

Dorota DÓBROWOLSKA
Instytut Badawczy Leśnictwa
Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska
Sękocin Las, 05-090 Raszyn
e-mail: dorotad@ikp.atm.com.pl

ANALIZA WZROSTU ODNOWIENIA NATURALNEGO JODŁY POSPOLITEJ (*ABIES ALBA* MILL.) W REZERWACIE JATA

GROWTH ANALYSIS OF SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.)
NATURAL REGENERATION IN THE JATA RESERVE

Abstract: *The study was conducted in the Jata reserve, the furthest silver fir natural location in north-eastern Europe. Growth rate of the silver fir natural regeneration under different site types, various stand structure and species composition was investigated. It was found that fir grows very slowly in the lowlands. The age structure is very variable and depends on microsite conditions. In the lowlands, period of regeneration should be prolonged up to 60 years. The growth rate of fir seedlings depends on stand density. Site types and stand density influence the growth rate of fir saplings. Fir regeneration grows faster on the following site types: fresh mixed coniferous forest (BMśw) and moist mixed broadleaved forest (LMw), compared to growth rate on fresh mixed broadleaved forest (LMśw).*

Key words: *age structure, silver fir, growth rate, lowland.*

1. WSTĘP

Przebieg wzrostu naturalnych odnowień jodły jest ważnym zagadnieniem biologicznym i praktycznym. Hodowcę interesuje przede wszystkim historia powstania drzewostanu i tempo jego wzrostu w fazie młodości, a ekologę warunki wzrostowe na dnie lasu, w niekorzystnym układzie czynników klimatycznych, przy silnej konkurencji z roślinnością zielną i dużym narażeniu na szkody ze strony zwierzyny (SZYMAŃSKI, MODRZYŃSKI 1973).

Ważnym elementem poznawczym wzrostu drzew jest matematyczne ujęcie przebiegu wzrostu ich wysokości. Badaniem wzrostu wysokości odnowień jodłowych w Polsce w warunkach wyżynnych i górskich zajmowali się GUNIA (1964), JAWORSKI (1979) i JEDNORALSKI (1983). Empiryczny model wzrostu wysokości jodły zbudował też ZASADA (1995).

Zagadnieniem niedostatecznie poznanym jest dynamika wzrostu wysokości odnowień jodły na niżu oraz wpływ drzewostanu osłaniającego na ten proces. Celem prezentowanej pracy* jest poznanie tempa wzrostu jodły pod osłoną drzewostanów o zróżnicowanej strukturze oraz składzie gatunkowym, rosnących w odmiennych warunkach siedliskowych. Natomiast znajomość wieku potrzebnego drzewkom do osiągnięcia określonej wysokości może być przydatna między innymi przy badaniu wieku starych drzew. Określenie wieku przez nawiercanie świdrem Presslera bardzo nisko na pniu jest utrudnione lub niemożliwe, np. ze względu na obecność zgnilizny (SZYMAŃSKI, MODRZYŃSKI 1973; GAZDA, 1988). Celem przeprowadzonych badań było także opracowanie funkcji wzrostu wysokości dla odnowienia jodłowego w warunkach nizinnych na przykładzie rezerwatu Jata.

2. METODYKA BADAŃ

Materiał empiryczny zebrano z 48 powierzchni badawczych reprezentujących różne warunki środowiska, w których wzrastało młode pokolenie jodły. Wybrano dziewięć grup drzewostanów różniących się udziałem jodły oraz gatunków domieszkowych w składzie gatunkowym, a także warunkami świetlnymi. Wyróżniono dwie grupy drzewostanów o zwarcu $\geq 0,8$ oraz $0,5-0,7$. Na powierzchniach badawczych występowały trzy siedliskowe typy lasu: BMśw, LMśw oraz LMw (tab. 1). W doświadczeniu wybierano biogrupy złożone z drzew

* Praca została wykonana w ramach tematu BLP-523 na zlecenie Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych

Tabela 1
Table 1**Kategorie drzewostanów jodłowych i z udziałem jodły na terenie rezerwatu Jata oraz liczebność ściętych drzew**

Pure fir and mixed fir stand types in the Jata reserve and the number of felled trees

Nr No.	Udział jodły Fir share %	Rodzaj domieszki Type of admixture	Gatunki domieszkowe Admixture species	Liczba drzew Number of trees
1	≥90	czyste drzewostany jodłowe pure fir stands	brak lub rzadko none or seldom	21
2	50-80	gatunki pozytywne positive species	so, brz pine, birch	18
3	50-80	gatunki neutralne neutral species	js, ol, db, os, lp, św ash, alder, oak, aspen, lime, spruce	6
4	50-80	gatunki negatywne negative species	gb 10-20% hornbeam10-20%	3
5	20-40	gatunki pozytywne positive species	so, brz pine, birch	39
6	20-40	gatunki neutralne neutral species	js, ol, db, os, lp, św ash, alder, oak, aspen, lime, spruce	12
7	20-40	gatunki negatywne negative species	gb 10-20% hornbeam10-20%	15
8	≤10	gatunki pozytywne positive species	so i brz pine, birch	21
9	≤10	gatunki neutralne neutral species	js, ol, db, os, lp, św ash, alder, oak, aspen, lime, spruce	9
10	≤10	gatunki negatywne negative species	gb 10-20% hornbeam10-20%	0

o różnych wysokościach i grubościach, tak żeby charakteryzowały one przeciętne warunki w danym drzewostanie. W każdej biogrupie wybierano po 3 drzewa o bardzo dobrej żywotności ze wszystkich warstw odnowienia, stosując podział na trzy warstwy zgodnie z klasyfikacją IUFRO: dolną, środkową i górną. Następnie ścięto w szyi korzeniowej łącznie 144 jodełki (tab. 1). Każde drzewko podzielono na sekcje o długości 1 m. W połowie długości każdej sekcji, a także dodatkowo na wysokości pierśnicy pobrano wyrzynek.

W laboratorium określono wiek rzeczywisty ściętych drzewek. Dane te wykorzystano do obliczenia:

- wieku osiągnięcia przez drzewo wysokości 0,5 m i 1,3 m,
- liczby lat potrzebnej do przejścia z fazy nalotu do osiągnięcia wysokości 1,3 m,

– określenia funkcji wzrostu odnowienia jodłowego.

Dla każdego z wyżej wymienionych parametrów obliczono wartość średnią (\bar{x}), odchylenie standardowe (δ_n) i współczynnik zmienności ($v_{\%}$).

W celu określenia ewentualnych różnic badanych elementów w zależności od siedliska, fazy rozwoju lasu, składu gatunkowego drzewostanu oraz jego zwarcia zastosowano analizę wariancji oraz test nieparametryczny Kruskala-Wallisa.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1. Przebieg wzrostu jodły do wysokości 0,5 m

W badaniach hodowlanych nalot o wysokości 0,5 m uznaje się za odnowienie biologicznie zabezpieczone (JAWORSKI, ZARZYCKI 1983). Wskaźnikiem tempa wzrostu odnowienia w fazie nalotu jest liczba lat potrzebna drzewkom do osiągnięcia tej wysokości. Jodełki na terenie rezerwatu Jata dorastają do wysokości 0,5 m w ciągu 7-40 lat (średnio w wieku 17,3 lat). Analizując tempo wzrostu jodełek do wysokości biologicznego zabezpieczenia w zależności od warunków siedliskowych stwierdzono, że siedliskowy typ lasu nie wpływa na tę cechę odnowienia jodłowego (F -ratio=1,220; P_{α} =0,290).

Średni wiek osiągnięcia wysokości 0,5 m wahał się od 16,2 lat do 18,3 lat (tab. 2). Najszybciej biologiczne zabezpieczenie osiągnęła jodła na siedlisku LMw, w którym poszczególne drzewka dorastały do 0,5 m w wieku 8-27 lat, a najpóźniej na siedlisku LMśw, dopiero w wieku 40 lat. Największą zmienność badanego parametru stwierdzono właśnie na siedlisku LMśw ($v_{\%}$ = 42,8).

Analiza statystyczna nie wykazała istotnego wpływu fazy rozwoju lasu na tempo wzrostu podrostu jodłowego w fazie nalotu (F -ratio = 1,454; P_{α} = 0,209). Drzewka zaliczone do różnych warstw wysokościowych w fazie nalotu rosły w podobnym tempie. Średnie tempo osiągnięcia wysokości 0,5 m w zależności od fazy rozwoju lasu wahało się od 16,8 do 24 lat. Najszybciej wysokość 0,5 m osiągały jodełki w fazie optymalnej i odnowienia. W fazie rozpadu wysokość biologicznego zabezpieczenia była osiągnięta w najkrótszym okresie czasu, tzn. w ciągu 9 lat, między 14 a 23 rokiem życia. Natomiast w fazie młodocianej jodła potrzebowała najdłuższego czasu do osiągnięcia wysokości 0,5 m, średnio 24 lata, a rozpiętość wieku w próbie wynosiła 15-36 lat. Test LSD wykazał, że warunki wzrostu nalotu w fazie młodocianej były istotnie gorsze niż w fazie optymalnej i odnowienia. Najmniejszą zmiennością tempa wzrostu charakteryzowały się jodełki w fazie rozpadu ($v_{\%}$ = 26,7), natomiast największą w fazie starzenia ($v_{\%}$ = 48,9). Oznacza to, że pojedyncze egzemplarze pod okapem zwartych drzewostanów rosną wolno i czekają na poprawę warunków świetlnych.

Tabela 2

Table 2

Charakterystyka wzrostu jodeł w fazie nalotu

Growth features of the fir seedlings

Warunki wzrostu Growth conditions	\bar{x}_1^*	δ_n	$v\%$	$x_{min} - x_{max}$ (lata) (years)
Siedlisko: Site type:				
BMśw**	16,8	5,96	35,5	8-37
LMśw**	18,3	7,83	42,8	7-40
LMw**	16,2	5,35	33,1	8-27
Faza: Phase:				
optymalna optimal	16,8	6,19	36,8	7-40
starzenia terminal	19,2	9,37	48,9	12-37
rozpadu decay	17,7	4,73	26,7	14-23
odnowienia regeneration	16,8	6,35	37,9	8-39
przerębowa plenter	17,9	7,94	44,6	7-37
młodociana youth	24,0	8,25	34,4	15-36
Kategoria: Category				
1	17,4	7,97	45,9	7-37
2	17,6	6,78	38,6	8-39
3	24,2	10,24	42,4	13-37
4	17,7	4,72	26,7	14-23
5	17,1	5,73	33,6	8-27
6	15,0	6,61	44,0	7-27
7	18,5	8,01	43,4	8-40
8	17,4	6,26	35,9	8-30
9	14,3	2,74	19,1	11-19

* \bar{x}_1 – średni wiek osiągnięcia wysokości 0,5 m; δ_n – odchylenie standardowe; $v\%$ – współczynnik zmienności; $x_{min}-x_{max}$ – wartości minimalna i maksymalna wieku osiągnięcia wysokości nalotu

* \bar{x}_1 – average age of reaching the height of 0.5 m; δ_n – standard deviation; $v\%$ – variability coefficient; $x_{min}-x_{max}$ – the minimal and maximal age of reaching the height of 0.5 m

** BMśw – fresh mixed coniferous forest, LMśw – fresh mixed broad-leaved forest, LMw – moist mixed broad-leaved forest

Test Fishera nie wykazał istotnego wpływu składu gatunkowego drzewostanów na przebieg wzrostu podrostu jodłowego w fazie nalotu (F -ratio = 1,247; $P_\alpha = 0,276$). Tempo osiągnięcia wysokości 0,5 m było podobne we wszystkich kategoriach drzewostanów i wynosiło średnio od 14,3 do 24,2 lat. Najszybciej rosły jodełki w drzewostanach z niewielkim udziałem jodły (do 10%) i przewagą gatunków liściastych (kategoria 9). Tempo osiągnięcia wysokości 0,5 m wynosiło

w tym wypadku 11-19 lat (średnio 14,3 lat). Wzrost jodełek w tej kategorii drzewostanów charakteryzował się najmniejszą zmiennością ($v_{\%} = 19,1$). Najwolniej rosły jodełki w drzewostanach jodłowych z domieszką grabu (kategoria 3), a ich średni wiek osiągnięcia biologicznego zabezpieczenia wynosił 24,2 lata. Test LSD wykazał, że tempo wzrostu w tych drzewostanach było istotnie wolniejsze niż w pozostałych drzewostanach z wyjątkiem kategorii 4 i 7. Drzewostany mieszane z udziałem jodły 20-40% (kategorie 5-6) stwarzały podobne warunki wzrostu. Jodełki w zależności od warunków świetlnych dorastały do wysokości 0,5 m najszybciej w wieku 7-8 lat. Największą zmiennością charakteryzowały się jodełki w drzewostanach z udziałem grabu oraz domieszką gatunków liściastych (kategoria 3, 6 i 7).

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ zwarcia na wzrost jodeł do wysokości 0,5 m (F -ratio = 2,341; $P_{\alpha} = 0,02$). W drzewostanach o zwarcu $\geq 0,8$ średni wiek dorastania do wysokości 0,5 m wahał się od 15,3 do 24,2 lat. W drzewostanach o zwarcu $\leq 0,7$ średni wiek wzrastania do wysokości 0,5 m mieścił się w przedziale 14,0-18,6.

3.2. Przebieg wzrostu jodły do wysokości 1,3 m

W rezerwacie Jata średnia liczba lat potrzebna jodełkom do przejścia z fazy nalotu i osiągnięcia wysokości pierśnicy wynosi 25,6 lat. Poszczególne egzemplarze w zależności od warunków w jakich wzrastały potrzebują od 10 do 54 lat, żeby osiągnąć tę wysokość (tab. 3).

Test Fishera wykazał, że tempo wzrostu jodły do wysokości pierśnicy zależy od warunków siedliskowych (F -ratio = 3,43; $P_{\alpha} = 0,03$). Najszybciej rosły jodełki na siedlisku BMśw; wysokość 1,3 m osiągnęły mając 23,6 lat, przy czym dla poszczególnych egzemplarzy wiek ten wahał się od 10-45 lat. Podobnym tempem wzrostu do wysokości 1,3 m charakteryzowały się jodły na siedlisku LMw. Natomiast najwolniej rosły jodełki na siedlisku LMśw, a ich tempo osiągnięcia wysokości pierśnicy istotnie różniło się od tempa wzrostu jodeł na siedlisku BMśw. W zależności od warunków wzrostu na omawianym siedlisku jodły potrzebowały od 11 do 54 lat, średnio 27,6 lat, żeby osiągnąć wysokość pierśnicy.

Różnice w tempie wzrostu jodły do wysokości pierśnicy w zależności od fazy rozwoju lasu okazały się statystycznie nieistotne (F -ratio = 2,07; $P_{\alpha} = 0,07$). Średni wiek osiągnięcia przez jodły wysokości 1,3 m wahał się od 24 do 34 lat w zależności od fazy rozwoju lasu. Podobnie jak w fazie nalotu, najwolniej rosły jodły w fazie młodocianej, w której poszczególne osobniki osiągały wysokość 1,3 m w wieku 25-41 lat, średnio 34 lat. Jednocześnie w tej fazie stwierdzono najmniejsze zróżnicowanie struktury wiekowej ($v_{\%} = 22$). Tempo wzrostu jodeł w fazie młodocianej było istotnie wolniejsze niż w fazie odnowienia i przerębowej. Najszybciej do wy-

Tabela 3
Table 3

Charakterystyka wzrostu jodeł do wysokości 1,3

The features of fir growth to the height of 1,3 m

Warunki wzrostu Growth condition	\bar{x}_2^*	δ_n	$v\%$	$x_{\min}-x_{\max}$ (lata) (years)
Siedlisko: Site type:				
BMśw**	23,6	7,04	29,9	10-45
LMśw**	27,6	9,53	34,6	11-54
LMw**	25,0	6,91	27,7	10-37
Faza: Phase				
optymalna optimal	27,0	8,72	32,3	14-52
starzenia terminal	26,3	9,18	34,9	16-43
rozpadu decay	26,7	11,6	43,5	19-40
odnowienia regeneration	24,0	7,93	33,1	10-54
przerębowa plenter	25,8	7,48	29,0	13-45
młodociana youth	34,0	7,48	22,0	25-41
Kategoria: Category				
1	27,6	8,25	29,9	16-45
2	27,6	10,35	37,5	10-54
3	31,3	8,82	28,2	21-43
4	26,7	11,59	43,5	19-40
5	23,8	6,26	26,3	11-37
6	24,5	8,01	32,7	13-37
7	26,6	11,67	43,9	10-52
8	24,1	7,56	31,3	12-42
9	23,4	6,17	26,3	16-34

* \bar{x}_2 – średni wiek osiagania wysokości 1,3 m; δ_n – odchylenie standardowe; $v\%$ – współczynnik zmienności; $x_{\min}-x_{\max}$ – minimalny i maksymalny wiek osiagania wysokości pierśnicy

* \bar{x}_1 – average age of reaching the height of 1.3 m; δ_n – standard deviation; $v\%$ – variability coefficient; $x_{\min}-x_{\max}$ – the minimal and maximal age of reaching the height of 1.3 m

** Designations as in the Table 2

sokości pierśnicy dorastały jodełki w fazie odnowienia, średnio w wieku 24 lat, jednak tempo wzrostu poszczególnych osobników było bardzo zróżnicowane. W zależności od warunków mikrosiedliskowych jodełki osiągały wysokość 1,3 m w wieku od 10 do 54 lat. Podobnie rosły jodełki w fazie optymalnej, starzenia i rozpadu, osiagając wysokość pierśnicy przeciętnie w wieku 26-27 lat, przy czym największą zmiennością charakteryzowały się w fazie rozpadu ($v\% = 43,5$).

W drzewostanach rezerwatu Jata nie stwierdzono wpływu składu gatunkowego na tempo wzrostu podrostu jodłowego do wysokości pierśnicy (F -ratio = 1,06; $P_\alpha = 0,40$). Natomiast zaobserwowano tendencję wolniejszego wzrostu jodły w drzewostanach o większym udziale jodły. Najwolniej rosły jodełki w drzewostanach z przeważającym udziałem jodły (kategoria 2-3), w których średni wiek osiągnięcia wysokości 1,3 m wynosił 28,5 roku. Poszczególne egzemplarze osiągały wysokość 1,3 m w wieku od 10 do 54 lat. Najszybciej rosły jodły w drzewostanach z udziałem jodły nie przekraczającym 10% (kategoria 8-9). Średni wiek dorastania do wysokości pierśnicy wynosił 23,7 lat, a poszczególne osobniki osiągały tę wysokość w wieku 12-42 lat. Natomiast w litych drzewostanach jodłowych średni wiek dorastania do wysokości 1,3 m wynosił 16-45 lat, średnio 27,6 lat. Największą zmienność warunków wzrostu odnowienia jodłowego stwierdzono w drzewostanach z domieszką grabu (kategoria 4 i 7), w których współczynnik zmienności wynosił odpowiednio 43,5 i 43,9%.

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ zwarcia na wzrost jodeł do wysokości 1,3 m (F -ratio = 2,72; $P_\alpha = 0,006$). W drzewostanach o zwarcu $\geq 0,8$ średni wiek dorastania do wysokości pierśnicy wynosił od 23,9 do 36 lat i był większy niż w drzewostanach charakteryzujących się luźniejszym zwarcem (21,9 do 25,5 lat).

Wskaźnikiem tempa przyrostu jodełek po wyjściu z fazy nalotu jest także liczba lat potrzebna im na pokonanie przedziału wysokości od 0,5 do 1,3 m. Zależnie od warunków świetlnych pod okapem drzewostanu, położenia biosocjalnego i właściwości osobniczych liczba ta wahała się od 2 do 31 lat, średnio 8,2 lat.

Test Kruskala-Wallisa wykazał, że tempo przechodzenia jodły z fazy nalotu do fazy podrostu zależy tylko od warunków siedliskowych ($T = 7,984$; $P_\alpha = 0,02$). Najszybciej pokonywały ten przedział jodły rosnące na siedlisku BMśw (6,8 lat), najwolniej na siedlisku LMśw (9,3 lat). Faza rozwoju lasu nie wpływała istotnie na tempo przechodzenia jodły z fazy nalotu w fazę podrostu, chociaż w fazie optymalnej nalot potrzebuje średnio 10,2 lat na osiągnięcie wysokości 1,3 m, a w fazie starzenia i odnowienia 7,2 lat. W pozostałych fazach liczba ta wynosiła 9-9,2 lat.

Skład gatunkowy drzewostanu nie miał istotnego wpływu na tempo przechodzenia jodły z nalotu w podrost. Średnia liczba lat potrzebna drzewkom na pokonanie tej wysokości wynosiła od 6,7 do 10,2 lat w zależności od kategorii drzewostanu. Wydaje się, że tempo przechodzenia jodeł z nalotu do podrostu zależy od udziału jodły w składzie gatunkowym drzewostanu. Im wyższy udział jodły w składzie gatunkowym drzewostanu tym wolniejsze tempo wzrostu podrostu jodłowego. W litych drzewostanach jodłowych liczba lat potrzebna na pokonanie wysokości 0,5-1,3 m wynosiła 10,2 lat, w drzewostanach z przewagą jodły 8,7 lat, w drzewostanach mieszanych o udziale jodły 20-40% 8,1 lat, a w drzewostanach z niewielkim udziałem jodły 7,9 lat.

3.3. Empiryczny model wzrostu wysokości odnowienia jodłowego

Poszukując funkcji wzrostu wysokości drzew zakłada się, że powinna ona spełniać kilka kryteriów. Funkcja ta powinna być stale rosnąca, przechodzić przez początek układu współrzędnych oraz mieć kształt zbliżony do wydłużonej litery S (ZAKRZEWSKI 1982). W literaturze istnieje wiele funkcji opisujących tę zależność (JEDNORALSKI 1983, ZASADA 1995). W prezentowanych badaniach przyjęto następującą funkcję:

$$y = \left(\frac{x}{ax + b} \right)^2$$

gdzie:

x – wiek drzewa,

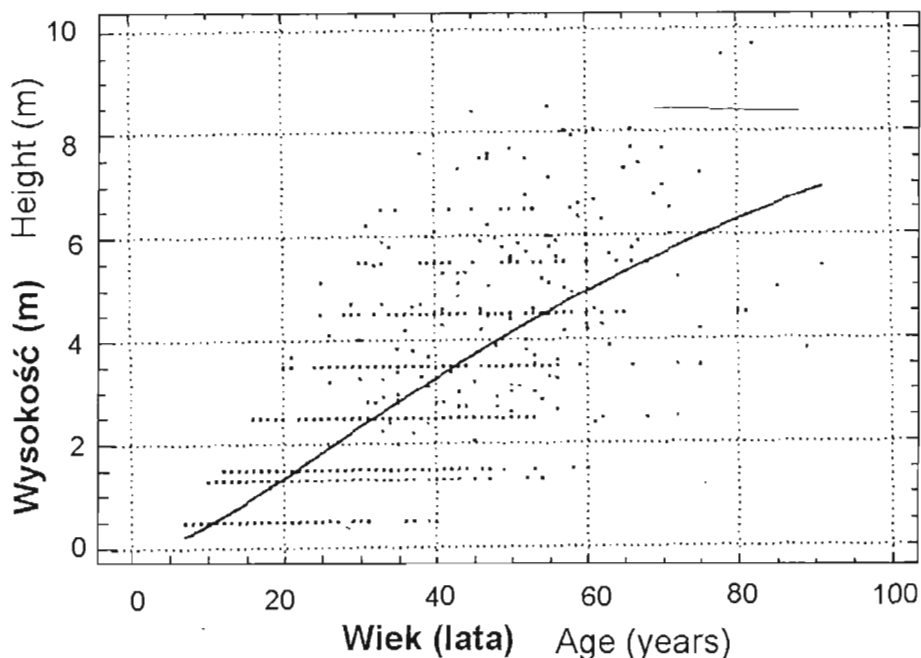
a , b – współczynniki równania.

Metodą najmniejszych kwadratów określono współczynniki równania dla wszystkich badanych drzew i uzyskano funkcję następującej postaci:

$$y = \left(\frac{x}{0,2409x + 12,4203} \right)^2$$

Przy wyborze funkcji wzrostu odnowienia jodłowego w rezerwacie Jata kierowano się prostotą funkcji, możliwością biologicznej interpretacji współczynników równania, a przede wszystkim modelem wzrostu jodły. Przedstawiony model opisuje rzeczywistość w następujący sposób: tempo wzrostu jodeł jest wprost proporcjonalne do wysokości, a odwrotnie proporcjonalne do kwadratu wysokości drzew. Parametr $a \left(\frac{1}{a^2} \right)$ jest asymptotą opisanej funkcji, natomiast parametr $b \left(\frac{b}{2a} \right)$ – punktem przegięcia zwrotnym, a więc miejscem, w którym tempo wzrostu wysokości odnowienia jodły zaczyna rosnać. Pierwszy odcinek, charakteryzujący się powolnym wzrostem, aż do punktu zwrotnego jest fazą młodości, a następny fazą pełni sił (ASSMANN 1968).

Na rycinie 1 przedstawiono zależność wysokości podrostów jodłowych od ich wieku, określoną na podstawie analizy strzał. Krzywa wzrostu wysokości jodły charakteryzuje się kształtem zbliżonym do litery S. Początkowo krzywa wzrasta umiarkowanie, potem wykazuje bardziej stromy przebieg. Z przedstawionej krzywej wzrostu jodeł na terenie rezerwatu Jata wynika, że wiek podrostu był bardzo zróżnicowany i wahał się od 21 do 91 lat. Powolny wzrost odnowienia



Ryc. 1. Krzywa wzrostu odnowienia jodły

Fig. 1. The curve of fir regeneration growth

jodłowego (punkt zwrotny krzywej) kończy się w wieku 25,7 lat, a zatem w wieku osiągania przez podrost jodłowy wysokości 1,3 m. Po osiągnięciu przez odnowienie wysokości pierśnicy następuje okres szybszego wzrostu na wysokość. Wzrost odnowień jodły jest bardzo zmienny i zależy od warunków środowiska. Indywidualne wymagania drzew i ich zmienne stanowisko w strukturze podrostu powodują zakłócenia w przebiegu wzrostu drzew.

4. DYSKUSJA

Przebieg wzrostu odnowień jodły jest bardzo zmienny, ponieważ podrost jodłowy może znosić ocienienie nawet przez kilkadziesiąt lat, nie tracąc żywotności i zachowując przez długi czas zdolność do szybkiego wzrostu na wysokość (JAWORSKI, ZARZYCKI 1983). W wieku 10-15 lat jodła jest najwolniej rosnącym drzewem (JAWORSKI 1995). Jodła jest gatunkiem, którego wzrost jest bardzo uzależniony od warunków świetlnych (ASSMANN 1968). Z badań wielu autorów wynika, że wzrost odnowienia jodłowego przebiega najlepiej pod osłoną drzewostanu (MAYER 1979; ASSMANN 1968). Zdolność naturalnego odnawiania się, a także właściwości ekologiczne gatunku powodują, że w drzewostanach z udziałem jodły występuje bardzo duże zróżnicowanie wysokości i wieku poszczególnych drzew (JAWORSKI 1979; JAWORSKI, ZARZYCKI 1983).

Analiza wzrostu odnowień jodłowych na terenie rezerwatu Jata wskazuje, że w przeszłości drzewostany te charakteryzowały się silnym zwarcie okapu. W silnie zwartych młodnikach jodłowych tempo osiągnięcia wysokości 0,5 m było szczególnie wolne. Oznacza to, że tempo wzrostu w młodości zależy przede wszystkim od zwarcia drzewostanów, a także rozmieszczenia osobników juwenilnych na powierzchni. W drzewostanach o dużym zwarcie, łanowo rozmieszczone osobniki juwenilne rosną wolniej, niż rozmieszczone pojedynczo. O szybkości wzrostu drzewek w fazie nalotu decyduje przede wszystkim dostęp światła oraz warunki mikrosiedliskowe. Tempo wzrostu na wysokość poszczególnych osobników w fazie nalotu ma ogromne znaczenie dla ich przyszłego wzrostu i rozwoju. To właśnie w tym okresie jodełki narażone są na konkurencję z roślinnością zielną i krzewiastą, a także na działanie czynników abiotycznych: przymrozków i nadmiernej insolacji. Tempo wzrostu jodły w fazie nalotu decyduje też o szybkości wyrastania jej poza zasięg zwierzyny. W rezerwacie Jata młode pokolenie jest szczególnie wrażliwe na późne przymrozki. Naloty jodłowe są również narażone na szkody powodowane przez zwierzynę płową. Jodełki pod okapem drzewostanu macierzystego wzrastają wolniej niż odnowienia odsłonięte. Nie występują istotne różnice w tempie wzrostu nalotów w zależności od warunków siedliskowych, co potwierdza tezę LEIBUNDGUTA (1972), że wpływ siedliska na wzrost wysokości drzew leśnych zaznacza się dopiero w starszych klasach wieku. Potwierdziły to także badania GAZDY (1988), wskazując na brak wpływu warunków siedliskowych na tempo wzrostu nalotów jodłowych. Natomiast w fazie podrostu następuje wzmożony wzrost na wysokość i różnicowanie wysokościowe drzew. Tempo wzrostu uzależnione jest od właściwości genetycznych osobników oraz warunków mikrosiedliskowych. Z reguły im lepsze siedlisko, tym kulminacja przyrostu wysokości następuje szybciej (ASSMANN 1968), co potwierdziły badania w rezerwacie Jata, w którym najszybszym wzrostem charakteryzowały się jodły na siedlisku LMw.

Okres przebywania podrostu pod okapem drzewostanu jest istotną sprawą dla wzrostu i rozwoju odnowienia jodłowego. Ze względów hodowlanych, jak wynika z badań licznych autorów, jodła do prawidłowego wzrostu w późniejszym wieku wymaga długiego okresu przebywania pod okapem drzewostanu (LEIBUNDGHUT 1972). Weck, na podstawie prawa Backmana sugeruje, że drzewa wyrosłe w młodości pod okapem wzrastają później dłużej i osiągają większą wysokość końcową, niż drzewa wyrosłe za młodu bez osłony górnej (ASSMANN 1968). Wyniki badań w rezerwacie Jata potwierdzają tę tezę. Otóż największą liczebnością, a także najlepszym wzrostem i przyrostem wysokości charakteryzowała się jodła na siedlisku LMśw (DOBROWOLSKA 1996), gdzie stwierdzono jednocześnie jej najwolniejszy wzrost w młodości. W niekorzystnych warunkach świetlnych, w pobliżu silnie ocieniających drzew liściastych jodła rośnie wolno.

Znajomość wieku podrostu oraz jego wzrostu na wysokość są pomocne przy ustalaniu okresu odnowienia. Wiek podrostu jodłowego w rezerwacie Jata wahał się w bardzo szerokich granicach (średni wiek podrostu o wysokości 4,5 m wynosił 45 lat). Podobne rezultaty uzyskał JAWORSKI (1979) w drzewostanach jednopiętrowych i przerębowych w Karpatach i Sudetach. Badania BERNADZKIEGO i SZEREMETTI (1976) prowadzone w Górach Świętokrzyskich wskazują na konieczność utrzymywania długiego okresu odnowienia dla tego gatunku – do około 60 lat. Przedstawione wyniki badań pozwalają postulować utrzymanie długiego okresu odnowienia (nawet do 60 lat) także na terenach nizinnych. W rezerwacie Jata odnowienie jodły jest narażone na działanie przymrozków, a także na szkody powodowane przez zwierzynę płową. Należy zatem unikać zbyt wczesnego odślaniania odnowień, a stosowanie długiego okresu odnowienia i dostosowanie tempa cięć odślaniających do wymagań tego gatunku przyczyni się do zapobiegania lub zmniejszenia wyżej wymienionych szkód.

5. WNIOSKI

1. Jodła na nizinie charakteryzuje się powolnym wzrostem w młodości oraz ogromnym zróżnicowaniem wieku w zależności od warunków siedliskowych.

2. W terenach nizinnych należy utrzymywać długi okres odnowienia jodły, nawet do 60 lat.

3. W fazie nalotu tempo wzrostu odnowień jodły nie zależy od siedliska, fazy rozwoju lasu i składu gatunkowego drzewostanów, natomiast czynnikiem decydującym o przebiegu wzrostu jest zwarcie drzewostanu.

4. Na przebieg wzrostu podrostów jodłowych wpływają warunki siedliskowe oraz zwarcie drzewostanu.

5. Szybszym wzrostem charakteryzują się jodły na siedlisku boru mieszanego świeżego i lasu mieszanego wilgotnego, a wolniejszym na siedlisku lasu mieszanego świeżego.

6. Punktem zwrotnym w tempie wzrostu podrostu jest wiek 26 lat, czyli wiek osiągania przez podrost jodłowy wysokości 1,3 m.

GROWTH ANALYSIS OF SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) NATURAL REGENERATION IN THE JATA RESERVE

Summary

This paper presents the growth rate of fir regeneration in the lowlands. The study was conducted on 48 sample plots in the Jata reserve. The aim of the study was to examine the dynamics of height growth of fir natural regeneration under three site types, various phases of forest development and different stand species composition. The function of height growth for fir natural regeneration is also presented.

In the Jata reserve firs grow up to 0.5 m for 7-40 years, average 17.3 years. It was found that site type and phases of forest development do not influence on the growth rate of fir seedlings; their growth rate depends only on stand density. Fir needs 10-54 years to attain the height of 1.3 m. The quickest height growth of fir saplings was found in the regeneration phase, but growth of particular individuals was very differential in all phases. Stand species composition did not influence on the growth of fir saplings, however the tendency of slower growth under a canopy with higher share of fir was observed.

There are a lot of functions of tree height growth (JEDNORALSKI 1983, ZASADA 1995), but the best one for the growth of fir natural regeneration was following:

$$y = \left(\frac{x}{0,2409x + 12,4203} \right)^2$$

where:

y – age function,

x – tree age,

a, b – parameters of equation.

The age of fir saplings growing in the Jata reserve was from 21 to 91 years. It was found that the slow growth of fir regeneration finishes in the age of 26 year, when fir attains the height of 1.3 m, and then begins the period of quicker growth of this species which depends on the microsite conditions.

PIŚMIENNICTWO

- ASSMANN 1968: Nauka o produktyjności lasu. PWRiL, Warszawa.
- BERNADZKI E., SZEREMETTI B. 1976: Okres odnowienia jodły na siedlisku lasu mieszanego w Górach Świętokrzyskich. Sylwan, 3: 47.
- DOBROWOLSKA D. 1996: Dynamika odnowienia naturalnego jodły pospolitej *Abies alba* Mill. w zasięgu wyspowym na Podlasiu na przykładzie rezerwatu Jata. maszyn. SGGW.
- GAZDA M. 1988: Przebieg wzrostu naturalnych odnowień jodły (*Abies alba* Mill.) w różnych warunkach środowiska. Sylwan, 2: 39-48.
- GUNIA S. 1964: Struktura i cechy morfologiczne naturalnych odnowień jodły na granicy jej zasięgu na terenie Wyżyny Łódzkiej z uwzględnieniem ich roli w przemianie składu gatunkowego drzewostanów. maszyn. SGGW, Warszawa.
- JAWORSKI A. 1979: Wzrost i żywotność podrostów jodły (*Abies alba* Mill.) w drzewostanach o różnej strukturze, na przykładzie wybranych powierzchni w Karpatach i Sudetach. Acta Agr. Silv., Ser. Silv., 18: 81-102.
- JAWORSKI A. 1995: Charakterystyka hodowlana drzew leśnych. Gutenberg, Kraków.

- JAWORSKI A., ZARZYCKI K. 1983: Ekologia. W: Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.). PWN, Warszawa-Poznań. 317-430.
- JEDNORALSKI G. 1983: Wzrost wysokości jodły w gniazdach na terenie LZD Rogów. maszyn. SGGW, Warszawa.
- LEIBUNDGUT H., 1972. Pielęgnowanie drzewostanów. Warszawa, PWRiL.
- MAYER H. 1979: Zur waldbaulichen Bedeutung der Tanne im mitteleuropäischen Bergwald. Forst. u. Holzwirt., 16: 1-10.
- SZYMAŃSKI S., MODRZYŃSKI J. 1973: Określenie wieku potrzebnego do osiągnięcia przez świerk wysokości pierśnicy na różnych wzniesieniach nad poziomem morza. Sylwan, 1:11-24.
- ZAKRZEWSKI W. 1982: Wzrost wysokości świerka w drzewostanach świerkowo-sosnowych północno-wschodniej Polski. Rozpr. dok., maszyn. SGGW.
- ZASADA M, 1995: Empiryczny model wzrostu wysokości jodły. Sylwan, 5: 71-77.