

EWA STEFAŃSKA-KRZACZEK, WIEŚLAW FAŁTYNOWICZ

Wzrost różnorodności gatunkowej chrobotków jako efekt rębni zupełnej na ubogich siedliskach borowych

Increase of *Cladonia* species diversity as a consequence of clear-cutting in nutrient-poor forest sites

ABSTRACT

Stefańska-Krzaczek E., Fałtynowicz W. 2013. Wzrost różnorodności gatunkowej chrobotków jako efekt rębni zupełnej na ubogich siedliskach borowych. Sylwan 157 (12): 929-936.

Clear-cutting impacts site conditions seriously. However, in nutrient-poor sites the effects of stand removal can be minor than in nutrient-rich sites. The aim of this work was to assess whether the clear-cut can improve species diversity of ground *Cladonia* species, which decline has been observed in forest communities. In stands of different age classes (≤ 10 , 11-20, 21-40, 41-60, 61-80, ≥ 81 years) in the Przymuszewo Forest District (northern Poland) ground *Cladonia* species and their cover were recorded on research plots (10×15 m). A total of 24 species were identified in the study area. There were more *Cladonia* species and they were more abundant in young stands (<20 years old) than in stands older than 60 years. Nine species are significantly more frequent and demonstrated high fidelity in young stands and only one was characteristic for old stands. Composition of *Cladonia* species depended primarily on stand age and subsequently on canopy or bryophyte cover. In nutrient-poor sites clear-cutting is favourable for *Cladonia* species diversity.

KEY WORDS

Scots pine forest, managed forest, ground lichens, stand age classes

ADDRESSES

Ewa Stefańska-Krzaczek – e-mail: ewa.stefanska-krzaczek@uni.wroc.pl

Wiesław Fałtynowicz – e-mail: wieslaw.faltnowicz@uni.wroc.pl

Katedra Bioróżnorodności i Ochrony Szaty Roślinnej; Uniwersytet Wrocławski; ul. Kanonia 6/8; 50-328 Wrocław

Wstęp

Zręby zupełne należą do najistotniejszych antropogenicznych zaburzeń w lasach. Usunięcie całego drzewostanu powoduje zupełną zmianę warunków świetlnych i wilgotnościowych, a także zmiany procesów zachodzących w glebie [Chojnacka-Ożga, Ożga 1999; Prescott 1997; Økland i in. 2003]. Stosowanie rębni zupełnej wiąże się ponadto z przygotowaniem zrębu dla nowego pokolenia drzew, czyli usuwaniem lub rozdrabnianiem pozostałości zrębowych oraz orką. Oznacza to daleko idące zniszczenie struktury fitocenozy leśnej i konieczność jej odbudowy na drodze sukcesji wtórnej, której punktem startowym jest przeważnie odnowienie sztuczne.

Ekologizacja gospodarki leśnej pociągnęła za sobą znaczne ograniczenie rębni zupełnej, która może być obecnie stosowana jedynie na siedliskach ubogich, gdzie w drzewostanie gatunkiem głównym jest sosna. Na takich siedliskach ujemne aspekty tej rębni są słabiej zaznaczone niż w przypadku siedlisk żyznych. Wprawdzie odsłoniętą powierzchnię kolonizują w pierwszej kolejności gatunki nieleśne, głównie światłożądne mchy i porosty [Fałtynowicz 1996; Wilkoń-Michalska i in. 1998; Stefańska 2006], jednak pospolite gatunki leśne na świeżych siedliskach

borowych regenerują się dość szybko [Stefańska-Krzaczek 2012b]. Ponadto kształtujące się fitocenozy nieleśne mogą nawiązywać do zbiorowisk półnaturalnych – wrzosowisk lub muraw napiaskowych [Fałtynowicz 1996; Stefańska-Krzaczek 2011].

Chrobotki stanowią ważny element zbiorowisk borowych na siedliskach mineralnych. Są wskaźnikami siedlisk oligotroficznych [Stefańska 2007; Stefańska-Krzaczek 2012a] i podstawowymi identyfikatorami fitosocjologicznymi borów chrobotkowych [Matuszkiewicz 2001]. Obserwowany w ostatnich latach proces przekształceń suchych borów sosnowych w kierunku borów świeżych [Matuszkiewicz 2007b] oznacza wycofywanie się chrobotków ze zbiorowisk leśnych. Jedną z proponowanych metod zachowania borów chrobotkowych jest stosowanie zrębów zupełnych, najlepiej wielkopowierzchniowych, ponieważ jest to działanie obniżające trofizm siedliska [Rutkowski 2009]. Warto zatem dokonać oceny, czy zręby sprzyjają bogactwu gatunkowemu chrobotków na siedliskach oligotroficznych, a konkretnie, czy młodociane drzewostany są ostoją dla tych organizmów.

Celem pracy jest ocena, czy zręby zupełne na oligotroficznych siedliskach borowych przyczyniają się do zwiększenia różnorodności gatunków z rodzaju *Cladonia*, a zatem czy są istotnym czynnikiem sprzyjającym utrzymaniu tych gatunków w zbiorowiskach borowych.

Material i metody

Badania przeprowadzono na terenie Nadleśnictwa Przymuszewo (RDLP Toruń). Zgodnie z regionalizacją przyrodniczo-leśną Nadleśnictwo położone jest w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, w mezoregionie Borów Tucholskich [Zielony, Kliczkowska 2012]. Teren Nadleśnictwa leży na rozległych polach sandrowych, wśród których występują wyspy morenowe. Głównymi utworami budującymi gleby są piaski akumulacji wodnolodowcowej i rzecznej [Kondracki 2000], stąd gleby są tu ubogie, a przeważającym typem siedliska leśnego jest bór świeży.

Badaniami objęto drzewostany w różnym wieku. Z mapy przeglądowej Obrębów Laska i Przymuszewo wybrano losowo wydzielenia z drzewostanem sosnowym w następujących przedziałach wiekowych: ≤ 10 , 11-20, 21-40, 41-60, 61-80 oraz ≥ 81 lat. Wybierano wydzielenia na borze świeżym, na glebach bielcowych powstałych z piasków luźnych. Badane drzewostany pochodzą ze sztucznego odnowienia powierzchni zrębowych, które przed wprowadzeniem młodego pokolenia zostały oczyszczone i przygotowane pod odnowienie. Dla każdego przedziału wiekowego zebrano dane z 20 powierzchni. W jednym wydzieleniu leśnym zakładano przeważnie 1 powierzchnię. W 10 wydzieleniach założono po 2 powierzchnie, a w jednym – 3 powierzchnie oddalone od siebie minimum 50 m. W sumie zebrano dane na 120 powierzchniach badawczych, w 108 wydzieleniach leśnych. Zakładane powierzchnie miały kształt prostokąta o wymiarach 10×15 m (150 m^2), którego dłuższy bok leżał zawsze na linii północ-południe. Na powierzchniach notowano: współrzędne geograficzne środka, wysokość drzewostanu, pokrycie procentowe warstwy drzew oraz wszystkie gatunki występujące w runie. Następnie szacowano pokrycie gatunków z wykorzystaniem 7-stopniowej skali ilościowości: 5 (gatunek pokrywa 75,1 – 100% powierzchni), 4 (50,1 – 75%), 3 (25,1 – 50%), 2 (10,1 – 25%), 1 (1,1 – 10%), + (do 1%), r (pojedynczy okaz w próbie). Zastosowana nomenklatura gatunków zgodna jest z pracą Fałtynowicza [2003].

W celu porównania ogólnego udziału chrobotków w klasach wieku drzewostanu dla każdej klasy obliczono średnią liczbę gatunków z rodzaju *Cladonia* oraz ich średnie pokrycie. Przy obliczaniu średniego pokrycia dla stopni ilościowości (5, 4, 3, 2, 1, +, r) przyjęto średnie procentowe pokrycie (równe odpowiednio: 87,5, 62,5, 37,5, 17,5, 5,0, 0,5 i 0,1) [Pawłowski 1972; Lepš, Šmilauer 1999]. Istotność różnic między średnimi zbadano testem Kruskala-Wallisa oraz testami porównań wielokrotnych [Stanisz 2006].

Dla oceny związku konkretnych gatunków chrobotków z drzewostanami w różnym wieku obliczono ich procentową frekwencję w każdym przedziale wiekowym. Istotność różnic między frekwencjami zbadano przy pomocy testu χ^2 [Stanisz 2006]. Oceniono również wierność poszczególnych gatunków chrobotków w klasach wieku drzewostanu, posługując się programem Juice [Tichý 2002]. Jako miarę wierności przyjęto współczynnik phi, który opiera się na liczbie wystąpień gatunków i liczbie zbadanych powierzchni [Tichý i in. 2010]. Do jego obliczenia wykorzystywane są dane jest/nie ma. Współczynnik przyjmuje wartości od -1 do $+1$, ale dla ułatwienia interpretacji program przedstawia jedynie wartości dodatnie pomnożone przez 100. Ponadto przeprowadzany jest dokładny test Fishera, który sprawdza istotność statystyczną współczynników wierności (w niniejszej pracy przyjęto poziom istotności 0,05). Jeśli wartości nie mają istotności statystycznej, gatunek w danej klasie wieku otrzymuje wartość wierności równą zero [Tichý i in. 2010].

Aby przedstawić ogólny wzorzec występowania chrobotków na badanych powierzchniach, wykonano analizę zgodności (correspondence analysis – CA) [Dzwonko 2007]. Następnie w celu poznania wpływu znanych zmiennych siedliskowych na rozkład gatunków w klasach wieku wykonano kanoniczną analizę zgodności (canonical correspondence analysis – CCA) [Dzwonko 2007]. Za zmienne siedliskowe przyjęto: procentowe pokrycie koron, wysokość drzewostanu, pokrycie roślin naczyniowych i pokrycie mszaków. Procentowe pokrycie koron i wysokość drzewostanu zostały oszacowane na powierzchniach, pokrycie roślin naczyniowych i mszaków obliczono, sumując pokrycie poszczególnych gatunków na powierzchni (dla stopni ilościowości przyjęto średnie pokrycie). Analizy wykonano w programie Canoco 4.5 [Lepš, Šmilauer 2003].

Wyniki

Łącznie zanotowano 24 gatunki z rodzaju *Cladonia*, co stanowi 26% wszystkich gatunków runa (93) stwierdzonych na badanych powierzchniach. W drzewostanach poniżej 20 lat zanotowano średnio więcej gatunków chrobotków niż w drzewostanach w wieku powyżej 61 lat i różnice były istotne statystycznie (tab. 1). Średnia liczba gatunków chrobotków w drzewostanach w wieku 11-20 lat jest również istotnie wyższa niż w drzewostanach w wieku 21-40 lat i 41-60 lat. Średnie

Tabela 1.

Liczba gatunków chrobotków oraz ich pokrycie w przedziałach wiekowych drzewostanów sosnowych
Number of *Cladonia* species and their cover in age classes of Scots pine stands

Wiek	Średnia	Minimum	Maksimum	SD
Liczba gatunków				
≤10 lat	7 abc	3	11	2,39
11-20	8 a	1	14	2,70
21-40	5 bd	0	15	4,30
41-60	4 cd	0	9	2,81
61-80	4 d	0	9	2,69
≥81	3 d	0	7	2,04
Pokrycie [%]				
≤10 lat	5,5 a	1,5	26,0	5,42
11-20	6,7 a	0,5	26,5	7,36
21-40	4,7 ab	0,0	29,0	8,45
41-60	5,8 ab	0,0	43,0	9,73
61-80	4,1 b	0,0	46,0	10,14
≥81	2,3 b	0,0	12,5	3,04

Ta sama litera wskazuje średnie nieróżniące się istotnie przy $p=0,05$;

The same letter indicate lack of significant difference between means at $p=0,05$

procentowe pokrycie gatunków z rodzaju *Cladonia* także jest wyższe w drzewostanach poniżej 20 lat niż w drzewostanach w wieku powyżej 61 lat. Mimo tych różnic, zarówno liczba, jak i pokrycie chrobotków we wszystkich klasach wieku są niewielkie. Z drzewostanami w wieku do 20 lat związane są następujące gatunki chrobotków: *Cladonia chlorophaea*, *C. cornuta*, *C. deformis*, *C. gracilis*, *C. fimbriata*, *C. macilenta*, *C. subulata*, *C. pleurota* i *C. digitata*. Ich frekwencja jest istotnie wyższa, wykazują także większą wartość wierności w stosunku do tych drzewostanów (tab. 2 i 3). Drzewostany starsze preferuje jedynie *C. glauca*.

W analizie zgodności dwie pierwsze osie (wartości własne odpowiednio 0,372 i 0,357) tłumaczą łącznie 27,8% ogólnej zmienności występowania chrobotków. W przestrzeni ordynacyjnej wyróżniają się dwie grupy drzewostanów: do i powyżej 40 lat (ryc.). Zmienne siedliskowe wprowadzone w analizie kanonicznej tłumaczą 15,6% ogólnej zmienności składu gatunkowego chrobotków. Najważniejszymi zmiennymi są, skorelowane ze sobą, wiek i wysokość drzewostanu, które związane są z pierwszą osią ordynacyjną (wartość własna 0,235). Wraz z dojrzewaniem drzewostanu (od prawej do lewej strony diagramu) większość gatunków chrobotków wycofuje się (ryc.). Wpływ na skład gatunkowy chrobotków ma także pokrycie mszaków i koron. Ta druga zmienna najsilniej skorelowana jest z osią drugą (wartość własna 0,108). Rozluźnienie pokrycia koron jest korzystne dla występowania chrobotków, z kolei wzrost pokrycia mszaków ogranicza ich występowanie.

Tabela 2.

Frekwencja [%] gatunków chrobotków w przedziałach wiekowych drzewostanów sosnowych
Frequency [%] of *Cladonia* species in age classes of Scots pine stands

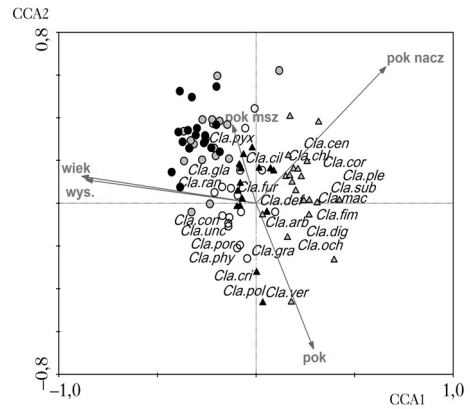
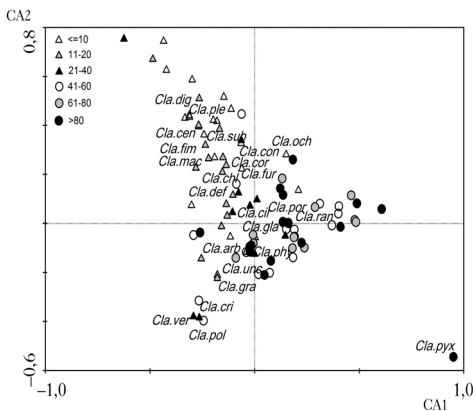
Gatunek	Kod	≤10 lat	11-20	21-40	41-60	61-80	≥81
<i>C. macilenta</i> **	<i>Cla.mac</i>	90	35	10	5	5	5
<i>C. subulata</i> **	<i>Cla.sub</i>	70	80	0	0	0	0
<i>C. chlorophaea</i> **	<i>Cla.chl</i>	85	90	55	50	35	25
<i>C. cornuta</i> **	<i>Cla.cor</i>	40	40	15	5	0	0
<i>C. deformis</i> **	<i>Cla.def</i>	60	65	30	30	15	10
<i>C. pleurota</i> **	<i>Cla.ple</i>	30	15	0	0	0	0
<i>C. digitata</i> **	<i>Cla.dig</i>	15	0	0	0	0	0
<i>C. fimbriata</i> **	<i>Cla.fim</i>	15	35	10	0	0	5
<i>C. gracilis</i> **	<i>Cla.gra</i>	45	80	45	65	25	40
<i>C. glauca</i> *	<i>Cla.gla</i>	0	15	40	30	30	45
<i>C. arbuscula</i>	<i>Cla.arb</i>	85	80	50	70	70	70
<i>C. rangiferina</i>	<i>Cla.ran</i>	80	85	70	70	90	80
<i>C. furcata</i>	<i>Cla.fur</i>	50	55	35	35	20	15
<i>C. ciliata</i>	<i>Cla.cil</i>	20	25	30	30	30	25
<i>C. uncialis</i>	<i>Cla.unc</i>	10	35	25	20	15	10
<i>C. portentosa</i>	<i>Cla.por</i>	5	5	5	10	5	5
<i>C. phyllophora</i>	<i>Cla.phy</i>	0	10	10	0	10	0
<i>C. cenotea</i>	<i>Cla.cen</i>	10	5	0	5	0	0
<i>C. coniocraea</i>	<i>Cla.con</i>	0	0	5	5	0	0
<i>C. crispata</i>	<i>Cla.cri</i>	0	5	5	0	0	0
<i>C. cervicornis</i> ssp. <i>verticillata</i>	<i>Cla.ver</i>	0	0	5	0	0	0
<i>C. ochrochlora</i>	<i>Cla.och</i>	5	0	0	0	0	0
<i>C. polydactyla</i>	<i>Cla.pol</i>	0	0	5	0	0	0
<i>C. pyxidata</i>	<i>Cla.pyx</i>	0	0	0	0	0	5

Frekwencja gatunków istotnie związana z przedziałem wieku drzewostanu ** p<0,01; * p<0,05;
Species frequency statistically correlated with stand age class **p<0.01; *p<0.05

Tabela 3.

Wierność gatunków chrobotków w przedziałach wiekowych drzewostanów sosnowych
Fidelity of *Cladonia* species in age classes of Scots pine stands

Gatunek	≤10 lat	11-20	21-40	41-60	61-80	≥81
<i>C. macilenta</i>	67,1	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>C. subulata</i>	46,5	56,8	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>C. chlorophaea</i>	25,6	30,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>C. cornuta</i>	28,0	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>C. deformis</i>	23,4	28,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>C. pleurota</i>	38,2	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>C. digitata</i>	35,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>C. fimbriata</i>	6,0	34,8	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>C. gracilis</i>	0,0	26,8	0,0	13,4	0,0	0,0
<i>C. glauca</i>	0,0	0,0	13,5	3,4	3,4	18,5
<i>C. arbuscula</i>	13,9	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>C. rangiferina</i>	0,9	6,4	0,0	0,0	11,9	0,9
<i>C. furcata</i>	14,1	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>C. ciliata</i>	0,0	0,0	3,4	3,4	3,4	0,0
<i>C. uncialis</i>	0,0	18,0	6,6	0,9	0,0	0,0
<i>C. portentosa</i>	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0
<i>C. phyllophora</i>	0,0	10,3	10,3	0,0	10,3	0,0
<i>C. cenotea</i>	16,6	4,2	0,0	4,2	0,0	0,0
<i>C. coniocraea</i>	0,0	0,0	11,6	11,6	0,0	0,0
<i>C. crispata</i>	0,0	11,6	11,6	0,0	0,0	0,0
<i>C. cervicornis</i> ssp. <i>verticillata</i>	0,0	0,0	20,5	0,0	0,0	0,0
<i>C. ochrochlora</i>	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>C. polydactyla</i>	0,0	0,0	20,5	0,0	0,0	0,0
<i>C. pyxidata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,5



Ryc.

Rozkład prób badawczych w przestrzeni ordynacyjnej oparty o udział poszczególnych gatunków chrobotków (lewo) oraz udział poszczególnych gatunków chrobotków i zmienne siedliskowe (prawo)

Distribution of research plots in ordination space based on share of particular *Cladonia* species (left) and share of particular *Cladonia* species and environmental variables (right)

wiek – wiek drzewostanu; wys. – wysokość drzewostanu; pok – pokrycie warstwy drzew; pok nacz – pokrycie procentowe roślin naczyniowych; pok msz – pokrycie procentowe mszaków; kody gatunków jak w tabeli 1.

wiek – stand age; wys. – stand height; pok – percentage cover of tree layer; pok nacz – percentage cover of vascular plants; pok msz – percentage cover of bryophytes; for species codes see table 1.

Dyskusja

Liczba gatunków chrobotków w badanym nadleśnictwie nie jest duża, ale zbliżona do zanotowanej w latach 70. XX wieku, kiedy to łącznie stwierdzono 29 gatunków tych porostów [Fałtynowicz 1980]. Największa różnorodność gatunkowa chrobotków występuje w drzewostanach młodych, co zgadza się z wynikami innych prac [Fałtynowicz 1980; Wilkoń-Michalska i in. 1998; Stefańska-Krzaczek 2012b]. Można wnioskować, że to właśnie odnowienie drzewostanu jest korzystne dla różnorodności gatunkowej naziemnych chrobotków. Sprzyjający jest z pewnością wzrost natężenia światła. Stwierdzone chrobotki, jako w większości gatunki światłolubne [Ellenberg i in. 1992], preferują w lasach stanowiska lepiej nasłonecznione [Sewerniak i in. 2011]. Jednak chrobotki utrzymują się nie tylko w uprawach, gdzie brak jeszcze zwarcia koron, lecz także w drzewostanach młodocianych. Mimo ograniczenia dopływu światła, znajdują tam lepsze warunki niż w mniej zwartych drzewostanach dojrzałych. Można to powiązać z przesuszeniem podłoża, bowiem intensywnie rosnący i transpirujący drzewostan obniża poziom wód gruntowych, a cięcia pielęgnacyjne prowadzą do przesuszenia wierzchnich warstw gleby [Puchalski, Prusinkiewicz 1990]. Istotne znaczenie ma jednak przerwanie przez zręb i sztuczne odnowienie zwarcia obfitej warstwy mszystej charakterystycznej dla fitocenoz borowych [Stefańska-Krzaczek 2011]. W drzewostanach młodocianych dopiero zaczyna odtwarzać się warstwa mszysta, stąd chrobotki mają możliwość utrzymania się.

W badanym terenie pokrycie chrobotków w drzewostanach młodych jest większe niż w starszych, ale ogólnie niewielkie we wszystkich klasach wieku. Dawniej na terenie Borów Tucholskich chrobotki występowały najobficiej w drzewostanach najstarszych [Fałtynowicz 1980; Wilkoń-Michalska i in. 1998]. Spadek frekwencji i pokrycia chrobotków w zbiorowiskach borowych nie oznacza całkowitego zaniku tych mszaków w kompleksach leśnych, ponieważ jako składnik układów nieleśnych [Matuszkiewicz 2001] występują one także na przydrożach, liniach oddziaływowych i innych stanowiskach bez zwartego drzewostanu [Cieśliński 1979; Fałtynowicz 2006]. Jednak organizmy te, na skutek regeneracji lub eutrofizacji siedlisk, wycofują się ze struktury fitocenoz leśnych, co powoduje regres borów chrobotkowych i spadek zróżnicowania w obrębie borów siedlisk mineralnych [Matuszkiewicz 2007a, c, d; Matuszkiewicz, Lorens 2007; Orzechowski 2007; Solon 2007]. Na terenach objętych ochroną możliwe są różne eksperymentalne metody obniżania żyzności siedlisk i tym samym zachowania lub nawet odtwarzania całych fitocenoz bogatych w chrobotki [Rutkowski 2009]. Jednak z punktu widzenia hodowli lasu wzrost potencjału siedlisk w lasach gospodarczych jest pożądany. Pozytywne jest zatem zjawisko wzrostu różnorodności gatunkowej chrobotków na skutek regularnych i odpowiednich dla typu siedliskowego lasu działań gospodarczych. Należy jednak zaznaczyć, że rębnia zupełna może być jednocześnie niekorzystna dla gatunków borowych rzadkich i wrażliwych na zmiany warunków otoczenia. Nie jest to jednak sytuacja bez wyjścia. Możliwe jest stosowanie zrębów zupełnych, a jednocześnie dostosowanie lub ograniczanie działań gospodarczych w miejscach występowania konkretnych gatunków [Gorzela 2009].

Wnioski

✚ Na siedliskach boru świeżego zręby zupełne sprzyjają różnorodności gatunkowej naziemnych chrobotków, a młode drzewostany można uznać za ostoje tych gatunków w gospodarczych borach sosnowych.

Podziękowania

Autorzy składają podziękowania Panu Nadleśniczemu Arturowi Kowalskiemu za udostępnienie wszelkich materiałów z Nadleśnictwa Przymuszewo niezbędnych do badań.

Literatura

- Chojnacka-Oźga L., Oźga W. 1999. Warunki termiczne w strefie przejściowej między lasem i terenem otwartym. Sylwan 143 (6): 11-17.
- Cieśliński S. 1979. Udział oraz rola diagnostyczna porostów naziemnych w zbiorowiskach roślin naczyniowych Wyżyny Kielecko-Sandomierskiej i jej pobrzeży. Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Kielce.
- Ellenberg H., Weber H., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulißen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18: 5-258.
- Dzwonko Z. 2007. Przewodnik do badań fitosocjologicznych. Instytut Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Wydawnictwo Sorus, Poznań – Kraków.
- Fałtynowicz W. 1980. Zmiany we florze porostów naziemnych w zależności od wieku nasadzeń sosnowych na siedlisku *Cladonia-Pinetum*. Zeszyty Naukowe Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UG, Biologia 2: 81-90.
- Fałtynowicz W. 1986. The dynamics and role of lichens in a managed *Cladonia*-scotch pine forest (*Cladonia-Pinetum*). Monographiae Botanicae 69: 5-96.
- Fałtynowicz W. 2003. The lichens, lichenicolous and allied fungi of Poland – an annotated checklist. W: Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, Kraków.
- Fałtynowicz W. 2006. Porosty w lasach Polski – znaczenie, zagrożenie, ochrona. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej 14: 193-200.
- Gorzelał P. 2009. Nowe stanowisko widlicza spłaszczonego *Diphasiastrum complanatum* L. (*Lycopodiaceae*) na Dolnym Śląsku i możliwości jego ochrony z punktu widzenia leśnika. Acta Botanica Silesiaca 4: 125-133.
- Kondracki J. 2000. Geografia regionalna Polski. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- Lepš J., Šmilauer P. 1999. Multivariate analysis of ecological data. Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, České Budějovice.
- Lepš J., Šmilauer P. 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge University Press.
- Matuszkiewicz W. 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- Matuszkiewicz J. M. 2007a. Ewolucja zbiorowisk borów suchych i świeżych na gruntach porolnych w Nadleśnictwie Wielbark. W: Matuszkiewicz J. M. [red.]. Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski. PAN, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa, Monografie 8: 143-165.
- Matuszkiewicz J. M. [red.]. 2007b. Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski. PAN, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa, Monografie 8: 1-96.
- Matuszkiewicz J. M. 2007c. Przemiany borów suchych i świeżych w zachodniej części Borów Tucholskich. W: Matuszkiewicz J. M. [red.]. Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski. PAN, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa, Monografie 8: 96-116.
- Matuszkiewicz J. M. 2007d. Zmiany w zbiorowiskach borów sosnowych w rezerwacie „Czarnia” w Puszczy Kurpiowskiej. W: Matuszkiewicz J. M. [red.]. Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski. PAN, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa, Monografie 8: 165-176.
- Matuszkiewicz J. M., Lorens B. 2007. Przemiany borów sosnowych w Roztoczańskim Parku Narodowym w ciągu półwiecza. W: Matuszkiewicz J. M. [red.]. Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski. PAN, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa, Monografie 8: 371-386.
- Orzechowski M. 2007. Przemiany zbiorowisk leśnych Puszczy Kozienskiej od czasu badań Ryszarda Zaręby. W: Matuszkiewicz J. M. [red.]. Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski. PAN, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa, Monografie 8: 504-553.
- Økland T., Rydgren K., Økland R. H., Storaunet K. O., Rolstad J. 2003. Variation in environmental conditions, understorey species number, abundance and composition among natural and managed *Picea abies* forest stands. Forest Ecology and Management 177: 17-37.
- Pawłowski B. 1972. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania. W: Szafer W., Zarzycki K. [red.]. Szata roślinna Polski. Tom.1. PWN, Warszawa. 237-269.
- Prescott C. E. 1997. Effects of clearcuttings and alternative silvicultural systems on rates of decomposition and nitrogen mineralization in a coastal montane coniferous forest. Forest Ecology and Management 95: 253-260.
- Puchalski T., Prusinkiewicz Z. 1990. Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. PWRiL, Warszawa.

- Rutkowski P. 2009. Natura 2000 w leśnictwie. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Sewerniak P., Bednarek R., Szymańska A. 2011. Ekspozycja stoków wydm w Kotlinie Toruńskiej a wybrane elementy ekosystemu boru sosnowego – wstępne wyniki badań. *Leśne Prace Badawcze* 72 (1): 37-46.
- Solon J. 2007. Przemiany zbiorowisk leśnych Kampinoskiego Parku Narodowego w ciągu 80 lat. W: Matuszkiewicz J. M. [red.]. *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski*. PAN, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa, Monografie 8: 290-343.
- Stanisz A. 2006. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 1. Statystyki podstawowe. Statsoft, Kraków.
- Stefańska E. 2006. Zmiany składu gatunkowego fitocenozy w przebiegu sukcesji wtórnej na siedlisku boru świeżego w Borach Dolnośląskich. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią* B 55: 105-117.
- Stefańska E. 2007. Wskaźniki siedlisk boru świeżego i mieszanego świeżego w borach sosnowych Polski południowo-zachodniej. W: Anderwald D. [red.]. *Siedliska i gatunki wskaźnikowe w lasach*. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej 16: 141-152.
- Stefańska-Krzaczek E. 2011. Plant communities of Scots pine stands in the south-eastern part of the Bory Dolnośląskie forest (SW Poland). *Acta Botanica Silesiaca, Monographiae* 6: 1-98.
- Stefańska-Krzaczek E. 2012a. Fitocenozy borów sosnowych na tle zmian powierzchni mezotroficznych siedlisk borowych na przykładzie Nadleśnictwa Bolesławiec. *Leśne Prace Badawcze* 73 (2): 107-119.
- Stefańska-Krzaczek E. 2012b. Species diversity across successional gradient of managed Scots pine stands in oligotrophic sites (SW Poland). *Journal of Forest Science* 58 (8): 345-356.
- Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* 13: 451-453.
- Tichý L., Holt J., Nejezchlebová M. 2010. JUICE program for management, analysis and classification of ecological data. 2nd Edition of the Program Manual. 2nd part. Vegetation Science Group, Masaryk University Brno, Czech Republic.
- Wilkoń-Michańska J., Lipnicki L., Nienartowicz A., Deptuła M. 1998. Rola porostów w funkcjonowaniu borów sosnowych. W: Czyżewska K. [red.]. *Różnorodność biologiczna porostów*. Uniwersytet Łódzki, Katedra Botaniki & Polskie Towarzystwo Botaniczne, Sekcja Lichenologiczna. 103-121.
- Zielony R., Kliczkowska A. 2012. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.

SUMMARY

Increase of *Cladonia* species diversity as a consequence of clear-cutting in nutrient-poor forest sites

According to ecological forest management clear-cutting should be applied only in nutrient-poor sites, where Scots pine is the main species. However, this practise is proposed as one of the experimental methods to maintain the threatened oligotrophic *Cladonia* forest. The aim of this work was then to assess whether the clear-cut can improve species diversity of ground *Cladonia* species.

In stands of different age classes (≤ 10 years, 11-20, 21-40, 41-60, 61-80, ≥ 81) in the Przymuszewo Forest District (northern Poland) ground *Cladonia* species and their cover were recorded on research plots (10×15 m). The mean number of species and mean cover were calculated for each age class. Next, percentage frequency and fidelity index were calculated for each species in each stand age class. The ordination methods (CA and CCA) were applied to determine the general pattern of species distribution.

A total of 24 species were identified in the study area. There were more *Cladonia* species and they were more abundant in young stands (>20 years old) than in stands older than 60 years. Nine species e.g. *Cladonia macilenta*, *C. subulata*, *C. chlorophaea*, *C. cornuta* were significantly more frequent and demonstrated high fidelity in young stands. Only *Cladonia glauca* was characteristic for old stands. Composition of *Cladonia* species depended primarily on stand age and subsequently canopy cover and bryophyte cover. In nutrient-poor sites clear-cut is favourable for *Cladonia* species. In managed Scots pine forest young stands are reservoirs of *Cladonia* species diversity.