych, gdzie w piątym roku badań odnotowano większą ilość węgla tych połączeń, jednak różnice te były nieduże.

Ilość węgla niskocząsteczkowych połączeń organicznych (frakcja Cncp), podobnie jak w przypadku innych frakcji, wyraźnie różniła się w glebach murszastych i próchnicznych w pierwszym

roku badań. Po zalesieniu ilość tej frakcji zdecydowanie zmniejszyła się w glebach z profili 1mu i 4mu, ale także w glebie 3pr (ryc.). W profilu 2pr praktycznie nie odnotowano większych zmian po pięciu latach, natomiast procentowy udział węgla tej frakcji w Corg zmniejszył się zarówno w tym profilu, jak i w wszystkich pozostałych (tab. 3). Zmniejszony udział węgla niskocząsteczkowych połączeń, związków o najprostszej budowie, w piątym roku po zalesieniu był jedyną wspólną cechą dla wszystkich badanych gleb.

Dominującą frakcją humusu glebowego w badanych glebach Nadleśnictwa Gostynin okazały się huminy (Ch), czyli związki silnie powiązane z mineralną częścią gleby, które nie przechodzą do roztworów w czasie ekstrakcji pirofosforanem. W tej frakcji może znajdować się również niewielka część materii organicznej niezhumifikowanej. Zdecydowanie największą ilość tych związków odnotowano w pierwszym roku badań w wierzchniej warstwie gleby gruntowoglejowej murszastej (1mu). Średnio dla całej 20-centymetrowej warstwy stwierdzono 54,5 g Ch/kg gleby w stosunku do 18,6, 10,3 i 33,4 g Ch/kg gleby w glebach z profili 2pr, 3pr i 4mu. W glebach gruntowoglejowych murszastych (1mu, 4mu) ilość ta zmniejszyła się w ciągu pięciu lat po zalesieniu ($p=0,028$), natomiast w pozostałych glebach (2pr, 3pr) uległa w tym okresie niewielkiemu zwiększeniu, ale zmiany te były nieistotne statystycznie (ryc.).

Rozpatrując udział węgla poszczególnych połączeń w Corg, możemy zaobserwować większe różnice między glebami. Mimo że po zalesieniu ilości bezwzględne frakcji Cpy i Ch zmalały do roku 2008 w obu glebach murszastych, to jednak procentowa zawartość tych pierwszych (Cpy) w Corg zwiększyła się w profilu 1mu, a w profilu 4mu zmniejszyła. Jest to równoznaczne z malejącym udziałem węgla humin w glebie 1mu i większym udziałem w glebie 4mu (tab. 3). W glebie 4mu mineralizacji uległy w głównej mierze związki o prostszej budowie, natomiast w glebie 1mu, oprócz frakcji labilnej, degradacji uległy również połączenia uważane za odporne.

O stabilności związków oprócz frakcji powiązanej z mineralną częścią gleby może świadczyć także zawartość kwasów huminowych. W badanych glebach dominowały jednak kwasy fulwowe. Stosunek ilości węgla kwasów huminowych do fulowych w wyciągu pirofosforanowym był niski i wahał się w zakresie 0,4-0,8 (tab. 3). Z wyjątkiem gleby 1mu stosunek ten średnio we wszystkich warstwach wzrósł w roku 2008 w porównaniu do 2003, co świadczy o zwiększonym udziale kwasów huminowych pięć lat po zalesieniu. Różnice te były statystycznie istotne ($p=0,019$ dla 1mu oraz $p=0,021$ dla pozostałych).

Dyskusja

Niniejsze badania wykazały różnice w kierunku przemian materii organicznej pomiędzy badanymi podtypami gleb gruntowoglejowych, które charakteryzowały się odmienną początkową

Tabela 3.

Średnia (m) i odchylenie standardowe (sd) wartości wskaźników przemian materii organicznej w badanych glebach

Mean (m) and standard deviation (sd) of soil organic matter transformation indicators in the studied soils

Profil		Ch/Corg[%]		Cncp/Corg [%]		CKH/CKF	
		2003	2008	2003	2008	2003	2008
1mu	m	56,5	53,2	1,9	1,7	0,7	0,4
	sd	8,4	3,4	0,2	0,1	0,1	0,1
4mu	m	51,4	55,7	2,6	1,8	0,5	0,8
	sd	4,7	5,0	0,3	0,2	0,1	0,2
2pr, 3pr	m	54,4	58,3	3,4	2,4	0,5	0,6
	sd	9,8	5,5	1,0	0,3	0,1	0,0

ilością węgla organicznego i azotu ogółem w poziomach o charakterze murszastym, w stosunku do gleb z mniejszą ilością obu składników, będących w podtypie gleb próchnicznych. W glebach gruntowoglejowych murszastych o wysokiej początkowej zawartości Corg w 20-centymetrowej warstwie odnotowano istotnie mniejszą ilość węgla organicznego po pięciu latach od zalesienia. Natomiast w glebach gruntowoglejowych próchnicznych, gdzie początkowo było mniej węgla, po pięciu latach ilość Corg była nieznacznie większa. Podobne wyniki uzyskali Pérez-Cruzado i in. [2014], badając zalesione gleby, które 20 lat wcześniej użytkowane były jako pastwiska. Cytowani autorzy również odnotowali różnice w zawartości materii organicznej: od niewielkich wzrostów do dużych strat. Stwierdzili oni, że początkowa zawartość węgla organicznego była głównym czynnikiem wpływającym na zmiany ilości materii organicznej po zalesieniu.

W glebach gruntowoglejowych murszastych odnotowano również istotnie mniejszą ilość azotu ogółem po pięciu latach od zalesienia. Powyższe dane świadczą o wzmożonej mineralizacji materii organicznej w tym podtypie gleb. Menyailo [2008] podaje, że zalesienie, poprzez mineralizację, znacznie bardziej wpływa na przemiany azotu niż węgla, co skutkuje zmianą stosunku C/N. Uważa on, że wskaźniki mineralizacji azotu i nityfikacja są lepszymi indykatorami zmian w ekosystemie po zalesieniu niż inne parametry chemiczne gleby. W badanych glebach glejowych również stwierdzono wyższy stosunek C/N po zalesieniu. Mimo że zmiany nie były istotne statystycznie, wskazuje to jednak na trend przemian.

Analiza składu frakcyjnego humusu dostarcza dodatkowych danych na temat przemian materii organicznej po zmianie użytkowania. Smal i in. [2007] po 50 latach od zalesienia stwierdzili, że mimo większego podobieństwa ilości Corg w glebach zalesionych do ilości w glebach uprawnych, pod względem składu frakcyjnego gleby zalesione były bardziej zbliżone do gleb lasów naturalnych. Zmiany w składzie frakcyjnym próchnicy po zalesieniu gleb łąkowych odnotowano wcześniej w glebach opadowoglejowych [Oktaba, Kusińska 2012].

Ilość wszystkich frakcji humusu w glebach gruntowoglejowych murszastych Nadleśnictwa Gostynin uległa istotnemu zmniejszeniu po zalesieniu, natomiast w glebach gruntowoglejowych próchnicznych zmiany były niewielkie, chociaż wskazujące na zwiększenie się ilości niektórych połączeń organicznych, szczególnie tych o większej stabilności. Udział węgla poszczególnych połączeń w Corg dostarczył dodatkowych informacji o przemianach materii organicznej. W glebach murszastych, mimo wielu podobieństw, możemy zaobserwować pewne różnice. W glebie 4mu mineralizacji uległy w głównej mierze związki o prostszej budowie, natomiast w 1mu, oprócz frakcji labilnej, również połączenia odporne na rozkład. Okazuje się, że w specyficznych warunkach środowiska również frakcje stabilne mogą być tracone [Pérez-Cruzado i in. 2014]. Uważa się, że słabo krystaliczne tlenki i wodorotlenki żelaza oraz glinu są ważnym czynnikiem biorącym udział w stabilizacji materii organicznej [Wilson i in. 2013]. Odgrywają one większą rolę niż silnie wykryształizowane minerały. W glebie murszastej – 1mu – znaczna ilość humusu związana była z mineralną częścią gleby. Na podstawie niewielkiej ilości iltu koloidalnego możemy wnioskować, że związki żelaza i glinu były głównym elementem stabilizującym. Należałoby przeprowadzić badania nad charakterem tych połączeń.

Równie ważne jak akumulacja próchnicy są procesy jej stabilizacji. Badania wykazały, że w pierwszych latach po zalesieniu nie zaistniały warunki do akumulacji próchnicy w glebach gruntowoglejowych murszastych (straty węgla i azotu), lepsze warunki panowały w glebach gruntowoglejowych próchnicznych. Mimo że we wszystkich występowało nadmierne uwilgotnienie, to kluczowe mogą być zmieniające się warunki – obniżenie poziomu wód gruntowych oraz natlenienie gleby w trakcie przygotowywania jej do posadzenia lasu. Tradycyjne zastosowanie pługa dwuodkładnicowego, którego użycie uważa się ostatnio za dyskusyjne [Byk 2011;

Sewerniak i in. 2011], mogło być czynnikiem uruchamiającym wzmożone procesy mineralizacji w wierzchnich poziomach zalesionych gleb łąkowych. Ponadto w poszczególnych podtypach gleb gruntowoglejowych panują zróżnicowane warunki dla działalności mikroorganizmów, co potwierdzone jest odmienną aktywnością różnych enzymów. Błońska i in. [2013] stwierdzili większą aktywność ureazy w glebach gruntowoglejowych w podtypie próchnicznych, natomiast w wilgotniejszych podtypach (m.in. murszastych) zwiększona była aktywność dehydrogenazy.

O stabilności związków, oprócz frakcji powiązanej z mineralną częścią gleby, może świadczyć także zawartość kwasów huminowych. Ich ilość zmniejszyła się po pięciu latach w profilach gleb murszastych (1mu, 4mu), natomiast stosunek CKH/CKF zmalał jedynie w pierwszym przypadku i wzrósł w przypadku gleby 4mu, co po raz kolejny potwierdza tezę, iż w glebie 1mu zalesienie wpłynęło na zmniejszenie się ilości związków humusowych, ale także na mniejszą ich stabilność. Natomiast w glebie 4mu, mimo że nastąpiły ubytki materii organicznej, jakość tych związków gwarantuje większą stabilność humusu.

Jedyną wspólną cechą dla wszystkich badanych gleb był zmniejszony udział węgla niskocząsteczkowych połączeń (Cncp), związków o najprostszej budowie, w piątym roku po zalesieniu. Podobną sytuację odnotowali Smal i in. [2004]. Gleby łąk i pastwisk są szczególnie zasobne w ten rodzaj połączeń węgla organicznego poprzez rozkład ściółki trawiastej oraz duży dopływ materii organicznej, której źródłem są drobne korzenie [Mendham i in. 2002]. Po zalesieniu jakość dopływającej materii organicznej się zmienia.

Wnioski

- ✦ Przemiany materii organicznej w glebach gruntowoglejowych po zalesieniu ściśle powiązane były z właściwościami początkowymi tych gleb, szczególnie z ilością węgla organicznego oraz azotu ogółem i odmiennie przebiegały w dwóch badanych podtypach.
- ✦ Założenie uprawy leśnej na glebach łąkowych w większym stopniu narusza równowagę procesów mineralizacji i humifikacji na glebach gruntowoglejowych murszastych niż na glebach gruntowoglejowych próchnicznych. Przejawia się to znacznymi stratami węgla organicznego i azotu ogółem już w trakcie pierwszych pięciu lat od zalesienia w wierzchnich warstwach gleb pierwszego podtypu.
- ✦ Skład frakcyjny próchnicy jest wrażliwym wskaźnikiem zmian. Badania wykazały, że po zalesieniu gleb gruntowoglejowych w pierwszej kolejności mineralizacji uległy związki labilne o najprostszej budowie.
- ✦ W glebie o dużej początkowej zawartości węgla organicznego (gleby gruntowoglejowe murszaste) odnotowano, oprócz ubytków materii organicznej, pogorszenie jakości związków humusowych.
- ✦ W glebie o średniej ilości początkowej Corg stwierdzono ubytki materii organicznej, ale jednocześnie poprawę jakości związków humusowych poprzez zwiększony udział kwasów huminowych.
- ✦ W glebach o najmniejszej początkowej zawartości Corg (gleby gruntowoglejowe próchniczne) zmiany w ilości materii organicznej były nieistotne statystycznie, ale większy udział kwasów huminowych i humin wśród połączeń humusowych świadczy o większej jej stabilności po zalesieniu.

Literatura

- Błońska E., Lasota J., Januszek K. 2012. Aktywność enzymatyczna leśnych gleb gruntowoglejowych. *Soil Science Annual* 63 (4): 3-8.
- Błońska E., Lasota J., Januszek K. 2013. Relation between properties of humus horizon and oak participation in a Scots pine stands. *Soil Science Annual* 64 (3): 82-87.

- Byk A. 2011. Wpływ sposobu przygotowania gleby na zgrupowania chrząszczy (*Coleoptera*) występujące na uprawach leśnych założonych na gruntach porolnych. Sylwan 155 (9): 622-632.
- Dixon R. K., Brown S., Houghton R. A., Solomon A. M., Trexler M. C., Wisniewski J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263: 185-190.
- Dziadowiec H., Gonet S. S. [red.]. 1999. Przewodnik metodyczny do badań materii organicznej gleb. *Prace Komisji Naukowych PTG* 120: 31-33.
- Klasyfikacja gleb leśnych Polski. 2000. CILP, Warszawa.
- Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych PTG 2008. 2009. *Soil Science Annual* 60 (2): 5-16.
- Kondras M., Czępińska-Kamińska D., Sienicka P., Otręba A., Torzewski K., Oktaba L. 2012. Zapas węgla organicznego w glebach leśnych zespołu kontynentalnego boru mieszanego świeżego w Kampinoskim Parku Narodowym. *Soil Science Annual* 63 (4): 26-33.
- Mendham D. S., Mathers N. J., O'Connell A. M., Grove T. S., Saffigna P. G. 2002. Impact of land-use on soil organic matter quality in south-western Australia – characterization with ^{13}C CP/MAS NMR spectroscopy. *Soil Biology and Biochemistry* 34 (11): 1669-1673.
- Menyailo O. V. 2008. The effect of afforestation on mineralization of soil organic matter. *Russian Journal of Ecology* 39 (1): 21-25.
- Oktaba L., Kusińska A. 2012. Soil organic matter in afforested post-agricultural soils. *Polish Journal of Soil Science* 45 (1): 39-47.
- Olszewska M., Smal H. 2008. The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. I. Physical and sorptive properties. *Plant and Soil* 305: 157-169.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z. 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Paul K. J., Polglase P. J., Nyakuengama J. G., Khanna P. K. 2002. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management* 168 (1-3): 241-257.
- Pérez-Cruzado C., Sande B., Omil B., Rovira P., Martín-Pastor M., Barros N., Salgado J., Merino A. 2014. Organic matter properties in soils afforested with *Pinus radiata*. *Plant and Soil* 374: 381-398.
- Perez-Quezada J. F., Delpiano C. A., Snyder K. A., Johnson D. A., Franc N. 2011. Carbon pools in an arid shrubland in Chile under natural and afforested conditions. *Journal of Arid Environments* 75: 29-37.
- Post W. M., Kwon K. C. 2000. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology* 6: 317-327.
- Sewerniak P. 2012. Wpływ właściwości gleb piaszczystych na bonitację drzewostanów sosnowych w południowo-zachodniej Polsce. I. Odczyn, zawartość CaCO_3 i cechy związane z głębokością gleby. *Sylwan* 156 (6): 427-436.
- Sewerniak P., Gonet S. S., Quaium M., Słomiński W. 2011. Przygotowanie gleby do odnowienia drzewostanu jako czynnik kształtujący pokrywę glebową na przykładzie leśnictwa Zielona w Kotlinie Toruńskiej. W: Jankowski M. [red.]. Wybrane problemy genezy, systematyki, użytkowania i ochrony gleb regionu kujawsko-pomorskiego. Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych. *Polskie Towarzystwo Gleboznawcze*. 135-147.
- Smal H., Ligęza S., Olszewska M. 2004. Wpływ zalesienia piaszczystych gleb porolnych na jakość materii organicznej i skład chemiczny roztworu glebowego. *Roczniki Gleboznawcze* 55 (4): 139-148.
- Smal H., Ligęza S., Pietruczyk D., Piliszczuk G. 2007. Zmiany jakości substancji organicznej w poziomie próchnicznym gleb porolnych wskutek zalesienia sosną zwyczajną. 27. Kongres Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego, Warszawa, 3-7 września. Gleba w czasie i przestrzeni. Streszczenia. 362-363.
- Smal H., Misztal M. 1996. Zawartość azotu amonowego i azotanowego w roztworach glebowych profili gleb leśnych i uprawnych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 440: 353-359.
- Smal H., Olszewska M. 2008. The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. II. Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus. *Plant and Soil* 305: 171-187.
- Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. 2002. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land. *Forest Ecology and Management* 169: 137-147.
- Wilson C. A., Cloy J. M., Graham M. C., Hamlet L. E. 2013. A microanalytical study of iron, aluminium and organic matter relationships in soils with contrasting hydrological regimes. *Geoderma* 202-203: 71-81.