

ELŻBIETA JAMROZ, JERZY WEBER, MAGDALENA DĘBICKA

Wpływ odnowienia lasu zrębem zupełnym na trofizm gleb rdzawych na przykładzie Nadleśnictwa Spała*

Trophic soil index of the rusty soils affected by clear-cutting in the Spała Forest District

ABSTRACT

Jamroz E., Weber J., Dębicka M. 2014. Wpływ odnowienia lasu zrębem zupełnym na trofizm gleb rdzawych na przykładzie Nadleśnictwa Spała. Sylwan 158 (9): 669-674.

The paper describes the influence of clear-cutting on the fertility of rusty soils expressed by trophic soil index. Soils in the Spała Forest District (central Poland) were covered by coniferous or mixed coniferous forests. Clear-cutting in acidic and oligotrophic mixed coniferous forests decreased soil fertility and affected an increase of hydrolitic acidity, particularly in Oh and Bv horizons. This type of timber harvest influenced also decrease of organic carbon in the first year after cutting.

KEY WORDS

forest soils, trophic soil index, forest soil quality, soil organic carbon

ADDRESSES

Elżbieta Jamroz – e-mail: elzbieta.jamroz@up.wroc.pl
Jerzy Weber, Magdalena Dębicka

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

Wstęp

Monitoring ekosystemów lądowych, a w szczególności leśnych, wymaga zastosowania syntetycznych wskaźników, dzięki którym można łatwo opisać żyzność siedlisk i które mogą pomóc we właściwym zarządzaniu zasobami naturalnymi [Schoenholtz i in. 2000; Ponge, Chevalier 2006; Sewerniak 2011; Schaetzl i in. 2012]. Siedliskowy indeks glebowy (SIG) opracowany dla obszarów leśnych, będący zmodyfikowanym Indeks Trofizmu Gleb Leśnych, jest jednym z najważniejszych narzędzi w planowaniu i prowadzeniu prawidłowej gospodarki leśnej, szczególnie na etapie doboru gatunków drzew przy odnowieniach lasu [Brożek i in. 2007; Brożek 2011; Lasota i in. 2011]. Wskaźnik ten, wyliczony w oparciu o właściwości fizyczne, fizykochemiczne i chemiczne gleby, może być także stosowany przy ocenie współzależności siedlisk oraz właściwości gleby, a także w ocenie trofizmu gleb porolnych przeznaczonych do zalesień [Jamroz 2009b; Wanic, Błońska 2011].

Poprzez sposób gospodarowania zasobami leśnymi, zwłaszcza zabiegi pielęgnacyjne, ochronne czy też różne metody pozyskiwania drewna, człowiek oddziałuje na gleby, co często prowadzi do zmiany ich żyzności. Gospodarka zrębowa, a w szczególności stosowanie rębni zupełnych, wpływa na dynamikę składników odżywczych w glebie. Usuwanie drzew powoduje zmiany wilgotności gleby, wpływa na ewapotranspirację, ilość docierającego do gleby ciepła oraz

*Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki – projekt nr N N305 155937.

ilość resztek roślinnych powracających do gleby po zakończeniu sezonu wegetacyjnego, a także skutkuje zmianą aktywności mikrobiologicznej środowiska glebowego [Pietikainen, Fritze 1995; Marshall 2000]. Ten typ pozyskiwania drewna, poprzez zmianę odczynu gleby, modyfikuje również dostępność składników pokarmowych dla roślin [Covington 1981; Dahlgren, Driscoll 1994; Brais i in. 1995] oraz wpływa na tempo rozkładu materii organicznej i kierunki jej transformacji, a przez to na zasoby węgla w ekosystemach leśnych [Ussiri, Johnson 2007; Schulp i in. 2008; Jamroz 2009a]. Poznanie efektów wywieranych na środowisko przez określony typ gospodarki leśnej stwarza możliwość podejmowania stosownych działań, które mogą zapobiegać negatywnym zmianom i chronić równowagę ekosystemów.

Celem pracy była ocena wpływu wykonania zrębów zupełnych na zmiany trofizmu gleb rdzawych na terenie Nadleśnictwa Spała.

Materiał i metody

Obiektem badań były powierzchnie leśne z terenu Nadleśnictwa Spała, leżącego w VI Małopolskiej krainie przyrodniczo-leśnej, na których występowały ubogie siedliska borów świeżych oraz borów mieszanych świeżych. Gleby występujące na obszarze badań zaklasyfikowano do gleb rdzawych bielcowych Albic Brunic Arenosols, wytworzonych z luźnego piasku kwarcowego. Do porównania wybrano po dwie powierzchnie z terenów, gdzie zręb zupełny wykonano na rok (Z1 – bór świeży, Zm1 – bór mieszany świeży), 2 lata (Z2 – bór świeży) oraz 5 lat (Zm5 – bór mieszany świeży) przed rozpoczęciem badań. Na powierzchniach po zrębie zupełnym, po roku od usunięcia drzew, dokonano odnowień drzewostanów, przygotowując wcześniej glebę frezem leśnym, który powoduje mniejsze zniekształcenia w morfologii profilu glebowego niż pług LPZ [Sewerniak i in. 2012]. Równoległe do każdej badanej powierzchni zrębowej wykonano odkrywki glebowe w odpowiadających im siedliskach nienaruszonych przez wycinkę drzew (Bśw, BMśw). Z mineralnych poziomów genetycznych pobrano zmieszane próbki glebowe do analiz właściwości fizykochemicznych, a także próbki z nienaruszoną strukturą do oznaczeń gęstości objętościowej, zgodnie z metodyką podaną do wyznaczania SIG dla gleb o miąższości poziomu organicznego do 20 cm [Brożek i in. 2011], na podstawie których wyliczono:

- a) zasoby frakcji spławialnej ($<0,02$ mm), wyrażone w kilogramach w bryle gleby o wymiarach $100 \times 100 \times 150$ cm (W_{CZS}),
- b) zasoby kationów zasadowych wyrażone w molach w bryle gleby o wymiarach $100 \times 100 \times 150$ cm (W_{ST}),
- c) całkowitą kwasowość gleby, w molach w bryle gleby o wymiarach $100 \times 100 \times 150$ cm podzieloną przez sumę frakcji $<0,02$ mm, w kg w takiej samej objętości gleby (W_Y),
- d) procentowy udział Nog. w pierwszym poziomie mineralnym gleby, podzielony przez stosunek C/N w tym poziomie (W_N),

Siedliskowy Indeks Glebowy (SIG) wyliczono, sumując poszczególne elementy składowe. Analizy statystyczne wykonano w programie Statistica (StatSoft, Inc.).

Wyniki i dyskusja

Badane gleby rdzawe bielcowe różniły się między sobą przede wszystkim pod względem zawartości węgla organicznego (tab. 1). Różnice te uwidoczniły się szczególnie w poziomach próchnicy nadkładowej (ektopróchnicy). Zręby zupełne oraz mechaniczne częściowe przygotowanie gleby w siedliskach borów świeżych istotnie wpłynęły na obniżenie zawartości węgla organicznego w poziomach Oh, z 309,35 g/kg pod drzewostanem boru świeżego do 190,10 g/kg

Tabela 1.

Wybrane właściwości gleb rdzawych w Nadleśnictwie Spała
Selected properties of the rusty soils in the Spała Forest District

Obiekt	Poziom	Miąszość [cm]	pH w KCl	Corg. [g/kg]	Hh [cmol(+)/kg]	T [cmol(+)/kg]
Z1	Oh	2	3,4	190,10	47,25	50,41
	AEes	7	3,6	11,03	4,99	6,39
	Bvfe	47	4,2	7,10	2,25	3,47
	C	>54	4,4	0,55	1,65	2,87
Z2	Ofh	2	3,4	353,15	51,45	62,94
	AEes	10	3,4	26,69	8,85	10,52
	Bvfe	87	4,1	5,04	2,70	3,91
	C	>97	4,9	0,69	1,05	2,20
Bśw	Ofh	3	2,7	309,35	74,70	79,44
	AEes	6	3,2	11,95	6,08	7,26
	Bvfe	50	4,2	5,15	2,33	3,66
	C	>56	4,4	0,85	1,50	3,41
Zm1	Oh	1	2,8	241,85	69,90	73,73
	AEes	4	3,0	14,35	6,45	7,57
	Bv	66	4,3	3,39	2,10	3,17
	C	>70	4,6	0,41	0,98	2,56
Zm5	Ofh	1	2,8	289,50	70,65	75,85
	AEes	5	3,1	15,09	6,68	8,18
	Bvfe	50	4,3	2,67	2,55	3,57
	C	>55	4,3	1,19	1,80	2,80
BMśw	Oh	2	3,1	260,65	58,80	62,80
	AEes	3	3,2	28,25	9,45	10,65
	Bvfe	59	4,0	6,87	1,95	3,21
	C	>62	5,1	0,53	0,83	2,20

na powierzchni zrębu jednorocznego. Odslonięta po wycięciu drzew gleba oraz zabiegi jej przygotowania pod nowe nasadzenia spowodowały zintensyfikowanie procesów mineralizacji. Po dwóch latach po wykonanym zrębie w analizowanym poziomie Oh stwierdzono wyższą zawartość Corg. – 353,15 g/kg. Prawdopodobną przyczyną takiego wzrostu ilości węgla, któremu towarzyszył także wzrost zawartości azotu, był intensywny rozwój roślinności darniowej w sąsiedztwie młodych nasadzeń drzew oraz przemieszczanie się materii organicznej z międzyrzędów do rzędów na skutek wyrównywania terenu. Na siedlisku boru mieszanego świeżego również stwierdzono obniżenie zawartości węgla organicznego w poziomie Oh na powierzchniach po zrębie zupełnym (z 260,65 g/kg pod drzewostanem do 241,85 g/kg na obiekcie w rok po zrębie), jednak nie były to tak znaczące różnice jak w przypadku uboższego siedliska boru sosnowego świeżego. Po 5 latach od wykonanych cięć, podobnie jak w przypadku Bśw, również w siedlisku boru mieszanego odnotowano wyższe zawartości Corg. (289,5 g/kg). Obserwacje te potwierdziły doniesienia wielu autorów o zmniejszeniu ilości węgla pod wpływem wykonanych zrębów zupełnych. Ussiri i Johnson [2007] po 3 latach od wykonania cięć obserwowali niższe zawartości węgla organicznego oraz azotu na obszarach po zrębie zupełnym, a powrót do zawartości tego składnika sprzed zabiegu stwierdzili dopiero 15 lat później. Usunięcie drzew oraz zabiegi przygotowania gleby pod nowe nasadzenia wpłynęły także na inne właściwości badanych gleb, w tym pH czy pojemność sorpcyjną, jednak zmiany te dotyczyły głównie poziomów powierzchniowych oraz górnych poziomów mineralnych. W siedlisku Bśw odnotowano wyższe wartości

pH dla gleb występujących na powierzchniach po zrębie zupełnym (3,4 w poziomie Oh oraz 3,4 i 3,6 w poziomie AEes) w porównaniu do profilu pod drzewostanem (2,7 w poziomie Oh oraz 3,2 w poziomie AEes). Na analizowanych powierzchniach BMśw również stwierdzono różnice między profilami, przy czym zarówno w poziomach Oh, jak i mineralnych AEes stwierdzono niższe wartości pH w glebach z powierzchni po zrębach zupełnych (2,8 w poziomach Oh oraz 3,0 i 3,1 w poziomach AEes) w porównaniu do siedliska nienaruszonego (3,1 w Oh i 3,2 w AEes). Zmiany te w kwaśnym, ubogim siedlisku istotnie wpływają na kształtowanie pojemności sorpcyjnej oraz siedliskowego indeksu glebowego, szczególnie w siedlisku BMśw.

Środowiskowe skutki zrębów zupełnych obserwowane są zwłaszcza w pierwszych latach po wykonaniu ciec, a wpływ tego typu gospodarki w lasach podnoszony jest głównie z uwagi na zmiany w cyklu węgla w ekosystemach leśnych. Zabiegi te indukują m.in. uwalnianie większych ilości CO₂ do atmosfery, jak też uruchamianie ruchliwej frakcji rozpuszczalnej materii organicznej i jej migrację do wód gruntowych i powierzchniowych [Marshall 2000; Falsone i in. 2012; Kondras i in. 2012].

Analizując wartości wskaźników SIG dla badanych powierzchni, stwierdzono, że mieściły się one w zakresie 16-18 (tab. 2), co pozwoliło zakwalifikować analizowane gleby do oligotroficznych odmian podtypów. Niewielkie wahania stopnia żyzności po wykonanych zrębach zupełnych miały nieco odmienny charakter w obu analizowanych jednostkach typologicznych siedlisk. W przypadku Bśw odnowienie drzewostanu zrębem zupełnym wpłynęło na obniżenie zasobów sumy kationów zasadowych (Sv) przy jednoczesnym wzroście wskaźnika N²/C. Wzrost udziału azotu wiązał się z intensywnym rozwojem roślinności darniowej oraz przemieszczaniem się materii organicznej, co zostało także potwierdzone w analizach zawartości węgla organicznego (tab. 1). Konsekwencją tych zmian był wzrost indeksu SIG z 16 do 18, charakteryzujący siedliska po dwóch latach od wykonania zrębu zupełnego. Siedlisko boru mieszanego świeżego pod drzewostanem nienaruszonym wykazywało w glebie wyższą zawartość azotu ogółem niż siedliska po zrębach zupełnych rocznych i pięcioletnich. Wpłynęło to na wyższą wartość parametru N²/C, co znalazło przełożenie na wyższy wskaźnik siedliskowego indeksu glebowego (tab. 2). Różnice w obliczonych indeksach SIG dla badanych powierzchni nie wpłynęły jednak na zmianę kwalifikacji troficznej odmiany podtypu gleby opracowanej według Brożka i in. [2011]. Obliczony indeks troficzności gleb rdzawych na terenie Nadleśnictwa Spała, jako diagnoza cząstkowa siedliska, wskazuje, iż wszystkie badane siedliska powinny być zaliczone do borów mieszanych. Przy klasyfikacji typów siedlisk dodatkowym kryterium jest ocena roślin wskaźnikowych runa leśnego oraz drzewostanu, jak również panujące w glebie warunki hydrologiczne, co stosowane jest w typologii leśnej. Obliczone wartości SIG mieszczą się w zakresie 14-23, przypisanym według Lasoty i in. [2011] borom mieszanym w VI Małopolskiej krainie przyrodniczo-leśnej.

Tabela 2.

Siedliskowy indeks glebowy badanych gleb w Nadleśnictwie Spała
Trophic soil index of the investigated soils in the Spała Forest District

Obiekt	Czsv.	Sv	Yv/Czsv.	N ² /C	WCZS	WS	WY	WN	SIG
Z1	67,5	2,9	0,125	0,000940	4	2	9	1	16
Z2	47,9	2,8	0,163	0,005043	3	2	9	4	18
Bśw	60,4	3,6	0,122	0,001176	4	3	9	1	16
Zm1	60,6	2,9	0,094	0,001054	4	2	9	1	16
Zm5	67,9	2,7	0,114	0,001053	4	2	9	1	16
BMśw	67,1	2,7	0,126	0,002903	4	2	9	2	17

Podsumowanie

Zręby zupełne oraz zabiegi pielęgnacyjne przygotowujące glebę do odnowienia drzewostanu wykonane na badanych kwaśnych i oligotroficznych glebach borów mieszanych z terenu Nadleśnictwa Spała wpłynęły na obniżenie ich troficzności, a także na wzrost kwasowości hydrolitycznej, szczególnie w poziomach epihumusowych oraz w mineralnych poziomach rdzawienia. Pojemność sorpcyjna tych gleb uzależniona była głównie od wartości kwasowości hydrolitycznej. Siedliskowy indeks glebowy (SIG) na powierzchniach, gdzie wykonano cięcia, skorelowany był z pojemnością sorpcyjną badanych gleb. W pierwszym roku po wykonaniu cięć zabiegi te wpłynęły także na istotne obniżenie zawartości węgla organicznego, szczególnie w poziomie epihumusowym (Oh). W kolejnych latach procesy odnowienia drzewostanu sprzyjały przywróceniu zachwianego w ekosystemie leśnym poziomu glebowej materii organicznej.

Podziękowania

Autorzy dziękują Nadleśnictwu Spała za pomoc w realizacji badań.

Literatura

- Brais S. C., Camire C., Pare D. 1995. Impacts of whole-tree harvesting and winter windrowing on soil pH and base status of clayey sites of north-western Quebec. *Can. J. For. Res.* 25: 997-1007.
- Brożek S. 2011. Gleby siedlisk leśnych terenów chronionych nizin i wyżyn Polski – synteza badań. *Soil Science Annual (Roczniki Gleboznawcze)* 62 (4): 190-198.
- Brożek S., Lasota J., Zwydak M., Wanic T., Gruba P., Błońska E. 2011. Zastosowanie siedliskowego indeksu glebowego (SIG) w diagnozie typów siedlisk leśnych. *Soil Science Annual (Roczniki Gleboznawcze)* 62 (4): 133-149.
- Brożek S., Zwydak M., Wanic T., Gruba P., Lasota J. 2007. Kierunki doskonalenia metod rozpoznawania siedlisk leśnych. *Sylvan* 151 (2): 26-34.
- Covington W. W. 1981. Changes in forest floor organic matter and nutrient content following clear-cutting in northern hardwood. *Ecology* 65: 41-48.
- Dahlgren R. A., Driscoll C. T. 1994. The effects of whole tree clear-cutting on soil processes at Hubbard Brook Experiment Forest, New Hampshire, USA. *Plant Soil* 158: 239-262.
- Jamroz E. 2009a. Wpływ zrębu zupełnego na właściwości związków próchnicznych bielic w rejonie Masywu Śnieżnika. *Soil Science Annual (Roczniki Gleboznawcze)* 60 (4): 35-41.
- Jamroz E. 2009b. Wykorzystanie indeksu trofizmu gleb leśnych do oceny jakościowej wybranych gleb leśnych Gór Białskich i Złoty. *Sylvan* 153 (10): 684-688.
- Kocjan H. 2000. Prace przygotowawcze do odnowień i zalesień, sposoby i technika sadzenia oraz pielęgnacja upraw. Wyd. AR w Poznaniu.
- Kondras M., Czepińska-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.
- Lasota J., Brożek S., Zwydak M. 2011. Zastosowanie siedliskowego indeksu glebowego (SIG) w projektowaniu składu gatunkowego odnawianych lasów. *Soil Science Annual (Roczniki Gleboznawcze)* 62 (4): 150-162.
- Marshall V. G. 2000. Impacts of forest harvesting on biological processes in northern forest soils. *Forest Ecology and Management* 133: 43-60.
- Pietikainen J., Fritze H. 1995. Clear-cutting and prescribed burning in coniferous forest: comparison of effects on soil fungal and total microbial biomass, respiration activity and nitrification. *Soil Biology & Biochemistry* 27 (1): 101-109.
- Ponge J.-F., Chevalier R. 2006. Humus Index as an indicator of forest stand and soil properties. *Forest Ecology and Management* 233: 165-175.
- Schaetzl R. J., Krist F. J. Jr., Miller, Bradley A. 2012. A Taxonomically Based Ordinal Estimate of Soil Productivity for Landscape-Scale Analyses. *Soil Science* 177 (4): 288-299.
- Schoenholtz S. H., Van Miegroet H., Burger J. A. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management* 138: 335-356.
- 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.

- Sewerniak P. 2011. Zróżnicowanie wybranych właściwości gleb drzewostanów sosnowych w południowo-zachodniej Polsce. *Soil Science Annual (Roczniki Gleboznawcze)* 62 (1): 142-151.
- Sewerniak P., Gonet S. S., Quaium M. 2012. Wpływ przygotowania gleby frezem leśnym na wzrost sadzonek sosny zwyczajnej w warunkach ubogich siedlisk Puszczy Bydgoskiej. *Sylvan* 156 (11): 871-880.
- Ussiri D. A. N., Johnson C. E. 2007. Organic matter composition and dynamics in a northern hardwood forest ecosystem 15 years after clear-cutting. *Forest Ecology and Management* 240: 131-142.
- Wanic T., Błoińska E. 2011. Zastosowanie metody SIG w ocenie przydatności terenów porolnych do hodowli lasu. *Soil Science Annual (Roczniki Gleboznawcze)* 62 (4): 173-181.

SUMMARY

Trophic soil index of the rusty soils affected by clear-cutting in the Spała Forest District

The aim of this study was to assess the impact of clear-cutting on the trophic soil index of rusty soils in the Spała Forest District (central Poland). Soils in the study area were covered by coniferous and mixed coniferous forests and were classified as Albic Brunic Arenosols, made of loose quartz sand. We compared soils from plots selected from the areas where the clear-cutting was made one or two (coniferous forest) and one or five (mixed coniferous forest) years before the sampling. The clear-cutting area was subjected to regeneration one year after the cutting. Soil profiles in undisturbed forests were chosen as the control. The properties of the soil were analysed to determine the soil trophic index (SIG).

Clear-cutting in acidic and oligotrophic stands of mixed coniferous forests decreased soil fertility and affected an increase of hydrolitic acidity, particularly in Oh and Bv horizons. Sorption capacity of these soils was mainly dependent on the value of hydrolytic acidity. SIG on the plots where the cuts were made was highly correlated with the sorption capacity of the soils. This type of timber harvest influenced also the decrease in organic carbon in the first year after cutting. In subsequent years, the renewal processes conducive to restoring disrupted stand the level of soil organic matter in a forest ecosystem. The study confirms the need for renewal, as an important step in restoring the natural balance of the forest ecosystems modified by human activities.