

JERZY SKRZYSZEWSKI, PAWEŁ SZCZYGIEŁ

Przyrost i wzrost nadziemnej i podziemnej części podrostów jodłowych

Above-ground and below-ground biomass growth and increment of fir regeneration

Abstract. The paper deals with the relationship between the above-ground and below-ground biomass increment of fir undergrowth under different shelter regimes. Minimum heights which firs should attain at the age of 10, 20 and 30 to develop the optimum tap root length were assessed. The fir growth response (root, crown, stem and needles) to the removal of shelters was also discussed.

Key words: *Abies alba*, root system, regeneration

Wstęp

Jodła jest gatunkiem cienioznośnym, wymagającym długiego okresu odnowienia. Podczas jego trwania stopniowo dozują się ilości docierającego do dna lasu światła. Takie postępowanie umożliwia uzyskanie zróżnicowanej budowy odnowień, gwarantuje jodle długowieczność, a dla gospodarza oznacza mniejsze ryzyko hodowlane oraz możliwość pielęgnacji zapasu i uzyskania większych wymiarów pojedynczego drzewa w przyszłości [Jaworski 1986, 1994]. W warunkach ekstremalnie małego przyrostu wysokości a nawet jego załamania obserwuje się nieprzerwany wzrost korzenia palowego [Skrzyszewski, Gomółka 1988, Šafar 1954]. Cechę tą można traktować jako przygotowanie jodły do intensywnego wzrostu po odsłonięciu. Jednocześnie jednak uwalnianie przgłuszonych podrostów wpływa korzystnie na wzrost systemu korzeniowego [Jaworski 1988]. Z cytowanych prac wynika, że warunki panujące w okresie odnowienia mogą być w przypadku jodły istotne nie tylko dla rozwoju jej części nadziemnej.

Celem pracy było określenie wzajemnych zależności pomiędzy zmianą wymiarów części nadziemnej i podziemnej podrostów jodłowych wzrastających w zróżnicowanych warunkach oświetlenia. Poznanie relacji pomiędzy łatwymi do oceny zmianami wysokości, a wzrostem korzenia może dać podstawy do optymalizacji zasad kształtowania warunków świetlnych w okresie odnowienia.

Materiał i metodyka

Prace terenowe wykonano w kwietniu 2001r. na terenie Nadleśnictwa Stary Sącz, Leśnictwa Przyszowa w oddziale 5a (440 m n.p.m, ekspozycja wschodnia, spadek 10). W oddziale tym na siedlisku lasu górskiego rośnie 120-letni drzewostan jodłowy oraz jego odnowienie w formie zróżnicowanych wiekowo podrostów. W drzewostanie wybrano trzy jego fragmenty: wariant 1 bez osłony, wariant 2 z osłoną częściową (zwarcie 50%, miąższość 250 m³/ha), wariant 3 z pełną osłoną (zwarcie 95-100%, miąższość 487 m³/ha). Ostatnie cięcie (w wariantach 1 uprzążające a w 2 odsłaniające) wykonano 14 lat temu. Obserwowany obecnie pokrój koron badanych jodeł ukształtował się w długim, co najmniej 14 letnim, okresie czasu.

W wariantach wybrano po trzy biogrupy podrostów jodłowych. W biogrupie, jeżeli to było możliwe, badano trzy jodły: centralną oraz dwie niższe rosnące w zasięgu jej korony. Jedna z niższych jodeł miała ok. 2/3 a druga ok. 1/3 wysokości centralnej. W sumie pomiary wykonano na 23 drzewach uzyskując bardzo duże zróżnicowanie warunków świetlnych w badanej próbie.

Wykonano pomiary: wysokości, grubości na wysokości 5 cm, długości i szerokości korony. Zebrano próbę igieł jednorocznych ze środkowej części ostatnich przyrostów bocznych w trzech najwyższych okółkach i zmierzono na 50 z nich długość, szerokość i grubość. Jodły ścięto i wykopano ich systemy korzeniowe. Określono ciężar w stanie świeżym: strzały, korony oraz systemu korzeniowego. Podczas zdejmowania wierzchniej warstwy gleby zmierzono zasięg korzeni horyzontalnych. Wykonano analizy przyrostu wysokości z dokładnością do jednego roku oraz analizy przyrostu długości korzenia palowego w sekcjach 10 cm. Zmierzono szerokości słoje rocznych na wysokości 5 cm.

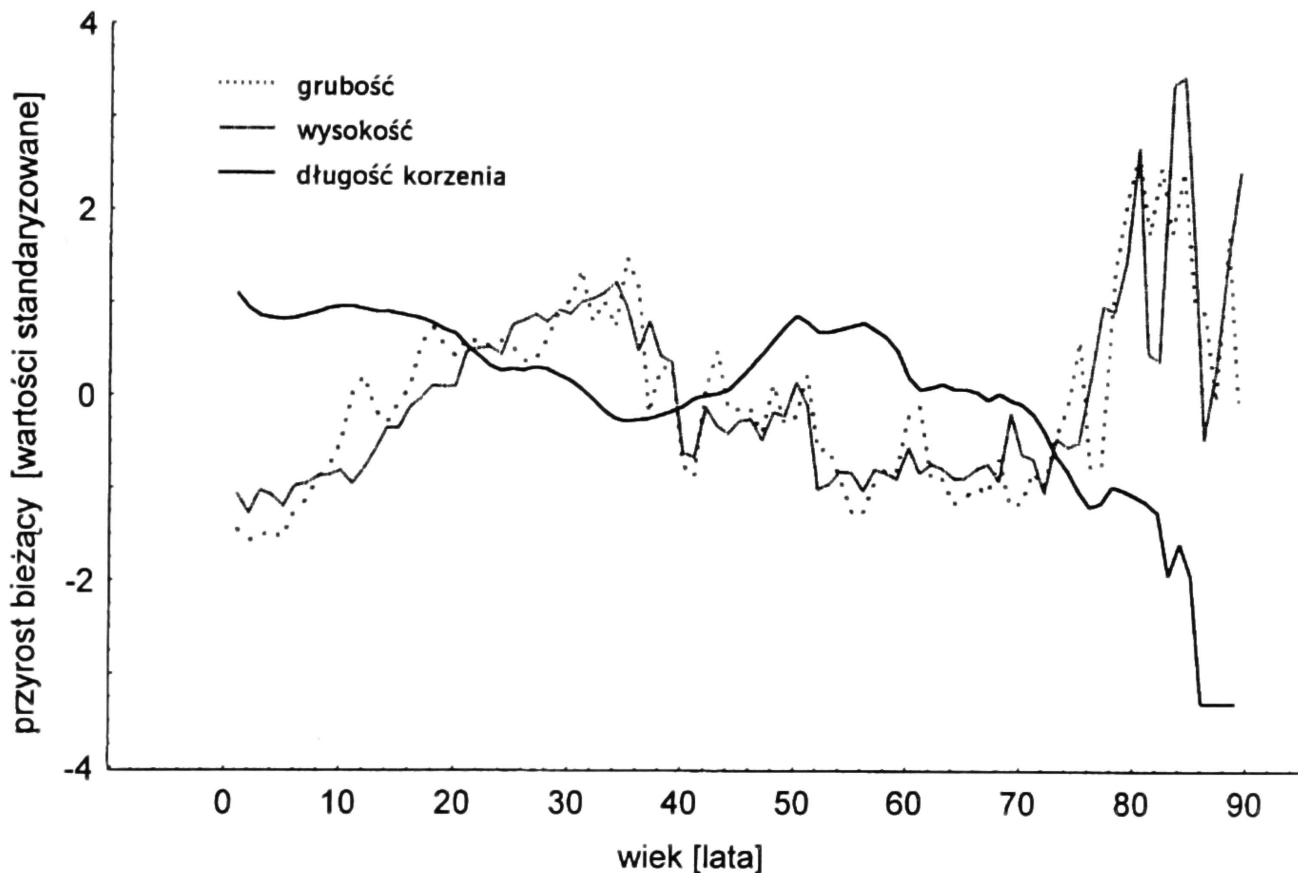
Wyniki

Zależności pomiędzy wysokością jodeł i długością ich korzeni

Obliczono średnie standaryzowane wartości bieżącego rocznego przyrostu wysokości, grubości pnia i długości korzenia dla 23 jodeł (ryc. 1). Wiek badanych podrostów wynosił od 22 do 89 lat. Najbardziej wiarygodna jest część wykresu do wieku 36 lat (ryc. 1), średnie są wówczas reprezentowane przez próbę co najmniej 14 jodeł.

Przebieg przyrostu wysokości i grubości jest zbliżony. Przyrost długości korzenia palowego zmieniał się natomiast mniej dynamicznie i w odmiennym rytmie. W początkowym okresie 8 lat, przy bardzo małych przyrostach, wzrost części nadziemnej i podziemnej wydaje się być dodatnio skorelowany. W kolejnych latach okresom intensywnego wzrostu części nadziemnej (wysokości i grubości) towarzyszyło wyraźne zmniejszanie się przyrostu długości korzenia. Przeciwnie, zmniejszanie się dynamiki przyrostu części nadziemnej było związane z intensyfikacją przyrostu korzenia. Prawidłowość ta potwierdza wcześniejsze obserwacje mówiące o nieprzerwanym wzroście systemu korzeniowego podczas stagnacji przyrostu części nadziemnej [Skrzyszewski, Gomółka 1998, Šafar 1954].

Zależność pomiędzy rocznym przyrostem wysokości (x) i długości korzenia (y) wyrównano krzywą wykładniczą postaci $y = ax^b e^{cx}$ (ryc. 2) obliczoną dla wartości średnich do wieku 36



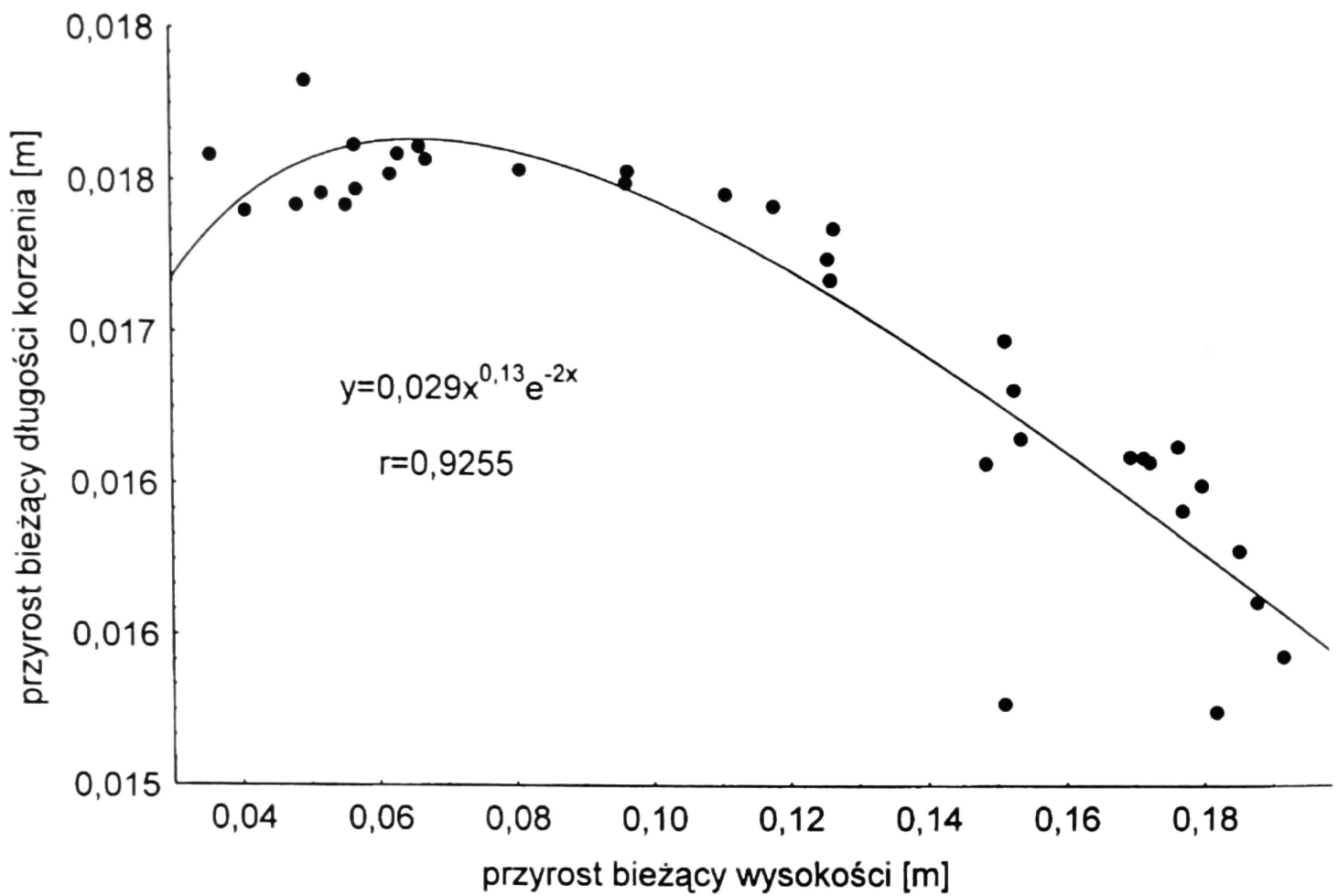
RYC. 1. Przebieg przyrostu bieżącego grubości pnia, wysokości oraz długości korzenia podrostów jodłowych

lat. Przy większych przyrostach wysokości (powyżej maksimum funkcji) zależność jest ujemna. Im większy był roczny przyrost wysokości (większy dostęp światła) tym mniejszy był przyrost długości korzenia. W zakresie mniejszych przyrostów wysokości (poniżej maksimum funkcji) obserwuje się natomiast zależność dodatnią (większym przyrostom wysokości towarzyszył również większy przyrost długości korzenia). Prawdopodobnie istnieje pewna krytyczna wielkość przyrostu wysokości, poniżej której brak asymilatów uniemożliwia prawidłowy rozwój systemu korzeniowego. Dążąc do zachowania długiego okresu odnowienia nie powinno się dopuszczać do przygłuszenia podrostów.

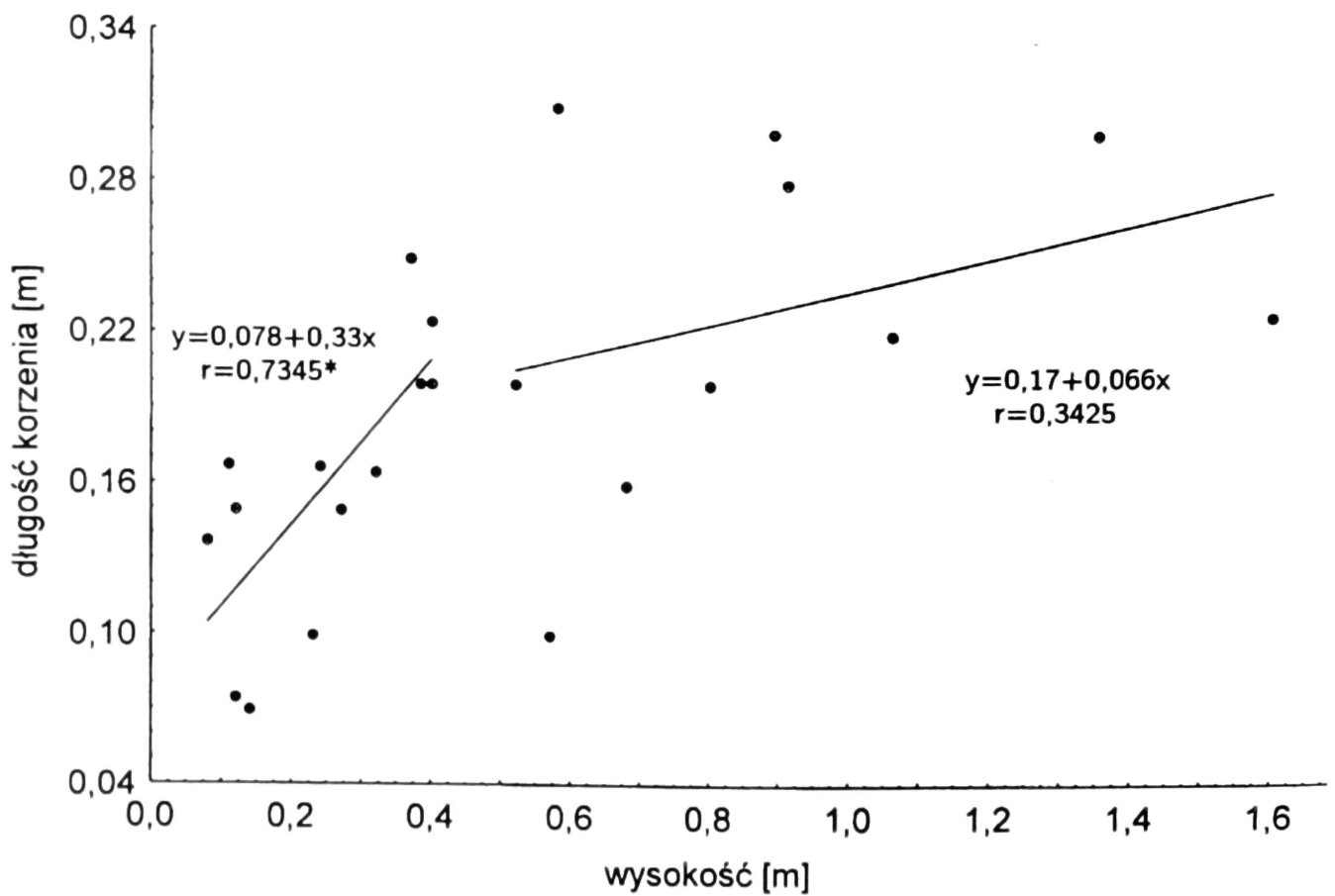
Podjęto próbę oszacowania jaką minimalną wysokość powinien osiągać podrost jodłowy w wieku 10, 20 i 30 lat, aby zapewnić korzystny wzrost systemu korzeniowego.

Obliczona krzywa wykładnicza (ryc. 2) posiada maksimum (y) dla wartości bieżącego przyrostu wysokości $x = -b/c$ i wynoszącej 6,5 cm [Czapliński 1985]. Zakładając równomierny przyrost roczny nie mniejszy od podanej wartości, jodły w wieku: 10, 20 i 30 lat powinny mieć minimalną wysokość odpowiednio 0,65 oraz 1,3 i 1,95 m.

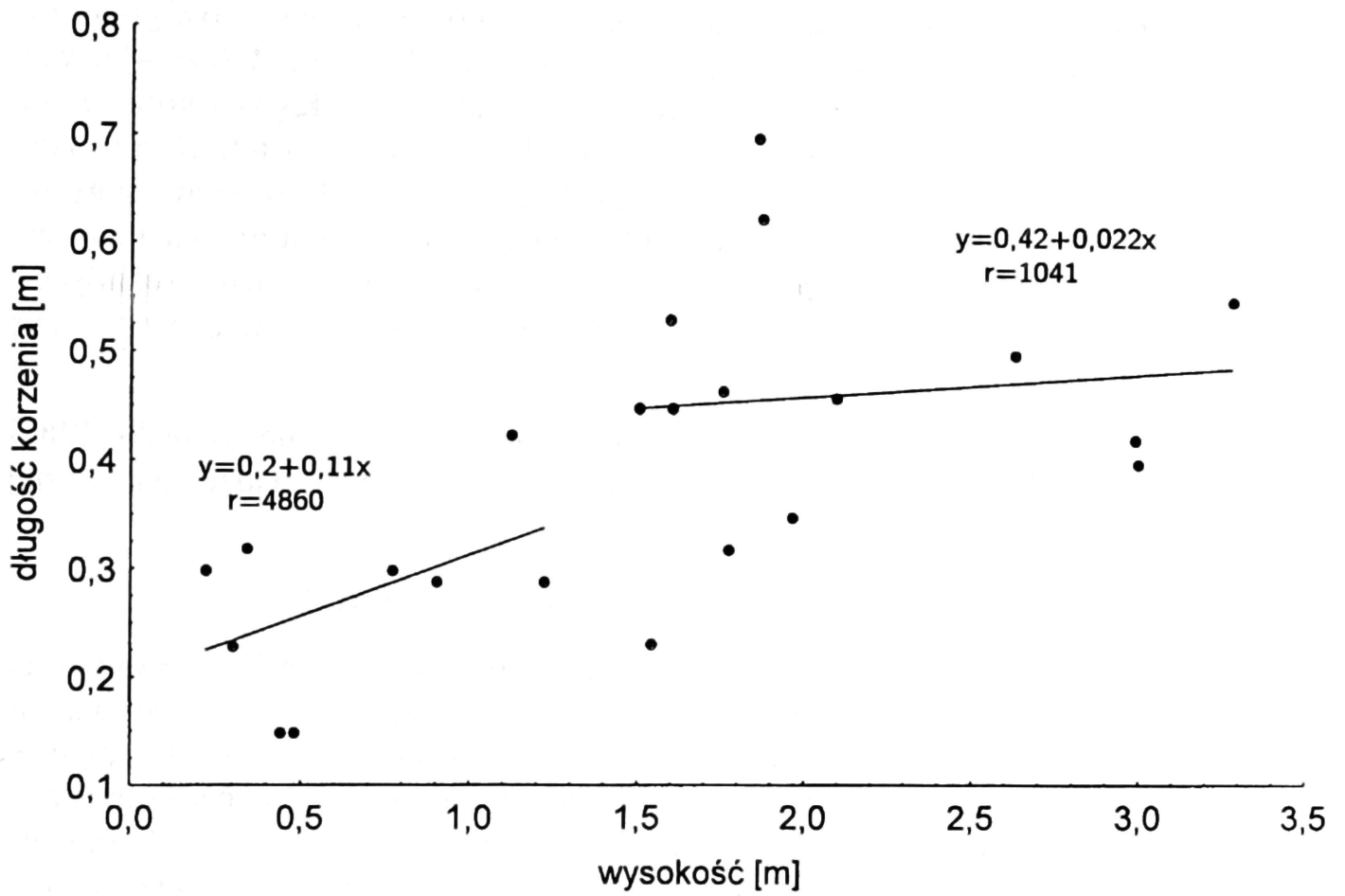
Podaną obserwację zweryfikowano, analizując zależność między rzeczywistą wysokością i długością korzenia określoną dla każdej z jodeł. Poszukiwano takiej wysokości granicznej podrostów (dla wieku 10 lat jest to orientacyjnie 0,65 m), powyżej której nie będzie występować zależność długości korzenia od wysokości (zmiany wysokości w tym zakresie wpływają już tylko nieznacznie na wzrost systemu korzeniowego). W przedziale poniżej wysokości granicznej powinniśmy natomiast obserwować istotną dodatnią korelację.



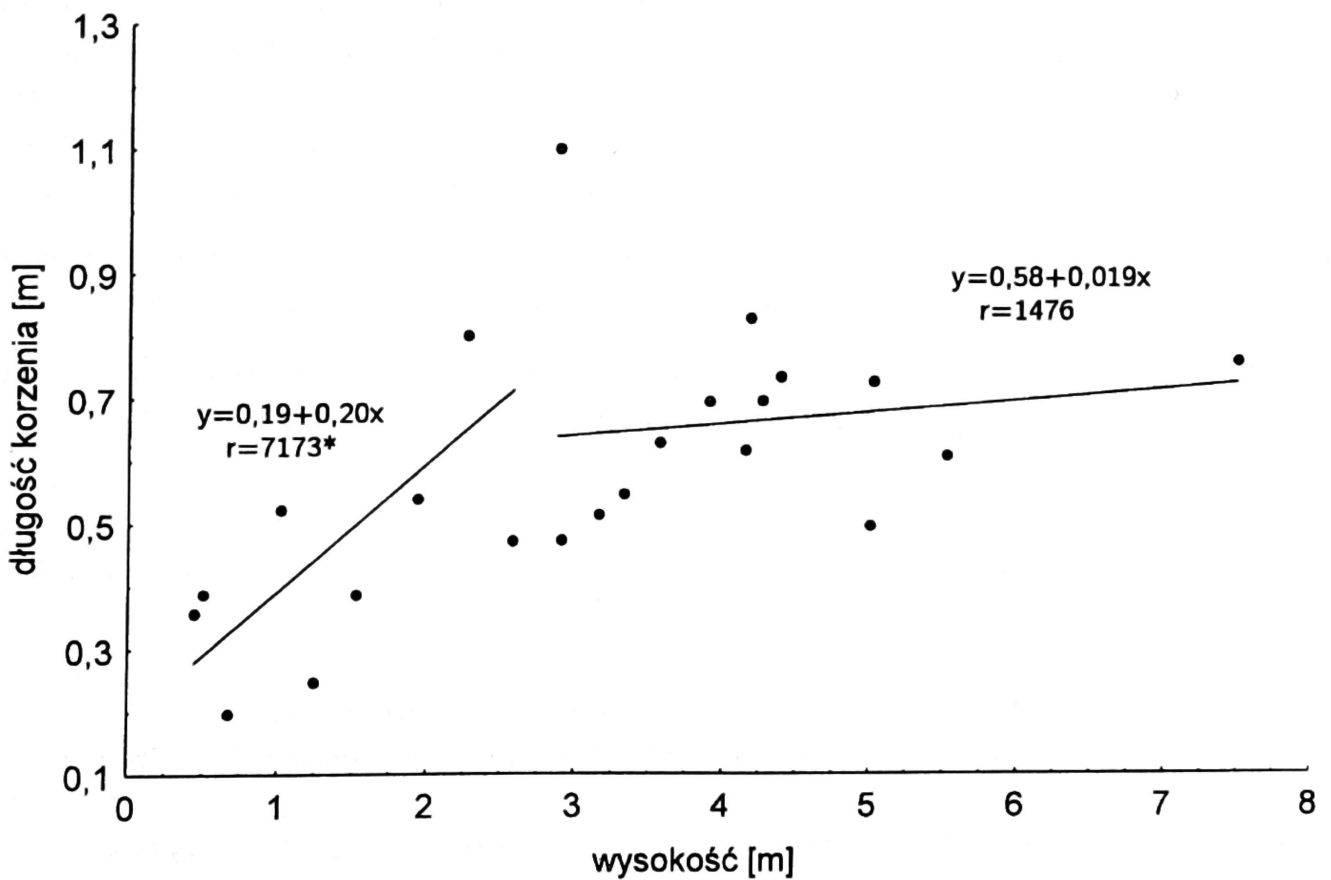
RYC. 2. Zależność pomiędzy bieżącym przyrostem wysokości a długością korzenia
(r – współczynnik korelacji)



RYC. 3. Zależność pomiędzy wysokością a długością korzenia w wieku 10 lat



RYC. 4. Zależność pomiędzy wysokością a długością korzenia w wieku 20 lat



RYC. 5. Zależność pomiędzy wysokością a długością korzenia w wieku 30 lat

Dla wieku 10 lat zgodnie z tak przyjętym założeniem zweryfikowana wysokość graniczna wyniosła 0,4-0,5 m (ryc. 3). W wieku 20 lat osiągała ona wartość ok. 1,3 m (ryc. 4) a w 30 roku życia ok. 2,5 m (ryc. 5). Dla 10 i 30 roku życia zależność długości korzenia od wysokości w przedziale poniżej wartości krytycznej była statystycznie istotna ($r=0,7345$ i $0,7173$, $\alpha \leq 0,05$) natomiast powyżej współczynniki korelacji (r) nie były istotne statystycznie i wynosiły odpowiednio 0,3425 oraz 0,1476. Dla 20 roku życia oba analizowane współczynniki korelacji nie były istotne statystycznie, natomiast wyraźnie różniły się wartościami (0,4860 i 0,1041). W tym przypadku przyjęto również taką samą interpretację wyników jak dla wieku 10 i 30 lat.

Obliczone tzw. wartości graniczne wysokości są nieco wyższe niż podaje Jaworski [1986] dla 20 letnich (1,15 m) i 30 letnich (1,75 m) wartościowych z punktu widzenia przyszłej żywotności podrostów.

Reakcja jodeł na poprawę warunków świetlnych

Podrosty wzrastające w wariancie bez osłony zostały odsłonięte przed 14 laty, w tym samym okresie wariant 2 zyskał nieco więcej światła natomiast jodły w wariancie 3 pozostały dalej pod osłoną piętra górnego. Przeanalizowano jak przebiegał wzrost poszczególnych części drzewek – przypuszczalnie w reakcji na poprawę warunków świetlnych. Jako miarę warunków świetlnych przyjęto smukłość korony (stosunek długości korony do jej szerokości) przez analogię do czynnika świetlnego (stosunek pędu wierzchołkowego do bocznych). Wartość czynnika świetlnego jako wskaźnika dostępu światła i wartości hodowlanej oraz jego zbieżność z kształtem korony jest znana [Fabijanowski i in. 1974, Jaworski 1984]. Wybrano wskaźnik charakteryzujący całą koronę, a nie tylko jej wierzchołkową część, gdyż analizowane dalej zmienne zależne kształtowały się w długim okresie. Współczynniki korelacji smukłości korony i pięcioletniego przyrostu wysokości dla wszystkich jodeł razem wskazują na zależność istotną sięgającą do 25 lat wstecz (tab. 1). Dla jodeł w wieku do 30 lat podana zależność sięgała 15 lat wstecz. Wskazuje to na stabilne pod względem oświetlenia warunki wzrostu co najmniej od ostatniego cięcia.

Obliczono współczynniki korelacji wieku podrostów oraz smukłości ich koron (zmienne niezależne) a wybranymi cechami ich nadziemnej i podziemnej części (tab. 2).

Stwierdzono, że wiek korelował z długością korzenia palowego i szerokością korony a także (ujemnie) z przyrostem długości korzenia palowego w ostatnim 10-leciu.

TABELA 1
Współczynniki korelacji pomiędzy smukłością korony a przyrostem bieżącym wysokości w okresach pięcioletnich

	Współczynnik korelacji dla przyrostu w latach kalendarzowych					
	2000-1996	1995-1991	1990-1986	1985-1981	1980-1976	1975-1971
Smukłość korony	0,8507*	0,9468*	0,7732*	0,6413*	0,5035*	0,0208

Współczynnik korelacji istotny $\alpha \leq 0,05$ (liczebność próby zmienna)

TABELA 2
Współczynniki korelacji pomiędzy smukłością korony i wiekiem a wybranymi cechami nadziemnej i podziemnej części badanych podrostów

	Wiek	Smukłość korony
Wysokość	0,2193	0,6118*
Średnica pnia	0,2993	0,5293*
Długość korony	-0,0798	0,8661*
Szerokość korony	0,8052*	-0,2654
Długość korzenia	0,7858*	-0,1386
Zasięg korzeni poziomych	0,1475	0,5494*
Masa korony	0,2277	0,6202*
Masa strzały	0,1327	0,6425*
Masa systemu korzeniowego	0,2406	0,5070*
Długość igieł	0,1288	0,1283
Szerokość igieł	0,2286	0,4203*
Grubość igieł	-0,2796	0,7892*
Przyrost wysokości w ostatnim 10-leciu	-0,2989	0,9216*
Przyrost długości korzenia w ostatnim 10-leciu	-0,5373*	0,0755

* współczynnik korelacji istotny $\alpha \leq 0,05$

Końcowa wysokość drzewek, średnica pnia oraz długość korony była skorelowana natomiast ze smukłością korony. Ilość docierającego światła (wyrażona smukłością korony) decydowała również o powierzchni zajmowanej przez korzenie boczne, końcowej masie korony, strzały i systemu korzeniowego. Lepsze warunki świetlne powodowały wzrost szerokości i grubości igieł ale ich długość nie zmieniała się.

Przyrost długości korzenia palowego ostatnim 10-leciu był tym mniejszy im drzewo było starsze. Ta niekorzystna zależność ma większe znaczenie po przekroczeniu 50 lat. Ostatnie stwierdzenie ma charakter przypuszczenia, gdyż posiadane dane nie pozwalają na jego statystyczne potwierdzenie. Współczynnik korelacji dla zależności pomiędzy wiekiem a ostatnim 10-letnim przyrostem korzenia u jodeł do 50 roku życia wynosił $-0,3886$ a po jego przekroczeniu wzrósł do $-0,4620$. W obu przypadkach nie jest jednak istotny statystycznie.

Podsumowanie wyników

- Dostęp światła podczas cząstkowego okresu odnowienia powinien gwarantować osiągnięcie pewnej minimalnej wysokości, optymalnej z punktu widzenia wzrostu systemu korzeniowego. Dla badanych podrostów powinna ona wynosić w wieku 10 lat 0,4-0,5 m, w wieku 20 lat ok. 1,3 m a w wieku 30 lat około 2,5 m.

- O końcowej długości korzenia decydował jego systematyczny wzrost w okresie całego życia natomiast w momencie odsłonięcia drzewa intensyfikowały przyrost na wysokość oraz wzrost korzeni bocznych. Przestrzeń zajęta przez korzenie jodły zależy będzie również od wcześniejszego wzrostu korzenia na długość. O końcowej wysokości badanych jodeł zadecydował ich wzrost po odsłonięciu, zwiększyła się w tym czasie w istotny sposób długość korony, ale nie jej szerokość. Igły po odsłonięciu pozostały tej samej długości zwiększając swą szerokość i grubość.

Autorzy składają serdeczne podziękowania Krzysztofowi Bielowi, Marcinowi Białoszewskiemu i Jarosławowi Kuczajowi, uczniom Technikum Leśnego w Starym Sączu za pomoc w realizacji niezwykle żmudnych prac terenowych.

*Katedra Szczegółowej Hodowli Lasu
Akademia Rolnicza
al. 29-Listopada 46, 31-425 Kraków
rlskrzys@cyf-kr.edu.pl*

Literatura

- Czapliński W.: Wykresy. w: Dziubiński I. i Świątkowski T. (red) Poradnik matematyczny. T. II. PWN, Warszawa 1985.
- Fabijanowski J., Jaworski A., Musiel W.: Wykorzystanie niektórych cech morfologicznych jodły (*Abies alba* Mill.) i świerka (*Picea excelsa* Link.) dla oceny potrzeb świetlnych i jakości ich podrostów. Acta Agr. Silv. ser. Silv. 1974 Vol. 14.
- Jaworski A.: 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. 1984 Vol. 23.
- Jaworski A.: Pielęgnowanie drzewostanów jodłowych i z udziałem jodły. Post. Tech. Leś. 1986 nr 38.
- Jaworski A.: Ekologiczne podstawy projektowania składu gatunkowego odnowień. Zagadnienia wybrane. Kraków: Skrypt AR 1988.
- Jaworski A.: Charakterystyka hodowlana drzew leśnych. Kraków: Gutenberg 1994.
- Skrzyszewski J., Gomółka W.: Analiza porównawcza nadziemnej i podziemnej części podrostów jodłowych wzrastających w różnych warunkach oświetlenia. Sylwan 1998 R. 142 nr 1.
- Šafar J.: Die Entwicklung des Tannenjungwuchses in den Plenterwäldern Kroatiens. Schweiz. Z Forstwes. 1954 Jg 105 nr 11-12.

Summary

Above-ground and below-ground biomass growth and increment of fir regeneration

The height and width increments of examined firs were similar. However, the changes in length increment of the tap root were less dynamic (Fig. 1). The periods of intensive above-ground biomass growth (height and width) were accompanied by a distinct decrease in the root length increment. On the contrary, a decrease in the height growth dynamics of

the above-ground biomass was connected with intensive root length increment. The correlation between root length increment and height increment was negative when height increments exceeded 6.5 cm while the correlation was positive when height increments equalled 4-6.4 cm (Fig. 2).

It seems that there is a threshold height increment below which the lack of assimilates prevents correct development of root systems. An attempt was made to assess minimum heights which firs should attain at the age of 10, 20 and 30 to develop the optimum root length. At the age of 10 years the threshold height should equal 0.4-0.5 m (Fig. 3), at the age of 20 – about 1.3 m (Fig. 4), and at the age of 30 – about 2.5 m (Fig. 5). A systematic growth of the root during the whole life-time decided about the final length of the root. The removal of shelters enhanced the height increment of the main root and lateral roots. The space that roots occupied depended on the earlier root length growth. The final heights of the examined firs were the effect of their height growth dynamics after shelter removal; crown length was distinctly greater but not its width. The length of needles remained the same yet their width and thickness increased (Table 2).