

## **BIOSOCJALNE ZRÓŻNICOWANIE WZROSTU I PRZYROSTU 85-LETNICH SOSEN**

Katarzyna Kaźmierczak<sup>1</sup>✉, Robert Korzeniewicz<sup>2</sup>, Wojciech Borzyszkowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Urządzania Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Wojska Polskiego 71 C, 60-625 Poznań

<sup>2</sup>Katedra Hodowli Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 69, 60-625 Poznań

### **ABSTRAKT**

Celem pracy było przedstawienie biosocjalnego zróżnicowania wzrostu i przyrostu sosen w drzewostanie ze względu na zajmowane stanowisko drzewa ustalone według kryteriów klasyfikacji Kraftha. W drzewostanie sosnowym na siedlisku boru mieszanego świeżego założono 1-hektarową powierzchnię badawczą, na której rosły 402 sosny. Wszystkie drzewa zanumerowano. Z tablic liczb losowych wylosowano sześć stanowiących numery drzew przeznaczonych do ścięcia. Dla każdego, zgodnie z kryteriami klasyfikacji Kraftha, bezpośrednio przed ścięciem określono stanowisko biosocjalne. Zróżnicowanie drzew zaprezentowano na podstawie retrospektywnej analizy ich wzrostu i przyrostu. Uzyskane wyniki kształtowania się z wiekiem wysokości, pierśnicy i miąższości oraz przyrostów tych cech u sześciu losowo wybranych sosen zasadniczo potwierdzają wcześniejsze badania. Cechy wymiarowe i przyrostowe były zróżnicowane ze względu na biosocjalną pozycję drzewa. Początkowo różnice były niewielkie i pogłębiały się z wiekiem. Kulminacje przyrostu wysokości i przyrostu pierśnicy nastąpiły we wczesnym okresie życia drzew. Krzywe wzrostu i przyrostu poszczególnych sosen krzyżowały się wielokrotnie zasadniczo do 70 roku ich życia. Największe różnice były w miąższości i jej przyroście. Kulminacja bieżącego przyrostu miąższości nastąpiła jedynie u drzewa reprezentującego drzewostan opanowany.

**Słowa kluczowe:** pierśnica, wysokość, miąższość, przyrost pierśnicy, przyrost wysokości, przyrost miąższości, *Pinus sylvestris*

### **WSTĘP**

Kształtowanie się z wiekiem wzrostu i przyrostu drzewa należy do podstawowych badań w leśnictwie (Assmann, 1968; Borowski, 1974). Prace na ten temat były prowadzone w odniesieniu do podstawowych gatunków lasotwórczych, głównie sosny. Dynamiką wzrostu sosen zajmowali się m.in.: Szymański (1963), Żółciak (1963), Ważyński (1967), Borowski i Grochowski (1969), Lemke (1972a, 1972b, 1984, 1988), Beker (1997), Rymer-Dudzińska (1997, 1998), Najgrakowski (1998), Kaźmierczak (2005, 2013a, 2013b).

Wzrost drzewa jest funkcją czasu i czynników środowiska (Śmelko i in., 1992). Krzywą wzrostu drzewa można przedstawić jako funkcję wieku i wyróżnić w jej przebiegu kolejne fazy. Długości faz są związane z gatunkiem drzewa, jego stanowiskiem biosocjalnym, zabiegami pielęgnacyjnymi prowadzonymi w drzewostanie i jakością siedliska (Assmann, 1968; Borowski, 1974; Jaworski, 2004). Przyrost drzewa będący funkcją czasu można przedstawić graficznie w formie krzywej przyrostu, która jest pierwszą

✉kkdendro@up.poznan.pl

pochodną funkcji wzrostu. W jej przebiegu można wyróżnić naturalne fazy: młodości, pełni sił i starości (Assmann, 1968; Borowski, 1974; Bruchwald, 1999, 2002; Jaworski, 2004).

Nawet drzewostan jednowiekowy i jednogatunkowy nie jest zespołem jednakowych drzew, ale zbiorem jednostek o odmiennych cechach, które są wynikiem oddziaływania genetycznego, fizycznego, biologicznego czy mechanicznego. Sadzonki tego samego gatunku są różne pod względem biologicznym, mają różne możliwości przystosowania się do środowiska i w różnym stopniu mogą wykorzystywać jego możliwości. Zróżnicowanie wewnątrzgatunkowe można zaobserwować już w fazie uprawy i młodnika. Tylko część osobników wykazuje równomierny przebieg wzrostu, a u wielu są widoczne duże wahania przyrostu na wysokość. Z wiekiem zmienność wielu cech zmienia się i często zwiększa.

Opracowano wiele klasyfikacji drzew. Zasadniczo dotyczą one drzewostanów prowadzonych gospodarczo, choć mogą mieć szersze zastosowanie. Najstarsze klasyfikacje oparte na kryterium wysokości sięgają połowy XIX wieku. Seebach w 1843 roku wyróżnił w drzewostanie cztery klasy drzew: dominujących, opanowanych, wydzielonych i zagłuszonych. Natomiast Burckhardt w 1848 roku podzielił drzewostan na aż sześć klas. W najważniejszej części drzewostanu wyróżnił drzewa – górujące, panujące, umiarkowanie panujące i słabo panujące, a wśród pozostałych drzewa – z opanowanymi wierzchołkami oraz jako ostatnią klasę – drzewa ocienione i obumarłe (Jaworski, 2004).

Kraft (1884, za Assmannem 1968) wyróżnił klasy drzew: górujących, panujących, współpanujących, opanowanych i przygłuszonych. Drzewa należące do klas pierwszej, drugiej i trzeciej tworzą drzewostan panujący, a pozostałe – klasy czwartej i piątej – drzewostan opanowany. Podstawą klasyfikacji Krafta jest wysokość drzewa w stosunku do drzew sąsiadujących oraz wielkość i stan korony. Pozwoliło to na pogrupowanie drzew w klasy o jednakowej „energii wzrostu”. Assmann przedstawił przez Krafta klasyfikację nazywał naturalną lub socjalną.

Celem pracy jest przedstawienie biosocjalnego zróżnicowania wzrostu i przyrostu sosen w drzewostanie ze względu na zajmowane stanowisko drzewa ustalone według kryteriów klasyfikacji Krafta.

## MATERIAŁ BADAWCZY

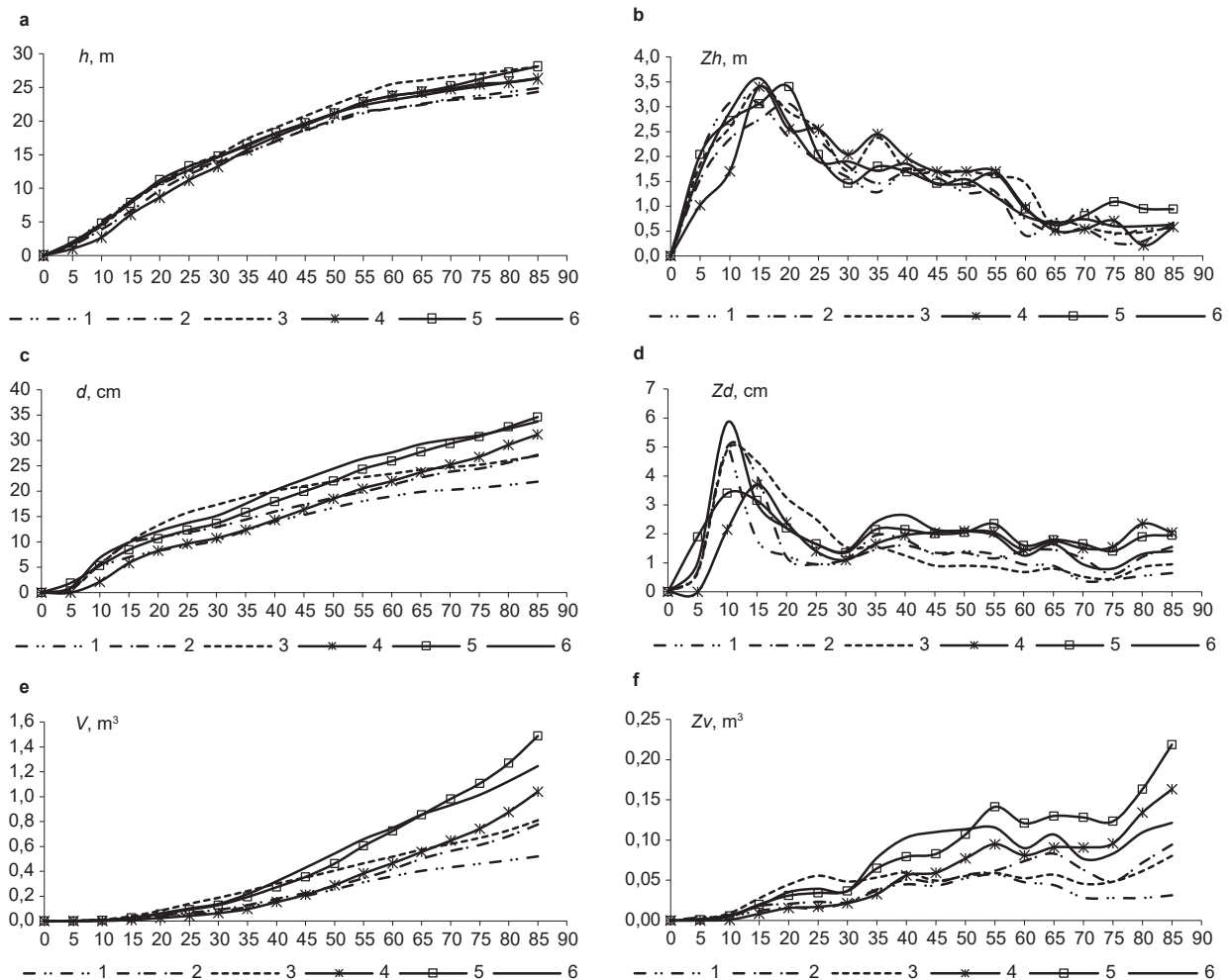
Zróżnicowanie drzew zaprezentowano na podstawie retrospektywnej analizy wzrostu i przyrostu sześciu losowo wybranych 85-letnich sosen. W drzewostanie sosnowym w Nadleśnictwie Doświadczalnym Zielonka na siedlisku boru mieszanego świeżego założono 1-hektarową powierzchnię badawczą (zasobność drzewostanu 364,86 m<sup>3</sup>, przeciętna pierśnica 31,4 cm, a wysokość 26,12 m). Na powierzchni rosły 402 sosny, wszystkie drzewa zanumerowano. Wykonano wiele pomiarów, zmierzono między innymi pierśnicę każdego drzewa oraz wysokość co piątego. Z tablic liczb losowych wylosowano sześć (losowanie bez zwracania), stanowiących numery drzew przeznaczonych do ściecia. Dla każdego z tych drzew, zgodnie z kryteriami klasyfikacji Krafta, bezpośrednio przed ścieciem określono stanowisko biosocjalne. Jedno z wybranych drzew (numer 1) reprezentowało drzewostan opanowany, pozostałe panujące. Po ścieciu drzew pobrano wyrzynki do analizy strzały, którą przeprowadzono w sekcjach o długości 2,04 m.

## WYNIKI

Z wiekiem sosny zwiększały swoje wymiary. Rosły na wysokość i na grubość oraz zwiększała się ich miąższość. Jednak wzrost nie odbywał się jednakowo. Z czasem można było zaobserwować większe zróżnicowanie pomiędzy drzewami z różnych położen w strukturze pionowej. Wyraźnie to widać na rysunku 1a, 1c, 1e. Różnice wymiarowe były niewielkie na początku wzrostu. Pomiedzy wysokościami badanych drzew nieznaczne różnice utrzymywały się do chwili ich ściecia (rys. 1a). Cecha ta odznaczała się najmniejszą zmiennością – wynoszącą jedynie blisko 6% przez większość życia badanych sosen (tab. 1).

Pierśnica charakteryzowała się większym zróżnicowaniem niż wysokość. Te różnice w pierśnicach drzew pogłębiały się z wiekiem. Z upływem lat rosły odległości pomiędzy krzywymi (rys. 1c), co było widoczne zwłaszcza u trzech drzew najgrubszych w momencie ściecia (nr 5, 6 i 4). Należały także do drzew najwyższych.

Jeszcze większe, pogłębiające się z wiekiem, różnice były widoczne w miąższości drzew. Krzywe wzrostu miąższości drzew nr 5 i 6 stromo wznosiły się



**Rys. 1.** Kształtowanie się z wiekiem wysokości  $h$  (a), przyrostu wysokości  $Zh$  (b), pierśnicy  $d$  (c), przyrostu pierśnicy  $Zd$  (d), miąższości  $v$  (e), przyrostu miąższości  $Zv$  (f)

**Fig. 1.** Changes of height  $h$  (a), height increment  $Zh$  (b), dbh  $d$  (c), dbh increment  $Zd$  (d), volume  $v$  (e), volume increment  $Zv$  (f) depending on age

w górę (rys. 1e), a pozostałych osiągały mniejsze wartości miąższości. W chwili ścięcia Największą miąższością wyróżniały się drzewa zarówno najwyższe, jak i najgrubsze – nr 5, 6 i 4 (rys. 1a, 1c, 1e).

Różnice między badanymi drzewami były widoczne w kształtowaniu się z wiekiem cech przyrostowych. Wiek kulminacji przyrostu wysokości u badanych drzew przypadł na 15 rok życia (na sześć drzew u trzech – nr 6, 3 i 4), u drzewa nr 1 na 10 rok, u pozostałych na 20 rok życia (rys. 1b). Przyrost pierśnicy kulminował wcześniej u sosen, bo w 10. roku życia

(u pięciu z sześciu), jedynie kulminacja przyrostu pierśnicy drzewa nr 4 przypadła na 15 rok życia (rys. 1d). Najbardziej widoczne różnice pomiędzy omawianymi sosnami były widoczne w przebiegu krzywych przyrostu miąższości (rys. 1f). Kulminację przyrostu miąższości stwierdzono jedynie u drzewa nr 1: przypadła ona na 55 rok jego życia (rys. 1f). Drzewo nr 4 wyróżniało się najmniejszym przyrostem miąższości do 35 roku życia, później zwiększyło się tempo jego przyrostu. W chwili ścięcia osiągnęło drugą pozycję pod względem wielkości wspomnianej cechy (rys. 1f).

Zasadniczo z wiekiem malały różnice we wzroście badanych drzew (obejmujące wysokość, pierśnicę i miąższość) mierzone współczynnikiem zmienności (tab. 1). Większe było zróżnicowanie cech przyrostowych (tab. 1). Największą zmienność w badanych strzałach stwierdzono u 5-letnich sosen. Najbardziej zmienną cechą był przyrost miąższości, którego współczynnik zmienności wahał się po 10 roku życia na poziomie 35-55%. Najmniej zmienną cechą była wysokość, ze współczynnikiem zmienności zasadniczo poniżej 10% (tab. 1).

**Tabela 1.** Kształtowanie się z wiekiem zmienności cech wzrostowych i przyrostowych analizowanych drzew

**Table 1.** Changes of variability of growth and increment of the analysed trees

Wiek Year	Cecha drzewa – Feature tree					
	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>v</i>	<i>Zh</i>	<i>Zd</i>	<i>Zv</i>
	współczynnik zmienności <i>V</i> , % variation coefficient <i>V</i> , %					
85	5,96	16,46	35,71	21,66	38,55	55,65
80	5,90	15,80	33,74	50,61	49,02	52,84
75	5,58	14,97	32,15	48,42	56,31	50,08
70	5,15	14,40	30,99	23,82	49,91	48,81
65	5,57	13,90	30,16	16,71	31,44	37,06
60	5,87	13,66	30,02	38,88	28,24	34,38
55	4,67	14,06	30,83	15,56	36,70	39,55
50	4,31	14,07	31,10	10,93	30,66	35,41
45	3,98	14,85	32,11	7,70	31,42	39,76
40	4,38	16,04	32,82	6,34	25,24	33,02
35	4,97	17,82	36,43	25,86	20,02	34,95
30	4,50	19,96	41,04	12,13	15,32	34,95
25	6,26	20,57	43,64	13,87	37,97	50,55
20	9,09	19,23	40,03	13,21	36,95	43,14
15	11,58	20,45	39,08	9,54	27,86	38,75
10	19,97	30,70	49,66	19,10	31,07	51,36
5	22,49	81,30	83,35	22,49	81,30	83,35

## DYSKUSJA I WNIOSKI

Wobec klasyfikacji Krafta często pojawiają się zarzuty, iż nie bierze pod uwagę jakości pnia oraz jest obciążona subiektywizmem. Mimo to badania hodowlane pokazują, że sumaryczny udział drzew drzewostanu panującego oraz opanowanego informuje dobrze o udziale tych klas w produkcji. Wyniki badań Kaźmierczak (2009, 2010, 2012a, 2012b, 2012c, 2013a, 2013b) nad przestrzenią wzrostu pojedynczego drzewa w drzewostanach sosnowych wykazały, iż klasa Krafta w istotny sposób różnicowała wielkość badanych cech drzew. Dotyczyło to cech zarówno pomiarowych (pierśnicy, wysokości, miąższości grubizny i powierzchni rzutu korony), jak i przyrostowych (5-letnich przyrostów: wysokości, pierśnicy, pola pierśnicowego i miąższości) sosen badanych drzewostanów. Wszystkie badane cechy malały wraz z obniżaniem się pozycji biosocjalnej drzewa.

Znajomość zmian zachodzących we wzroście drzew oraz czynników wpływających na jego zmienność przyczynia się do właściwego prowadzenia prac hodowlanych w gospodarstwie leśnym (Jaworski, 2004).

Zaliczanie drzew do klas Krafta jest subiektywne i może być obciążone błędami. Jednak sumaryczny udział drzew drzewostanu panującego i opanowanego daje bardzo istotne informacje o ich udziale w całym drzewostanie. Na drzewostan panujący przypada aż 70% wszystkich drzew (od fazy żerdziowiny począwszy). Te drzewa stanowią ponad 80% całkowitej powierzchni przekroju i blisko 90% miąższości grubizny (Korpel, 1971). Drzewa najwyższych klas Krafta cechuje największy przyrost. Drzewa górujące i panujące (dwie pierwsze klasy Krafta) produkują większą część przyrostu (do blisko 97%), ale i wykazują większy przyrost niż drzewa pozostałych klas (Assmann, 1968). Potwierdzają to badania, które przedstawił Lemke (1972a, 1972b).

Retrospektywna analiza wzrostu i przyrostu 50-letnich sosen przeprowadzona przez Lemkego (1972a) wykazała, że krzywe bieżącego przyrostu miąższości drzew poszczególnych klas Krafta układały się w kolejności klas biosocjalnych. Podobne rezultaty uzyskał Zajączkowski (1973) dla sosny z warstwy drzewostanu panującego. Analogiczne wyniki otrzymał Šmelko (1982) w odniesieniu do buka i świerka. Jak podaje Borowski (1974), w badaniach prowadzonych

w drzewostanach sosnowych i świerkowych wykazano, że krzywe wzrostu miąższości drzew poszczególnych klas biosocjalnych, oparte na dużej liczbie drzew, układały się podobnie od pierwszych lat życia. Prawidłowość ta była mniej wyraźna u pojedynczych drzew. Linie pojedynczych drzew przecinały się ze sobą w młodym wieku, co świadczyło o przemieszczaniu się drzew w strukturze pionowej drzewostanu. Żółciak (1963), analizując kształtowanie się przyrostów sosen w różnych okresach życia, stwierdził, iż drzewa, zmieniając czasowo pozycję w drzewostanie, przeciętnie utrzymują stałe położenie. Krzysik (za Jaworski, 2004) stwierdził, iż wyższe położenie krzywej wzrostu jodeł wyższych klas Krafta nie utrzymywało się w ciągu całego życia drzew. Beker (2008) zauważył, że różnicowanie się drzew pod względem cech biometrycznych (biosocjalnym) rozpoczyna się już w bardzo wczesnym okresie rozwoju drzewostanu. Ewentualny spadek lub awans pozycji biosocjalnej dotyczy około 40% drzew.

Prezentowane wyniki kształtowania się z wiekiem wysokości, pierśnicy i miąższości oraz przyrostów tych cech u sześciu losowo wybranych sosen zasadniczo potwierdzają wcześniejsze badania. Cechy wymiarowe i przyrostowe były zróżnicowane ze względu na biosocjalną pozycję drzewa. Początkowo różnice wymiarowe były niewielkie, ale pogłębiały się z wiekiem. Kulminacje przyrostu wysokości i przyrostu pierśnicy następowały we wczesnym okresie życia drzew. Krzywe zarówno wzrostu, jak i przyrostu poszczególnych sosen krzyżowały się wielokrotnie zasadniczo aż do 70 roku ich życia. Największe różnice były widoczne w miąższości i przyroście badanej cechy. Kulminacja bieżącego przyrostu miąższości nastąpiła jedynie u drzewa reprezentującego drzewostan opanowany (drzewo nr 1 w wieku 55 lat).

## PIŚMIENNICTWO

- Assmann, E. (1968). Nauka o produktywności lasu. Warszawa: PWRiL.
- Beker, C. (1997). Dendrometryczna charakterystyka wybranych drzewostanów sosnowych znajdujących się pod wpływem emisji przemysłowych. Warszawa: Wyd. SGGW.
- Beker, C. (2008). Zmiana struktury biosocjalnej w niepielęgnowanych drzewostanach sosnowych. Sylwan, 5, 44–51.
- Borowski, M. (1974). Przyrost drzew i drzewostanów. Warszawa: PWRiL.
- Borowski, M., Grochowski, J. (1969). Wyniki analizy pni drzewostanu sosnowego Lasów Rogowa. Fol. For. Pol., Ser. A, 15, 9–55.
- Bruchwald, A. (1999). Fazy wzrostu i wiek kulminacji bieżącego i przeciętnego przyrostu wysokości dębu szypułkowego. Sylwan, 5, 5–12.
- Bruchwald, A. (2002). Wzrost wysokości brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.). Sylwan, 6, 5–11.
- Jaworski, A. (2004). Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania oraz pielęgnacji drzewostanów. Warszawa: PWRiL.
- Kaźmierczak, K. (2005). Przyrost wysokości i dokładność różnych sposobów jego określania na przykładzie wybranych drzewostanów sosnowych. Roczn. AR Pozn., Rozpr. Nauk. 362.
- Kaźmierczak, K. (2009). Wybrane miary przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w bliskorębnym drzewostanie sosnowym. Sylwan, 5, 298–303.
- Kaźmierczak, K. (2010). Kształtowanie się wybranych cech przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w 50-letnim drzewostanie sosnowym. Sylwan, 154(4), 267–274.
- Kaźmierczak, K. (2012a). Długość koron sosen w drzewostanach trzech klas wieku. For. Lett., 103, 25–32.
- Kaźmierczak, K. (2012b). Przestrzeń wzrostu sosny w 35-letnim drzewostanie na przykładzie wybranych miar przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa. Sylwan, 156(4), 280–286.
- Kaźmierczak, K. (2012c). Smukłość sosen w klasach biosocjalnych. For. Lett., 103, 33–39.
- Kaźmierczak, K. (2013a). Biosocjalne zróżnicowanie miąższości grubizny sosen drzewostanów trzech klas wieku oraz jej związki z przestrzenią wzrostu drzewa. Sylwan, 157(2), 122–129.
- Kaźmierczak, K. (2013b). Zróżnicowanie bieżącego przyrostu sosen w trzech klasach wieku. Leśn. Pr. Bad., 74(2), 93–100.
- Korpel, S. (1971). Rast, prirast a tvar jednotlivého stromu. W: M. Vyskot (red.), Zakłady rastu a produkce lesu. Praha: SZN.
- Lemke, J. (1972a). Retrospektywna analiza wzrostu i przyrostu drzew w 50-letnim drzewostanie sosnowym. Fol. For. Pol., Ser. A, 19, 5–23.
- Lemke, J. (1972b). Wyniki analizy strzał 35-letniego drzewostanu sosnowego. Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN, 34, 89–105.
- Lemke, J. (1984). Retrospektywna ocena intensywności przyrostu miąższości drzew w drzewostanach

- sosnowych II i III klas wieku. Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN, 58, 53–63.
- Lemke, J. (1988). Retrospektywna analiza właściwej liczby kształtu strzały  $f_{0,1h}$  w młodszych drzewostanach sosnowych. Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN, 66, 35–38.
- Najgrakowski, T. (1998). Dendrometryczna charakterystyka wybranych drzewostanów sosnowych na terenach objętych w latach 1978-1983 gradacją brudnicy mniszki. Niepublikowany maszynopis. Katedra Dendrometrii, Akademia Rolnicza w Poznaniu.
- Rymer-Dudzińska, T. (1997). Badania nad pięcioletnim przyrostem wysokości w drzewostanach sosnowych. Sylwan, 10, 21–34.
- Rymer-Dudzińska, T. (1998). Statystyczna charakterystyka dziesięcioletniego przyrostu wysokości drzew w drzewostanach sosnowych. Sylwan, 7, 67–79.
- Šmelko, S. (1982). Biometrickie zakonitosti rastu a prirastku lesnych stromov a porastov. Bratislava: Veda.
- Šmelko, S., Wenk, G., Antanaitis, V. (1992). Rast, štruktura a produkcia lesa. Bratislava: Priroda.
- Szymański, S. (1963). Dynamika rozwoju niekierowanych młodników sosnowych. Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN, 15, 3.
- Ważyński, B. (1967). Struktura i dynamika rozwoju drzewostanów sosnowych I i II klasy wieku. Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN, 21, 2.
- Zajączkowski, J. (1973). Przyrost miąższości w klasach biosocjalnych starszych drzewostanów sosnowych. Sylwan, 1, 1–9.
- Żółciak, E. (1963). Analiza kształtowania się przyrostów drzew w różnych okresach życia drzewostanów sosnowych na borze świeżym na przykładzie Nadleśnictwa Doświadczalnego WSR Zielonka. Roczn. WSR Pozn., 14, 249–293.

## BIOSOCIAL DIFFERENTIATION OF GROWTH AND INCREMENT OF 85-YEAR-OLD PINES

### ABSTRACT

The aim of the study was to present the biosocial diversity of growth and increment of pines in the stand due to their tree position set with the use of Kraft's classification criteria. 1 ha area of research was created in the pine stand on the fresh mixed coniferous forest with 402 pine trees where all the trees were numerated. From tables of random numbers, 6 numbers were selected which constituted the numbers of trees allocated for felling. Immediately before cutting, a biosocial position was set for each of these trees in accordance with the Kraft's classification criteria. The diversity of trees was presented on the basis of a retrospective analysis of their growth and increment. The obtained results of the formation with age of height, diameter at breast height and volume, as well as the increase of these features in six randomly selected pines broadly confirm the previous studies. The dimensional and incremental features varied due to the biosocial position of a tree. Initially, the differences were small, they deepened with age. The culminations of growth and increase of diameter at breast height took place in the early life of trees. The growth and increment curves of the individual pines broadly crossed repeatedly until their 70<sup>th</sup> year of life. The biggest differences were in volume and its increment. The culmination of the current increment growth was only at a tree representing the intermediate stand.

**Key words:** diameter at breast height, height, volume, increment of diameter at breast height, height increment, volume increment, *Pinus sylvestris*