

REMIGIUSZ GMYZ, JERZY SKRZYSZEWSKI

Wpływ zróżnicowania mikrosiedliskowego boru świeżego na liczebność odnowienia naturalnego sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.)

The influence of microsite diversity of fresh coniferous forest on number of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) natural regeneration

ABSTRACT

Gmyz R., Skrzyszewski J. 2010. Wpływ zróżnicowania mikrosiedliskowego boru świeżego na liczebność odnowienia naturalnego sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Sylwan 154 (3): 173-181.

The paper analyses the relationships between the microsite diversity of fresh coniferous forest and the number of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings from natural regeneration. The competition of forest floor vegetation (mainly of *Vaccinium myrtillus*) was found to be the decisive factor of pine regeneration. Lichens, especially *Cladonia arbuscula* and *C. rangiferina*, as well as mosses, e. g. broom moss (*Dicranum scoparium*) and pincushion moss (*Leucobryum glaucum*), can be regarded as the indicator species for the microsite suitable for pine regeneration.

KEY WORDS

Pinus sylvestris, natural regeneration, forest floor vegetation, indicator species, microsite diversity

ADDRESSES

Remigiusz Gmyz ⁽¹⁾ – e-mail: remigg@poczta.fm

Jerzy Skrzyszewski ⁽²⁾ – e-mail: rlskrzys@cyf-kr.edu.pl

⁽¹⁾ Nadleśnictwo Zwierzyniec; ul. Zamojska 6; 22-470 Zwierzyniec

⁽²⁾ Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu; Uniwersytet Rolniczy; al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

Wstęp i cel pracy

Odnowienie naturalne jest jednym z elementów wdrażania koncepcji trwałego i zrównoważonego rozwoju lasów. Ma istotne znaczenie po przyjęciu reguł kształtowania lasów wielofunkcyjnych opartych na zasadach ekologicznych. Jest także jednym z filarów naturalnego kierunku hodowli lasu [Hafemann 2004]. Wykorzystanie naturalnych sił przyrody w odnowieniu lasu dotyczy również sosny, która ze względu na swoje wymagania ekologiczne odnawiana jest zwykle sztucznie na zrębach zupełnych.

W niniejszej pracy analizowano zróżnicowanie warunków mikrosiedliskowych boru świeżego na przykładzie dwóch drzewostanów sosnowych VI klasy wieku, w których występowały nierównomiernie rozmieszczone odnowienia naturalne. Celem pracy jest odpowiedź na pytanie o czynniki, które decydowały o lokalnie wysokiej liczebności odnowienia w jednych fragmentach drzewostanu przy jego zupełnym braku w innych. Praca jest próbą wskazania warunków mikrosiedliskowych borów świeżych, które sprzyjają naturalnemu odnawianiu sosny. Szczególną uwagę zwrócono na roślinność dna lasu, która z jednej strony może ograniczać rozwój siewek i nalotów sosny, z drugiej zaś pozwala wnioskować pośrednio o warunkach świetlnych i glebowych.

Materiał i metody

Prace terenowe przeprowadzono w 2004 roku w dwóch drzewostanach Nadleśnictwa Zwierzyńiec (tab. 1), w których założono po trzy powierzchnie próbne. Na powierzchniach tych rozmieszczono łącznie 190 poletek, w węzłach i na przecięciach przekątnych siatki kwadratów 10×10 m. Sumaryczna powierzchnia objęta pomiarami wyniosła 67 arów. W badanych drzewostanach nie wykonywano cięć rębnych.

Każde poletko składało się z dwóch współśrodkowych kół o promieniu 1 i 2 m. Na mniejszym określono liczbę siewek oraz nalotów sosny w dwóch przedziałach wysokości (nalot młodszy do 20 cm i nalot starszy 20-50 cm). Na większym wykonano ocenę stopnia pokrycia (ilościowości) przez gatunki roślin naczyniowych (warstwa C) oraz mchy i porosty (warstwa D) według skali Braun-Blanqueta. W obu obiektach na losowo wybranych 25% poletek pobrano próbki gleby z poziomu mineralnego (określenie pH w H₂O) oraz zmierzono grubość butwiny.

Do oceny warunków świetlnych i glebowych wykorzystano ekologiczne liczby wskaźnikowe według Zarzyckiego i in. [2002]. Jest to metoda szacunkowa, w której każdemu gatunkowi przypisane są wartości liczbowe opisujące warunki, w jakich dany gatunek najczęściej występuje. Ze względu na niewielką liczbę roślin naczyniowych występującą w borach świeżych, uwzględniono także mchy i porosty, dla których liczby wskaźnikowe opracował Różański [1996]. Wykorzystano następujące wskaźniki ekologiczne:

- L – wskaźnik świetlny: 1 – głęboki cień, 2 – umiarkowany cień, 3 – półcień, 4 – umiarkowane światło, 5 – pełne światło;
- W – wskaźnik wilgotności gleby: 1 – bardzo suche, 2 – suche, 3 – świeże, 4 – wilgotne, 5 – mokre, 6 – woda;
- Tr – wskaźnik trofizmu: 1 – gleby skrajnie ubogie (skrajnie oligotroficzne), 2 – gleby ubogie (oligotroficzne), 3 – gleby umiarkowanie ubogie (mezotroficzne), 4 – gleby zasobne (eutroficzne), 5 – gleby bardzo zasobne (skrajnie żyzne, przენawożone).

Ekologiczne liczby wskaźnikowe (*ELW*) dla każdego poletka zostały obliczone jako średnia ważona ilościowością poszczególnych gatunków:

$$ELW_{(L,W,Tr)} = \frac{\sum (ELW_{(L,W,Tr)} \times SP)}{\sum SP}$$

gdzie:

SP – stopień pokrycia (ilościowość) wyrażony w skali Braun-Blanqueta.

Tabela 1.

Cechy taksacyjne drzewostanów, w których wykonano badania

Taxation characteristics of the studied stands

Oddział, pododdział	310d	311f
Powierzchnia [ha]	5,36	8,24
Skład gatunkowy	10 So	10 So
Wiek [lata]	115	111
Wskaźnik zadrzewienia	0,7	0,6
Przeciętna pierśnica [cm]	34	34
Przeciętna wysokość [m]	19,0	23,0
Bonitacja	III.5	II.5
Zasobność [m ³ /ha]	196	208

Przy obliczaniu wskaźnika brano pod uwagę jedynie te gatunki, których wartość wskaźnikowa jest dokładnie określona lub wyznacza ją wąski przedział nieprzekraczający jednego stopnia skali, odpowiadającej warunkom najczęstszego występowania danego gatunku w Polsce (np. 1-2). W drugim przypadku przyjmowano do obliczeń wartość środkową przedziału (np. 1,5). W obliczeniach wykorzystano analizę korelacji rang Spearmana (r – współczynnik korelacji), przyjmując poziom istotności $\alpha=0,05$.

Wyniki

WYSTĘPOWANIE NALOTU I PODROSTU. Nalot młodszy występował na 74%, siewki na 41%, a nalot starszy na 36% ogólnej liczby poletek. Nalot młodszy był najliczniej reprezentowany. Jego średnia liczebność wyniosła 4,3 szt./m², podczas gdy siewek i nalotu starszego jedynie 0,3 szt./m². Maksymalna stwierdzona liczebność wyniosła: siewki – 4 szt./m², nalot młodszy – 50 szt./m² i nalot starszy – 5 szt./m².

Duże zróżnicowanie liczebności poszczególnych faz rozwojowych, a zwłaszcza niska częstość występowania siewek i nalotu starszego w stosunku do nalotu młodszego, sprawiły, że w badanych obiektach liczebność nalotu młodszego najlepiej odzwierciedlała zróżnicowanie mikrosiedliskowe, dlatego niniejszy artykuł prezentuje wyniki dla tej fazy rozwojowej. Analogiczne zależności zachodziły w przypadku siewek i nalotu starszego, jednak ze względu na mniejszą liczebność tych faz rozwojowych wnioskowanie opierało się na mniejszej próbie.

ROŚLINNOŚĆ DNA LASU. Roślinność dna lasu w warunkach boru świeżego cechuje niewielkie zróżnicowanie gatunkowe. W analizowanych obiektach zanotowano ogółem 26 gatunków roślin, w tym 13 roślin naczyniowych, 6 mchów i 7 porostów (tab. 2). Na jednym poletku występowało od 4 do 12 gatunków roślin, przy czym najczęściej było to 6-7 gatunków (53% poletek). Średnie pokrycie warstwy runa osiągało 51%, a warstwy mszysto-porostowej – 78%.

Liczebność nalotu młodszego malała ze wzrostem pokrycia poletek przez warstwę roślinności runa i była to korelacja wysoka ($r=-0,62$). Zagęszczenie nalotu w klasach pokrycia runa wyniosło 14 szt./m² – pokrycie do 10%, 9 szt./m² – pokrycie w 10-20%, 4 szt./m² – pokrycie w 20-50% i 2 szt./m² – pokrycie powyżej 50%. Przy pokryciu runem powyżej 50% przeważały poletka bez nalotu, stanowiące 65% przypadków, podczas gdy przy pokryciu poniżej 50% poletka bez nalotu były nieliczne (11% przypadków). O stopniu pokrycia runem decydowała głównie borówka czarna (*Vaccinium myrtillus*) ($r=0,81$) i była ona głównym gatunkiem, ograniczającym liczebność nalotu (tab. 2). Ponadto nieznaczne zmniejszenie zagęszczenia nalotu obserwowano na poletkach z większym udziałem pszenica zwyczajnego (*Melampyrum pratense*), kosmatki owłosionej (*Luzula pilosa*) i wiechliny rocznej (*Poa annua*). Dla pozostałych gatunków runa nie stwierdzono zależności pomiędzy stopniem ich pokrycia a liczebnością nalotu (tab. 2).

Ogólny procent pokrycia poletek przez warstwę mszysto-porostową nie korelował z liczebnością nalotu, jednak związana z nią była część gatunków tworzących tę warstwę. Zagęszczenie nalotu nieznacznie malało ze wzrostem stopnia pokrycia poletek przez rokitnik pospolity (*Pleurozium schreberi*), natomiast wyraźnie rosło ze wzrostem pokrycia przez widłoząb miotłowy (*Dicranum scoparium*) i bieliskę siwą (*Leucobryum glaucum*) (tab. 2). Średnia liczebność nalotu na poletkach, na których występował widłoząb, wyniosła 8 szt./m², a na pozostałych 1 szt./m². W przypadku bieliskki było to odpowiednio 7 szt./m² i 3 szt./m². Stopień pokrycia poletek przez te gatunki roślinie, gdy maleje pokrycie przez warstwę runa ($r=-0,53$ dla widłozęba oraz $r=-0,28$ dla bieliskki) i ogólnie przez warstwę mszysto-porostową ($r=-0,30$ dla widłozęba oraz $r=-0,22$ dla bieliskki). Średnie pokrycie warstwy runa na poletkach z bieliskką osiągało 40%, a mszysto-porostowej 70%. Na poletkach z widłozębem wartości te wyniosły odpowiednio: 37% i 73%.

Tabela 2.

Występowanie gatunków dna lasu i ich związek z liczebnością nalotu młodszego sosny
 Presence of forest floor species and their relations to the number of younger seedlings of pine

Gatunek	Występowanie ogółem		Maksymalna ilościowość (skala Braun-Blanqueta)	Występowanie łącznie z nalotem		r
	liczba poletek	%		liczba poletek	%	
<i>Pleurozium schreberi</i>	187	98,4	5	137	73,3	-0,23*
<i>Calluna vulgaris</i>	173	91,1	4	129	74,6	0,02
<i>Vaccinium myrtillus</i>	171	90,0	4	121	70,8	-0,60*
<i>Dicranum polysetum</i>	156	82,1	4	114	73,1	-0,09
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	133	70,0	4	94	70,7	-0,14
<i>Melampyrum pratense</i>	109	57,4	3	74	67,9	-0,24*
<i>Dicranum scoparium</i>	88	46,3	5	80	90,9	0,57*
<i>Deschampsia flexuosa</i>	56	29,5	3	45	80,4	0,04
<i>Leucobryum glaucum</i>	55	28,9	2	50	90,9	0,35*
<i>Cladonia rangiferina</i>	28	14,7	2	27	96,4	0,20*
<i>Corynephorus canescens</i>	22	11,6	1	16	72,7	0,11
<i>Cladonia rangiformis</i>	22	11,6	1	22	100,0	0,17*
<i>Cladonia fimbriata</i>	15	7,9	1	15	100,0	0,11
<i>Luzula pilosa</i>	14	7,4	0,5	7	50,0	-0,21*
<i>Hylocomium splendens</i>	12	6,3	4	4	33,3	-0,26*
<i>Carex ericetorum</i>	10	5,3	1	7	70,0	0,08
<i>Pteridium aquilinum</i>	10	5,3	3	7	70,0	-0,02
<i>Cladonia arbuscula</i>	9	4,7	2	9	100,0	0,22*
<i>Cladonia furcata</i>	7	3,7	1	6	85,7	0,02
<i>Poa annua</i>	5	2,6	0,5	1	20,0	-0,19*
<i>Danthonia decumbens</i>	5	2,6	2	2	40,0	-0,05
<i>Cetraria islandica</i>	4	2,1	0,5	4	100,0	0,13
<i>Lycopodium clavatum</i>	3	1,6	1	1	33,3	-0,12
<i>Molinia caerulea</i>	2	1,1	0,5	0	0,0	-0,13
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	2	1,1	2	1	50,0	-0,09
<i>Cladonia uncialis</i>	1	0,5	0,5	1	100,0	-0,05

r – współczynnik korelacji stopnia pokrycia gatunku z liczebnością nalotu młodszego;

* – wartości istotne statystycznie na poziomie 0,05

r – correlation coefficient between degree of species coverage and number of younger pine seedlings;

* – values significant at 0.05 level

Występowaniu i dużej liczebności nalotu towarzyszyła obecność porostów. Na 53 z 54 poletek z porostami był nalot, a jego średnia liczebność wyniosła 9 szt./m². Liczebność nalotu dodatnio korelowała ze wzrostem stopnia pokrycia poletek przez chrobotek leśny (*Cladonia arbuscula*), reniferowy (*Cladonia rangiferina*) i kolczasty (*Cladonia rangiformis*). Udział chrobotków malał ze wzrostem pokrycia poletek przez roślinność runa (dla leśnego r=-0,23; dla reniferowego r=-0,37; dla kolczastego r=-0,28). Średnie pokrycie warstwy runa na poletkach z porostami osiągało 30%, a mszysto-porostowej – 70%.

WARUNKI ŚWIETLNE. Powierzchnie badawcze znajdowały się w drzewostanach gospodarczych o umiarkowanym (ok. 70%), ale nierównomiernym zwarcu. Średnia wartość wskaźnika świetlnego (L) wyniosła 3,0, a jego rozpiętość od 2,5 do 3,2. Na poletkach o wartościach wskaźnika poniżej średniej (24% poletek) zawsze występował nalot, a jego średnia liczebność była znaczna i wyniosła 10 szt./m², zaś maksymalna 25 szt./m². Na poletkach o wartości wskaźnika L powyżej średniej aż 33% stanowiły poletka bez nalotu, przy jego średniej liczebności wynoszącej tylko 2 szt./m².

Liczebność nalotu silnie malała wraz ze wzrostem ilości światła na dnie lasu ($r=-0,53$), gdyż zwiększenie jego dostępu powodowało wzrost zagęszczenia warstwy roślin runa ($r=0,58$). Najsilniejsze zależności stwierdzono dla wrzosu (*Calluna vulgaris*), borówki czarnej i pszeńca zwyczajnego (tab. 3). Dla warstwy mszysto-porostowej nie stwierdzono zależności pomiędzy stopniem jej pokrycia a wskaźnikiem świetlnym. Jednakże wraz ze zwiększaniem się ilości światła na poletkach malał stopień ich pokrycia przez widłoząb miotłowy i bielisticę siwą, a także przez chrobotki: leśny i reniferowy, których obecność związana była z dużym zagęszczeniem nalotu na poletkach.

WILGOTNOŚĆ GLEBY. Wskaźnik wilgotności gleby (H) wykazywał największe zróżnicowanie spośród analizowanych parametrów, gdyż dla poszczególnych poletek przyjmował on wartości od 2,0 do 3,4. Wartości wskaźnika z zakresu 2,6-3,3 przypisane są dla siedlisk świeżych [Różański 1996], stąd też poza warunkami wilgotnościowymi typowymi dla boru świeżego część poletek (14%) stanowiły mikrosiedliska suche o $H < 2,6$. Wzrost wilgotności gleby skutkował zmniejszeniem liczebności nalotu na poletkach (tab. 3), gdyż wzrastał wówczas procent ich pokrycia przez konkurencyjną roślinność runa. Szczególnie silnie rozwijała się przy wyższej wilgotności borówka czarna. W warstwie mszysto-porostowej wraz ze wzrostem wskaźnika wilgotności rośnie stopień pokrycia poletek przez rokitnik pospolity, natomiast istotnie maleje udział chrobotka reniferowego i widłozęba miotłowego (tab. 3). Średnia liczebność nalotu na poletkach suchych ($H < 2,6$) wyniosła 8 szt./m². Na świeżych wyższe zagęszczenie nalotu notowano w zakresie H od 2,6 do 2,7 (8 szt./m²), malało ono przy H od 2,8 do 2,9 (4 szt./m²), a od $H=3,0$ nie przekraczało już 1 szt./m².

TROFIZM GLEBY. Średnia wartość wskaźnika trofizmu (Tr) była równa 2,2, a jego rozpiętość wynosiła od 1,8 do 2,4. Ze wzrostem zasobności na poletkach liczebność nalotu malała (tab. 3).

Tabela 3.

Współczynniki korelacji rang Spearmana między wskaźnikami ekologicznymi, pH i butwiną a stopniem pokrycia przez gatunki roślin, występujących na ponad 10% poletek

Spearman's rank correlation coefficients between ecological indices, raw humus, pH and the degree of coverage by plant species exceeding 10% of plot area

Gatunki	Wskaźnik świetlny	Wskaźnik wilgotności gleby	Wskaźnik trofizmu gleby	pH gleby	Grubość butwiny
<i>Calluna vulgaris</i>	0,41*	-0,15*	-0,20*	0,37*	-0,25
<i>Vaccinium myrtillus</i>	0,38*	0,77*	0,69*	-0,09	0,64*
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	0,24*	-0,38*	-0,43*	0,01	0,08
<i>Melampyrum pratense</i>	0,38*	0,23*	0,14	0,06	0,22
<i>Deschampsia flexuosa</i>	0,20*	0,10	-0,03	-0,13	-0,06
<i>Corynephorus canescens</i>	0,04	-0,02	-0,02	0,04	-0,21
Warstwa C	0,58*	0,77*	0,45*	-0,02	0,61*
<i>Pleurozium schreberi</i>	0,13	0,32*	0,61*	-0,13	-0,03
<i>Dicranum polysetum</i>	-0,02	-0,01	0,01	0,15	0,04
<i>Dicranum scoparium</i>	-0,46*	-0,37*	-0,53*	0,21	-0,44*
<i>Leucobryum glaucum</i>	-0,40*	-0,18*	-0,22*	-0,02	-0,25
<i>Cladonia rangiferina</i>	-0,24*	-0,42*	-0,40*	-0,11	-0,24
<i>Cladonia rangiformis</i>	-0,13*	-0,20*	-0,34*	0,04	-0,05
Warstwa D	-0,07	0,16	0,38*	0,24	-0,17
Nalot młodszy	-0,53*	-0,46*	-0,41*	0,05	-0,66*

* – wartości istotne statystycznie na poziomie 0,05

* – values significant at 0.05 level

Zagęszczenie nalotu na poletkach o Tr od 1,8 do 2,1 wynosiło średnio 8 szt./m². Przy wartości Tr \geq 2,1 jego zagęszczenie wyniosło już tylko 4 szt./m² dla Tr=2,2 oraz 2 szt./m² dla Tr od 2,3 do 2,4. Zmniejszanie się liczebności nalotu młodszego wraz z poprawą warunków troficznych na poletkach było następstwem nasilającej się presji ze strony roślinności dna lasu. Dodatnie wartości współczynnika korelacji między wskaźnikiem trofizmu a pokryciem przez warstwy runa i mszysto-porostową są istotne i stosunkowo wysokie. Ze wzrostem wskaźnika trofizmu silnie wzrasta stopień pokrycia borówką czarną i rokitnikiem pospolitym (tab. 3). Maleje natomiast pokrycie przez gatunki sprzyjające występowaniu nalotu, to jest: widłozęba miotłowego oraz chrobotka reniferowego i kolczastego.

ODCZYN GLEBY. Na badanych powierzchniach występowała gleba kwaśna. Średnia wartość pH w H₂O wyniosła 4,3, a rozpiętość od 3,8 do 4,9. Odczyn gleby nie wpływał na liczebność nalotu (r=0,05). Nie stwierdzono również zależności pomiędzy odczynem gleby i pokryciem przez warstwy C i D oraz gatunkami związanymi z liczebnością nalotu (tab. 3).

GRUBOŚĆ BUTWINY. Wzrost grubości butwiny znacząco zmniejszał liczebność nalotu (tab. 3). Jeżeli warstwa butwiny nie przekraczała 3 cm, to zawsze występował nalot osiągając wysokie zagęszczenie, średnio 14 szt./m². Powyżej 3 cm występowały już poletka bez nalotu, a jego średnia liczebność wyniosła 4 szt./m² przy butwinie grubości 3-5 cm oraz 2 szt./m² dla butwiny powyżej 5 cm. Grubość butwiny silnie wzrastała wraz ze wzrostem pokrycia poletek przez roślinność runa i było to następstwem wysokiej korelacji pomiędzy miąższością butwiny i stopniem pokrycia poletek przez borówkę czarną (tab. 3). Ze wzrostem grubości butwiny malało pokrycie poletek przez widłoząb miotłowy.

Dyskusja

Pojawianie się samosiewów sosny pod okapem drzewostanu jest złożonym zjawiskiem. Obserwujemy bowiem często powierzchnie znajdujące się w pozornie identycznych warunkach, z których jedne są pokryte nalotem, podczas gdy na innych odnowienie nie występuje. Analiza izolowanych czynników klimatycznych czy glebowych zwykle nie wyjaśnia w pełni przyczyn. Dopiero uwzględnienie wielu czynników kształtujących ekosystem leśny wraz z ich wzajemnymi powiązaniem wyjaśnia różnice w obserwowanych efektach [Tomczyk 1989; Tegelmark 1998].

W północnej Skandynawii dominujący wpływ na powstawanie naturalnego odnowienia mają warunki klimatyczne [Tegelmark 1998; Varmola i in. 2004]. W strefie klimatu umiarkowanego czynnikiem warunkującym powstawanie odnowienia naturalnego w drzewostanach sosnowych jest stan pokrywy glebowej [Tomczyk 1989; Petersen 2001; Andrzejczyk 2002; Hafemann 2004; Hille, Ouden. 2004]. W początkowym okresie życia odnowienia cechują się stosunkowo wolnym wzrostem, przez co są silnie zagrożone ze strony konkurencyjnej roślinności, a w konsekwencji mają szanse rozwoju jedynie na siedliskach borowych o słabo zachwaszczającej się glebie [Hafemann 2004]. Brak odnowienia bezpośrednio po wykonaniu cięć obsiewnych prowadzi do zwiększenia stopnia pokrycia przez warstwę roślin runa, która w następnych latach uniemożliwia powstanie nalotu [Hille, Ouden 2004; Karlsson, Nilsson 2004]. Z reguły powodzenie odnowienia naturalnego wiąże się uprawą gleby, ale niektórzy autorzy wskazują na możliwość jej pominięcia [Dong i in. 2003].

Spośród gatunków konkurencyjnych w stosunku do odnowień sosny wyróżnia się borówka czarna, która najsilniej ograniczała liczebność nalotu. Niekorzystny wpływ jej łąnów na występowanie odnowień sosny potwierdzają liczni autorzy [Tomczyk 1990; Heinsdorf 1994; Andrzejczyk 2002]. Im wyższy wskaźnik świetlny (L>3,0), wilgotności (H>2,7) i trofizmu (Tr>2,1), tym więk-

sza liczebność tego gatunku i tym większa jej ekspansywność. Z danych literaturowych wynika, że negatywnie wpływa nie tyle obecność borówki czarnej, ale znaczne zagęszczenie jej łanów [Dohrenbusch 1997; Gabrilavičius i in. 2008]. Wraz z większym udziałem borówki czarnej na poletkach silnie wzrasta grubość butwiny, gdyż gatunek ten zrzuca liście na zimę i oddziałuje zakwaszająco na glebę. Najkorzystniejsza dla powstania odnowienia jest cienka, nieprzekraczająca 3 cm warstwa butwiny, gdyż w tych warunkach korzenie siewek i nalotów są w stanie przeniknąć do gleby mineralnej. Grubość butwiny przekraczająca 5-6 cm praktycznie wyklucza powstanie nalotu. Wyniki te są zgodne z opinią Tomczyka [1990]. Gruba warstwa butwiny odcina dostęp korzonków siewek do gleby mineralnej, przez co giną one w czasie pierwszej większej suszy, gdy próchnica wysycha [Puchalski 2000]. Warstwa próchnicy nadkładowej jest zawsze czynnikiem ograniczającym przeżywanie siewek. Większość badań wskazuje na korzystny wpływ, a nawet konieczność, przygotowania gleby (czasem z wykorzystaniem ognia) na przeżywanie siewek w początkowym okresie życia [Karlsson, Nilsson 2004; Zerbe i in. 2007]. Na siedliskach ubogich prowadzi jednak do lokalnego zubożenia siedliska. Dlatego istotnym jest docenienie roli wskaźnikowej mchów i porostów wskazujących na możliwość uzyskania odnowienia naturalnego bez przygotowania gleby. Ma to szczególnie znaczenie tam, gdzie celem hodowlanym są drzewostany o zróżnicowanej strukturze powstające w dłuższym okresie odnowienia przez sukcesywne włączanie i odsłanianie grup odnowień [Andrzejczyk 2003].

W warunkach klimatu umiarkowanego borówka czarna skutecznie wygrywa konkurencję z sosną w warunkach podokapowych. Jej konkurencyjna rola zmniejsza się w lasach borealnych [Gabrilavičius i in. 2008]. Dwa pozostałe gatunki roślin naczyniowych, których pokrycie lokalnie przekraczało 50%, nie wpływały na liczebność odnowienia. Borówka brusznica (*Vaccinium vitis-idaea*) występowała głównie w miejscach, gdzie rzadkie były inne gatunki naczyniowe, a przy tym nie wykształcała tak zwartych pokryw jak borówka czarna. W literaturze określa się ten gatunek jako wskaźnik tzw. korzystnej pokrywy [Tomczyk 1989]. Wrzos zwyczajny również reagował wzrostem liczebności w miarę poprawy warunków świetlnych, ale w warunkach podokapowych charakteryzował się niskim pokrojem krzewinek i nie stwierdzono, by konkurował z sosną. Jak wynika z literatury, odnowieniu sosny sprzyjają siedliska z wąskolistnymi trawami, zwłaszcza śmiałkiem pogiętym (*Deschampsia flexuosa*) [Lust i in. 2000; Geudens, Olsthoorn 2000]. Jednak w analizowanych obiektach nie stwierdzono ich korzystnego wpływu na liczebność nalotu. Sukces odnowieniowy lub jego brak zależy również od stopnia rozwoju wysokich traw jak trzcinniki (*Calamagrostis* sp.) i śmiałek darniowy (*Deschampsia caespitosa*). Gatunki te często spotyka się na zrębach. Nie notowano ich w badanych drzewostanach, ale pojawiały się już na sąsiadujących z nimi powierzchniach pozrębowych. Rozwój tych traw powoduje, że liczebność odnowień na zrębach zupełnych zmniejsza się ponad dwukrotnie w porównaniu z analogicznymi powierzchniami odnawianymi podokapowo [Karlsson, Nilsson 2004]. Kiełkowanie i wzrost sosny ogranicza silnie rozwinięta część podziemna traw, a ich niekorzystny wpływ ujawnia się już przy zwarciu poniżej 30% [Dohrenbusch 1997].

Spośród mchów dominującym był rokietańnik pospolity, ale ze względu na swój pokrój i rozluźnione darnie był słabym konkurentem nalotu i nie ograniczał w istotny sposób jego liczebności. Należy jednak zaznaczyć, że z badań innych autorów wynika jego negatywny wpływ na kiełkowanie nasion sosny i przeżywalność nalotów, gdyż oddziałuje chemicznie i ogranicza dostępność składników pokarmowych [Steijlan i in. 1995]. Widłoząb miotłowy i bielista siwa to gatunki związane z dużą liczebnością nalotu. Widłoząb występował na poletkach o niskim pokryciu przez roślinność runa i wyższym udziale pokrywy martwej, stąd też jego związek z dużą liczebnością nalotu wynikał z zajmowania mikrosiedlisk sprzyjających odnowieniu. Z kolei

bielistka, jako gatunek tworzący silnie zwarte kępy, sama stwarza podłoże do kiełkowania nasion oraz wzrostu siewek i nalotu, a przy tym występowała w podobnych warunkach co widłoząb. Wymienione gatunki oraz *Dicranum polysetum*, *Pohlia nutans*, *Ptilidium ciliare* oraz *Vaccinium vitis-idaea* są indykatorami mikrosiedlisk ubogich o niskiej różnorodności gatunkowej [Zerbe i in. 2007]. Na korzystne warunki do powstania odnowienia wskazuje również obecność porostów, zwłaszcza chrobotka leśnego i reniferowego. Są one wskaźnikiem uboższych warunków mikrosiedliskowych, gdzie dominuje pokrywa martwo-mszysta, a odnowienia nie są zagrożone konkurencyjną roślinnością runa. Wysoką liczebność odnowień przy dominacji porostów z rodzaju *Cladonia* zanotowali również Steijlen i in. [1995]. Wyraźnie korzystniejsze warunki dla rozwoju odnowienia stwarzały mikrosiedliska cechujące się niższą wilgotnością. Na Rostoczu są stosunkowo wysokie opady, stąd też siewki są narażone na susze w dużo mniejszym stopniu niż w regionach kraju o niskich opadach, co, jak podkreśla Bernadzki [1996], utrudnia uzyskanie odnowienia na siedliskach suchych w centralnej Polsce. Na korzystny wpływ mikrosiedlisk ubogich o niższej wilgotności wskazują również badania Tegelmarka [1998] i Gabrilavičiusa i in. [2008].

Odczyn gleby nie wpływał na liczebność faz rozwojowych odnowienia sosny. Przyczyną z jednej strony są jego wartości zbliżone do optymalnych dla rozwoju odnowienia sosny, w połączeniu z niewielkim zróżnicowaniem w warunkach boru świeżego.

Wnioski

- ✦ Roślinność dna lasu jest podstawowym czynnikiem decydującym liczebności odnowienia. Przy pokryciu runem powyżej 50% liczebność nalotu nie przekracza już 2 szt./m². Obserwacja stopnia pokrycia i składu gatunkowego roślin dna lasu umożliwia podjęcie decyzji o sposobie przygotowania gleby do odnowienia naturalnego.
- ✦ Borówka czarna jest najważniejszym gatunkiem ograniczającym występowanie i liczebność nalotu w borze świeżym.
- ✦ Porosty, zwłaszcza chrobotek leśny i reniferowy, oraz mchy widłoząb miotłowy i bielistka siwa można uznać za gatunki wskaźnikowe mikrosiedlisk korzystnych dla występowania nalotu. Występują one w miejscach bardziej suchych (o wartości wskaźnika wilgotności gleby do 2,7) i uboższych troficznie (o wartości wskaźnika trofizmu do 2,1), gdzie jest nieznaczna konkurencja ze strony roślinności runa, udział pokrywy martwej oraz niewielka grubość butwiny.
- ✦ Grubość butwiny poniżej 3 cm sprzyja wysokiej liczebności nalotu, który w tych warunkach występuje niemal zawsze i osiąga najwyższe zagęszczenie, natomiast gdy przekracza ona 5 cm, odnowienie nie ma już szans powodzenia. Wzrost grubości butwiny wiąże się ściśle z większym stopniem pokrycia mikrosiedlisk borówkę czarną.

Literatura

- Andrzejczyk T. 2002. Odnowienie naturalne sosny (1). Las Polski 1: 20-21.
- Andrzejczyk T. 2003. Różnowiekowe drzewostany sosnowe. Powstawanie, struktura, hodowla. Wyd. SGGW.
- Bernadzki E. 1996. Kształtowanie drzewostanów sosnowych. Sylwan 140 (9): 21-33.
- Dohrenbusch A. 1997. Die natürliche Verjüngung der Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) im nordwestdeutschen Pleistozan. Schr. Forstl. Fak. Univ. Göttingen 123: 269.
- Dong P. H., Diep D. Q., Schüler G. 2003. Kiefern-Naturverjüngung im Pfälzerwald. Forst u. Holz 58 (4): 83-86.
- Gabrilavičius R., Danusevičius J., Danusevičius D. 2008. Efficiency of methods to support natural regeneration in Scots pine genetic reserves. Biologija. 54 (2): 134-138.
- Hafemann E. 2004. Naturverjüngung der Kiefer – Erfahrungen, Probleme, Perspektiven. AFZ Wald 59 (5): 226-228.
- Heinsdorf M. 1994. Uwagi dotyczące naturalnego odnowienia sosny. Las Polski 24: 8-9.
- Hille M., Ouden J. 2004. Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings after fire and soil scarification. Eur J Forest Res 123: 213-218.

- Karlsson M., Nilsson U. 2004. The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. *For. Ecol. Manag.* 205: 183-197.
- Lust N., Geudens G., Olsthoorn A. F. M. 2000. Scots pine in Belgium and the Netherlands. *Agr.: Sist. Recur. For.: Fuera de Serie* 1: 213-231.
- Petersen R. 2001. Kiefernaturverjüngung unter Schirm im NFA Fuhrberg. *Forst u. Holz* 56 (7): 220-226.
- Puchalski T. 2000. Rębnie w gospodarstwie leśnym. PWRiL, Warszawa.
- Rózański W. 1996. Florystyczne metody rozpoznawania siedlisk leśnych z wykorzystaniem ekologicznych liczb wskaźnikowych. Ms., KBLiOP, UR Kraków.
- Steijlen I., Nilsson M.-C., Zackrisson O. 1995. Seed regeneration of Scots pine in boreal forest stands dominated by lichen and feather moss. *Can. J. For. Res.* 25: 713-723.
- Tegelmark D. O. 1998. Site factors as multivariate predictors of the success of natural regeneration in Scots pine forests. *For. Ecol. Manag.* 109: 231-239.
- Tomczyk S. 1989. Inicjowanie oraz wprowadzanie samosiewów sosnowych (1). *Las Polski* 3: 16-17.
- Tomczyk S. 1990. Inicjowanie oraz wprowadzanie samosiewów sosnowych (2). *Las Polski* 1: 19-21.
- Varmola M., Hyppönen M., Mäkitalo K., Mikkola K., Timonen M. 2004. Forest Management and Regeneration Success in Protection Forests near the Timberline in Finnish Lapland. *Scand. J. For. Res.* 19: 424-441.
- Zarzycki K., Trzeńska-Tacik H., Rózański W., Szelaż Z., Wołek J., Korzeniak U. 2002. Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski. Instytut Botaniki, Kraków.
- Zerbe S., Schmidt I., Betzin J. 2007. Indicators for plant species richness in pine (*Pinus sylvestris* L.) forests of Germany. *Biodivers Conserv* 16: 3301-3316.

SUMMARY

The influence of microsite diversity of fresh coniferous forest on number of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) natural regeneration

The paper analyses the microsite diversity of fresh coniferous forest on the example of two Scots pine stands in VI (101-120 years) age class with unevenly distributed natural regeneration. The aim of the study was to answer the question about the factors that decided about the locally large number of seedlings in some parts of the stands and their absence in others. The study was an attempt to determine the microsite conditions of the fresh coniferous forest favouring natural regeneration of pine. Special attention was paid to forest floor vegetation that, on the one hand, was the limiting factor of seedling growth, but on the other hand, indirectly provided information on the light and soil conditions. The microsite conditions were determined on the basis of ecological indicator values [Rózański 1996; Zarzycki et al. 2002], measurements of mineral soil pH and thickness of raw humus layer on 190 experimental plots. Values of these indices were then correlated with the number of pine seedlings.

The competition of forest floor vegetation was found to be the most important factor for pine regeneration. The bilberry (*Vaccinium myrtillus*) is the major species limiting the occurrence and density of pine seedlings in the fresh coniferous forest. The area occupied by this species is significantly negatively correlated with the number of seedlings (Tab. 2). Bilberry takes advantage of the favourable light, moisture and trophic conditions and forms dense thickets extending over large areas of land and effectively competes with pine (Tab. 3). It produces thick layers of raw humus making it impossible for pine seedlings to survive and enter successive developmental stages (Tab. 3). Lichens, especially *Cladonia arbuscula* and *C. rangiferina*, as well as mosses, e. g. broom moss (*Dicranum scoparium*) and pincushion moss (*Leucobryum glaucum*), can be regarded as indicator species for the microsites suitable for pine regeneration. They occur in very dry sites where competition from herbaceous vegetation, the proportion of dead matter and the raw humus layer are insignificant.