

EWA STEFAŃSKA-KRZACZEK, WIEŚLAW FAŁTYNOWICZ

Zróżnicowanie roślinności monokultur sosnowych na glebach piaszczystych Borów Tucholskich

Diversity of vegetation in Scots pine monocultures on sandy soils in the Bory Tucholskie

ABSTRACT

Stefańska-Krzaczek E., Fałtynowicz W. 2014. Zróżnicowanie roślinności monokultur sosnowych na glebach piaszczystych Borów Tucholskich. Sylwan 158 (2): 99-106.

Scots pine stands are the most important forest type in Poland and the differentiation of the natural vegetation in these forests is well known. However, the intensive utilization causes the formation of the secondary communities, so that further studies of the vegetation diversity should be carried out with taking into consideration stand age and homogeneity of site conditions. The aim of this work is to assess the diversification of plant communities across the gradient of tree stand age. Scots pine stands on oligotrophic sites of the Przymuszewo Forest District were examined with dividing into six age classes (≤ 10 , 11-20, 21-40, 41-60, 61-80, 81-120 years old). Numerical analysis allowed to differ 4 plant communities: non-forest community of *Placynthiella-Cladonia* sp. div. related to young stands before crown closure (≤ 10 years old), secondary forest community of *Pinus sylvestris-Cladonia subulata* related to young stands just after crown closure (11-20 years), forest communities of *Leucobryo-Pinetum* variant with *Cladonia* and typical variant – both related to stands older than 20 years. The identified communities differ in terms of species richness and vertical structure, but they are repetitive combinations of species which can be classified within hierarchical syntaxonomical system. They show common features with the communities of south-western Poland, but differ from plant communities of managed Scots pine forest in the continental part.

KEY WORDS

Leucobryo-Pinetum, vegetation classification, stand rotation, coniferous forest, low-nutrient forest sites

ADDRESSES

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

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

Instytut Biologii Środowiskowej; Uniwersytet Wrocławski; ul. Kanonia 6/8; 50-328 Wrocław

Wstęp

Bory sosnowe są najczęściej występującym typem lasu w Polsce, stąd ich dokumentacja fitosocjologiczna jest obfita i stała się podstawą do uporządkowania wiedzy na temat zespołów leśnych z przewagą sosny [Sokołowski 1970; Matuszkiewicz, Matuszkiewicz 1973; Matuszkiewicz 1988]. Dla ubogich siedlisk świeżych roślinnością potencjalną są dwa zespoły będące wikariantami geograficznymi: suboceaniczny bór świeży *Leucobryo-Pinetum* i kontynentalny bór świeży *Peucedano-Pinetum* [Matuszkiewicz W. 2001]. Większość borów sosnowych, dla których te dwa zespoły stanowią roślinność potencjalną, to lasy gospodarcze, odnawiane na drodze rębni zupełnej, co powoduje, że kształtują się zbiorowiska zastępcze [Jakubowska-Gabara 1989]. Zrąb zupełny wraz z czynnościami związanymi z odnowieniem powoduje zupełną zmianę typu roślinności. Odsłoniętą powierzchnię kolonizują gatunki nieleśne, powstawać będą więc nieleśne zbiorowiska zastępcze [Łaska 2006; Stefańska-Krzaczek 2011]. Jednocześnie jednak odnowienie

sadzeniem powierzchni zrębowej powoduje, że szybko następuje ukształtowanie drzewostanu i powrót mikroklimatu leśnego, co sprzyja wycofaniu się gatunków nieleśnych i formowaniu struktury runa [Stefańska-Krzaczek 2012]. Moment silnego zwarcia może być kryzysowy zarówno dla gatunków nieleśnych, jak i regenerujących się taksonów leśnych [Økland i in. 2003], a jednocześnie na ten okres przypadają intensywne cięcia pielęgnacyjne. Na tym etapie można więc już oczekiwać formowania się zbiorowisk leśnych, które będą jednak fitocenozą zastępczymi w stosunku do zespołu potencjalnego [Stefańska-Krzaczek 2011]. Powtarzalne czynności hodowlane powodują, że tworzą się nieprzypadkowe kombinacje gatunkowe, które można ująć w hierarchicznym systemie jednostek syntaksonomicznych [Łaska 2006].

Przypuszczalnie zbiorowiska monokultur sosnowych na terenie Nadleśnictwa Przymuszewo będą powtarzalnymi kombinacjami gatunków, porównywalnymi z fitocenozą stwierdzonymi na podobnych siedliskach w innych regionach [Łaska 2006; Stefańska-Krzaczek 2011]. Jednocześnie jednak można spodziewać się różnic wynikających ze zmienności składu gatunkowego zbiorowisk borowych w gradiencie kontynentalizmu [Roo-Zielińska, Solon 1997]. Celem niniejszej pracy jest zatem ocena zróżnicowania zbiorowisk roślinnych w gradiencie wiekowym drzewostanów sosnowych, przedstawienie ich miejsca w systemie klasyfikacji roślinności, ich składu i różnorodności gatunkowej oraz roli działań gospodarczych w kształtowaniu zróżnicowania roślinności siedlisk oligotroficznych.

Materiał i metody

Zgodnie z regionalizacją przyrodniczo-leśną Nadleśnictwo Przymuszewo (RDLP Toruń) 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 wodno-lodowcowej i rzecznej [Kondracki 2000], stąd gleby są tu ubogie, a przeważającym typem siedliska leśnego jest bór świeży. Bory Tucholskie leżą na styku zasięgów suboceanicznego *Leucobryo-Pinetum* i kontynentalnego *Peucedano-Pinetum* [Matuszkiewicz J. M. 2001], jednak roślinność potencjalną w Nadleśnictwie Przymuszewo stanowi zespół *Leucobryo-Pinetum* [Matuszkiewicz 2008].

Na terenie Nadleśnictwa Przymuszewo, w obrębach leśnych Łaska i Przymuszewo, zebrano dane fitosocjologiczne na 120 powierzchniach badawczych, w 107 wydzieleniach leśnych i 7 leśnictwach. Z mapy przeglądowej Obrębów Łaska i Przymuszewo wybrano losowo wydzielenia z drzewostanem sosnowym w kolejnych klasach wieku drzewostanu: Ia (≤ 10 lat, faza uprawy), Ib (11-20 lat, faza młodnika), II (21-40 lat, faza tyczkowiny), III (41-60 lat, faza drągowiny), IV (61-80 lat, faza drzewostanu dojrzewającego), V+ (> 81 lat, faza drzewostanu dojrzałego i faza starodrzewu). Wybierano wydzielenia na siedliskach w typie boru świeżego, na glebach bielcowych powstałych z piasków luźnych. Dla każdej klasy wieku drzewostanu zebrano dane z 20 powierzchni. W jednym wydzieleniu leśnym zakładano przeważnie jedną powierzchnię, jednak ze względu na brak odpowiedniej liczby wydzialeń spełniających założenia badawcze, w 13 wydzieleniach leśnych założono po 2 powierzchnie oddalone od siebie minimum 50 m. Zakładane powierzchnie miały kształt prostokąta o wymiarach 10×15 m (150 m^2) i o dłuższym boku leżącym zawsze na linii północ-południe. Na powierzchniach szacowano pokrycie procentowe poszczególnych warstw oraz notowano wszystkie występujące gatunki wraz z ich pokryciem. Wyróżniono następujące warstwy: A (warstwa drzew), B (warstwa drzew i krzewów o wysokości 0,6-8 m), C (warstwa zielna), D (warstwa mszysto-porostowa). Pokrycie gatunków (rośliny naczyniowe, mszaki i porosty) szacowano 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%),

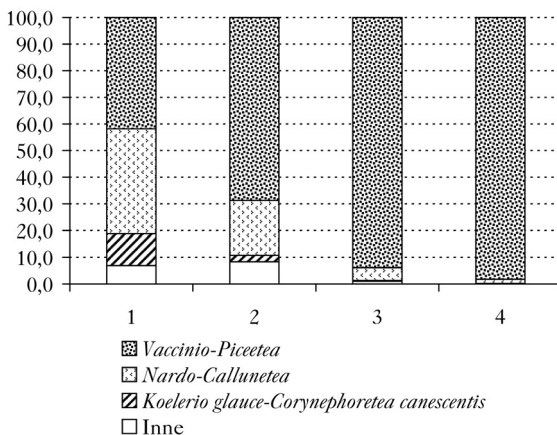
r (pojedynczy okaz w próbie). Zebrane dane fitosocjologiczne zostały włączone do bazy Polish Vegetation Database [Kącki, Śliwiński 2012].

W programie TWINSPAN zintegrowanym z programem JUICE [Tichý 2002] wykonano klasyfikację numeryczną zebranych danych. Wyróżnione w analizie grupy zdjęć były podstawą do identyfikacji zbiorowisk. Przynależność syntaksonomiczną gatunków i wyróżnionych zbiorowisk podano zgodnie z przewodnikiem W. Matuszkiewicza [2001]. Dla każdego zbiorowiska obliczono procentowy udział grup synekologicznych w pokryciu.

W celu porównania składu gatunkowego wyróżnionych zbiorowisk wyliczono ich procentowe niepodobieństwo. Posłużono się w tym celu programem JUICE, który wyznacza je na podstawie wartości współczynnika Jaccarda, obliczonego dla wszystkich możliwych porównań prób reprezentujących dwa zbiorowiska. Porównano również bogactwo gatunkowe i strukturę warstwową zbiorowisk – w tym celu obliczono średnią liczbę gatunków w każdym zbiorowisku oraz średnie pokrycie warstw A, B, C, D. Istotność różnic między średnimi zbadano testem Kruskala-Wallisa oraz testami porównań wielokrotnych [Stanisz 2006].

Wyniki

W zebranych materiale wyróżniono 4 zbiorowiska roślinne: zbiorowisko nieleśne *Placynthiella-Cladonia* sp. div. oraz 3 zbiorowiska leśne – zbiorowisko *Pinus sylvestris-Cladonia subulata*, *Leucobryo-Pinetum* W.Mat (1962) 1973 wariant z *Cladonia* sp. div. i *Leucobryo-Pinetum* wariant typowy. Zbiorowisko *Placynthiella-Cladonia* sp. div. reprezentują płyty z młodocianym drzewostanem przed zwarciem się koron drzew (faza uprawy). Ze względu na udział gatunków nieleśnych z klas *Nardo-Callunetea* i *Koelerio glauce-Corynepheretea canescentis* oraz brak zwarcia koron zbiorowiska nie włączono do klasy borów sosnowych *Vaccinio-Piceetea*. Ilościowość gatunków charakterystycznych dla suboceanicznych wrzosowisk zadecydowała o włączeniu zbiorowiska do związku *Pohlio-Callunion* Shimwell 1973 em. Brzeg 1981, rzędu *Calluno-Ulicetalia* (Quant. 1935) R.Tx. 1937 i klasy *Nardo-Callunetea* Prsg 1949 (ryc.). Zbiorowisko to jest najlepiej wyodrębnione florystycznie od innych ze względu na udział gatunków światłolubnych, jak *Ceratodon purpureus*, *Placynthiella oligotropha*, *P. uliginosa* oraz *Trapeliopsis granulosa*. Często w zbiorowisku były także gatunki z rodzaju *Cladonia*, np. *C. arbuscula*, *C. chlorophaea* i *C. macilenta*. Zbiorowisko *Pinus sylvestris-Cladonia subulata* reprezentują płyty z drzewostanem w wieku 11-20 lat (faza młodnika). Uznano je za leśne zbiorowisko zastępcze w stosunku do *Leucobryo-Pinetum*, ponieważ nawija je ono do zbiorowiska *Placynthiella-Cladonia* sp. div. występowaniem gatunków światłolub-



Ryc.

Udział [%] grup synekologicznych w pokryciu

Frequency [%] of synecological groups in total cover

1 – *Placynthiella-Cladonia* sp. div.; 2 – *Pinus sylvestris-Cladonia subulata*; 3 – *Leucobryo-Pinetum* wariant z/variant with *Cladonia* sp. div.; 4 – *Leucobryo-Pinetum* wariant typowy/typical variant

nych, np. *Polytrichum juniperinum*, a jednocześnie dominantami w runie są tu już mchy leśne: *Dicranum polysetum* i *Pleurozium schreberi*. Obecne są też inne gatunki borowe, zatem zbiorowisko włączono do związku *Dicrano-Pinion* Libb. 1933, rzędu *Cladonio-Vaccinietalia* Kiell.-Lund 1967 i klasy *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. 1939. Częste w zbiorowisku były także gatunki z rodzaju *Cladonia*, szczególnie związane z tym zbiorowiskiem chrobotek *C. subulata*.

Zespół *Leucobryo-Pinetum* reprezentują płaty z drzewostanem w wieku 21-120 lat (faza tyczkowiny, drągowiny, drzewostanu dojrzewającego, dojrzałego i starodrzewu). Zespół zidentyfikowano w oparciu o charakterystyczną kombinację gatunków z udziałem gatunków klasy *Vaccinio-Piceetea* lub niższych syntaksonów (rzędu, związku). *Leucobryo-Pinetum* wariant z *Cladonia* sp. div. różni się od wariantu typowego częstotliwością *Dicranum scoparium*, *Ptilidium ciliare* oraz chrobotków: *Cladonia arbuscula*, *C. chlorophaea*, *C. glauca*, *C. gracilis* i *C. rangiferina*, natomiast wariant typowy wyróżnia obecność *Hylocomium splendens*. Z rzadszych, ale jednocześnie charakterystycznych dla borów gatunków, zanotowano jedynie *Lycopodium annotinum* (1 notowanie w II klasie wieku) i *Chimaphila umbellata* (1 notowanie w V klasie wieku). Najmniej pod względem florystycznym różnią się oba warianty zespołu *Leucobryo-Pinetum* i jednocześnie oba są znacząco różne od zbiorowiska nieleśnego *Placynthiella-Cladonia* (tab. 1). Zbiorowisko *Pinus sylvestris-Cladonia subulata* różni się bardziej od wariantu typowego *Leucobryo-Pinetum* niż od wariantu z *Cladonia*.

Wyróżnione zbiorowiska różnią się też bogactwem gatunkowym i strukturą pionową. Największe bogactwo gatunkowe charakteryzuje zbiorowisko nieleśne, ale różnica w porównaniu ze zbiorowiskiem zastępczym *Pinus sylvestris-Cladonia subulata* nie jest istotna statystycznie (tab. 2). Najmniejsze bogactwo gatunkowe stwierdzono w fitocenozach *Leucobryo-Pinetum* w wariacie typowym i wszystkie różnice są istotne statystycznie (tab. 2). Zbiorowisko zastępcze

Tabela 1.

Procentowe różnice między wyróżnionymi zbiorowiskami pod względem składu gatunkowego
Percentage differences between the communities in terms of species composition

	1	2	3
2	58,79		
3	90,85	59,32	
4	88,72	74,09	45,65

1 – *Placynthiella-Cladonia* sp. div.; 2 – *Pinus sylvestris-Cladonia subulata*; 3 – *Leucobryo-Pinetum* wariant z/variant with *Cladonia* sp. div.; 4 – *Leucobryo-Pinetum* wariant typowy/typical variant

Pinus sylvestris-Cladonia subulata charakteryzuje się najwyższym średnim pokryciem warstwy A i różnice między średnimi z innych zbiorowisk są istotne statystycznie (tab. 2). Podobnie jest w przypadku warstwy B, choć ogólnie warstwa ta na badanych powierzchniach ma znaczenie marginalne (tab. 2). Warstwa C jest najobfitsza w zbiorowisku nieleśnym, ale różnica w porównaniu ze zbiorowiskiem zastępczym *Pinus sylvestris-Cladonia subulata* nie jest istotna. Najmniejsze pokrycie tej warstwy charakteryzuje zbiorowisko *Leucobryo-Pinetum* w wariacie

Tabela 2.

Porównanie średniej liczby gatunków w zbiorowiskach roślinnych oraz ich struktury warstwowej
Comparison of mean number of species and layers cover in the plant communities

	1	2	3	4
Średnia liczba gatunków	24a	21ab	17b	12
Średnie pokrycie warstwy A	54a	73	59a	54a
Średnie pokrycie warstwy B	0,1a	1,4	0,1a	0,2a
Średnie pokrycie warstwy C	31a	17ab	6	17b
Średnie pokrycie warstwy D	61	82a	86ab	91b

Różnice między wartościami oznaczonymi w wierszu tą samą literą nie są istotne statystycznie na podstawie testu Kruskala-Wallisa przy $p=0,05$; 1-4 patrz tabela 1
Differences between values followed by the same letter are not statistically different according to the Kruskal-Wallis test at $p=0,05$, 1-4 see table 1

z *Cladonia* (tab. 2). Najobfitsza warstwa D występuje w zbiorowisku *Leucobryo-Pinetum* w wariantcie typowym, ale brak jest różnicy istotnej między tym wariantem a wariantem z *Cladonia* (tab. 2). Najmniejsze pokrycie warstwa D ma w zbiorowisku nieleśnym i różnice z pozostałymi zbiorowiskami są istotne statystycznie.

Dyskusja

W dynamicznym kręgu zbiorowisk *Leucobryo-Pinetum* zidentyfikowano szereg zbiorowisk nieleśnych [Balcerkiewicz, Pawlak 2004], jednak w monokulturach sosnowych na badanym terenie stwierdzono tylko jedno zbiorowisko tego typu. Niewielkie zróżnicowanie można tłumaczyć silnym wpływem zabiegów hodowlanych, które ukierunkowują proces kształtowania składu gatunkowego. Usunięcie drzewostanu wiąże się z zanikiem mikroklimatu leśnego i przemianami w środowisku glebowym [Kowalkowski 1983; Biały 1997; Chojnacka-Ożga, Ożga 1999]. Jednak ukształtowanie stwierdzonego w Nadleśnictwie Przymuszewo zbiorowiska nieleśnego *Placynthiella-Cladonia* sp. div. wynika także z natychmiastowego zagospodarowania powierzchni zrębowej. Mechaniczne usunięcie runa leśnego i odsłonięcie mineralnej warstwy gleby sprzyja pojawianiu się ortotropowych gatunków mchów, które produkują liczne sporofity [Stebel 2006], a także skorupiastych porostów, które na odsłoniętej glebie i humusie tworzą biologiczną powłokę [Belnap, Lange 2001]. Na badanych siedliskach gatunki te reprezentują mchy *Pohlia nutans*, *Polytrichum piliferum*, *Ceratodon purpureus* i porosty *Placynthiella oligotropha*, *P. uliginosa* i *Trapeliopsis granulosa*. Usunięcie po zrębie obfitej warstwy mchów leśnych sprzyja zwiększaniu pokrycia roślin naczyniowych (warstwy C), a współwystępowanie gatunków nieleśnych i regenerujących się gatunków leśnych powoduje, że zbiorowisko to cechuje stosunkowo wysokie bogactwo gatunkowe. Zbiorowisko roślinne o podobnych cechach zidentyfikowano w uprawach na siedliskach oligotroficznych (boru świeżego) również w Borach Dolnośląskich [Stefańska-Krzaczek 2011]. Zbiorowisko *Placynthiella-Cladonia* sp. div. odbiega jednak od fitocenozy upraw leśnych stwierdzonych w subkontynentalnej części Polski na siedliskach oligotroficznych. Zastępcze dla boru subkontynentalnego fitocenozy nieleśne *Calamagrostietum arundinaceae jasionetosum* charakteryzowała bogata w gatunki warstwa zielna, w której oprócz gatunków murawowych występowały także gatunki łąkowe i porębowe [Łaska 2006]. Różnice mogą jednak wynikać nie z położenia geograficznego, a z nieco innych warunków glebowych – dla *Peucedano-Pinetum* zdiagnozowano na tym terenie gleby rdzawe lub bielcowo-rdzawe [Łaska 2006].

Skład gatunkowy fitocenozy nieleśnej związanej z uprawami ulega dość szybkiej zmianie, gdy zostanie osiągnięty stan zwarcia, co na siedliskach boru świeżego następuje około 10. roku życia drzew [Puchniarski 2008]. Zwarty drzewostan, powodując zacienienie i zahamowanie parowania gleby, stwarza dogodne warunki dla rozwoju mszaków leśnych *Dicranum polysetum* i *Pleurozium schreberi*, które wypierają gatunki światłolubne i zaczynają przeważać ilościowo. Na tym etapie tworzy się już zbiorowisko leśne *Pinus sylvestris-Cladonia subulata* zidentyfikowane jako zastępcze, należące do związku *Dicrano-Pinion*. Podobne fitocenozy, różniące się jednak stałością poszczególnych gatunków z rodzaju *Cladonia*, występowały w fazie młodnika także w Borach Dolnośląskich [Stefańska-Krzaczek 2011]. Z analogicznych siedlisk Polski subkontynentalnej opisano młodnikowe zbiorowisko *Betula pendula-Calamagrostis arundinacea* odbiegające od prezentowanego w niniejszej pracy, z bogatszą w gatunki warstwą zielną i większym udziałem gatunków łąkowych i porębowych [Łaska 2006], jednak jak już wspomniano, fitocenozy borowe występują tam na mocniejszych siedliskach.

Z kolejnymi po młodniku fazami rozwojowymi drzewostanu: tyczkowiną, drągowiną, drzewostanem dojrzewającym, drzewostanem dojrzałym i starodrzewem nie są związane odrębne

fitocenozy – zarówno płaty z dość młodych, jak i najstarszych drzewostanów włączono do zespołu *Leucobryo-Pinetum*. Można stwierdzić, że odbudowa zbiorowiska leśnego po zrębie jest więc stosunkowo szybka, jednak może to być zjawisko pozorne, związane z „łatwością” identyfikacji zespołu *Leucobryo-Pinetum*. Zespół ten jest identyfikowany na podstawie braku gatunków charakterystycznych dla *Peucedano-Pinetum* oraz obecności gatunków suboceanicznych, które jednak występują także poza zbiorowiskami leśnymi, zwłaszcza w zbiorowiskach suboceanicznych wrzosowisk [Matuszkiewicz J. M. 2001]. Struktura pionowa zbiorowiska jest wprawdzie uproszczona, jednak skład gatunkowy można uznać za oczekiwany dla suboceanicznego boru świeżego [Matuszkiewicz J. M. 2001]. W badaniach zbiorowisk zastępczych siedlisk oligotroficznych w zasięgu boru subkontynentalnego *Peucedano-Pinetum* uproszczona struktura warstwowa była identyfikatorem zbiorowiska zastępczego *Pinus-Vaccinium*, ale identyfikację zespołu uniemożliwiała dodatkowo kombinacja gatunkowa runa [Łaska 2006]. Warianty zespołu stwierdzone w Nadleśnictwie Przymuszewo występowały na analogicznych siedliskach w Borach Dolnośląskich, jednak do zespołu *Leucobryo-Pinetum* zaliczone zostały płaty z drzewostanem w wieku powyżej 40 lat, młodsze zaś uznano za fazę późną zbiorowiska zidentyfikowanego w młodnikach [Stefańska-Krzaczek 2011]. W Nadleśnictwie Przymuszewo brak jednak florystycznych identyfikatorów powiązanych z drzewostanami w wieku 20-40 lat, co skłoniło do połączenia w jeden typ fitocenozy płatów z tym drzewostanem z płatami z drzewostanów starszych. Jednocześnie najstarsze drzewostany nie wyróżniają się udziałem specyficznych dla nich gatunków. O wysokiej wartości przyrodniczej zbiorowisk borowych mogłaby świadczyć obecność rzadszych, lecz charakterystycznych dla borów gatunków z rodziny *Pyrolaceae* i *Lycopodiaceae* [Matuszkiewicz W. 2001]. Są one jednak na badanych siedliskach bardzo nieliczne i bardzo rzadkie.

Podsumowanie

Zróżnicowanie fitocenozy siedlisk boru świeżego nie jest duże; działania gospodarcze ukierunkowują kształtowanie się zbiorowisk roślinnych. Układy roślinne nie są przypadkowe, kombinacje gatunkowe pozwalają na ujęcie zbiorowisk w hierarchicznym systemie syntaksonów. Dla pełnego poznania zróżnicowania i tendencji dynamicznych zbiorowisk oligotroficznych siedlisk borowych konieczne są badania ponadregionalne.

Podziękowania

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

Literatura

- Balcerkiewicz S., Pawlak G. 2004. Selected aspects of differentiation of vegetation of the *Leucobryo-Pinetum* dynamic circle. W: Brzeg A., Wojterska M. [red.]. Coniferous forest vegetation – differentiation, dynamics and transformations. Wyd. Naukowe UAM, Poznań. *Biologia* 69: 179-188.
- Belnap J., Lange O. J. [red.]. 2001. Biological soil crust: structure, function and management. *Ecological Studies* 150, Berlin, Heidelberg, Springer – Verlag.
- Biały K. 1997. Problem zniekształcenia i degradacji gleb na przykładzie ekosystemów leśnych w Drawieńskim Parku Narodowym. W: Pawlacyk P. [red.]. Gleby i roślinność ekosystemów leśnych DPN. *Idee Ekologiczne* 11 (5): 25-42.
- Chojnacka-Oźga L., Oźga W. 1999. Warunki termiczne w strefie przejściowej między lasem i terenem otwartym. *Sylvan* 143 (6): 11-17.
- Jakubowska-Gabara J. 1989. Leśne zbiorowiska zastępcze. *Wiadomości Botaniczne* 33 (1): 9-18.
- Kącki Z., Śliwiński M. 2012. The Polish Vegetation Database: structure, resources and development. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 81 (2): 75-79.
- Kondracki J. 2000. Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kowalkowski A. 1983. Wpływ pozyskania biomasy w drzewostanach sosnowych na obieg składników mineralnych oraz właściwości gleb siedlisk borowych. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa* 598: 68-89.

- Łaska G. 2006. Tendencje dynamiczne zbiorowisk zastępczych w Puszczy Knyszyńskiej. Politechnika Białostocka, Instytut Inżynierii i Ochrony Środowiska, Bogucki Wyd. Naukowe, Białystok–Poznań.
- Matuszkiewicz J. M. 1988. Przegląd fitosocjologiczny zbiorowisk leśnych Polski. Bory mieszane i acidofilne dąbrowy. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 33 (1-2): 107-190.
- Matuszkiewicz J. M. 2001. Zespoły leśne Polski. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- Matuszkiewicz J. M. 2008. Potencjalna roślinność naturalna Polski. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- Matuszkiewicz W. 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- Matuszkiewicz W., Matuszkiewicz J. M. 1973. Przegląd fitosocjologiczny zbiorowisk leśnych Polski. Bory sosnowe. *Phytocoenosis* 2 (4): 273-356.
- Økland T., Rydgren K., Økland R. H., Storaunet K. O., Rolstad J. 2003. Variation in environmental conditions, understory species number, abundance and composition among natural and managed *Picea abies* forest stands. *Forest Ecology and Management* 177: 17-37.
- Puchniarski T. H. 2008. Sosna zwyczajna. Hodowla i ochrona. PWRiL, Warszawa.
- Roo-Zielińska E., Solon J. 1997. Effects of geographical location on species composition, vegetation structure, diversity and phytoindicative characteristics in pine forests. *Environmental Pollution* 98 (3): 347-360.
- Sokołowski A. W. 1970. Charakterystyka fitosocjologiczna i stanowisko systematyczne borów chrobotkowych Polski. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa* 368: 4-13.
- Stanisz A. 2006. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 1. Statystyki podstawowe. Statsoft, Kraków.
- Stebel A. 2006. The mosses of the Beskidy Zachodnie as a paradigm of biological and environmental changes in the flora of the Polish Western Carpathians. Habilitation Thesis 17. Wyd. Sorus, Katowice – Kraków.
- 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. 2012. 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.
- Zielony R., Kliczkowska A. 2012. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.

SUMMARY

Diversity of vegetation in Scots pine monocultures on sandy soils in the Bory Tucholskie

Scots pine stands are widespread forest type in Poland and the classification of the natural vegetation units of these forests is well known. However, the intensive utilization causes the formation of the secondary communities, so that the diversity of vegetation should be examined with taking into consideration stand age and homogeneity of site conditions. The aim of this work is then the assessment of the diversification of plant communities across the gradient of tree stand age. Moreover, this work determines the place of Scots pine monocultures in the vegetation classification system, describes their species composition and diversity and the role of management practises in determining the vegetation diversity in oligotrophic sites.

In the Przymuszewo Forest District (northern Poland) Scots pine stands on oligotrophic sites were examined with dividing into six age classes (≤ 10 , 11-20, 2-40, 41-60, 61-80, 81-120 years old). Field data was collected from 120 rectangular plots (10×15 m). Each age class was represented by 20 research plots, where the cover of community layers was estimated and each species with its cover was recorded. Following layers were distinguished: tree layer, shrub layer, herb layer and moss-lichen layer. The vegetation units were determined on the basis of numerical classification. To characterize their species composition percentage frequency and fidelity index of each species were calculated for each plant community. The identified communities were also compared in terms of mean number of species and mean cover of layers.

Four plant communities were identified. Secondary non-forest community of *Placynthiella-Cladonia* sp. div. related to young stands before crown closure (≤ 10 years old) was classified into *Nardo-Callunetea* class and *Pohlio-Callunion* alliance. Secondary forest community of *Pinus sylvestris-Cladonia subulata* related to young stands just after crown closure (11-20 years) was included into *Vaccinio-Piceetea* class and *Dicrano-Pinion* alliance. Moreover, two forest communities were identified: *Leucobryo-Pinetum* variant with *Cladonia* and *Leucobryo-Pinetum* typical variant (stands older than 20 years). The species richness was highest in non-forest community and lowest in *Leucobryo-Pinetum* in typical variant. The communities also differ in vertical structure. Herb layer is most abundant in non-forest community and the cover of moss-lichen layer is highest in *Leucobryo-Pinetum* in typical variant. The identified communities are repetitive combinations of species which can be classified within hierarchical syntaxonomical system. They resemble vegetation of south western Poland, but differ from plant communities of managed Scots pine forest in the continental part.