

Tadeusz ZACHARA

Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Hodowli Lasu
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 R. nr 3, 00-973 Warszawa

WŁAŚCIWOŚCI WZROSTOWE ODNOWIEŃ NATURALNYCH JODŁY W DRZEWOSTANACH O RÓŻNEJ STRUKTURZE

GROWTH CHARACTERISTICS OF FIR NATURAL REGENERATION IN
DIFFERENT STAND STRUCTURES

Abstract. *Investigations have been performed on several permanent plots established close to the natural silver fir distribution range in the lowlands of central Poland. Stands differ in storey structure and species composition. The number of sample trees from fir new growth and up growth have been measured. Annual height increment and so called "light factor" (relation between annual height increment of main shoot and mean increment of lateral shoots) of sample trees in last five years of growth have been analysed. These characteristics of growth are presented according to: height class, maternal stand density and following calendar year. It is stated that height class is the most important factor which determines growth dynamics of young trees. Weather conditions during the vegetation season also play an important role.*

Key words: *silver fir, natural regeneration, stand structure, light factor.*

1. WSTĘP

Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) należy do ważniejszych gatunków lasotwórczych w naszym gospodarstwie leśnym. Równocześnie jest spośród nich najbardziej wrażliwa na niekorzystne zmiany środowiska leśnego, takie jak odwodnienia terenu, imisje przemysłowe, niewłaściwe sposoby zagospodarowania. Stwarza to potrzebę podejmowania studiów i badań nad metodami odnowienia i pielęgnowania tego gatunku umożliwiającymi utrzymanie jego znaczącego udziału w naszych lasach. Wiele prac poświęcono hodowli drzewostanów jodłowych i mieszanych z udziałem jodły na terenach górskich i podgórskich. Wydaje się jednak, że w warunkach stwierdzonej regresji należy baczniejszą uwagę zwrócić na problemy hodowli jodły w pobliżu granicy naturalnego zasięgu lub nawet poza nią, gdzie obserwuje się często bardzo dużą dynamikę wzrostową jodły odnawianej naturalnie lub sztucznie (GUNIA 1985, MAGNUSKI 1975, 1993). Wyniki badań właściwości wzrostowych jodły w drzewostanach o różnej strukturze mogą przyczynić się do zwiększenia udziału tego gatunku na terenach, gdzie dotąd nie występował, lub jego udział był nieznaczny. Jest to o tyle istotne, że równocześnie obserwuje się zmniejszenie udziału jodły w niektórych regionach, zwłaszcza w górach (BERNADZKI 1983, GRANICZNY 1985, ZAWADA 1978).

2. CEL PRACY

Niniejsza praca stanowi fragment badań nad wzrostem odnowień w drzewostanach z udziałem jodły* (ZACHARA 1996). Ich celem było ukazanie właściwości wzrostowych odnowienia jodły w różnych warunkach drzewostanowych Polski niżowej i wyżynnej oraz wyciągnięcie wniosków co do zasad zagospodarowania drzewostanów z udziałem jodły w tych warunkach. W szczególności należało odpowiedzieć na wyrażane przez praktyków wątpliwości co do słuszności ogólnych zasad dotyczących długości okresu odnowienia (40-70 lat) w warunkach nizinnych, a także odnieść się do problemów związanych z hodowlą drzewostanów mieszanych z udziałem jodły i dębu. Są to ważne zagadnienia ponieważ istnieje tendencja do szybszego odsłaniania odnowienia z powodu domniemanej obniżonej cienioznośności jodły w pobliżu granicy zasięgu. W praktyce są również trudności z utrzymaniem mieszanego składu gatunkowego z powodu słabego odnowienia któregoś z gatunków lub nadmiernej konkurencji między

* Badania realizowane przez Zakład Hodowli Lasu Instytutu Badawczego Leśnictwa w ramach tematu badawczego nr BLP – 532 na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych.

nimi (GRANICZNY 1975). Przyjęto hipotezę roboczą, zgodnie z którą ogólne zasady odnowienia przyjęte dla jodły mają zastosowanie także w drzewostanach rosnących na niżu.

3. OBIEKTY BADAWCZE

Do badań wybrano drzewostany modelowe, różniące się strukturą i składem gatunkowym: jednopiętrowy jodłowy (obiekt Janów), jednopiętrowy sosnowy z niewielką domieszką jodły (obiekt Łuków), mieszany jodłowo-dębowy w klasie odnowienia (obiekt Pionki), wielopiętrowy jodłowy (obiekt Skarżysko) i wielopiętrowy mieszany (obiekt Mienia). Poniżej zamieszczono krótką charakterystykę obiektów badawczych.

Obiekt Pionki – Nadl. Kozienice, leśn. Podgóry, oddz. 171d, rezerwat częściowy “Pionki”. Powierzchnia została założona w 1992 roku w drzewostanie rosnącym na siedlisku Lśw o składzie 8 Db 2 Jd. Średni wiek dla dębu wynosił 180 lat, a jodły 85 lat, pojedynczo występowały jodły VI klasy wieku oraz sosny V klasy wieku. Zwarcie było przerywane, miejscami luźne. W podroście pokrywającym 40% powierzchni występowała przede wszystkim jodła i dąb. Drzewostan zagospodarowany sposobem przerębowo-zrębowym jest w trakcie cięć odsłaniających. Część drzew usunięto po pierwszym pomiarze. Powierzchnia zajmuje obszar 0,72 ha.

Obiekt Łuków – Nadl. Łuków, leśn. Jagodne, oddz. 93b w sąsiedztwie rezerwatu częściowego “Topór”. Powierzchnia założona została w 1993 roku, w 80-letnim drzewostanie sosnowym z domieszką jodły rosnącym na siedlisku BMśw. Zwarcie drzewostanu było umiarkowane. Miejscami występowało dolne piętro złożone z jodły, dębu i dębu czerwonego. Rozwijał się dynamicznie podrost jodłowy pochodzący od nielicznych jodeł górnego piętra. Powierzchnia zajmuje obszar 0,64 ha.

Obiekt Mienia – Nadl. Mińsk Mazowiecki, leśn. Mienia, oddz. 246b, rezerwat częściowy “Jedlina”. Powierzchnia założona została w 1993 roku w drzewostanie wielopiętrowym o składzie 4 Jd 2 Db (140 lat) 3 Os 1 Brz (46 lat). W drzewostanie o zróżnicowanym zwarciu poziomym i pionowym występował przygłuszony podrost jodłowy. Powierzchnia zajmuje obszar 0,6 ha.

Obiekt Janów – Nadl. Janów Lubelski, leśn. Pikule, oddz. 112d. Powierzchnia została założona w 1979 roku, odnowiona w 1993 roku w nieco zmienionych granicach. Znajduje się ona w jednopiętrowym drzewostanie o składzie 7 Jd 1 So 1 Db (83-100) 93 l 1 Jd (48-68) 58 l o zwarcium umiarkowanym, na siedlisku LMśw. Sporadycznie występują kępy podrostu jodłowego. Na krótko przed odnowieniem powierzchni zostało wykonane cięcie o charakterze trzebieży późnej, po którym wystąpił masowy pojaw nalotu jodłowego, jak również silne

zakrzewienie powierzchni jeżyną, kruszyną i jarzębiną. Powierzchnia zajmuje obszar 0,4 ha.

Obiekt Skarżysko – Nadl. Skarżysko, leśn. Ciechostowice, oddz. 109a. Powierzchnia założona została w 1984 roku w wyłączonym drzewostanie nasien-
nym, odnowiona w 1994 roku. Drzewostan rosnący na siedlisku LMwyż. charak-
teryzuje się składem 7 Jd 2 So 1 Md, średnim wiekiem 101 lat, zwarcie-
m przerywanym, miejscami luźnym. Na około 50% powierzchni wykształciło się
dolne piętro, składające się niemal wyłącznie z jodły. Wielkość powierzchni
wynosi 0,96 ha.

4. METODYKA BADAŃ

Każda z powierzchni została podzielona na działki o powierzchni 4a (kwatery kontrolne), które zostały opaliskowane na rogach. Drzewa powyżej 5 cm pierśnicy zostały pomierzone w dwóch kierunkach na krzyż, a także oznakowane numerem (lub odnowiono stare numery), z trwałym zaznaczeniem miejsca pomiaru pierśnicy. Określono przynależność drzew do górnego lub dolnego piętra drzewostanu.

Przeprowadzono inwentaryzację odnowień jodły oraz towarzyszących gatunków drzewiastych i krzewiastych na kołowych poletkach pomiarowych w ustalonych miejscach. Na każdej kwaterze znajdowało się 5 poletek o powierzchni 8 m² każde, co pozwoliło objąć pomiarami 10 % powierzchni. Notowano wszystkie naloty i podrosty w 4 klasach wysokości:

- 1) do 0,5 m,
- 2) od 0,5 do 1 m,
- 3) od 1 do 2 m,
- 4) od 2 do 5 m.

Ponieważ o warunkach wzrostu odnowienia najlepiej świadczy czynnik świetlny, czyli stosunek ostatniego przyrostu pędu głównego do średniego przyrostu pędu bocznego w danym okółku (BERNADZKI 1967, FABIJANOWSKI i in. 1974, JAWORSKI 1983, 1984, NIEMTUR 1996), miarę tę wykorzystano do porównywania właściwości wzrostowych odnowień jodły w różnych warunkach drzewostanowych.

Do szczegółowych pomiarów brano na każdej działce systematycznie co piąte drzewko w danej klasie wysokości. Na wybranych w ten sposób drzewkach pomierzono 5 ostatnich przyrostów pędu głównego oraz przyrostów pędów bocznych danego okółka. Określano również wiek tych drzewek.

Po wykonaniu pomiarów drzewostanu obliczono pole przekroju całego drzewostanu dla każdej kwatery. Na podstawie inwentaryzacji nalotów i podrostów obliczono sumy wysokości odnowień (BERNADZKI 1967) dla wszystkich gatunków oraz dla samej jodły. Dokonano zestawienia wyników ze wszystkich powierzchni. Wyniki pomiarów wylosowanych podrostów poddano analizie statystycznej.

Dla każdej powierzchni wyliczono zależność między wiekiem i wysokością odnowień, korzystając z równań regresji krzywoliniowej. Zależność przedstawiono za pomocą funkcji potęgowej:

$$h = a w^b$$

gdzie:

h – wysokość w cm,

w – wiek w latach,

a , b – wyliczone współczynniki.

Dla powierzchni Pionki, Łuków, Mienia i Skarżysko przeprowadzono trójczynnika analizę wariancji rocznych przyrostów wysokości odnowień jodły oraz wartości ich czynnika świetlnego. Jako źródła zmienności traktowano klasę wysokości, rok kalendarzowy i poziom pola przekroju drzewostanu. Wyróżniono 3 poziomy pola przekroju, aby uzyskać zbliżone liczebności obserwacji:

1) do 20 m²/ha,

2) od 20 do 30 m²/ha,

3) ponad 30 m²/ha.

Przeprowadzenie tej analizy na powierzchni Janów nie było możliwe ze względu na zbyt małą liczbę odnowień wyższych klas wysokości (przeważał młodszy nalot). Na powierzchniach Pionki, Mienia i Skarżysko dane należało transformować, aby uzyskać rozkłady zbliżone do normalnego. Normalność rozkładów sprawdzano za pomocą testu chi-kwadrat. Przy przekształcaniu rozkładów przyrostów wysokości korzystano z funkcji pierwiastkowej, a do transformacji rozkładów czynnika świetlnego używano funkcji logarytmicznej. Analizy wariancji przeprowadzono dla danych transformowanych, natomiast w tabelach i na wykresach przedstawiono wartości rzeczywiste.

5. WYNIKI BADAŃ

5.1. Suma wysokości odnowień

Największe wartości sumy wysokości wyliczono w obiekcie Pionki, gdzie przeważały odnowienia dębowe a także grabowe, przede wszystkim z klasy wysokości do 0,5 m. W obiekcie Łuków niskie wartości sumy wysokości odnowienia spowodowane były niewielkim udziałem jodły w macierzystym drzewostanie. Oprócz jodły notowano przede wszystkim gatunki krzewiaste (jarzab, kruszyna). Występowały one licznie również w obiekcie Janów. Jodła występowała tam w najniższej klasie wysokości (nalot i niższy podrost). W obiektach Mienia i Skarżysko jodła stanowiła dominujący składnik odnowienia, inne gatunki nie utrzymywały się ze względu na zbyt duże ocienienie. Wyniki dla poszczególnych obiektów zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1

Table 1

Pole przekroju drzewostanu głównego oraz suma wysokości odnowień w poszczególnych obiektach

Basal area of maternal stand and height sum of regeneration on particular plots

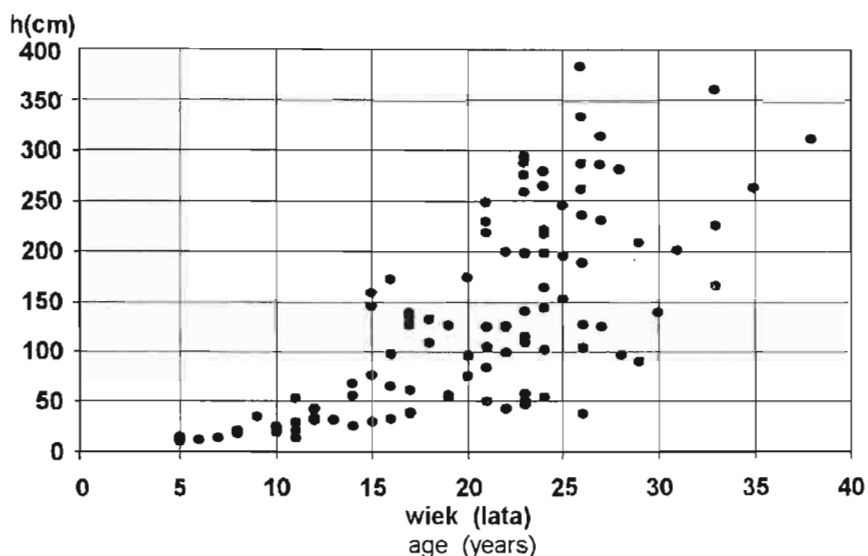
Obiekt Object	Pole przekroju Basal area (m ² /ha)		Suma wysokości razem Height sum of all species (cm/m ²)		Suma wysokości jodły Height sum of fir (cm/m ²)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Pionki	24,293	7,173	745,9	280,9	144,5	106,6
Łuków	33,409	3,367	103,8	36,5	39,9	25,5
Mienia	28,859	5,538	178,2	57,5	161,3	62,4
Janów	29,182	5,061	207,0	69,9	94,4	16,4
Skarżysko	30,217	6,715	103,8	49,8	98,0	48,8

\bar{x} – średnia average

s – odchylenie standardowe standard deviation

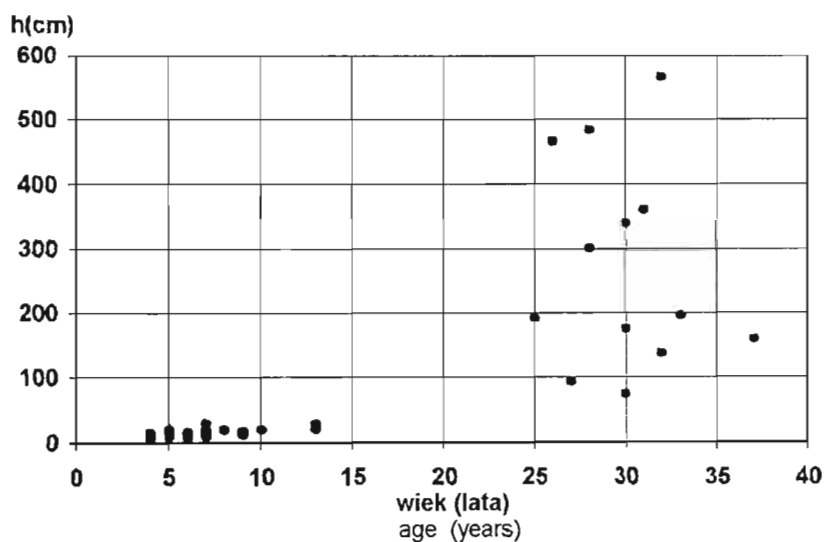
5.2. Wysokość odnowień w zależności od wieku

Odnowienia na wszystkich powierzchniach są zróżnicowane wiekowo. Na rycinach 1-2 pokazano zależności między wiekiem a wysokością w poszczególnych obiektach, natomiast rycina 3 przedstawia wyrównane krzywe dla wszystkich obiektów. Najszybszy wzrost wykazuje odnowienie w obiekcie Łuków, najwolniejszy w obiekcie Mienia. W tym ostatnim spotyka się podrosty nawet



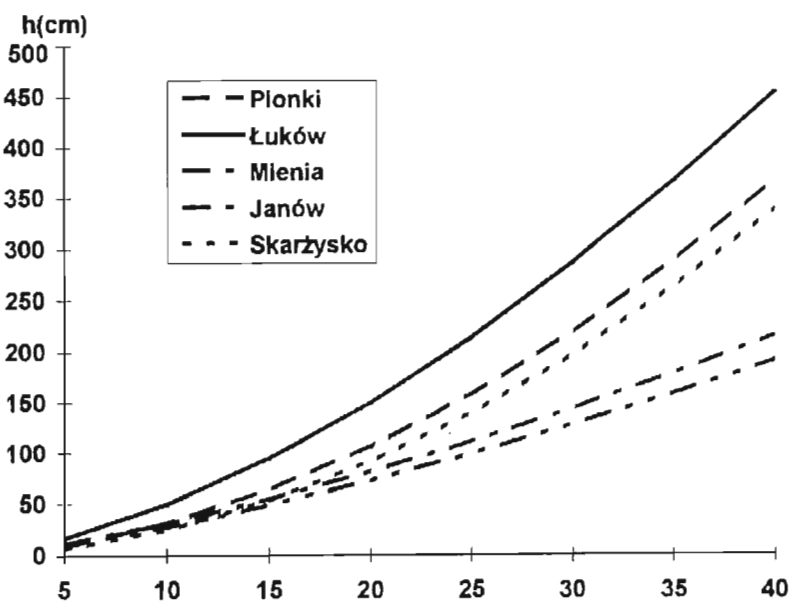
Ryc. 1. Wysokość odnowień jodły w zależności od wieku (obiekt Pionki)

Fig. 1. Height of regeneration dependent on age (plot Pionki)



Ryc. 2. Wysokość odnowień jodły w zależności od wieku (obiekt Janów)

Fig. 2. Height of fir regeneration dependent on age (plot Janów)



Ryc. 3. Porównanie krzywych wysokości z poszczególnych obiektów w zależności od wieku

Fig. 3. Comparison of height curves dependent on age from particular plots

Tabela 2
Table 2

Współczynniki równań regresji krzywoliniowej między wiekiem a wysokością odnowień jodły

Coefficients of multiplicative regression equations between age and height of fir regeneration ($y=aw^b$)

Obiekt Plot	Współczynnik Coefficient		Wskaźnik korelacji Correlation coefficient
	a	b	
Pionki	0,495	1,7906	0,8167***
Łuków	1,218	1,6047	0,8868***
Mienia	1,060	1,4079	0,8935***
Janów	1,154	1,4174	0,8930***
Skarżysko	0,305	1,8961	0,8425***

w wieku 60 lat. W obiektach Łuków i Janów stwierdzono lukę pokoleniową między starszym podrostem a młodszym nalotem. Obiekty Skarżysko i Pionki charakteryzuje stosunkowo duża zmienność. Związane jest to z kępowym charakterem odnowień, gdzie obok siebie mogą występować drzewka w jednakowym wieku zróżnicowane we wzroście i związanej z tym pozycji socjalnej. Przebieg krzywych wzrostu z poszczególnych obiektów wskazuje na najlepsze warunki wzrostu odnowień pod osłoną nie tylko sosny (Łuków), lecz także dębu (Pionki).

W tabeli 2 przedstawiono współczynniki równań regresji krzywoliniowej między wiekiem a wysokością odnowień obliczone dla poszczególnych obiektów.

5.3. Przyrost wysokości oraz czynnik świetlny odnowień w zależności od badanych elementów

5.3.1. Poziom pola przekroju drzewostanu

Analiza wariancji wykazała istotność różnic w obiekcie Łuków, gdzie występowały tylko 2 poziomy pola przekroju: 2 (średni) i 3 (wysoki), nie było natomiast najniższego (poniżej 20 m²/ha). Mimo to wielkości przyrostów wysokości i wartości czynnika świetlnego osiągały najwyższe liczby. Przyrost wysokości wynosił 15,4 cm przy poziomie 2, a 14,0 cm przy poziomie 3, natomiast czynnik świetlny odpowiednio 1,003 i 0,859.

Różnice w obiekcie Pionki nie są istotne, jednak układ średnich wartości jest podobny. Przyrost wysokości waha się od 8,7 cm przy poziomie 3 do 11,6 cm przy poziomie 1, natomiast czynnik świetlny od 0,597 przy poziomie 3 do 0,701 przy poziomie 1.

Tabela 3

Table 3

Wyniki analizy wariancji przyrostów wysokości odnowień jodły

Results of variance analysis – annual height increments of fir regeneration

Obiekt Plot	Źródło zmienności Source of variance	Statystyka F Statistics F	Istotność różnic i interakcji Significance of differences and interactions
Pionki	A	2,217 ⁻	-
	B	301,129 ^{***}	IV>III>II>I
	C	17,695 ^{***}	1991,1992,1994 >1990, 1993
	interakcje – interactions	0,815 ⁻	-
Łuków	A	4,079 [*]	II>III
	B	121,021 ^{***}	IV>III, I
	C	4,528 ^{**}	1991, 1992>1994
	interakcje – interactions	1,410 ⁻	-
Mienia	A	1,090 ⁻	-
	B	31,398 ^{***}	IV>I, II, III
	C	0,873 ⁻	-
	interakcje – interactions	1,783 [*]	AxB
Skarżysko	A	0,961 ⁻	-
	B	13,291 ^{***}	III, IV>I, II
	C	7,083 ^{***}	1992, 1993, 1994, 1995>1996
	interakcje – interactions	0,863 ⁻	-

A – poziom pola przekroju level of stand basal area

B – klasa wysokości height class

C – rok year

Istotność różnic:

*** przy poziomie istotności 0,001

** przy poziomie istotności 0,01

* przy poziomie istotności 0,05

- przy poziomie istotności 0,1

- różnica nieistotna

Significance of differences:

at significance level 0,001

at significance level 0,01

at significance level 0,05

at significance level 0,1

no significant differences

W obiekcie Mienia przyrosty wysokości są bardzo niskie i mało zróżnicowane: od 4,9 cm przy poziomie 1 do 5,2 cm przy poziomie 2 i 3. Podobnie mało klarowny jest obraz w przypadku czynnika świetlnego. Najniższą średnią charakteryzuje się poziom 3 – 0,449, wobec 0,518 przy poziomie 2 i 0,513 przy poziomie 1.

Odmienne prezentuje się obiekt Skarżysko, gdzie przy poziomie 3 zanotowano najwyższy przyrost wysokości – 9,8 cm wobec 5,4 cm przy poziomie 1 i 6,2 cm przy poziomie 2 oraz największą wartość czynnika świetlnego – 0,653 wobec 0,559 przy poziomie 1 i 0,494 przy poziomie 2. Różnice te jednak nie okazały się istotne (tab. 3, 4, 5).

Tabela 4
Table 4

Wyniki analizy wariancji czynnika świetlnego odnowień jodły

Results of variance analysis – annual height increments of fir regeneration

Obiekt Plot	Źródło zmienności Source of variance	Statystyka F Statistics F	Istotność różnic i interakcji Significance of differences and interactions
Pionki	A	1,170 ⁻	–
	B	136,816 ^{***}	IV>III>II>I
	C	9,324 ^{***}	1991,1992,1994 >1990, 1993
	interakcje – interactions	0,625 ⁻	–
Łuków	A	9,273 ^{**}	II>III
	B	52,247 ^{***}	IV>III, I
	C	0,957 ⁻	–
	interakcje – interactions	2,154 ⁻	–
Mienia	A	1,789 ⁻	–
	B	23,607 ^{***}	IV>I, II, III
	C	0,873 ⁻	–
	interakcje – interactions	1,394 ⁻	AxB
Skarżysko	A	1,239 ⁻	–
	B	8,027 ^{***}	IVI, II
	C	6,628 ^{***}	1992, 1993, 1994, 1995>1996
	interakcje – interactions	0,771 ⁻	–

Oznaczenia jak pod tabelą 3

Designation as in the table 3

Tabela 5
Table 5

Przyrost wysokości (zh) i czynnik świetlny (cs) odnowień jodły przy różnych poziomach pola przekroju

Height increment (zh) and light factor (cs) of fir regeneration at different levels of stand basal area

Poziom pola przekroju Level of b. a.	Obiekt Plot							
	Pionki		Łuków		Mienia		Skarżysko	
	zh (cm)	cs	zh (cm)	cs	zh (cm)	cs	zh (cm)	cs
1	11,6	0,701	–	–	4,9	0,513	5,4	0,559
2	11,4	0,686	15,4	1,003	5,2	0,518	6,2	0,494
3	8,7	0,597	14,0	0,859	5,2	0,449	9,8	0,653

Tabela 6
Table 6

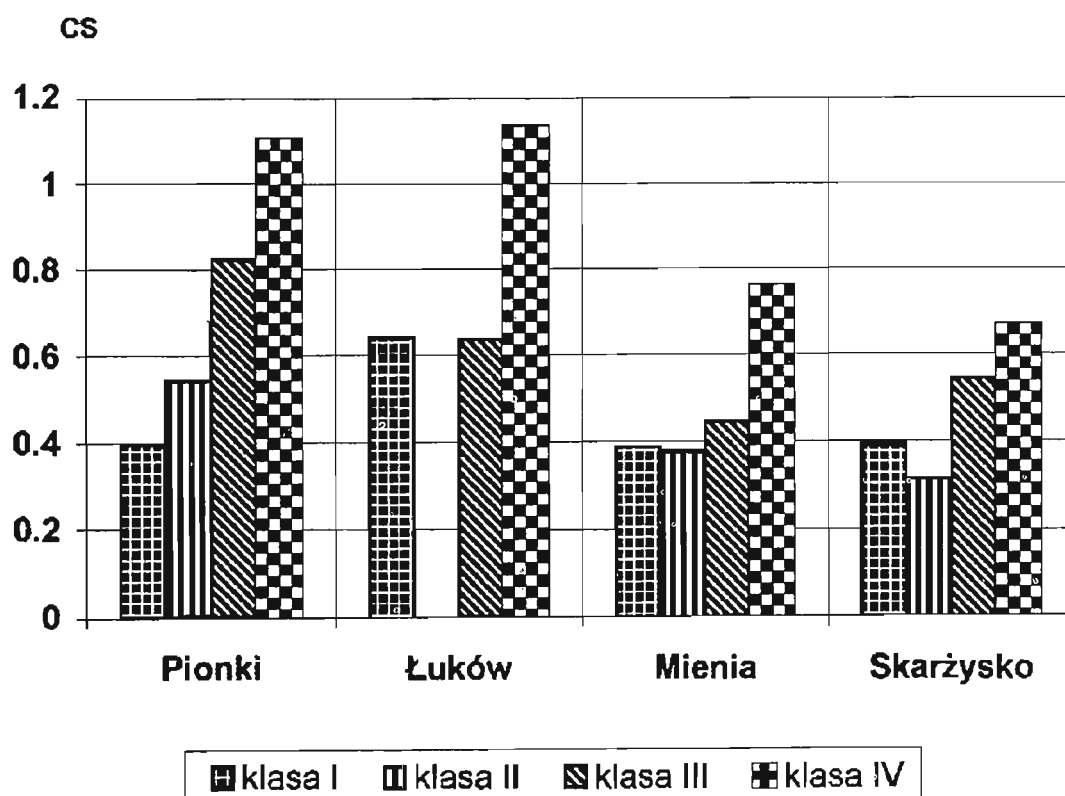
Przyrost wysokości (zh) i czynnik świetlny (cs) odnowień jodły w różnych klasach wysokości

Height increment (zh) and light factor (cs) of fir regeneration at different height classes

Klasa wysokości Height class	Obiekt				Plot			
	Pionki		Łuków		Mienia		Skarżysko	
	zh (cm)	cs	zh (cm)	cs	zh (cm)	cs	zh (cm)	cs
I	2,6	0,396	5,8	0,642	2,4	0,390	2,1	0,391
II	7,0	0,544	–	–	2,7	0,379	2,5	0,316
III	14,5	0,824	6,2	0,639	4,5	0,449	6,5	0,550
IV	25,6	1,105	22,0	1,135	11,9	0,765	10,5	0,676

5.3.2. Klasa wysokości odnowień

Wyniki analizy wariancji wskazują (tab. 3, 4, 6), że spośród badanych źródeł zmienności najważniejszym czynnikiem decydującym o przyroście wysokości i wartości czynnika świetlnego jest klasa wysokości odnowienia. Bardzo wysoką istotność różnic stwierdzono we wszystkich obiektach, przy czym większe war-

Ryc. 4. Czynnik świetlny odnowień jodły z różnych klas wysokości
Fig. 4. Light factor of fir regeneration of different height classes

tości statystyki F wyliczono w przypadku przyrostów wysokości. Przyrosty wysokości w klasie IV były w obiektach Łuków, Mienia i Skarżysko 5-krotnie wyższe niż w klasie I, a w obiekcie Pionki 10-krotnie wyższe.

Podobnie kształtujące się, choć nie tak znaczne różnice stwierdzono w przypadku czynnika świetlnego (ryc. 4). W obiekcie Pionki rozpiętość między klasą I i IV jest najwyższa (0,396 i 1,105). W obiekcie Łuków wartości te wynoszą odpowiednio 0,642 i 1,13, a zatem podobne jak poprzednio wartości w klasie IV, ale wyższe w klasie I. Spowodowane jest to prawdopodobnie brakiem "uciskania" najniższej warstwy odnowień przez warstwy wyższe (mniejsza suma wysokości odnowień). W obiektach Mienia i Skarżysko klasa I osiąga podobne wartości czynnika świetlnego jak w obiekcie Pionki (0,390 i 0,391), lecz klasa IV charakteryzuje się znacznie niższymi wielkościami (0,765 i 0,676). Jak wynika z wykresów, znaczące przyspieszenie wzrostu ma miejsce dopiero w IV klasie wysokości, jedynie w obiekcie Pionki można je zauważyć już w III klasie, co może się wiązać z brakiem tłumiącego wzrost dolnego piętra. W obiekcie Pionki różnice między wszystkimi klasami wysokości są istotne, podobnie w obiekcie Łuków, z tą różnicą, że nie występuje tu klasa II. W obiekcie Mienia tylko klasa IV odróżnia się istotnie od pozostałych, zaś w obiekcie Skarżysko klasa IV i III od I i II pod względem przyrostu wysokości oraz klasa IV od I i II jeśli chodzi o czynnik świetlny.

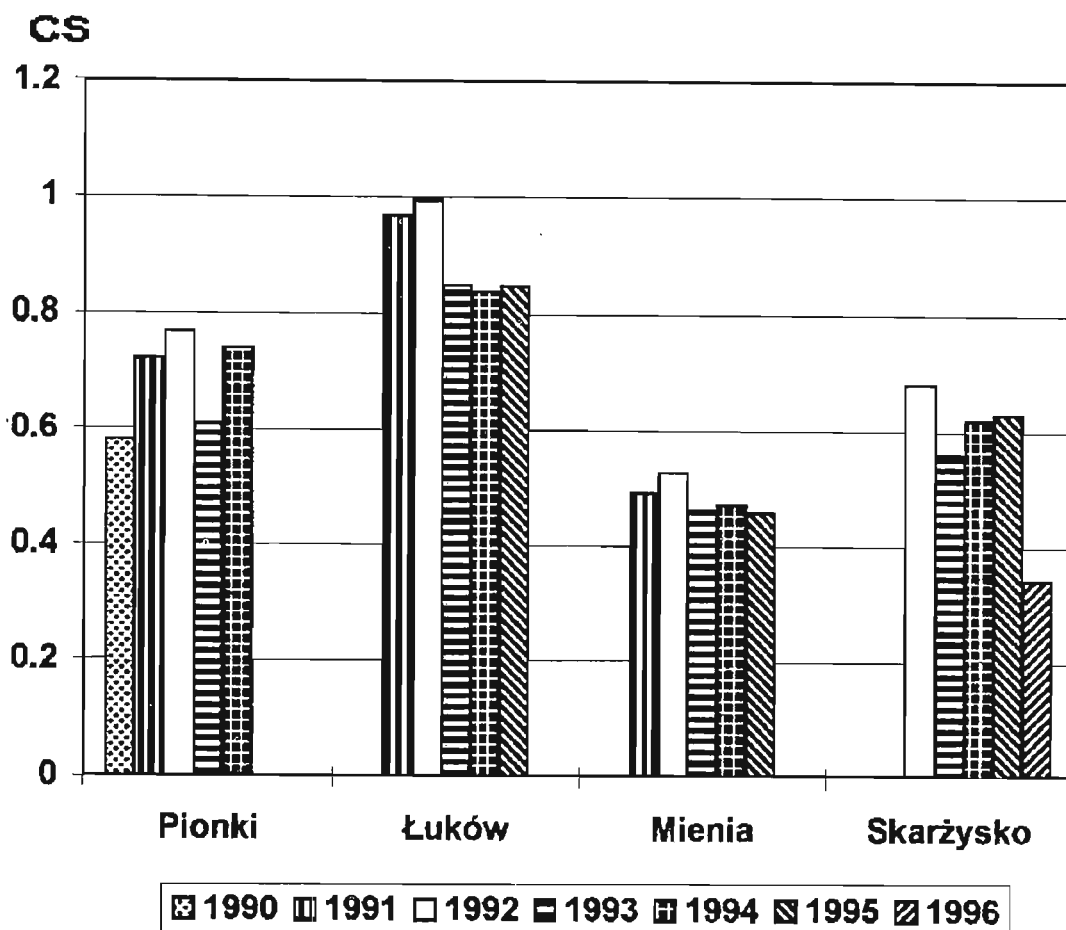
Tabela 7

Table 7

Przyrost wysokości (zh) i czynnik świetlny (cs) odnowień jodły w poszczególnych latach

Height increment (zh) and light factor (cs) of fir regeneration in calendar years

Rok Year	Obiekt Plot							
	Pionki		Łuków		Mienia		Skarżysko	
	zh (cm)	cs	zh (cm)	cs	zh (cm)	cs	zh (cm)	cs
1990	7,9	0,580	–	–	–	–	–	–
1991	11,5	0,722	16,7	0,969	5,3	0,492	–	–
1992	13,7	0,768	16,8	0,994	6,2	0,527	10,4	0,683
1993	8,8	0,608	12,3	0,849	4,3	0,461	6,6	0,561
1994	14,2	0,739	11,8	0,838	4,4	0,472	8,7	0,621
1995	–	–	14,3	0,847	5,7	0,457	8,1	0,631
1996	–	–	–	–	–	–	4,5	0,343



Ryc. 5. Czynniki świetlne odnowień jodły w kolejnych latach
 Fig. 5. Light factor of fir regeneration in following calendar years

5.3.3. Rok kalendarzowy

Pomiary wykonywane były w różnym czasie, dlatego obejmują różne okresy przyrostowe: lata 1990-94 w obiekcie Pionki (pomiar wiosną 1995), lata 1991-95 w obiektach Mienia i Łuków (pomiar jesienią 1995) i lata 1992-96 w obiekcie Skarżysko (pomiar jesienią 1996). W niektórych obiektach dają się zauważyć istotne różnice w wielkościach przyrostów i wartości czynnika świetlnego między poszczególnymi latami. Jedynie w obiekcie Mienia, gdzie przyrosty wysokości i wartości czynnika świetlnego są bardzo niskie, różnice między poszczególnymi latami są nieistotne. Układ średnich jest jednak podobny (tab. 3, 4, 7; ryc. 5).

Generalnie można zauważyć wysokie przyrosty w latach 1992 i 1995, natomiast jego spadki w latach 1990, 1993 i 1996. W latach 1991 i 1994 średnie dla badanych zmiennych rysują się różnie w zależności od obiektu. Rok 1994 korzystnie wpływał na przyrosty w obiektach Pionki i Skarżysko, natomiast gorzej w obiektach Łuków i Mienia.

Tabela 8
Table 8

Przyrost wysokości (zh) i czynnik świetlny (cs) odnowień jodły różnych klas wysokości przy różnych poziomach pola przekroju

Height increment (zh) and light factor (cs) of fir regeneration of different height classes at different levels of stand basal area

Klasa wysokości Height class	Poziom pola przekroju Level of b. a.	Obiekt Plot							
		Pionki		Łuków		Mienia		Skarżysko	
		zh (cm)	cs	zh (cm)	cs	zh (cm)	cs	zh (cm)	cs
I	1	2,6	0,368	–	–	1,8	0,386	–	–
	2	2,7	0,410	7,9	0,763	2,4	0,409	2,0	0,361
	3	2,6	0,400	4,5	0,562	2,7	0,341	2,2	0,475
II	1	7,4	0,559	–	–	1,8	0,321	–	–
	2	6,4	0,524	–	–	2,9	0,443	2,8	0,294
	3	14,7	0,733	–	–	2,8	0,363	1,9	0,370
III	1	15,7	0,887	–	–	7,2	0,602	5,6	0,630
	2	13,6	0,784	9,7	1,023	4,3	0,466	5,6	0,529
	3	16,2	0,814	5,5	0,562	4,1	0,406	8,1	0,535
IV	1	27,0	1,147	–	–	3,4	0,519	5,1	0,497
	2	25,3	1,084	23,0	1,198	11,1	0,767	9,6	0,627
	3	24,2	1,164	21,7	1,114	15,8	0,848	11,9	0,736

5.3.4. Poziom pola przekroju i klasa wysokości

Analiza wariancji nie wykazała istotności interakcji badanych cech za wyjątkiem obiektu Mienia, gdzie stwierdzono istotną interakcję między polem przekroju drzewostanu a klasą wysokości odnowień (tab. 3, 4, 8). III klasa wysokości charakteryzuje się najwyższymi przyrostami przy najniższym poziomie pola przekroju, natomiast klasa IV – przy najwyższym. Podobny układ występuje w wypadku czynnika świetlnego. W klasach I i II, gdzie przyrost jest niewielki, również różnice nie są duże. Podobne układy średnich występują w obiekcie Skarżysko, zwłaszcza gdy chodzi o czynnik świetlny. Tu jednak nie było możliwe zbadanie wszystkich interakcji z powodu braku obserwacji w niektórych kategoriach (brak I i II klasy wysokości przy najniższym poziomie pola przekroju). W obiekcie Łuków brak jest interakcji – przyrost wysokości i czynnik świetlny rosną wraz z klasą wysokości i obniżaniem pola przekroju drzewostanu. W obiekcie Pionki natomiast nie widać różnic w I klasie wysokości, także w III i IV są one niewielkie. Niejasno wygląda sytuacja w klasie II, gdzie najwyższe wartości przyrostu i czynnika świetlnego występują przy najwyższym poziomie pola

przekroju. Może to być spowodowane konkurencją ze strony gatunków liściastych przy niższym polu przekroju drzewostanu.

6. DYSKUSJA WYNIKÓW

Wyniki badań nad wzrostem odnowień jodły potwierdziły fakt, że niezależnie od warunków zewnętrznych decydującym czynnikiem określającym przebieg wzrostu są specyficzne cechy rozwojowe gatunku, zgodnie z którymi jodła rośnie wolno w pierwszej fazie życia (JAWORSKI, ZARZYCKI 1983). Szybkość odsłaniania odnowień może mieć znaczenie jeśli chodzi o czas potrzebny do osiągnięcia odpowiedniej wysokości, jednak zależność ta nie jest prosta i kształtuje się rozmaicie w różnych warunkach drzewostanowych. W drzewostanie, gdzie górny okap złożony jest z gatunków światłożądnych, takich jak sosna (Łuków), wzrost jest najszybszy. Tam też najłatwiej wykazać związek między zadrzewieniem a tempem wzrostu odnowienia. W drzewostanach o złożonej strukturze w grę wchodzi inne czynniki i tam pole przekroju drzewostanu nie jest wystarczającą miarą określającą warunki świetlne wnętrza. Dobrą ilustracją jest sytuacja w obiektach Mienia i Skarżysko, gdzie w wielopiętrowym drzewostanie na niektórych kwaterach kontrolnych niskiemu całkowitemu polu przekroju towarzyszy duży udział dolnych pięter, tłumiących dorastanie odnowień. Tym należy tłumaczyć różnice między obiektami Pionki i Łuków a obiektami Mienia i Skarżysko. Potwierdza to pośrednio zdolności jodły do długotrwałego wzrostu pod okapem, także w obiektach leżących w pobliżu granic naturalnego zasięgu (GUNIA 1985). Nie jest to oczywiście zdolność nieograniczona, jednakże nie ma powodu do rewizji poglądów na temat długości czasu odnowienia drzewostanów z udziałem jodły.

Ważną obserwacją wynikającą z badań jest stwierdzenie istotnych różnic między poszczególnymi latami nie tylko pod względem przyrostu wysokości, lecz także uznawanego za miarę żywotności czynnika świetlnego. Znaczy to, że warunki pogodowe danego roku wpływają silniej na przyrost pędu głównego, niż pędów bocznych. Płyne stąd wniosek metodyczny, aby przy ocenie warunków świetlnych odnowienia uwzględniać nie tylko czynnik świetlny z ostatniego roku, lecz także z kilku poprzednich (NIEMTUR 1996). We wcześniejszych opracowaniach (FABIJANOWSKI i in. 1974) różnice w wartościach czynnika świetlnego między poszczególnymi latami interpretowane były jako skutki cięć odsłaniających. W świetle uzyskanych wyników (spadki i wzrosty wartości badanej cechy w tych samych latach w różnych obiektach) za dodatkowe istotne źródło zmienności należy uznać również wpływ warunków pogodowych. Nie wydaje się natomiast, aby zmiany wartości czynnika świetlnego mogły stanowić podstawę do wnioskowania na temat nasilania się lub osłabiania procesu regresji jodły, jak się

niekiedy sugeruje. Do tego celu właściwsze są pomiary przyrostowe drzew starszych i to z dłuższych okresów (ZAWADA 1978), gdyż tylko wtedy można wyeliminować wpływ fluktuacji pogodowych.

W świetle przedstawionych wyników można potwierdzić pogląd o przerębowo-zrębowym sposobie zagospodarowania, jako właściwym dla drzewostanów z udziałem jodły. Największe możliwości daje stosowanie rębni stopniowej gniazdowej udoskonalonej (IIIId), co pozwala wyhodować drzewostan mieszany (Pionki). Czynnikiem utrudniającym odnowienie może być jednak zachwaszczenie powierzchni, co ma zwykle miejsce w drzewostanach jednopiętrowych, kiedy ulegną przerzedzeniu (Janów). Aby nie dopuścić do wytworzenia takiej struktury należy unikać rębni częściowej przy odnawianiu jodły i nie zaniedbywać pielęgnacji młodych drzewostanów (WANDURSKI 1935). Innym zagrożeniem jest konkurencja ze strony towarzyszących gatunków. Jest ona szczególnie silna na siedliskach lasowych (Pionki). Przeciwdziałać temu należy przez stosowanie długiego okresu odnowienia, co pozwoli wyrosnąć i ukształtować się kępom jodłowym. Niekiedy zachodzi konieczność intensywnych czyszczeń uwalniających od konkurencji, zwłaszcza grabu.

Kolejnym zagadnieniem jest możliwość stosowania rębni przerębowej (SZYMKIEWICZ 1951). Spośród badanych obiektów najbardziej zbliżoną do przerębowej strukturą charakteryzuje się obiekt Mienia. Ten sposób zagospodarowania wymaga jednak systematycznych cięć we wszystkich warstwach drzewostanu. W omawianym obiekcie konieczne byłoby cięcie w pośredniej warstwie drzewostanu, zwiększające dostęp światła do podrostów. Przy zachowaniu wszystkich reguł sztuki przerębowego sposobu zagospodarowania można go polecać zwłaszcza w rezerwatach z liczącym się udziałem jodły.

Problemem pozostaje ustalenie właściwego nasilenia cięć odslaniających. Dotychczasowe badania (GRANICZNY 1975, 1978) sugerowały potrzebę obniżenia pola przekroju do $35 \text{ m}^2/\text{ha}$, aby uzyskać pojawienie się nalotu oraz do $25 \text{ m}^2/\text{ha}$, aby podrost mógł przyrastać na wysokość. W świetle obecnych wyników dane te należy traktować jako bardzo orientacyjne i zależne od struktury i składu gatunkowego drzewostanu. Zwłaszcza w drzewostanach z panującą sosną i innymi gatunkami o koronach przepuszczających większe ilości światła pole przekroju przekraczające $30 \text{ m}^2/\text{ha}$ nie stanowi przeszkody dla dynamicznego rozwoju podrostu oraz przechodzenia przezeń do dolnych pięter drzewostanu (obiekt Łuków).

Największa dynamika odnowień jodły w drzewostanach złożonych z gatunków światłożądnych, głównie sosny, nie ulega wątpliwości. Jest jednym z aspektów zjawiska zwanego naturalnym płodozmianem w lesie, przejawiającego się lepszym odnawianiem jodły w drzewostanach, gdzie panujący jest inny gatunek (SUCHECKI 1926, LEIBUNDGUT 1979, ZACHARA 1988). Można więc wykorzystywać tę właściwość przy przebudowie litych sośnin na drzewostany mieszane, przez odnowienie naturalne (jeśli jest choćby niewielki udział jodły

w górnym piętrze) lub przez podsadzenia. Pamiętać należy jednak o zagrożeniu ze strony zwierzyny, dla której dość rzadko rosnące jodełki stanowią atrakcyjną bazę pokarmową. Ponadto należy spodziewać się, że właśnie w takich drzewostanach szybko rosnąca jodła będzie miała tendencję do tworzenia struktury jednopiętrowej, na dłuższą metę niekorzystnej (BERNADZKI 1983, GRANICZNY 1975, 1978, JAWORSKI 1979). Należy więc popierać tę formę ekspansji jodły, nie traktując jej jednak jako klucza do rozwiązania wszystkich problemów związanych z utrzymaniem tego gatunku w lasach.

Badania wskazują również na możliwość skutecznego odnawiania drzewostanów z udziałem jodły i dębu (Pionki). Jest to możliwe poprzez stosowanie rębni III d, jeśli okres odnowienia jest odpowiednio długi. Sprzyja temu zastosowanie wysokiego wieku rębności dla dębu, co zapobiegnie zbyt szybkiemu prześwietlaniu drzewostanu.

7. WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników oraz porównania z rezultatami wcześniejszych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Faza rozwojowa odnowień ma decydujące znaczenie przy kształtowaniu się przyrostów wysokości i wartości czynnika świetlnego.
2. Warunki pogodowe danego roku wywierają istotny wpływ na wartość czynnika świetlnego. Ocena warunków świetlnych odnowień jodły musi uwzględniać obserwacje kilku ostatnich przyrostów.
3. Odnowienie jodły wykazuje dużą cieniowytrzymałość także w pobliżu granic naturalnego zasięgu.
4. W drzewostanach z panującą sosną odnowienie jodły rozwija się dynamicznie, nawet przy wysokim poziomie pola przekroju.
5. Warunkiem skutecznego odnawiania drzewostanów z udziałem jodły i dębu za pomocą rębni III d jest wcześniejsze o 20-30 lat zainicjowanie odnowień jodły, a także ochrona odnowień przed ekspansją grabu.
6. Zagospodarowanie drzewostanów jodłowych na niżu rębnią przerebową wymaga dalszych badań.
7. Najczęstszą hodowlaną przyczyną trudności w odnowieniu są zaniedbania pielęgnacyjne prowadzące do powstania drzewostanów jednopiętrowych, a także zbyt szybkie prowadzenie cięć odnowieniowych.
8. Warunkiem powodzenia procesu odnowienia jodły jest kontrolowanie stanu zwierzyny płowej.

GROWTH CHARACTERISTICS OF FIR NATURAL REGENERATION IN DIFFERENT STAND STRUCTURES

Summary

The study contains the results of the measurements and observations of fir natural regeneration, growing under stands of different forest management, located near the border of fir natural range within the forest natural regions of the Mazowiecko-Podlaska and Środkowopolskie Highland. The aim of the study was to investigate the growth dynamics of the regeneration in chosen model stands of different species composition and stand structure, and to determine the influence of a number of internal and external factors on the regeneration growth. The following stands were chosen for the investigation: single-storied fir stand (Janów), single-storied stand with dominant pine (Łuków), mixed, multiple storied stand (Mienia), multiple storied stand with dominant fir (Skarżysko) and fir-oak stand in regeneration block (Pionki). The study was carried out on permanent investigation plots divided into 400 m² blocks. The diameter of all trees was measured on each block and the regeneration inventory was made on the permanent measurement plots covering 10% of the investigated area. The regeneration was divided into 4 height classes: 1st to 0.5 m; 2nd 0.5-1 m; 3rd 1-2 m; 4th 2-5 m. The stand basal area and the sum of regeneration heights were measured for each control plot. The control plots were divided into three groups of different stand basal area: 1) below 20 m²/ha; 2) 20-30 m²/ha; 3) above 30 m²/ha. The age of sample trees was determined and the increment of main shoot and offshoots in the last 5 years were measured to calculate the „light coefficient” as the ratio of the last growth of main shoot to the average growth of offshoots in the whorl. The analyses of variance of the height increment or the value of light coefficient was made according to following variables: height class, year and level of stand basal area (Table 3, 4). Graphs showing the relationship between the age and height in particular stands were drawn (Fig. 1-3). The fastest regeneration growth was found in stands with dominant pine (Łuków), the slowest in mixed multiple storied stand (Mienia). The height classes, irrespective of stand type, control the height increment and value of light coefficient (Fig. 4). In this case statistical differences were found for the height increment and light coefficient values between years (Fig. 5), this is connected with the influence of the season and weather conditions. The differences caused by the different sizes of stand basal area are not significant (Table 5).

(transl. D. D.)

PIŚMIENNICTWO

- BERNADZKI E. 1967: Badania nad wyborem rębni w drzewostanach jodłowych w Górach Świętokrzyskich. Prace Inst. Bad. Leśn., 329: 101-165.
- BERNADZKI E. 1983: Zamieranie jodły w granicach naturalnego zasięgu. W: Jodła pospolita. *Abies alba* Mill. PWN, Warszawa – Poznań, 483-501.
- FABIJANOWSKI J., JAWORSKI A., MUSIEL W. 1974: Wykorzystanie niektórych cech morfologicznych jodły (*Abies alba* Mill.) oraz świerka (*Picea excelsa* Link.) dla oceny potrzeb świetlnych i jakości ich podrostu. Acta Agr. Silv. Ser. Silv., 14: 3-29.
- GRANICZNY S. 1975: Problem odnowienia drzewostanów jodłowych i mieszanych z jodłą przy zastosowaniu udoskonalonych rębni w świetle badań w Krainie VI - Wyżyn Środkowopolskich. Sylwan, 4: 53-62.

- GRANICZNY S. 1978: Badania nad przebiegiem odnowienia samosiewnego w drzewostanach mieszanych z jodłą i jodłowych. Prace Inst. Bad. Leśn., 561: 89-119..
- GUNIA S. 1985: Einige Bemerkungen über die Weisstanne (*Abies alba* Mill.) nördlich des natürlichen Verbreitungsgebietes in Polen. Schr. Forst. Fak., B. 80: 7-12.
- JAWORSKI A. 1973: Odnowienie naturalne jodły (*Abies alba* Mill.) w wybranych zbiorowiskach leśnych Parków Narodowych: Tatrzańskiego, Babiogórskiego i Pienińskiego. Cz. 1-2. Acta Agr. Silv. Ser. Silv., 13: 21-86.
- JAWORSKI A. 1979: Odnowienie naturalne jodły (*Abies alba* Mill.) w drzewostanach o różnej strukturze na przykładzie wybranych powierzchni w Karpatach i Sudetach. Acta Agr. Silv. Ser. Silv., 18: 61-79.
- JAWORSKI A., FUJAK H. 1983: Wpływ światła na kształtowanie się niektórych cech morfologicznych podrostu jodłowego na przykładzie powierzchni doświadczalnych w lasach krynickich. Acta Agr. Silv. Ser. Silv., 22: 3-18.
- JAWORSKI A., ZARZYCKI K. 1983: Ekologia. W: Jodła pospolita. *Abies alba* Mill. PWN, Warszawa – Poznań, 317-430.
- JAWORSKI A. 1984: Wpływ warunków świetlnych i zwarcia podrostu jodłowego na kształtowanie się jego niektórych cech morfologicznych na przykładzie powierzchni doświadczalnej w lasach krynickich. Acta Agr. Silv. Ser. Silv., 23: 71-87.
- LEIBUNDGUT H. 1979: Über die Dynamik europäischer Urwälder, Schweiz. Z. Forstw., 9/10: 906-916.
- MAGNUSKI K. 1975: Wzrost upraw jodłowych w warunkach rębni zupełnej, częściowej i gniazdowej. Sylwan, 10: 19-26.
- MAGNUSKI K., MAŁYS L., ŚWITOŃ M. 1993: Struktura młodego pokolenia jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) wzrastającej w warunkach rębni zupełnej, częściowej i gniazdowej. Sylwan, 3: 69-75.
- NIEMTUR S., LOCH J., CHWISTEK K., CZARNOTA P. 1996: Badania biometryczne podrostów świerka, jodły i buka w Gorczańskim Parku Narodowym. Sylwan, 2: 39-47.
- SUCHECKI K. 1926: Uwagi o płodozmianie w lesie. Sylwan, 5: 137-142.
- SZYMKIEWICZ B. 1951: Studia nad optymalną strukturą drzewostanu jodłowego w gospodarstwie przerębowym. Prace Inst. Bad. Leśn. 73: 1- 128.
- WANDURSKI Z. 1935: Jodła a zręby częściowe w Gorganach. Sylwan, Ser. B., 1: 14-33.
- ZACHARA T. 1988: Odnowienie naturalne w zamierających drzewostanach Puszczy Jodłowej. Sylwan, 10: 17-25.
- ZACHARA T. 1996: Wzrost i rozwój odnowień naturalnych przy zastosowaniu różnych sposobów zagospodarowania drzewostanów z udziałem jodły na niżu. Dokumentacja Inst. Bad. Leśn., Warszawa.
- ZAWADA J. 1978: Przyrostowe objawy regresji jodły. Sylwan, 12: 7-16.