

KAROL BRONISZ, SZYMON BIJAK

Fazy wzrostu wysokości jodły pospolitej z Gór Świętokrzyskich

Height growth phases of silver fir from the Świętokrzyskie Mountains

ABSTRACT

Bronisz K., Bijak Sz. 2012. Fazy wzrostu wysokości jodły pospolitej z Gór Świętokrzyskich. Sylwan 156 (7): 511-517.

The paper presents an analysis of height growth phases of silver fir from the Świętokrzyskie Mountains. Basing on bilateral relations between average and current height increments, age of their culmination and duration of main (juvenile and sprouting) phases was determined. Empirical data consisted of 61 sample trees that were subjected to the stem analysis. Juvenile stage of fir height growth lasts 30 years, while sprouting phase is quite long as it lasts 45 years on average. Mean age when analyzed trees reach the culmination of current and average height increment equals 50 and 70 years respectively. Course of height growth of fir resembles this of beech, which can be explained by shade tolerance of these species.

KEY WORDS

height growth, phases, silver fir, Świętokrzyskie Mountains

ADDRESSES

Karol Bronisz – e-mail: karol.bronisz@wl.sggw.pl

Szymon Bijak – e-mail: szymon.bijak@wl.sggw.pl

Samodzielny Zakład Dendrometrii i Nauki o Produkcynności Lasu; SGGW w Warszawie;
ul. Nowoursynowska 159 bud. 34; 02-776 Warszawa

Wstęp

Wiedza na temat prawidłowości wzrostu wysokości poszczególnych gatunków drzew jest jedną z podstaw wyboru właściwego sposobu gospodarowania i prowadzenia zabiegów hodowlanych w gospodarstwie leśnym. Znajomość przebiegu wzrostu wysokości ułatwia również budowę krzywych bonitacyjnych, które są jednym ze sposobów opisu potencjalnej produktywności drzewostanów [Socha 2010, 2011].

Badania nad zagadnieniem wzrostu wysokości opierają się na analizie wzajemnych relacji bieżącego i przeciętnego przyrostu wysokości, na podstawie czego wyróżnia się trzy fazy wzrostu wysokości: juwenilną, pędzenia i senilną [Bruchwald 1999]. Faza juwenilna określa początkowy okres wzrostu wysokości do momentu osiągnięcia przez przyrost bieżący wartości odpowiadającej maksimum przyrostu przeciętnego. Wtedy rozpoczyna się faza pędzenia, podczas której następuje kulminacja przyrostu bieżącego. Ostatnia faza, senilna, rozpoczyna się w momencie kulminacji przyrostu przeciętnego i trwa do końca życia drzewa [Bruchwald 1999].

Dotychczasowe badania nad fazami wzrostu wysokości drzew w Polsce koncentrowały się przede wszystkim na gatunkach światłolubnych. Analizy wzajemnych relacji między przeciętnym i bieżącym przyrostem wysokości u sosny przeprowadzili Wróblewski [1968, 1976], Michalak [1970] oraz Bruchwald i in. [2000]. Wyniki podobnych badań w przypadku modrzewia opublikowali Dmyterko i Bruchwald [2010]. Prawidłowości wzrostu wysokości poznano także u dębu

szypułkowego [Bruchwald 1999], olszy czarnej [Bruchwald i in. 2001] i brzozy brodawkowatej [Bruchwald 2002]. Zauważa się natomiast brak takich opracowań dla gatunków cieniznośnych. Analizy z tego zakresu zostały przeprowadzone jedynie w przypadku buka pospolitego [Bruchwald i in. 2002; Dudzińska 2012].

Celem niniejszych badań było poznanie i opisanie przebiegu wzrostu i przyrostu wysokości jodeł rosnących w pierwszym piętrze drzewostanów Gór Świętokrzyskich.

Material i metody

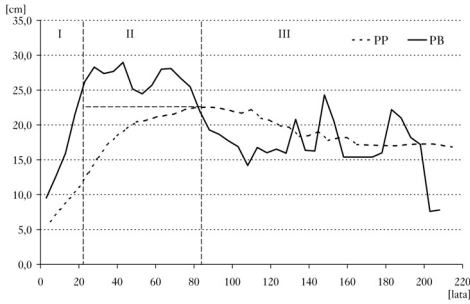
Material badawczy pochodził z zasobów Zakładu Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu SGGW w Warszawie i stanowiły go dane z 61 drzew ściętych w drzewostanach jodłowych położonych w Górach Świętokrzyskich. Ich wiek wahał się od 54 do 217 lat, a wysokość – od 6,57 do 36,35 m. Ze ściętych drzew z wysokości 0,0; 1,0; 3,0 m i dalej co 2 m pozyskano wyrzynki, na których oznaczono liczbę słoju rocznych. Następnie określono wysokość każdego drzewa w wieku 5, 10, 15, ... lat oraz wyznaczono wartość przeciętnego i bieżącego przyrostu wysokości w tych latach. Przyrost przeciętny liczono jako iloraz wysokości i wieku drzewa, w którym tę wysokość osiągnęło, natomiast przyrost bieżący rozumiany był jako średni roczny przyrost wysokości w okresie pięcioletnim. Obliczono także wiek kulminacji analizowanych przyrostów oraz długość trwania poszczególnych faz wzrostu wysokości. Do analizy przyrostu wysokości wzięto jedynie te drzewa, które osiągnęły kulminację przyrostu przeciętnego, a zatem możliwe było dla nich wyznaczenie długości poszczególnych faz wzrostu wysokości.

Wyniki

Uśredniony przebieg zmian z wiekiem przeciętnego i bieżącego przyrostu wysokości analizowanych jodeł z Gór Świętokrzyskich jest dość zbliżony do teoretycznego obrazu wzajemnych zależności tych dwóch miar wzrostu (ryc. 1). Zauważyć jednak można pewne wahania w przebiegu przyrostu bieżącego w okolicy jego kulminacji oraz dwa wyraźne skoki w późnym wieku życia badanych drzew.

W przebadanej populacji jodeł wyróżniono trzy typy przebiegu bieżącego przyrostu wysokości (ryc. 2). Obraz typowy, czyli z wyraźną kulminacją w młodym wieku, jest charakterystyczny dla 43% badanych drzew. Drzew cechujących się opóźnionym przebiegiem przyrostu bieżącego było 28%. U podobnej liczby jodeł trudno jest wyróżnić jedną wyraźną kulminację przyrostu bieżącego, a przebieg tej cechy odznacza się licznymi fluktuacjami. Również w przypadku przyrostu przeciętnego wyróżniono trzy typy przebiegu zmian tej cechy z wiekiem drzew (ryc. 2). Ponad połowa badanych jodeł (56%) ma typowy przebieg zmian przeciętnego przyrostu wysokości. U 13% analizowanych drzew stwierdzono dość wczesną kulminację przyrostu przeciętnego, który przyjmuje wysokie wartości, zbliżone do przyrostu bieżącego. Blisko $\frac{1}{3}$ jodeł z Gór Świętokrzyskich odznaczała się opóźnioną kulminacją przyrostu przeciętnego.

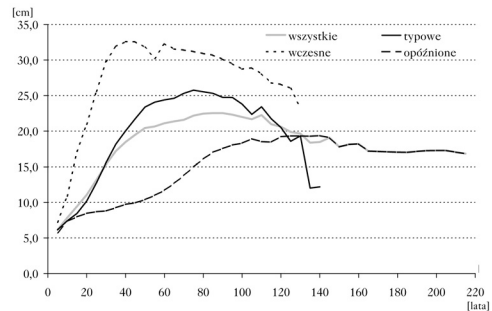
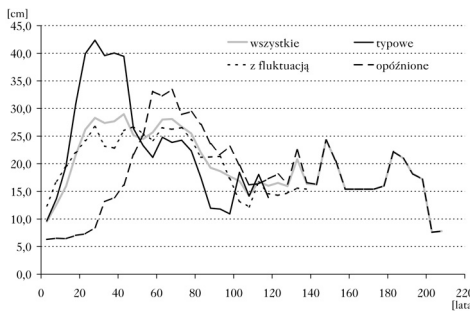
Typ przebiegu przyrostu bieżącego w dość logiczny sposób przekłada się na typ przebiegu przyrostu przeciętnego. Jodły o typowych zmianach przyrostu bieżącego z wiekiem najczęściej charakteryzowały się również typowym przebiegiem przyrostu przeciętnego. Stwierdzono też, że większość jodeł (7 z 8 drzew) o przyspieszonej kulminacji przyrostu przeciętnego odznaczała się modelowym przebiegiem przyrostu bieżącego. Przyrost przeciętny drzew z zaburzeniami w przebiegu przyrostu bieżącego miał albo charakter typowy, albo były one opóźnione. Opóźnienie w przyroście bieżącym najczęściej skutkowało takim samym charakterem przyrostu przeciętnego, choć zdarzały się przypadki, że takie jodły miały normalny przebieg zmian tej cechy z wiekiem.



Ryc. 1.

Uśredniony przebieg przeciętnego (PP) i bieżącego (PB) przyrostu wysokości jodeł z Gór Świętokrzyskich z wyróżnionymi fazami wzrostu (I – juwenilna; II – pędzenia; III – senilna)

Mean course of average (PP) and current (PB) height increment of firs from the Świętokrzyskie Mountains with distinguished height growth phases (I – juvenile; II – sprouting; III – senile)



Ryc. 2.

Różne typy przebiegu bieżącego (lewo) i przeciętnego (prawo) przyrostu wysokości jodeł z Gór Świętokrzyskich

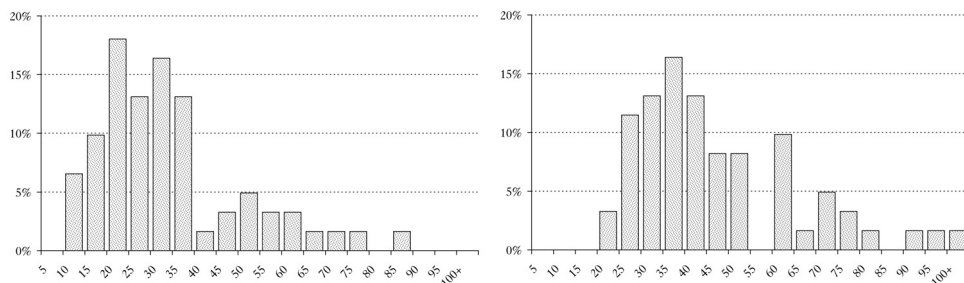
Various types of course of current (left) and average (right) height increment of firs from the Świętokrzyskie Mountains

Juwenilna faza wzrostu wysokości u badanych jodeł trwa średnio 30 lat, z odchyleniem standardowym wynoszącym 16 lat. Większość drzew (70%) ukończyła tę fazę wzrostu w wieku 11-35 lat (ryc. 3). U 11% drzew młodociany okres wzrostu wysokości trwał ponad 60 lat. Faza pędzenia trwała średnio 45 lat, z odchyleniem standardowym równym 19 lat. U 58% jodeł długość fazy pędzenia wynosiła do 40 lat, ale stwierdzono, że u 15% drzew czas trwania wzmoczonego wzrostu wysokości wynosił ponad 70 lat (ryc. 3). Nie zaobserwowano istotnego statystycznie związku między długością fazy pędzenia a wiekiem jej początku (dane nieprezentowane).

Kulminacja przyrostu bieżącego u badanych jodeł wypadła przeciętnie w 50. roku życia (odchylenie standardowe równe 22 lata). Najwięcej (40%) drzew osiągało maksimum bieżącego przyrostu wysokości między 21. a 40. rokiem życia (ryc. 4). U 16% analizowanych jodeł największy przyrost bieżący wystąpił po 80. roku życia. Kulminacja przyrostu przeciętnego średnio miała miejsce w 70. roku życia (odchylenie standardowe – 24 lata). Badane drzewa maksimum przeciętnego przyrostu wysokości osiągały najczęściej między 46. i 50., między 51. i 55. oraz 81. i 85. rokiem życia (10-13% drzew w każdym z tych przedziałów). Aż 21% jodeł świętokrzyskich kulminację przyrostu przeciętnego miało po 100. roku życia (ryc. 4).

Dyskusja

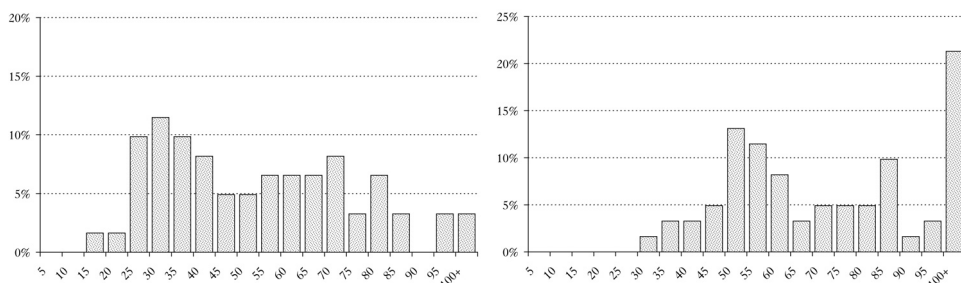
W świetle uzyskanych wyników, przebieg wzrostu i przyrostu wysokości jodły można porównać do wzrostu wysokości buka. Jest on natomiast zupełnie odmienny od wzrostu modrzewia [Dmyrterko, Bruchwald 2010], olszy [Bruchwald i in. 2001], brzozy [Bruchwald 2002], sosny [Bruch-



Ryc. 3.

Długość trwania poszczególnych faz wzrostu wysokości jodeł z Gór Świętokrzyskich – faza juwenilna (lewo) i faza pędzenia (pravo)

Length of juvenile (left) and sprouting (right) phases of height growth of firs from the Świętokrzyskie Mountains



Ryc. 4.

Wiek kulminacji bieżącego (lewo) i przeciętnego (pravo) przyrostu wysokości jodeł z Gór Świętokrzyskich
Age of culmination of current (left) and average (right) height increment of firs from the Świętokrzyskie Mountains

wald i in. 2000] oraz dębu [Bruchwald 1999]. Długość juwenilnej fazy wzrostu wysokości badanych jodeł wyniosła średnio 30 lat, a u 11% drzew nawet i 60 lat. Jest to wartość porównywalna z wynikami otrzymanymi w drzewostanach bukowych, gdzie wynosiła ona 25 lat [Bruchwald i in. 2002]. Zdecydowanie krócej początkowa faza wzrostu wysokości trwa u modrzewia, gdzie okres ten wynosi 8 lat [Dmyterko, Bruchwald 2010], brzozy – 9 lat [Bruchwald 2002] czy olszy – 10 lat [Bruchwald i in. 2001]. Również w przypadku wieku kulminacji przyrostu bieżącego jodła jest podobna do buka. U analizowanych drzew maksymalna wartość tej cechy wystąpiła przeciętnie w wieku 50 lat, podczas gdy u buka wiek ten wynosi 47 lat [Bruchwald i in. 2002]. Zdecydowanie wcześniej kulminację przyrostu bieżącego osiągają wszystkie dotychczas przebadane gatunki drzew. U modrzewia następuje ona średnio w 12. [Dmyterko, Bruchwald 2010], u olszy – 14. [Bruchwald i in. 2001], brzozy – 16. [Bruchwald 2002], sosny – 21. [Bruchwald i in. 2000], a u dębu – 23. roku życia [Bruchwald 1999]. Zbliżone relacje między jodłą a pozostałymi głównymi gatunkami lasotwórczymi w Polsce zauważa się także analizując długość fazy pędzenia i wiek kulminacji przyrostu przeciętnego. Badane jodły osiągały maksymalną wartość przeciętnego przyrostu wysokości średnio w wieku 70 lat. Zbliżony wiek kulminacji tej cechy Bruchwald i in. [2002] stwierdzili u buka (74 lata). O wiele wcześniej koniec fazy pędzenia osiągały: modrzew – 17. [Dmyterko, Bruchwald 2010], olsza – 20. [Bruchwald i in. 2001], brzoza – 23.

[Bruchwald 2002], sosna – 34. [Bruchwald i in. 2000] oraz dąb – 36.-40. rok życia [Bruchwald 1999]. Wyraźniejsze różnice mają miejsce w długości fazy pędzenia, która u badanych jodeł trwała średnio 45 lat. W przypadku buka ta faza wzrostu wysokości kończy się średnio po 27 latach [Bruchwald i in. 2002]. U modrzewia [Dmyterko, Bruchwald 2010] i olszy [Bruchwald i in. 2001] następuje to średnio po 10 latach, brzozy – 15 [Bruchwald 2002], a dębu – 24 latach [Bruchwald 1999].

Przyczyn podobieństw i różnic między gatunkami należy szukać w ich właściwościach ekologicznych. Jodła [Jaworski 1995; Bernadzki 2008] podobnie jak buk odznacza się znaczną cieniznością. Niskie wymagania świetlne powodują, że gatunki te mogą długi czas pozostawać pod okapem drzewostanu, wytwarzając niewielkie przyrosty wysokości. W momencie odświeżenia, przy zwiększonej dostawie światła do niższych partii drzewostanu, może nastąpić znaczny skok przyrostu wysokości (drzewa opóźnione na ryc. 2). Uzyskane wyniki upoważniają do stwierdzenia, że część badanych jodeł w młodości rosła przez dłuższy czas w ocienieniu. Długość fazy juvenilnej oraz wiek kulminacji bieżącego przyrostu wysokości analizowanych drzew potwierdzają obserwacje Bernadzkiego i Szermettiego [1976] mówiące o tym, że w Górach Świętokrzyskich drzewostany jodłowe powstały w ciągu 60-letniego okresu odnowienia. Obecność drzew, u których kulminacja przyrostu bieżącego występuje po 80., a nawet i po 100. roku życia, potwierdza tezę, że jodły mogą bardzo długo wzrastać w warunkach ograniczonej ilości światła [Bernadzki 2008]. Według przeprowadzonych w Serbii badań tamtejsze jodły wytrzymują 330-letni okres w ocienieniu i potrafią wykształcić „normalny” wzrost po uzyskaniu odpowiedniej ilości światła [Pantić i in. 2011].

Na wzrost wysokości wpływa wiele różnych przyczyn i warunków środowiskowych, co powoduje duże zróżnicowanie przebiegu zmian wysokości z wiekiem [Calama i in. 2003; Pinto i in. 2008]. Dlatego też należy wykazywać sporą ostrożność w wyciąganiu wniosków o ogólnych, „nie-lokalnych” prawidłowościach wzrostu. Z badań Bruchwalda i in. [2000] nad wzrostem sosny w Polsce wynika znaczne przestrzenne zróżnicowanie zarówno wieku kulminacji przyrostu bieżącego i przeciętnego, jak i długości trwania poszczególnych faz wzrostu wysokości. Chen i in. [1998] stwierdzili, że wzrost topoli osiki w Kolumbii Brytyjskiej uwarunkowany jest czynnikami klimatycznymi. Do podobnych wyników doszli Nigh i in. [2002] w badaniach wzrostu świerka czarnego w tym samym regionie. Z kolei Pantić i in. [2011] prezentują pogląd, że na długość fazy juvenilnej u jodły największy wpływ mają warunki świetlne i zabiegi hodowlane, a siedlisko (wraz z innymi czynnikami ekologicznymi) odgrywa istotną rolę w kształtowaniu przyrostu wysokości przede wszystkim w fazie pędzenia.

Nie bez znaczenia na uzyskiwane wyniki jest źródło danych. Przy badaniach wzrostu i przyrostu wysokości na podstawie danych z analizy pnia, szczególną uwagę należy zwrócić na odpowiednią selekcję drzew [Socha 2011]. Ścinając do analizy drzewa z górnej warstwy drzewostanu, ścinamy także i te, które nie należały do niej przez cały czas swojego życia. Efektem tego jest zróżnicowany obraz przebiegu zmian wysokości z wiekiem (ryc. 2 i 3). Posiadany materiał empiryczny pozwalał na przeprowadzenie analiz drzew dominujących, występujących w pierwszym (górnym) piętrze drzewostanu. Wydaje się koniecznym kontynuowanie badań dotyczących wzrostu wysokości w drzewostanach o złożonej strukturze z uwzględnieniem niższych partii drzewostanu (podobne analizy nad bukiem zostały przeprowadzone przez Dudzińską [2012]), zwłaszcza, że jodła najlepiej rozwija się właśnie w takich drzewostanach [Jaworski 1995; Bernadzki 2008; Mizunaga i in. 2010]. Ważny jest również kontekst modelowania wzrostu wysokości, które w warunkach polskich dla tego gatunku przeprowadzone zostało jak dotąd tylko w drzewostanach jodłowych o prostej strukturze [Zasada 1995].

Wnioski

- ♣ Spośród gatunków drzew dotychczas przebadanych w warunkach polskich, jodła charakteryzuje się najdłuższym czasem trwania fazy juvenilnej i pędzenia (odpowiednio 30 i 45 lat).
- ♣ Przebieg wzrostu i przyrostu wysokości jodły najbardziej jest zbliżony do zmian tej cechy obserwowanej u buka, co można tłumaczyć podobnymi wymaganiami świetlnymi obu gatunków.
- ♣ Konieczne są badania w celu poznania przebiegu wzrostu wysokości jodeł znajdujących się w różnej pozycji biosocjalnej w drzewostanach o złożonej budowie pionowej.

Literatura

- Bernadzi E. 2008. Jodła pospolita – ekologia, zagrożenia, hodowla. PWRiL, Warszawa.
- Bernadzi E., Szeremetti B. 1976. Okres odnowienia jodły na siedlisku lasu mieszanego w Górach Świętokrzyskich. Sylwan 120 (3): 47-56.
- Bruchwald A. 1999. Fazy wzrostu i wiek kulminacji bieżącego i przeciętnego przyrostu wysokości dębu szypułkowego. Sylwan 143 (5): 5-11.
- Bruchwald A. 2002. Wzrost wysokości brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* ROTH.). Sylwan 146 (6): 5-11.
- Bruchwald A., Dmyterko E., Dudzińska M., Wirowski M. 2001. Analiza faz wzrostu wysokości osły czarnej (*Alnus glutinosa* [L.]/GAERTN.). Sylwan 145 (1): 5-11.
- Bruchwald A., Dmyterko E., Dudzińska M., Wirowski M. 2002. Wzrost wysokości buka pospolitego (*Fagus sylvatica* L.). Sylwan 146 (9): 19-27.
- Bruchwald A., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M. 2000. Wzrost wysokości sosny w różnych regionach Polski. W: Bruchwald A. [red.]. Przestrzenne zróżnicowanie wzrostu sosny. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Calama R., Cañadas N., Montero G. 2003. Inter-regional variability in site index models for even-aged stands of stone pine (*Pinus pinea* L.) in Spain. Ann. For. Sci. 60: 259-269.
- Chen H. Y. H., Klinka K., Kabzems R. D. 1998. Site index, site quality, and foliar nutrients of trembling aspen: relationships and predictions. Can. J. For. Res. 28: 1743-1755.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2010. Fazy wzrostu wysokości modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.). Sylwan 154 (12): 803-808.
- Dudzińska M. 2012. Analiza faz wzrostu wysokości buka pospolitego rosnącego w drugim piętrze drzewostanów bukowo-sosnowych. Sylwan 156 (6): 420-426.
- Jaworski A. 1995. Charakterystyka hodowlana drzew leśnych. Gutenberg, Kraków.
- Michalak K. 1970. Wzrost i przyrost wysokości w drzewostanie sosnowym z Puszczy Augustowsko-Suwalskiej w zależności od stanowiska biosocjalnego drzew. ZN SGGW, Leś. 15: 91-115.
- Mizunaga H., Nagaike T., Yoshida T., Valkonen S. 2010. Feasibility of silviculture for complex stand structures: designing stand structures for sustainability and multiple objectives. J. For. Res. 15: 1-2.
- Nigh G. D., Krestov P. V., Klinka K. 2002. Height growth of black spruce in British Columbia. The Forestry Chronicle 78 (2): 306-313.
- Panatić D., Banković M., Obradović S. 2011. Some characteristics of the stagnation stage in the development of silver fir (*Abies alba* Mill.) trees in selection forests in Serbia. Turk. J. Agric. For. 35: 367-378.
- Pinto P. E., Gégout J. C., Hervé J. Ch., Dhôte J. F. 2008. Respective importance of ecological conditions and stand composition on *Abies alba* Mill. dominant height growth. Forest Ecology and Management 255: 619-629.
- Socha J. 2010. Metoda modelowania potencjalnych zdolności produkcyjnych świerka w górach. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.
- Socha J. 2011. Krzywe bonitacyjne świerka pospolitego na siedliskach górskich. Sylwan 155 (12): 816-826.
- Wróblewski L. 1968. Przebieg wzrostu i przyrostu wysokości drzew w drzewostanie sosnowym III klasy wieku z Borów Dolnośląskich. Praca dyplomowa. Zakład Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu SGGW.
- Wróblewski L. 1976. Niektóre zagadnienia kulminacji bieżącego przyrostu wysokości drzew w drzewostanach sosnowych. Folia Forestalia Polonica, s. A (22): 211-221.
- Zasada M. 1995. Empiryczny model wzrostu wysokości jodły. Sylwan 139 (5): 71-77.

SUMMARY

Height growth phases of silver fir from the Świętokrzyskie Mountains

The objective of presented study was to recognize the process of height growth of silver fir from the Świętokrzyskie Mountains. The main goals were: i) to define three height growth phases: juvenile, sprouting and senile, and ii) to recognize the relationships between average and current height increments. Research material consisted of 61 dominant silver firs (age from 54 to 217 years, height from 6.57 to 36.35 m) sampled in the Świętokrzyskie Mountains. Stem analysis was performed for all of them. Average height increment was calculated as a ratio of height at a given age and this age, while current increment was derived as a ratio of mean annual increment in 5-years-long periods.

Juvenile phase of height growth lasts 30 years on average, while in case of 11% trees it is longer than 60 years. Mean duration of sprouting phase is 45 years for the most of the analysed firs. Mean age at which investigated trees reach the culmination of current and average height increment equals 50 and 70 years respectively.

Growth pattern of silver firs from the Świętokrzyskie Mountains resembles the one of beech the most, while this of pine, larch, birch, alder and oak – the least. This difference results from ecological requirements of these species, especially shade tolerance. Silver fir is able to grow in poor light conditions for a very long time, even longer than 100 years. In such case, height increment is initially very low, but when the amount of light increases, fir responds with faster and larger height growth.