

ODNOWIENIE NATURALNE W DRZEWOSTANACH BUKOWYCH O ZŁOŻONEJ POSTACI NA PRZYKŁADZIE BIESZCZADZKIEGO PARKU NARODOWEGO

Damian Sugiero[✉], Grzegorz Rączka

Katedra Urządzania Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań

ABSTRAKT

Praca prezentuje wyniki analizy liczebności oraz budowy i struktury odnowień naturalnych w bukowych drzewostanach regla dolnego Bieszczadzkiego Parku Narodowego (BPN). Badania przeprowadzono w latach 1993–2003 na 100 kołowych powierzchniach próbnych statystyczno-matematycznego systemu inwentaryzacji i kontroli zasobów leśnych BPN. Otrzymane wyniki dowodzą, że buczyny bieszczadzkie należą do lasów bardzo dobrze odnawiających się na każdym etapie rozwoju, zapewniając stabilność i trwałość istnienia lasu w strefie regla dolnego. Skład gatunkowy odnowień naturalnych zasadniczo odpowiada budowie drzewostanu macierzystego, natomiast cechą charakterystyczną jest ich nierównomierne występowanie, które wiąże się ze zróżnicowanymi warunkami świetlnymi panującymi wewnątrz drzewostanów. Objawia się to również w dużej zmienności cech podrostu bukowego, zwłaszcza w przyroście na długość pędu głównego.

Słowa kluczowe: Bieszczadzki Park Narodowy, buczyny dolnoreglowe, odnowienie naturalne, buk, jodła, jawor, nalot, podrost

WSTĘP

W pracach badawczych poświęconych badaniu struktury i dynamiki lasów główny nacisk kładzie się przede wszystkim na szczegółowy pomiar warstwy starodrzewu. Analiza odnowienia naturalnego zwykle ogranicza się do ilościowego oszacowania składu gatunkowego oraz wzrokowej oceny żywotności drzew. Stosunkowo rzadko zdarzają się badania bardziej szczegółowe, uwzględniające cechy dendrometryczne oraz pozycjonowanie pojedynczych osobników, które podczas kolejnych pomiarów daje możliwość zbadania również dynamiki rozwoju drzew (np. Bobiec i Bobiec, 2012). Tymczasem dokładne poznanie budowy i struktury warstwy odnowienia drzewostanu, jej zorganizowania przestrzennego oraz możliwości

wzrostowych może przyczynić się do lepszej oceny warunków wzrostu oraz tendencji rozwoju młodego pokolenia, a także trafniejszego projektowania wskaźników ochronnych i prognozowania kierunków zagospodarowania lasu w przyszłości.

Zjawisko naturalnego odnawiania się lasu jest nieodzowną częścią cyklu rozwojowego drzewostanów, w szczególności mających spełniać przede wszystkim funkcje pozaprodukcyjne (lasy ochronne i rezerwatowe). W lasach naturalnych, często występujących w trudnych warunkach górskich, w dużej mierze zjawisko to decyduje o ich zdolności do samoregulacji oraz trwałości istnienia. Warunki glebowo-klimatyczne Karpat stwarzają korzystne podłoże do

[✉]sugier@up.poznan.pl

powstawania odnowień naturalnych (Korpel 1989, 1995; Przybylska i Banaś, 1997; Winnicki i Zemanek, 2003).

Stan liczebnościowy odnowień naturalnych w buczynach w dużej mierze zależy od szerokiej zmienności warunków siedliskowych (Dzwonko, 1990; Gadekar, 1975), a zwłaszcza od warunków świetlnych i pogodowych oraz wielu innych czynników środowiska, wpływających na obfitość obradzania drzew w roku nasiennym oraz przeżywalność młodego pokolenia lasu (Burschel, 1966; Dzwonko, 1990; Harmer, 1994; Hilton i Packham, 1997; Suszka, 1990; Watt, 1923). Jaworski (1990) i Korpel (1995) podają bardzo zróżnicowany zakres liczebności odnowienia w zależności od stadiów rozwojowych lasów pierwotnych, a jego pojawienie się wiąże z konkretnym etapem życia drzewostanu, określanym jako faza odnowienia.

Celem niniejszego opracowania jest analiza liczebności i żywotności odnowień naturalnych w dolno-reglowych drzewostanach zespołu żyznej buczyny karpackiej *Dentario glandulosae-Fagetum* w okresie 1993–2003. Założono, że w drzewostanach tego zespołu proces odnawiania lasu zachodzi z dużą dynamiką, która zapewnia trwałość i ciągłość istnienia najliczniejszej grupy lasów tworzących szatę leśną Bieszczadzkiego Parku Narodowego.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były drzewostany litej buczyny karpackiej rosnącej na siedlisku lasu górskiego w granicach Bieszczadzkiego Parku Narodowego (BPN). Badania przeprowadzono łącznie na 100 powierzchniach kołowych, które zostały wybrane losowo z sieci 362 stałych, powierzchni próbnych statystyczno-matematycznego systemu inwentaryzacji i kontroli zasobów leśnych BPN, znajdujących się w strefie regla dolnego (od ok. 700 do ok. 1220 m.n.p.) w jednogatunkowych drzewostanach bukowych podzespołu typowego żyznej buczyny karpackiej *Dentario glandulosae-Fagetum typicum* (Sugiero i Rączka, 2014a; 2014b). Podstawowa wielkość każdej powierzchni kołowej wynosiła 400 m², natomiast pomiar młodego pokolenia dokonano na powierzchniach współśrodkowych o wielkości 100 m² i 40 m² (podrost) oraz 4 m² (nalot).

Wybrane powierzchnie próbne reprezentowały cztery fazy rozwojowe lasu przyjęte według stanu

z 1996 roku w systemie klasyfikacyjnym drzewostanów Bieszczadzkiego Parku Narodowego (Przybylska i Kucharzyk, 1999): fazę optymalną dojrzewającą (O1 – 22 powierzchni próbne), fazę optymalną dojrzałą (O2 – 27 powierzchni), fazę terminalną o niskim stopniu odnowienia podokapowego (T1 – 26 powierzchni) i fazę terminalną z intensywnym odnowieniem naturalnym (T2 – 25 powierzchni).

Do warstwy podrostu zaliczano wszystkie osobniki drzewiaste o wysokości większej niż 0,5 m oraz grubości poniżej progu pomiaru pierśnicy (7 cm), natomiast do warstwy nalotu – wszystkie osobniki o wysokości nieprzekraczającej 0,5 m. Zakres badań młodego pokolenia obejmował:

- określenie liczebności podrostów z uwzględnieniem gatunków na współśrodkowej powierzchni kołowej o wielkości 100 m²
- oszacowanie procentowego pokrycia powierzchni przez nalot oraz udziału poszczególnych gatunków drzew w tej warstwie drzewostanu zgodnie z ogólnie przyjętą metodyką statystyczno-matematycznego systemu inwentaryzacji i kontroli lasu (Przybylska, 1993; 1995).

Ponadto w warstwie podrostu bukowego na współśrodkowej powierzchni kołowej o wielkości 40 m² pomierzono: wysokość drzew [m] oraz długość przyrostów rocznych pędu głównego [cm] z ostatnich trzech pełnych okresów wegetacyjnych (lata 2000–2002).

W warstwie nalotu, oprócz szacunkowego pokrycia, określono dodatkowo na współśrodkowej powierzchni kołowej o wielkości 4 m² dokładną jego liczbę z podziałem na jednoroczne siewki (nalot młodszy) i nalot starszy (pomiar tylko w 2003 roku).

Wyniki badań dotyczą lat 1993–2003. Okres pomiędzy pierwszym pomiarem (1993 rok), a powtórny (2003 rok) nazwano umownie 10-letnim okresem kontrolnym.

W celu zbadania zmian liczebności młodego pokolenia w okresie kontrolnym przeprowadzono analizę wariancji oraz test najmniejszej istotnej różnicy (NIR) z uwzględnieniem podziału drzewostanów na fazy rozwojowe. Wykonano także analizę regresji w celu sprawdzenia zależności pomiędzy liczebnością odnowień naturalnych a zagęszczeniem oraz zwarciem koron drzew w górnej warstwie drzewostanu. Dodatkowo sprawdzono istotność różnic pomierzonych cech w warstwie podrostu bukowego występującego

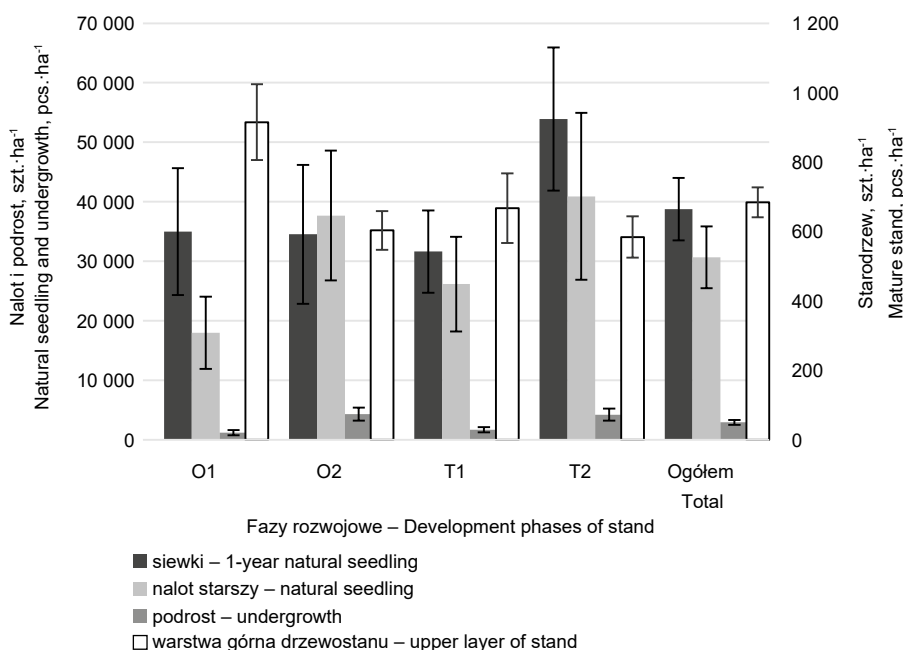
w drzewostanach różnych faz rozwojowych. Do obliczeń statystycznych wykorzystano oprogramowanie Statistica 12 StatSoft Polska.

WYNIKI

Ogólna liczba drzew w warstwie nalotu i podrostu badanych buczyn wynosiła w 2003 roku 72 356 szt. \cdot ha⁻¹ (rys. 1), przy czym ponad 90% stanowił nalot (69 441 szt. \cdot ha⁻¹, w tym jednoroczne siewki: 38 768 szt. \cdot ha⁻¹, nalot starszy: 30 673 szt. \cdot ha⁻¹). Porównując stan liczebnościowy odnowień naturalnych z początku okresu kontrolnego (1993 rok), należy stwierdzić, że nastąpiła bardzo wyraźna jego zmiana we wszystkich fazach rozwojowych. Ogólna liczba drzew w podroście (rys. 2) niemal się podwoiła (z 1575 do 2915 szt. \cdot ha⁻¹), natomiast oszacowane w warstwie nalotu średnie pokrycie powierzchni zwiększyło się z kilkunastu do ponad 25% (rys. 3). Istotność tej zmiany potwierdzają wyniki analizy wariancji (tab. 2). Kiedy

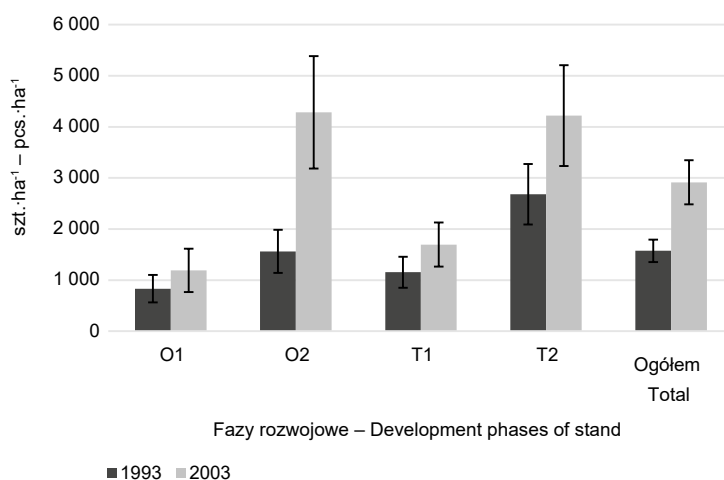
źródłem zmienności był rok pomiaru, wartość krytyczna rozkładu *F* Fishera (2,65) była mniejsza od *F* obliczonego zarówno dla podrostu (7,00), jak i dla nalotu (8,45). Gdy zaś źródłem zmienności była faza rozwojowa lasu, *F* obliczone wynosiło odpowiednio: 6,36 i 4,66. Wyniki te uprawniały do odrzucenia hipotezy zerowej na rzecz alternatywnej, świadczącej o występowaniu statystycznej istotności różnic pod względem liczebności odnowienia naturalnego w badanych drzewostanach zarówno na początku, jak i na końcu okresu kontrolnego, a także pomiędzy poszczególnymi fazami rozwojowymi.

Liczebność odnowienia naturalnego na powierzchniach próbnych charakteryzowała się bardzo dużym zróżnicowaniem. W przypadku buka opisywał ją współczynnik zmienności powyżej 100%, a w odniesieniu do gatunków domieszkowych (jodła i jawor) – powyżej 200% (tab. 1). Na tak dużą zmienność liczby drzew młodego pokolenia mogło mieć wpływ zagęszczenie górnej warstwy



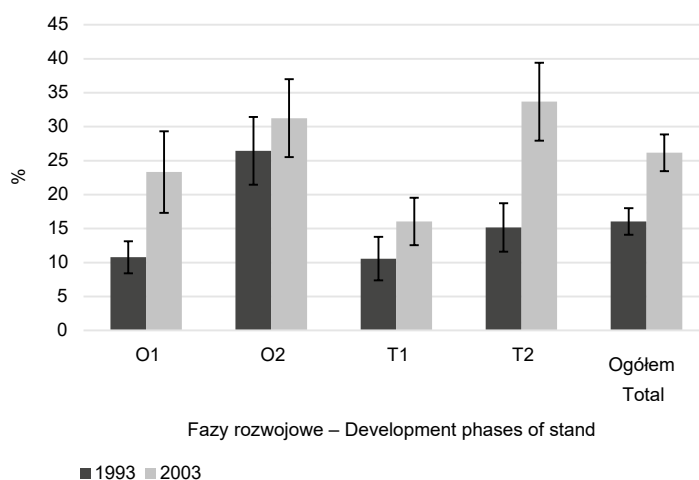
Rys. 1. Liczebność młodego pokolenia w zależności od liczby drzew w górnej warstwie drzewostanu. T – błąd standardowy średniej

Fig. 1. Amount of trees in young generation of stand (the layer of natural seedling and undergrowth) depending on amount of trees in the upper layer of stand. T – standard error of the mean



Rys. 2. Zmiana liczby drzew w warstwie podrostu w okresie 1993–2003. T – błąd standardowy średniej

Fig. 2. Change of number of trees in the layer of undergrowth in the period 1993–2003. T – standard error of the mean



Rys. 3. Zmiana pokrycia powierzchni przez nalot w okresie 1993–2003. T – błąd standardowy średniej

Fig. 3. Change of cover sample plots by trees in the layer of natural seedling in the period 1993–2003. T – standard error of the mean

drzewostanu, którego przerzedzenie było uzależnione od konkretnego etapu rozwoju lasu. Odnowienie naturalne najliczniej występowało w drzewostanach fazy terminalnej T2 – przy frekwencji warstwy górnej wynoszącej 584 szt.·ha⁻¹ liczebność w warstwie nalotu określono na 94 800 szt.·ha⁻¹, a w warstwie

podrostu na 4220 szt.·ha⁻¹ (rys. 1). Natomiast najmniej korzystne warunki do odnowienia występowały w drzewostanach fazy optymalnej dojrzewającej (O1) – duże zagęszczenie górnej warstwy lasu (powyżej 900 szt.·ha⁻¹) nie pozwalało na powstanie nowej generacji drzew w tak znacznej liczbie, jak

Tabela 1. Charakterystyka statystyczna materiału empirycznego z powierzchni próbnych w warstwie nalotu i podrostu
Table 1. Statistical characteristics of empirical data collected on the sample plots in the layer of natural seedling and undergrowth

Cecha Feature	Średnia Average	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Variability coefficient %
Nalot – Natural seedling			
Pokrycie powierzchni, % Sample plots tree cover, %	26,16	27,07	103
Liczebność buków, szt. Number of beeches, pcs.	20,55	24,41	119
Liczebność jaworów, szt. Number of sycamores, pcs.	5,92	16,77	283
Liczebność jodeł, szt. Number of firs, pcs.	1,48	3,72	251
Podrost – Undergrowth			
Liczebność buków*, szt. Number of beeches*, pcs.	26,79	41,86	156
Liczebność jodeł**, szt. Number of firs**, pcs.	2,36	6,53	277
Wysokość, m Height, m	1,60	1,45	91
Przyrost pędu głównego w 2000 roku, cm Increment of tree main stem in 2000, cm	5,35	6,92	129
Przyrost pędu głównego w 2001 roku, cm Increment of tree main stem in 2001, cm	5,03	6,25	124
Przyrost pędu głównego w 2002 roku, cm Increment of tree main stem in 2002, cm	5,42	5,67	105

*Buk wraz z domieszką jaworu, olszy i jarzębu.

**Jodła wraz z domieszką świerka.

*Beech with admixture of sycamore, alder and mountain ash.

**Fir with admixture of spruce.

w fazie najstarszej – odpowiednio: 52 955 i 1191 szt.·ha⁻¹. Podobny rozmiar odnowienia naturalnego obserwowano również w drzewostanach fazy terminalnej T1 – 57 788 i 1696 szt.·ha⁻¹, pomimo stosunkowo niewielkiej liczby starszych drzew (667 szt.·ha⁻¹). Z kolei w fazie optymalnej dojrzałej (O2), przy nieco tylko mniejszym zagęszczeniu górnej warstwy drzewostanu (603 szt.·ha⁻¹), frekwencja nalotu i podrostu była już dużo większa – odpowiednio: 72 222 i 4285 szt.·ha⁻¹. Wyniki testu najmniejszej istotnej różnicy (NIR) wskazują, że to właśnie faza O2 i T2 były

głównym źródłem statystycznej istotności różnic między badanymi drzewostanami (tab. 3).

Stan odnowień był więc w pewnym stopniu uzależniony od zagęszczenia drzew górnej warstwy lasu. Jednakże, jak wynika z analizy regresji, nie udało się potwierdzić tej zależności (tab. 4). Zaobserwowano jedynie korelację ze zwarcie koron starych drzew, lecz wyłącznie w odniesieniu do warstwy podrostu. Stwierdzono, że najczęstszym typem zwarcia w badanych buczynach było zwarcie umiarkowane (0,7–0,8), przy czym w drzewostanach, w których odnowienie

Tabela 2. Wyniki analizy wariancji wybranych cech nalotu i podrostu między początkiem i końcem okresu kontrolnego oraz pomiędzy fazami rozwojowymi drzewostanu

Table 2. Results of variance analysis of tree features in the layer of natural seedling and undergrowth between the beginning and the end of the control period and between development phases of stand

Cecha Feature	Efekt Effect	Stopnie swobody Degrees of freedom	$F_{\text{obl.}}$ $F_{\text{cal.}}$	$F_{\text{tab.}}$	$F_{\text{obl.}} > F_{\text{tab.}}$ $F_{\text{cal.}} > F_{\text{tab.}}$	
Pokrycie powierzchni przez nalot Tree plots cover test in natural seedling layer	faza rozwojowa development phase	3	4,66	2,65	+	
	rok pomiaru year of measurement	1	8,45	2,65	+	
Liczba drzew w podroście Number of trees in undergrowth layer	faza rozwojowa development phase	3	6,36	2,65	+	
	rok pomiaru year of measurement	1	7,00	2,65	+	
Wysokość Height	faza rozwojowa development phase	3	27,93	2,61	+	
Przyrost pędu głównego Increment of tree main stem	w 2000 roku in 2000	faza rozwojowa development phase	3	43,83	2,61	+
	w 2002 roku in 2002	faza rozwojowa development phase	3	56,07	2,61	+

+ – istotność różnic na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

+ – relevance of differences on a significance level $\alpha = 0.05$.

Tabela 3. Wyniki testu najmniejszej istotnej różnicy dla pokrycia powierzchni przez nalot i liczby drzew w podroście na początku i na końcu okresu kontrolnego oraz w poszczególnych fazach rozwojowych

Table 3. Results of test of the lowest significant difference for cover test plots by natural seedling and number of trees in undergrowth at the beginning and at the end of the control period and in development phases of stand

Faza rozwojowa Development phase	Rok pomiaru Tear of measurement	O1_93	O1_03	O2_93	O2_03	T1_93	T1_03	T2_93	T2_03
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pokrycie powierzchni przez nalot – Tree plots cover test in natural seedling layer									
O1	1993		0,068	0,017	0,002	0,976	0,423	0,508	0,005
O1	2003	0,068		0,631	0,224	0,054	0,269	0,219	0,338
O2	1993	0,017	0,631		0,436	0,012	0,096	0,074	0,607
O2	2003	0,002	0,224	0,436		0,001	0,015	0,011	0,802
T1	1993	0,976	0,054	0,012	0,001		0,386	0,471	0,003
T1	2003	0,423	0,269	0,096	0,015	0,386		0,890	0,033
T2	1993	0,508	0,219	0,074	0,011	0,471	0,890		0,025
T2	2003	0,005	0,338	0,607	0,802	0,003	0,033	0,025	

Tabela 3 – cd. / Table 3 – cont.

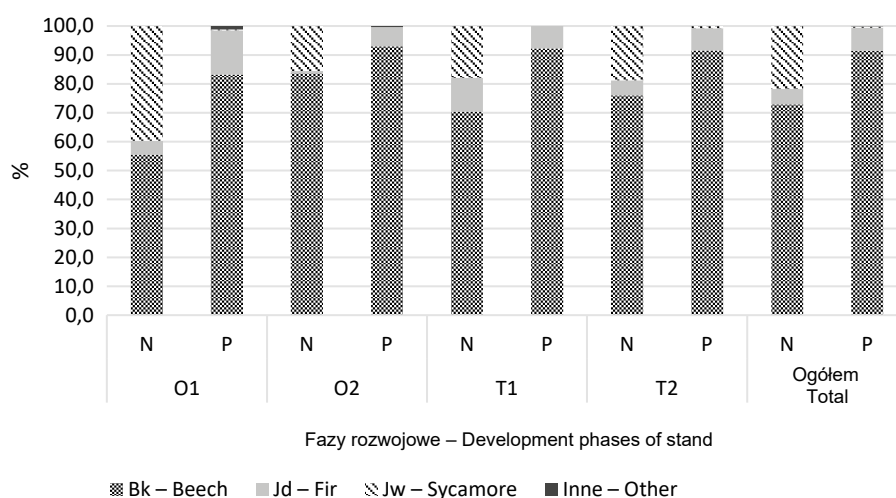
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Liczba drzew w podroście – Number of trees in undergrowth layer									
O1	1993		0,725	0,327	0,000	0,740	0,369	0,057	0,001
O1	2003	0,725		0,541	0,001	0,973	0,594	0,123	0,002
O2	1993	0,327	0,541		0,006	0,500	0,938	0,320	0,008
O2	2003	0,000	0,001	0,006		0,001	0,005	0,081	0,943
T1	1993	0,740	0,973	0,500	0,001		0,554	0,100	0,001
T1	2003	0,369	0,594	0,938	0,005	0,554		0,288	0,007
T2	1993	0,057	0,123	0,320	0,081	0,100	0,288		0,100
T2	2003	0,001	0,002	0,008	0,943	0,001	0,007	0,100	

Istotne różnice zostały podświetlone na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.
Significant differences are marked on a significance level $\alpha = 0.05$.

Tabela 4. Współczynnik korelacji liniowej między zwarcie koron drzew i liczbą drzew w górnej warstwie drzewostanu a liczbą nalotów i podrostów oraz między wysokością drzew a przyrostem pędu głównego w warstwie podrostu bukowego
Table 4. Linear correlation coefficient between crown canopy and number of trees in the upper layer of stand and number of trees in the layer of natural seedling and undergrowth and between height of trees and increment of tree main stem in the layer of the beech undergrowth

Cecha Feature	Fazy rozwojowe Development phases			
	O1	O2	T1	T2
Zwarcie koron drzew – Crown canopy of trees				
Liczba nalotów – Number of seedlings	0,09	0,24	0,47	0,21
Liczba podrostów – Number of undergrowth	-0,11	0,59	0,15	0,75
Liczba drzew w górnej warstwie drzewostanu – Number of trees in the upper layer of stand				
Liczba nalotów – Number of seedlings	0,10	-0,42	-0,41	0,33
Liczba podrostów – Number of undergrowth	-0,30	-0,47	-0,12	-0,32
Wysokość podrostu bukowego – Height of beech undergrowth				
Przyrost pędu głównego w 2000 roku Increment of tree main stem in 2000	-0,27	0,03	-0,38	0,21
Przyrost pędu głównego w 2001 roku Increment of tree main stem in 2001	-0,16	-0,03	-0,31	0,23
Przyrost pędu głównego w 2002 roku Increment of tree main stem in 2002	-0,15	-0,06	-0,24	0,19

Istotne korelacje zostały podświetlone na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.
Significant correlations are marked on a significance level $\alpha = 0.05$.



Rys. 4. Udział gatunków drzew w warstwie nalotu (N) i podrostu (P) w poszczególnych fazach rozwojowych lasu

Fig. 4. Share of tree species in the layer of natural seedling (N) and undergrowth (P) in particular phases of forest development

naturalne charakteryzowało się większą licznością (fazy O2 i T2), obserwowano również fragmenty lasu o zwarcu przerywanym (0,5–0,6)

Skład gatunkowy odnowień naturalnych w badanych buczynach zasadniczo odpowiada budowie drzewostanu macierzystego. Gatunkiem panującym jest buk, a istotną domieszkę stanowi jodła oraz jawor (rys. 4). W przypadku jednak tego ostatniego jest charakterystyczne, że w nalocie występuje jeszcze stosunkowo obficie (21,7% – 15 103 szt.·ha⁻¹), zwłaszcza w drzewostanach najmłodszych (faza O1: 39,7% – 21 023 szt.·ha⁻¹), natomiast w warstwie podrostu spotykano już tylko pojedyncze sztuki (średni udział w roku pomiaru zaledwie 0,3% – 9 szt.·ha⁻¹). Tylko bowiem w fazie najstarszej – T2, gdzie przededzenie górnej warstwy drzewostanu było największe, udział jaworu w podroście wyniósł na koniec okresu kontrolnego około 1%. W pozostałych fazach rozwojowych albo nie było go wcale (faza O2 i T1), albo bardzo niewiele (0,4% w fazie O1).

Ogólna zmienność wysokości oraz przyrostów pędu głównego podrostów bukowych była duża, przy czym ta druga cecha charakteryzowała się znacznie większym zróżnicowaniem, które opisywał współczynnik zmienności wynoszący ponad 100% (tab. 1).

Przeciętny wzrost buka na wysokość w warstwie podrostu charakteryzował się przyrostem rocznym nieprzekraczającym 4 cm w fazach optymalnych i na ogół 8 cm w fazach terminalnych (tab. 5). Maksymalne wartości (powyżej 20 cm) oraz duża zmienność tego parametru mogą wskazywać na spore zróżnicowanie warunków świetlnych panujących wewnątrz badanych drzewostanów. Ponadto nie wykazano zależności między wysokością a przyrostem pędu głównego (tab. 4), obserwując takie same wartości dla osobników zarówno liczących nieco ponad 50 cm, jak i tych sięgających kilku metrów.

Tak duża zmienność cech podrostu bukowego znalazła odzwierciedlenie w wynikach analizy wariancji (tab. 2), która wykazała, że rozmiary młodych buków rosnących w drzewostanach różnych faz rozwojowych charakteryzują się statystycznie istotnym zróżnicowaniem. Na ogół różnice wynikały ze średnio mniejszych rozmiarów drzewek w fazach optymalnych, zwłaszcza w fazie O2, gdzie rosły najmniejsze osobniki. Tu jednak, o czym wspomniano wcześniej, liczebność omawianej warstwy drzewostanu zwiększyła się najbardziej. Należy więc przypuszczać, że w fazie optymalnej dojrzałej największy też udział miał stosunkowo młody podrost.

Tabela 5. Charakterystyka statystyczna wysokości oraz przyrostu na wysokość pędu głównego w warstwie podrostu w poszczególnych fazach rozwojowych lasu

Table 5. Statistical characteristics of height of trees and height increment of tree main stem in the layer of undergrowth in particular phases of forest development

Faza rozwojowa Development phase	Średnia Average	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności, % Variability coefficient, %	
Wysokość, m – Height, m				
O1	1,55	1,51	98	
O2	1,18	0,85	72	
T1	2,00	1,93	96	
T2	1,96	1,61	82	
Przyrost na wysokość pędu głównego w okresie 2000–2002, cm Height increment of tree main stem in 2000–2002, cm				
O1	2000	3,67	4,45	121
	2001	3,65	4,44	122
	2002	3,47	3,42	98
O2	2000	3,05	4,99	164
	2001	3,02	4,85	161
	2002	3,43	3,89	113
T1	2000	7,77	6,57	85
	2001	7,24	5,97	82
	2002	8,24	6,27	76
T2	2000	7,72	8,64	112
	2001	7,03	7,48	106
	2002:	7,19	6,65	92

DYSKUSJA

Na podstawie badań drzewostanów bukowych w Beskidach Zachodnich, Wałęcki (1983) uznał za powierzchnie dobrze odnowione te, które były pokryte przez nalot i podrost w 80–95%, co odpowiadało liczbie powyżej 30 tys. szt. \cdot ha⁻¹. Powierzchnie o średnim odnowieniu charakteryzowały się, według wspomnianego autora, pokryciem rzędu 60–85% (15–30 tys. szt. \cdot ha⁻¹), natomiast powierzchnie ze słabym i złym odnowieniem – w granicach 6–60% (do 15 tys. szt. \cdot ha⁻¹).

W świetle przytoczonych danych potencjał odnowieniowy badanych buczyn należy uznać za bardzo

duży (liczebność w warstwie nalotu i podrostu określono na ponad 70 tys. szt. \cdot ha⁻¹). Pokrycie powierzchni przez nalot (ok. 20%) może wydawać się niewielkie w porównaniu z rzeczywistą liczbą drzew na 1 ha określoną w tej warstwie drzewostanu. Trzeba jednak pamiętać, że odnawianie w drzewostanach górskich dolnoreglowych występuje na ogół w formie grupowej, a postać wyraźnie wielkopowierzchniowa zdarza się stosunkowo rzadko (Jaworski, 1990; 1997; 2000; Szmyt i Sugiero, 2006). Badania Jaworskiego i Kopia (1988) dowodzą ponadto, że odnowienie buka zwykle przyjmuje postać silnie zwartych grup o wielkości około 1,5 ara, najczęściej występujących

w lukach drzewostanu bez osłony górnej. Z kolei bio-grupy jodły zajmują jeszcze mniejsze powierzchnie, ale zazwyczaj pod okapem przerzedzonego starodrzewu (6–75 m²) i zdaniem Mazur (1984) w buczynie karpackiej są rozmieszczone w sposób losowy bądź grupowy. Forma taka warunkuje duże zróżnicowanie liczebności odnowienia, szczególnie w lasach wielogeneracyjnych. W badanych buczynach było ono wyrażone współczynnikiem zmienności na poziomie ponad 100–200% w zależności od gatunku. Oprócz bowiem powierzchni próbnych, na których obserwowano po kilkanaście lub kilkadziesiąt młodych drzewek, występowały także stanowiska charakteryzujące się niewielką liczbą lub nawet całkowitym brakiem odnowienia naturalnego.

Wielu autorów uważa, że najlepsze warunki do odnowienia buka istnieją przy zwarcie starodrzewu wynoszącym 0,6–0,7 (Dzwonko 1990 za Molotkov 1966 oraz Milescu i in. 1967; Wałęcki, 1983 za Mirzowej 1973). Pogląd ten zdają się potwierdzać również wyniki przedstawione w niniejszej pracy – najczęściej obserwowanym typem w badanych buczynach było zwarcie umiarkowane (0,7–0,8) z fragmentami zwarcia przerywanego (0,5–0,6). Maciantowicz (2004) wykazał istnienie silnego związku między stopniem pokrycia warstwy koron drzew a obecnością luk w drzewostanie. Wspomniany autor stwierdził, że w fazach rozwojowych charakteryzujących się silnym zwarcie (średnio powyżej 77,4%) powstanie luk skutkuje znaczącym zwiększeniem średniego pokrycia powierzchni przez podrost, zwłaszcza w młodszych fazach rozwojowych. Najprawdopodobniej z tym zjawiskiem można łączyć bardzo dynamiczną zmianę w okresie kontrolnym liczebności podrostu w drzewostanach fazy optymalnej dojrzałej – O2 (zmiana o 174%, tj. zwiększenie się liczby drzew z 1563 do 4285 szt.·ha⁻¹) oraz dużą liczebność kilkuletnich nalołów (37 685 szt.·ha⁻¹). Jak podaje Jaworski (1990), kiedy wydzieli się kilka potężnych drzew jednocześnie w jednym miejscu, mogą powstać przerwy w zwarcie koron. Z ekologicznego punktu widzenia upodabniają się one do rębni zupełnych małopowierzchniowych (cięcia gniazdowe zupełne), w których powstałe gniazda pozostają pod wpływem otaczającego drzewostanu. Według cytowanego autora, są to warunki do doskonałego odnawiania się większości gatunków klimaksowych, takich jak buk czy jodła.

W badanych buczynach dobrze odnawia się również jawor – trzeci z gatunków lasotwórczych ważnych dla masywu Bieszczadów. Jednakże jego stosunkowo liczne odnowienie bardzo wyraźnie zmniejsza się wraz z przechodzeniem z warstwy nalotu do podrostu. Badania drzewostanów o charakterze pierwotnym z udziałem jaworu potwierdzają występowanie tego zjawiska w całych Karpatach. Jaworski i in. (1995) obserwowali w kompleksie leśnym Moczarne oraz pod Rabią Skałą w Bieszczadach gwałtowne zmniejszenie się odnowienia jaworowego w klasie nalotu starszego i prawie zupełny brak wyrosniętego podrostu tego gatunku (o pierśnicy 6–7,9 cm), a także drzew o grubości 8–15,9 cm. Z kolei Skrzydłowski (1998) podaje, że nawet w jaworzynach karpackich przechodzenie jaworu z młodego nalotu (wysokość do 20 cm) do fazy starszego odnowienia (powyżej 20 cm) charakteryzuje się istotnym zmniejszeniem się jego liczebności. Wspomniany autor podaje wartości skrajne, od 92,3% (<20 cm) do zaledwie 7,3% (>20 cm). Według przytoczonych autorów, duże zwarcie drzewostanu stwarzało jaworowi zbyt silne ocienienie, które jednocześnie zapewniało wystarczającą ilość światła cienioznośnemu bukowi. Podobne spostrzeżenia wynikają z analizy badanych buczyn w poszczególnych fazach rozwojowych. Tylko w fazie najstarszej – T2, gdzie przerzedzenie drzewostanu było największe, udział jaworu w warstwie podrostu wynosił około 1%. W pozostałych fazach rozwojowych albo nie było go wcale (faza O2 i T1), albo bardzo niewiele (0,4% w fazie O1). Należy zauważyć, że wymagania świetlne jaworu zmieniają się wraz z wiekiem i jakkolwiek gatunek ten dobrze znosi ocienienie w młodości (co tłumaczy liczne występowanie w naloocie), jego wrażliwość na ocienienie górne jest znacznie większa w późniejszym okresie rozwoju (Boratyński i Filipiak, 1999). Natomiast drzewostany bukowe są lasami cienistymi. Ażurowość koron drzew – czyli stosunek wielkości powierzchni przerw (luk) w sklepieniu koron drzewostanu do całkowitej powierzchni tego sklepienia (Matusz, 1960) – lasów bukowych znajdujących się w pełni sezonu wegetacyjnego wyróżniają wartości najniższe. Wskaźnik ażurowości wyliczony przez Robakowskiego (2003) dla 128-letniego drzewostanu bukowego w Karkonoskim Parku Narodowym wynosił zaledwie 10%, co wiązało się z niewielką ilością światła docierającego do dna lasu.

Dla porównania, w litej świerczynie (78 lat) wymieniony autor otrzymał wynik rzędu 17%, w młodniku brzoźowym – 25%, pod okapem 68-letniego drzewostanu sosnowego – 43%, a w starym lesie modrzewiowym (148 lat) – 45%.

Badania Wałęckiego (1979) dowodzą, że w lepszych warunkach świetlnych (przy zwarciu 0,5–0,6) podrosty buka, początkowo odznaczające się dosyć powolnym wzrostem, zaczynają gwałtownie przystać od około 25 roku życia i nawet w wieku 43 lat nie wykazują oznak zmniejszonej żywotności. Z kolei, przy umiarkowanym natężeniu światła docierającego do wnętrza drzewostanu (zwarcie 0,7–0,8), buk charakteryzuje się wzrostem względnie równomiernym, który w przybliżeniu można wyrazić liniową zależnością od wieku. Dzwonko (1990), cytując inne badania Wałęckiego (1981), podaje, że istnieje bardzo wysoka korelacja ($r = 0,92$) między przyrostem pędu głównego na długość w górnej warstwie podrostu bukowego a natężeniem światła wewnątrz drzewostanu. Przy dostępie światła wynoszącym 4–11% (zwarcie 0,8 i większe), buk osiągał roczne przyrosty nieprzekraczające 9,9 cm. Z kolei, przy natężeniu rzędu 15–20% (zwarcie 0,6–0,7), przyrosty długości pędu głównego w ciągu jednego sezonu wegetacyjnego dochodziły do 19,9 cm długości. Podobne wyniki w podroście bukowym otrzymano w niniejszej pracy. Przyrosty pędu głównego rzędu 20 cm i więcej oraz duża zmienność tej cechy mogą wskazywać na zróżnicowanie warunków świetlnych panujących w drzewostanach poszczególnych faz rozwojowych, co z kolei należy wiązać z grupowym typem rozmieszczenia drzew oraz dynamicznie zachodzącymi tu procesami ekologicznymi (przede wszystkim zjawiskiem powstawania luk). Borowski (1974) podkreśla, że przerzedzenie drzewostanu u pozostałych gatunków leśnych, w porównaniu z bukiem, nie wpływa tak silnie na przyrost powierzchni przekroju i masy oraz energetyczny rozwój korony na boki.

Ilość światła docierającego do dna lasu, zwarcie koron drzew w warstwie starodrzewu i wreszcie sam proces powstawania i wypełniania luk przez kolejne generacje drzew mają duży wpływ na dynamikę lasu (Maciantowicz, 2004; Szwagrzyk, 1988; 1994). Na niewielkiej powierzchni zachodzą bowiem procesy ekologiczne, kolejno następujące po sobie, kluczowe dla rozwoju lasu: obumieranie i wydzielanie się starych drzew oraz odnowienie, wzrost i konkurencja

nowych (Sugiero i Rączka, 2014a). Procesy te składają się na zjawisko dynamiki luki, które powszechnie wykorzystuje się w modelowaniu wzrostu i rozwoju drzewostanów, m.in. do oceny trwałości lasu (Botkin, 1993).

Skrzydłowski (1998), analizując dotychczasowe badania prowadzone w naturalnych lasach karpaccich w strefie regla dolnego, zauważył, że z punktu widzenia intensywności pojawiania się odnowień istotne znaczenie ma także okres, który upłynął od ostatniego roku wysokiego urodzaju nasion. Zdaniem Tyszkiewicza (1949), w Polsce u buka zdarza się on średnio co 8–10 lat, chociaż obserwacje z Babiej Góry (Szewczyk, 2001) dowodzą, że może być krótszy – co 3–4 lata (urodzaj powyżej 150 szt./m²). Według badań Oswalda (1981), w sprzyjających warunkach ekologicznych, tj. przy braku silnych mrozów i długich okresów suszy, a także przy umiarkowanej liczebności szkodników (przede wszystkim zwierzyny płowej) oraz słabej konkurencji ze strony chwastów, przeżywalność siewek buka w pierwszych dwóch latach po obfitym obsiewie nasion wynosi ponad 50% (74% w pierwszym roku i 59% w drugim). W dalszym okresie udatność odnowienia tego gatunku systematycznie maleje i po 10 latach już tylko co dziesiąta siewka utrzymuje się przy życiu. Pewną wiedzę na ten temat może dostarczyć analiza struktury liczebnościowo-wiekowej nalotu. Zauważalne zwiększenie w okresie kontrolnym średniego pokrycia powierzchni przez tę warstwę drzewostanu oraz duża jej frekwencja w 2003 roku mogą świadczyć, że obfity rok nasienny w badanych buczynach wystąpił na krótko przed ostatnimi pomiarami. Zdaje się na to wskazywać również przewaga jednorocznych siewek (38 768 szt.·ha⁻¹) nad nalotem kilkuletnim (30 673 szt.·ha⁻¹).

WNIOSKI

1. Wysoki stan liczebnościowy odnowień naturalnych świadczy o dużym potencjale reprodukcyjnym drzewostanów bukowych w strefie regla dolnego Bieszczadzkiego Parku Narodowego na każdym etapie ich rozwoju.
2. W ciągu 10-letniego okresu kontrolnego niemal podwoiła się ogólna liczba drzew w podroście, natomiast średnie pokrycie powierzchni przez nalot zwiększyło się z kilkunastu do ponad 25%, przy

czym w 2003 roku stanowił on ponad 90% wszystkich odnowień.

3. W składzie gatunkowym odnowień naturalnych buczyn bieszczadzkich dominującą rolę odgrywa buk, przy istotnej domieszce jodły i jaworu. Cechą charakterystyczną jest bardzo wyraźne zmniejszenie liczebności tego ostatniego w warstwie podrostu.
4. Zróżnicowanie występowania odnowień naturalnych w buczynach bieszczadzkich oraz duża zmienność takiej cechy, jak przyrost pędu głównego należy wiązać z nierównomiernym dostępem światła do wnętrza lasu, które jest jednym z czynników wpływających na grupową formę rozmieszczenia drzew oraz dynamicznie zachodzący proces wypełniania luk powstających w drzewostanie.

PIŚMIENICTWO

- Bobiec, A., Bobiec, M. (2012). Wpływ masowego zamierania świerka w drzewostanach Białowieckiego Parku Narodowego na odnowienie naturalne dębu [Influence of spruce decline in stands of the Białowieża National Park on natural oak regeneration]. *Sylvan*, 156(4), 243–251 [in Polish].
- Boratyński, A., Filipiak, M. (1999). *Zarys ekologii*. W: W. Bugała (red.), *Klony. Nasze Drzewa Leśne. Monografie Popularnonaukowe 15* (s. 275–327). Poznań: Bogucki Wyd. Nauk. [in Polish].
- Borowski, M. (1974). *Przyrost drzew i drzewostanów* [Increment of trees and stands]. Warszawa: PWRiL [in Polish].
- Botkin, D. B. (1993). *Forest dynamics: An ecological model*. Oxford, New York: Oxford Univ. Press.
- Burschel, P. (1966). *Untersuchungen in Buchenmastjahren* [Research of beeches]. *Forstwiss. Cbl.*, 85, 204–219 [in German].
- Dzwonko, Z. (1990). *Ekologia* [Ecology]. W: S. Białobok (red.), *Buk zwyczajny. Nasze Drzewa Leśne. Monografie Popularnonaukowe 10* (s. 237–328). Warszawa, Poznań: PWN [in Polish].
- Gadekar, H. (1975). *Ecological conditions limiting the distribution of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. near Schwarzenberg (Lucerne) Switzerland*. Heft 54. Institutes der ETH, Stiftung Rubel, Zurich.
- Harmer, R. (1994). *Natural regeneration of broadleaved trees in Britain: II. Seed production and predation*. *Forestry*, 67, 4, 275–286.
- Hilton, G. M., Pachham, J. R. (1997). *A sixteen-year record of regional and temporal variation in the fruiting of beech (*Fagus sylvatica* L.) in England (1980–1995)*. *Forestry*, 70, 1, 7–16.
- Jaworski, A. (1990). *Struktura i dynamika rozwoju drzewostanów oraz powstawanie odnowień w lasach górskich o charakterze pierwotnym* [Structure and dynamics of stands and the emergence of tree regeneration in mountain forests of primeval character]. *Post. Tech. Leśn.*, 49, 5–20 [in Polish].
- Jaworski, A. (1997). *Karpackie lasy o charakterze pierwotnym i ich znaczenie w kształtowaniu proekologicznego modelu gospodarki leśnej w górach* [Carpathian forests of primeval character and their importance in shaping the pro-ecological model of forest management in mountains]. *Sylvan*, 4, 33–49 [in Polish].
- Jaworski, A. (2000). *Zasady hodowli lasów górskich na podstawach ekologicznych* [Ecological rules of silviculture in mountain forests]. W: R. Poznański, A. Jaworski (red.), *Nowoczesne metody gospodarowania w lasach górskich*. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych [in Polish].
- Jaworski, A., Kopeć, L. (1988). *Budowa i struktura drzewostanów w rezerwacie „Łabowiec”* [Constitution and structure of stands in the Łabowiec nature reserve]. *Acta Agr. Silv., Ser. Silv.*, 27, 43–62 [in Polish].
- Jaworski, A., Pach, M., Skrzyszewski, J. (1995). *Budowa i struktura drzewostanów z udziałem buka i jaworu w kompleksie leśnym Moczarne oraz pod Rabią Skałą (Bieszczady)* [Structure of stand with beech and sycamore maple in the Moczarne forest complex and below Mount Rabia Skala (Bieszczady Mts.)]. *Acta Agr. Silv., Ser. Silv.*, 33, 39–73 [in Polish].
- Korpel, S. (1989). *Pralesy Slovenska* [Virgin forests of Slovakia]. Bratislava: Veda [in Slovak].
- Korpel, S. (1995). *Die Urwälder der Westkarpaten* [Bac-kwoods of the West Carpathian]. Stuttgart, Jena, New York: Gustav Fischer [in German].
- Maciantowicz, M. (2004). *Zastosowanie stałych powierzchni próbnych losowych do oceny stanu aktualnego i przyszłego buczyn w rezerwatach Polski zachodniej* [Using permanent random sample plots to estimate current and future condition of beech stands in reserves of western Poland]. *Praca doktorska. Niepublikowany maszynopis, Katedra Urządzania Lasu, Akademia Rolnicza, Poznań* [in Polish].
- Matusz, S. (1959). *Metoda określania ażurowości pułapu drzewostanu* [Method of evaluation of light permeability of crown canopy of stand]. *Pr. Inst. Bad. Leśn.*, 202, 3–65 [in Polish].

- Mazur, M. (1984). Internal structure of the new growth and up-growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in forest communities. *Polish J. Ecol.*, 32, 1, 61–77.
- Oswald, H. (1981). Densité de semis nécessaire à la réussite d'une régénération naturelle. W: *Le Hêtre* (ss. 238–239). Paris: I.N.R.A. Département des Recherches Forestières.
- Przybylska, K. (1993). Badanie dynamiki procesów lasotwórczych na podstawie stałych powierzchni próbnych statystyczno-matematycznego systemu inwentaryzacji i kontroli lasu [Dynamics of forest-forming processes research according to permanent trial plots of the statistical-mathematical system of inventory and control of a forest]. *Rocz. Bieszcz.*, 2, 95–108 [in Polish].
- Przybylska, K. (1995). Monitorowanie procesów zachodzących w drzewostanach Bieszczadzkiego Parku Narodowego [Monitoring of ecological processes in stands of the Bieszczady National Park]. *Rocz. Bieszcz.*, 254–255 [in Polish].
- Przybylska, K., Banaś, J. (1997). Lasy bieszczadzkie, ich stan i kierunki zagospodarowania [Bieszczady forests, their status and directions of development]. *Sylvan*, 141(8), 61–70 [in Polish].
- Przybylska, K., Kucharzyk, S. (1999). Skład gatunkowy i struktura lasów Bieszczadzkiego Parku Narodowego. W: *Monografie Bieszczadzkie. T. 6. Ustrzyki Dolne: Ośrod. Nauk.-Dyd. BdPN* [in Polish].
- Robakowski, P. (2003). Retrospektywna analiza przyrostów sadzonek jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) rosnących pod okapem różnych gatunków drzew w Karkonoskim Parku Narodowym [A retrospective analysis of annual height increment in silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings growing under a canopy of different tree species in Karkonosze National Park]. *Sylvan*, 1, 41–50 [in Polish].
- Skrzydłowski, T. (1998). Odnowienia lasu w naturalnych drzewostanach dolnoregłowych w Karpatach [Forest regeneration in the natural lower mountain zone stands in the Carpathian Mts.]. *Sylvan* 142(11), 43–54 [in Polish].
- Sugiero, D., Rączka, G. (2014a). Dynamics of the growth and development process of lower subalpine carpathian beech stands of Bieszczady National Park. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.*, 13(3).
- Sugiero, D., Rączka, G. (2014b). Carpathian beech species composition of Bieszczady National Park in the period from 1993 to 2003. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.*, 13(4).
- Suszka, B. (1990). Rozmnażanie generatywne [Generative reproduction]. W: S. Białobok (red.), *Buk zwyczajny. Nasze Drzewa Leśne. Monografie Popularnonaukowe*, t. 10 (s. 375–498). Warszawa, Poznań: PWN [in Polish].
- Szewczyk, J. (2001). Uwarunkowania procesu odnowienia lasu w naturalnych drzewostanach bukowych [Determinants of trees regeneration process in natural beech stands]. Praca doktorska. Niepublikowany maszynopis, Katedra Botaniki Leśnej i Ochrony Przyrody, Akademia Rolnicza, Kraków [in Polish].
- Szmyt, J., Sugiero, D. (2006). Horizontal distribution of the young generation of trees in fir-beech (*Abies alba* Mill., *Fagus sylvatica* L.) stands developed with the improved gradual-group cutting system. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.*, 5 (2), 109–121.
- Szwagrzyk, J. (1988). Struktura i dynamika lasu: teoria, metody badania, kontrowersje [Structure and dynamics of forest: theory, methods, disputes]. *Wiad. Ekol.*, 34, 4, 355–373 [in Polish].
- Szwagrzyk, J. (1994). Symulacyjne modele dynamiki lasu oparte na koncepcji odnawiania drzewostanu w lukach [Simulation models of forest dynamic based on concept of stand gap regeneration]. *Wiad. Ekol.*, 40, 2, 57–75 [in Polish].
- Tyszkiewicz, S. (1949). Nasiennictwo leśne [Seed of forest]. Warszawa: Inst. Bad. Leśn. [in Polish].
- Wałęcki, M. (1979). Struktura wiekowa i rozwój podrostów bukowych pod okapem drzewostanu [Age structure and development of beech regeneration under stand canopy]. *Sylvan*, 7, 33–39 [in Polish].
- Wałęcki, M. (1983). Charakterystyka ilościowa naturalnych odnowień buka (*Fagus sylvatica* L.) i wpływ niektórych czynników środowiska na jego odnawianie się (na przykładzie wybranych powierzchni w Beskidach Zachodnich) [Amount characterisation of natural seeding of beech (*Fagus sylvatica* L.) and the impact of some environmental factors on its regeneration (on example of selected sample plots in Western Beskids Mountain)]. *Acta Agr. Silv. Ser. Silv.*, 22, 101–119 [in Polish].
- Watt, A. S. (1923). On the ecology of British beech woods with special reference to their regeneration. *J. Ecol.*, 11, 1–148.
- Winnicki, T., Zemanek, B. (2003). Przyroda Bieszczadzkiego Parku Narodowego [Nature of Bieszczady National Park]. Ustrzyki Dolne: Wyd. BdPN [in Polish].

NATURAL REGENERATION IN BEECH STANDS WITH COMPLEX STRUCTURE ON THE EXAMPLE OF THE BIESZCZADY NATIONAL PARK

ABSTRACT

The paper presents the results of the analysis of the number of trees, construction and structure of natural regeneration layer in beech stands of lower-mountain zone (about 700–1220 MSL) in the Bieszczady National Park (BNP). The research was performed in 1993–2003 on 100 circular sample plots of the statistical-mathematical system of inventory and control of forest resources of the BNP. The obtained results prove, that the beech stands of the Bieszczady belong to the forests that regenerate very well themselves at each stage of their development, which ensures stability and sustainability in the lower mountain zone. Tree species composition of natural regeneration layer is similar to the species structure of the upper layer of the stand, while its characteristic feature is its uneven occurrence, that may be associated with differentiated lights conditions inside stands. The observations display a high variability of features of beech undergrowth, especially in case of increment of tree main stem.

Key words: The Bieszczady National Park, beech stands of the lower-mountain zone, natural regeneration, beech, fir, sycamore, natural seedling, undergrowth