

MAŁGORZATA DUDZIŃSKA

Model wzrostu pierśnicy buka (*Fagus sylvatica* L.) rosnącego w drugim piętrze drzewostanu bukowo-sosnowego

Breast height diameter growth model for European beech (*Fagus sylvatica* L.) growing in the understorey of the beech-pine stand

ABSTRACT

Dudzińska M. 2013. Model wzrostu pierśnicy buka (*Fagus sylvatica* L.) rosnącego w drugim piętrze drzewostanu bukowo-sosnowego. Sylwan 157 (4): 262-267.

The study was based on the empirical material collected from 78 beech-pine stands located in the territory of the Miłomłyn (46 plots) and Stare Jabłonki (32 plots) Forest Districts. On the basis of the collected material, a breast height diameter growth model has been developed for the beech growing in the understorey of pine-beech stands. The developed function is an integral part of the growth model for mixed beech-pine stands.

KEY WORDS

diameter growth, two-storied stand, *Fagus sylvatica*, empirical equations

ADDRESSES

Małgorzata Dudzińska – e-mail: M.Dudzinska@ibles.waw.pl

Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi; Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3; 05-090 Raszyn

Wstęp

Algorytm opisujący wzrost grubości drzew rosnących w drugim piętrze drzewostanów bukowo-sosnowych stanowi, obok algorytmu wzrostu wysokości, integralną część modelu wzrostu dla takich drzewostanów. Funkcja ta imituje rzeczywisty wzrost grubości drzew, przez co przyczynia się do lepszego poznania mechanizmu tego procesu i pozwala przewidzieć przyszłe wartości modelowanych cech. Opracowanie funkcji wzrostu grubości buka i jej dalsze badanie pozwoli na lepsze poznanie interakcji występujących w drzewostanach dwupiętrowych pomiędzy sosną i bukiem, a w szczególności wpływu drzewostanu osłaniającego na wzrost grubości drzew piętra dolnego.

Ujęcie wzrostu pierśnicy w odpowiedni algorytm matematyczny jest rzeczą trudną, gdyż proces ten podlega wpływowi wielu czynników, w tym zabiegów pielęgnacyjnych. Przeprowadzane w Polsce badania nad wzrostem grubości i jego matematycznym opracowaniem dotyczyły przede wszystkim drzew rosnących w pierwszej warstwie drzewostanów. Odpowiednie wzory zostały zbudowane dla sosny [Bruchwald 1987; Rymer-Dudzińska 1980, 1990; Zajączkowski 1981], świerka [Siekierski 1987; Bruchwald i in. 1999], jodły [Zasada 1995], modrzewia [Bruchwald, Zasada 2010], dębu [Bruchwald i in. 1995], buka [Bernadzki, Żybura 1991; Bruchwald i in. 1998], olszy [Dudzińska, Wirowski 2002] oraz sosny i świerka z drzewostanów mieszanych [Bruchwald, Rymer-Dudzińska 1988; Siekierski 1988]. Opracowane funkcje wzrostu grubości znalazły zastosowanie w badaniach naukowych oraz stanowią elementarną część modeli wzrostu dla odpo-

wiednich gatunków drzew. Badaniami nad wzrostem grubości drzew pochodzących z dolnego piętra drzewostanu zajmowali się Bernadzki i Żybura [1991].

Materiał i metody

Badania oparto na materiale empirycznym pochodzącym z 78 powierzchni próbnych założonych na terenie nadleśnictw Miłomłyn (46 powierzchni) i Stare Jabłonki (32 powierzchnie). Były to drzewostany bukowo-sosnowe rosnące na siedlisku boru mieszanego świeżego i lasu mieszanego świeżego. Wiek piętra sosnowego kształtował się na poszczególnych powierzchniach od 67 do 150 lat, przeciętna pierśnica wynosiła od 29,0 do 50,3 cm, a średnia wysokość – od 26,8 do 39,4 m. Bonitacja sosny przyjmowała wartości od 24,6 do 38,2 m, a stopień zagęszczenia wahał się od 0,18 do 1,0. Wiek piętra bukowego badanych drzewostanów wahał się od 29 do 123 lat, z dominacją w klasie 81-100 lat (44% powierzchni). Przeciętna pierśnica przyjmowała wartości od 10,6 do 40,3 cm, a najliczniej reprezentowanymi przedziałami były klasy 20-24 i 28-32 cm (odpowiednio 25 i 26%). Średnia wysokość wahała się od 10,9 do 34,3 m. Najwięcej powierzchni (18%) znalazło się w klasie 28-30 m. Bonitacja buków kształtowała się w granicach od 23,3 do 42,3 m. 26% powierzchni znalazło się w klasie 32-34 m. Stopień zagęszczenia piętra bukowego wynosił od 0,17 do 0,9. Najwięcej wartości wystąpiło w klasie 0,4-0,6 (38%).

Na każdej powierzchni pobrano wywierty dordzeniowe z pierśnicy 5 buków. Na podstawie pomiaru szerokości rocznego przyrostu promienia na pobranych wywiertkach obliczono pierśnicę każdego drzewa próbnego w wieku pierśnicowym 1, 2, 3 ... lat, a następnie dla każdej powierzchni obliczono średnie jej wartości w ustalonych latach.

Wyniki

Dla każdego drzewostanu wykreślno krzywe wzrostu pierśnicy dla buka rosnącego w drugim piętrze (ryc. 1). Na podstawie wybranej krzywej wzrostu drzewa przeciętnego, charakteryzującej się dużym tempem wzrostu pierśnicy, opracowano równanie regresji pierśnicy (d) w zależności od wieku pierśnicowego (w_p):

$$d = 0,81197 \cdot w_p^{0,9657} \quad [1]$$

Korzystanie z funkcji [1] wymaga znajomości wieku pierśnicowego drzewa. Wiek ten można określić na wywiercie pobranym z drzewa świdrem przyrostowym. Można go również określić z różnicy wieku fizycznego drzewa i oszacowanej liczby lat, jaką drzewo rosnęło do momentu osiągnięcia przekroju pierśnicowego. Wykorzystując model wzrostu wysokości buka rosnącego w drugim piętrze [Dudzińska 2012], obliczono tę liczbę lat (u) w zależności od bonitacji (B) drzewostanu, uzyskując:

$$\begin{aligned} u &= 10, \text{ gdy } B \leq 20, \\ u &= 9, \text{ gdy } 20 < B \leq 24, \\ u &= 8, \text{ gdy } 24 < B \leq 30, \\ u &= 7, \text{ gdy } 30 < B \leq 38, \\ u &= 6, \text{ gdy } B > 38. \end{aligned}$$

Budując model wzrostu pierśnicy, przyjęto założenie, że wzrost grubości można ująć wzorem:

$$d = E \cdot C \quad [2]$$

gdzie:

- E – funkcja wzrostu pierśnicy,
- C – tempo wzrostu pierśnicy (pierśnica drzewa w wieku pierśnicowym równym 100 lat).

Funkcja wzrostu pierśnicy jest stale rosnąca, przecina początek układu współrzędnych i w wieku pierśnicowym 100 lat przyjmuje wartość 1.

Po przekształceniu równania [1] do formuły [2] otrzymano wzór przedstawiający wzrost pierśnicy buka:

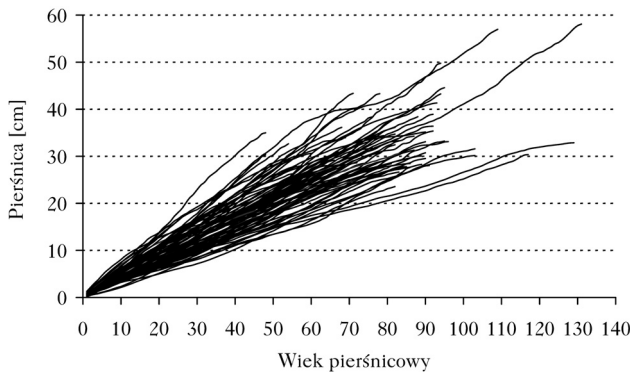
$$d = 0,011711 \cdot w_p^{0,9657} \cdot C \quad [3]$$

Podstawiając do równania [3] różne wartości C, otrzymujemy przebieg wzrostu pierśnicy drzew o danym tempie wzrostu, np. 25, 30, 35...itd. (ryc. 2). Do precyzyjnego wyznaczenia linii tempa wzrostu pierśnicy służy przekształcony wzór [3], który przyjmuje postać:

$$C = \frac{d}{0,011711 \cdot w_p^{0,9657}} \quad [4]$$

Opracowane równanie można wykorzystać do określania tempa wzrostu pierśnicy drzewostanu. Należy wtedy do funkcji [4] w miejsce pierśnicy drzewa podstawić średnią pierśnicę 100 najgrubszych drzew drzewostanu rosnących na powierzchni hektara (D_{100}).

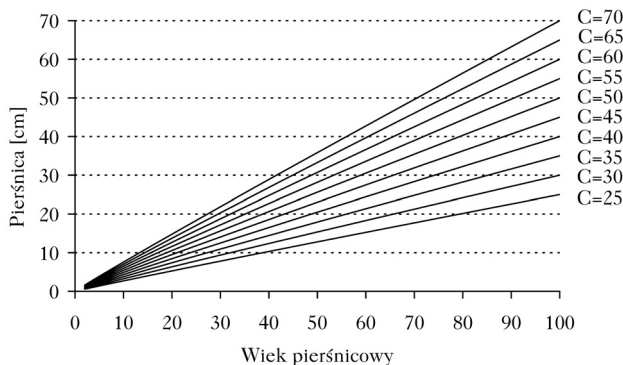
Poprawność opracowanego modelu zbadano, przeprowadzając analizę przebiegu funkcji wzrostu pierśnicy. Dla każdego drzewostanu, na podstawie średnich wartości pierśnicy w kolejnych latach życia drzew, obliczono tempo wzrostu pierśnicy, a otrzymane wyniki przedstawiono graficznie (ryc. 3). Opracowany model można uznać za zgodny z rzeczywistym wzrostem pierśnicy drzew, gdy wartości tempa wzrostu nie ulegają systematycznym zmianom wraz z wiekiem. Idealny, równoległy do osi wieku przebieg tempa wzrostu w naturze występuje bardzo rzadko. Wahania wokół pewnej stałej wartości są rzeczą naturalną, spowodowaną m.in. warunkami atmosferycznymi.



Ryc. 1.

Przebieg wzrostu pierśnicy buka z drugiego piętra na poszczególnych powierzchniach

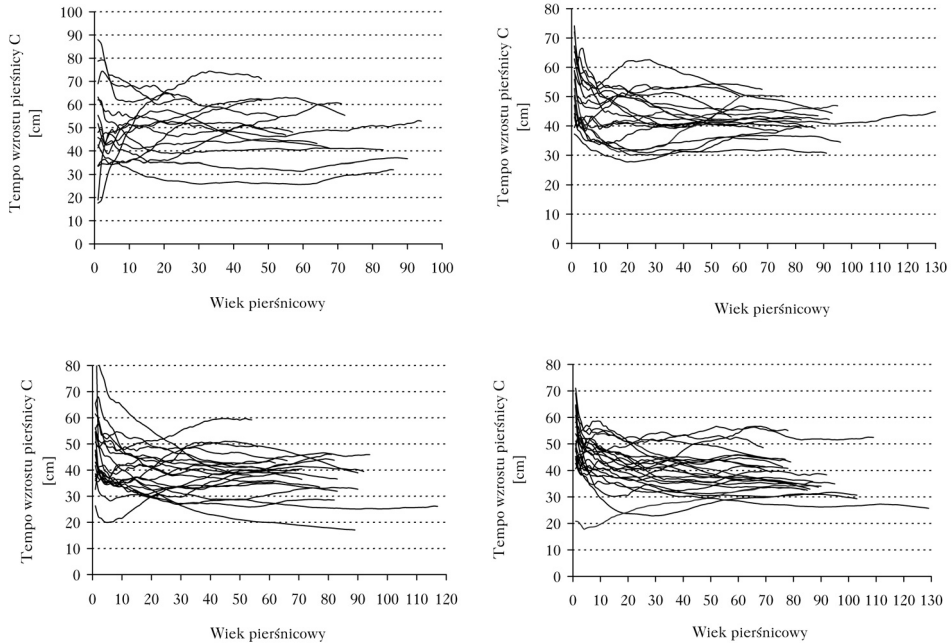
Breast height diameter growth of beech from understorey on individual sample plots



Ryc. 2.

Krzywe wzrostu pierśnicy buka pochodzącego z drugiego piętra drzewostanów bukowo-sosnowych

Breast height diameter growth curves for beech from understorey of beech-pine stands



Ryc. 3.

Zmiany z wiekiem tempa wzrostu pierśnicy drzew na poszczególnych powierzchniach
Changes over time of the breast height diameter growth rate of trees on individual sample plots

U dużej grupy drzew znajdujących się w bardzo młodym wieku występował spadek tempa wzrostu, a następnie jego ustabilizowanie się w wieku pierśnicowym 20 lat. Niedopasowanie modelu do wzrostu drzew w tak młodym wieku może być spowodowane błędami przy określaniu grubości drzew w ich początkowym okresie życia. Błędy takie mogą powstać przy nieprecyzyjnym pobraniu wywiertu (np. nietrafieniu w rdzeń drzewa). Stałą tendencją spadku tempa wzrostu pierśnicy z wiekiem zanotowano w 8 drzewostanach (10,3%). W 5 drzewostanach (6,4%) tempo wraz z wiekiem rośnie. Na większości powierzchni przebieg tempa wzrostu pierśnicy jest równoległy do osi wieku, co świadczy o dobrej aproksymacji wzrostu pierśnicy buków z drugiego piętra opracowaną funkcją.

W badanych drzewostanach tempo wzrostu pierśnicy przyjmowało wartości od 27,9 do 70,2 cm. W celu poznania czynników, które miały wpływ na badaną cechę, przeanalizowano jej zależność od różnych cech taksacyjnych piętra bukowego i osłaniającego drzewostanu sosnowego. W analizie uwzględniono bonitację, przeciętną pierśnicę, średnią pierśnicę 100 najgrubszych drzew na hektarze, wysokość Loreya, wysokość górną i stopień zagęszczenia. Związki występujące między tempem wzrostu pierśnicy buka a różnymi cechami drzewostanu są mocniejsze w obrębie piętra bukowego. Silną zależność odnotowano pomiędzy tempem wzrostu a bonitacją piętra bukowego ($r=0,818$), słabszą ze stopniem zagęszczenia ($r=-0,528$) i pierśnicą 100 najgrubszych drzew ($r=0,410$). W pozostałych przypadkach związek tempa wzrostu pierśnicy buków z cechami piętra bukowego i sosnowego jest nieistotny statystycznie (współczynniki korelacji od $-0,232$ do $+0,282$). Z powyższych zależności wynika, iż tempo wzrostu pierśnicy buka jest tym wyższe, im wyższa jest bonitacja i pierśnica 100 najgrubszych drzew, natomiast tym niższe, im wyższy jest stopień zagęszczenia piętra bukowego.

Wnioski

- ✦ Opracowano funkcję wzrostu pierśnicy buka rosnącego w drugim piętrze drzewostanów bukowo-sosnowych. Model wzrostu pierśnicy buka w większości badanych drzewostanów dobrze charakteryzuje rzeczywisty wzrost drzew.
- ✦ Tempo wzrostu pierśnicy podlega dużym zmianom, szczególnie w młodym wieku drzew. Po 20 roku życia drzewa tempo wzrostu pierśnicy ulega stabilizacji.
- ✦ Tempo wzrostu pierśnicy buka jest tym wyższe, im wyższa jest bonitacja i pierśnica 100 najgrubszych drzew, natomiast tym niższe, im wyższy jest stopień zagęszczenia piętra bukowego.

Literatura

- Bernadzki E., Żybura H. 1991. The d.b.h. growth of beech in the lower storey of pine stands. Ann. Warsaw Agricult. Univ.- SGGW-AR, For. and Wood Technol. 42: 3-6.
- Bruchwald A. 1987. Diameter growth of trees in Scots pine stand – a mathematical approach. Ann. Warsaw Agricult. Univ.- SGGW-AR, For. and Wood Technol. 36: 35-41.
- Bruchwald A., Dudek A., Michalak K., Rymer-Dudzińska T., Wroblewski L., Zasada M. 1999. Model wzrostu dla drzewostanów świerkowych. Sylwan 143 (1): 19-31.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 1996. Model wzrostu dla drzewostanów dębu szypułkowego. Sylwan 140 (10): 35-44.
- Bruchwald A., Dudzińska M., Wirowski M. 1998. Model wzrostu buka. Dokumentacja naukowa IBL.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T. 1988. Empiryczny model wzrostu pierśnicy świerka w drzewostanach mieszanych sosnowo-świerkowych. Sylwan 132 (7): 1-4.
- Bruchwald A., Zasada M. 2010. Model wzrostu modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.). Sylwan 154 (9): 615-624.
- Dudzińska M. 2012. Model wzrostu wysokości buków rosnących w drugim piętrze drzewostanów bukowo-sosnowych. Sylwan 156 (5): 341-348.
- Dudzińska M., Wirowski M. 2002. Budowa modelu wzrostu dla drzewostanów olszowych. Dokumentacja naukowa IBL.
- Rymer-Dudzińska T. 1980. A model of Average Breast Height Diameter Development in Pine Stands. Bull. Acad. Pol. Sci. Biol. 28 (12).
- Rymer-Dudzińska T. 1990. Change of the b.h. diameter growth rate in pine stands growing under the influence of industrial emissions. Ann. Warsaw Agricult. Univ.- SGGW-AR, For. and Wood Technol. 40: 27-34.
- Rymer-Dudzińska T. 1992. Diameter growth rate of pine stands in the Świerkianiec chief forestry. Ann. Warsaw Agricult. Univ.- SGGW-AR, For. and Wood Technol. 43: 21-25.
- Siekierski K. 1987. Preliminary appraisal of the empirical model of spruce tree diameter growth. Ann. Warsaw Agricult. Univ.- SGGW-AR, For. and Wood Technol. 36: 43-49.
- Siekierski K. 1988. Modele wzrostu pierśnicy sosny i świerka w drzewostanach mieszanych świerkowo-sosnowych. Sylwan 132 (10): 27-36.
- Zajączkowski S. 1981. Empiryczny model kształtowania się pierśnicy i przyrostu pierśnicy w wybranych szeregach rozwojowych drzewostanów sosnowych. Sylwan 125 (4): 9-17.
- Zasada M. 1995. Empiryczny model wzrostu wysokości jodły. Sylwan 139 (5): 71-77.

SUMMARY

The diameter growth algorithm and the height growth algorithm for trees in beech-pine stands are an integral part of the growth model for such stands. The study was based on the empirical material collected from 78 sample plots located in the territory of the Miłomłyn (46 plots) and Stare Jabłonki (32 plots) Forest Districts. The plots were established in beech-pine stands growing in the fresh mixed coniferous forest and fresh mixed deciduous forest habitats. Increment cores were taken from the breast height of five beech trees from each plot.

The tests involving the fitting of different functions to the empirical data have resulted in the development of the following tree diameter growth functions:

$$d = 0,011711 \cdot w_p^{0,9657} \cdot C$$

where:

d – breast height diameter [cm],

w_p – breast height age,

C – breast height diameter growth rate (breast height diameter of a tree aged 100 years).

The developed dbh growth function can be useful for estimating the breast height diameter growth rate of the stand. Then, the tree diameter at breast height in above-given function should be substituted by the average diameter at breast height of 100 thickest trees growing in the stand in an area of hectare (D_{100}). In such a situation breast height diameter growth rate can be calculated basing on following formula:

$$C = \frac{D_{100}}{0,011711 \cdot w_p^{0,9657}}$$

In order to find what factors have an impact on the breast height diameter growth rate of the stand, its dependence on different characteristics of the beech lower layer and the beech-pine stand was examined. It was found that the growth rate of breast height diameter of beech increases with the increase of site productivity and D_{100} , while it decreases with the density of the beech layer.