

MAŁGORZATA DUDZIŃSKA

## Wpływ konkurencji na przyrost grubości buka (*Fagus sylvatica* L.) i sosny (*Pinus sylvestris* L.) w dwupiętrowych drzewostanach bukowo-sosnowych

Effect of competition on diameter growth of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in two-storeyed beech-pine stands

### ABSTRACT

Dudzińska M. 2013. Wpływ konkurencji na przyrost grubości buka (*Fagus sylvatica* L.) i sosny (*Pinus sylvestris* L.) w dwupiętrowych drzewostanach bukowo-sosnowych. Sylwan 157 (10): 730-736.

The studies were based on the empirical material collected from 88 sample plots located in 78 beech-pine stands and 10 pine stands with beech undergrowth. The effect of the competition of beech trees from the understorey and pine trees on the radial increment ( $\Delta r$ ) and basal area increment ( $\Delta g$ ) was investigated. The strength of the competition was determined using distance-independent indices, which did not take into account the position of a tree in the stand. The effect of the competition on the basal area growth of both beech and pine trees was found to be greater than on the radial growth.

### KEY WORDS

radial increment, basal area increment, competition indices, mixed stands

### 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

Konkurencja o wspólnie wykorzystywane zasoby środowiska może zachodzić między różnymi gatunkami (konkurencja międzygatunkowa) lub pomiędzy osobnikami należącymi do tego samego gatunku (konkurencja wewnątrzgatunkowa). Konkurencja powoduje u drzew stres spowodowany spadkiem dostępu do wykorzystywanych przez nie zasobów środowiska, poniżej poziomu zapewniającego optymalny wzrost. W drzewostanach wielogatunkowych rozróżnienie i oddzielne zbadanie wpływu konkurencji wewnątrzgatunkowej i międzygatunkowej na wzrost drzew jest bardzo trudne, jeżeli nie niemożliwe.

Proces konkurencji i jego wpływ na wzrost drzew był szeroko badany na całym świecie [Bella 1971; Pelz 1978; Doyle 1983; Lorimer 1983; Martin, Ek 1984; Daniels i in. 1986; Pukkala, Kolström 1987; Pukkala 1989; Tomé, Burkhardt 1989; Holmes, Reed 1991; Biging, Dobbertin 1992]. Konkurencję i jej wpływ na wzrost drzew można badać na dwa sposoby. W pierwszym z nich bierze się pod uwagę położenie poszczególnych drzew i ich odległość od siebie, w drugim nie uwzględnia się tych informacji. Zarówno jedna, jak i druga metoda mają swoich zwolenników i przeciwników. Logicznie rzecz ujmując, wydaje się oczywiste, iż uwzględnienie w badaniach umiejscowienia danego drzewa wpłynie dodatnio na poznanie i zrozumienie wpływu procesu

konkurencji na wzrost drzew. Jednak wiele przeprowadzonych na ten temat badań [Hatch i in. 1975; Lorimer 1983; Martin, Ek 1984; Daniels i in. 1986] wskazuje na to, iż wprowadzenie informacji dotyczących odległości między drzewami w żadnym, lub bardzo małym stopniu, wpływa na poprawę dokładności prognozowania procesu wzrostu.

Celem pracy było określenie wpływu konkurencji na przyrost grubości poszczególnych gatunków w drzewostanach bukowo-sosnowych.

## Material i metody

Badania oparto na materiale empirycznym pochodzącym z 88 powierzchni próbnych, które założono w 78 drzewostanach bukowo-sosnowych oraz 10 drzewostanach sosnowych z podrostem bukowym. 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. Wiek piętra bukowego wahał się od 29 do 123 lat, przeciętna pierśnica przyjmowała wartości od 10,6 do 40,3 cm, a średnia wysokość – od 10,9 do 34,3 m. Bonitacja buków kształtowała się od 23,3 do 42,3 m.

Na wszystkich powierzchniach za pomocą świdra przyrostowego pobrano wywierty dordzeniowe z pierśnicy 10 sosen. W drzewostanach, w których występowało piętro bukowe, pobrano również po 5 wywiertów bukowych. Powstały materiał badawczy liczył 1270 próbek (880 sosen, 390 buków). Szerokość przyrostów rocznych zmierzono z zaokrągleniem do 0,01 mm za pomocą przyrostomierza z mechaniczną prowadnicą i elektroniczną rejestracją szerokości słoju.

W pracy zjawisko konkurencji potraktowano ogólnie, rozpatrując je jako proces przebiegający między drzewami. Przy określaniu mocy konkurencji zastosowano współczynniki nieuwzględniające położenia drzewa. Dla każdego drzewa, z którego pobrano wywiert, określono bieżący roczny przyrost radialny i bieżący roczny przyrost pola przekroju oraz wyznaczono następujące współczynniki konkurencji:

– zagęszczenie drzewostanu

$$Z_{ag} = \frac{L_{ha}}{M_m} \quad [1]$$

gdzie:

$L_{ha}$  – liczba drzew drzewostanu [szt./ha],

$M_m$  – maksymalna liczba drzew drzewostanu [szt.];

– współczynnik oparty na średniej odległości między drzewami i wysokości górnej drzewostanu [Wilson 1946]:

$$RS_H = \frac{\sqrt{A/N}}{H_{100}} \quad [2]$$

gdzie:

$A$  – jednostka powierzchni [ha],

$N$  – liczba drzew [szt./ha],

$H_{100}$  – wysokość górna drzewostanu [m];

– współczynnik oparty na średniej odległości między drzewami i średniej pierśnicy 100 najgrubszych drzew drzewostanu [Husch i in. 2003]:

$$RS_D = \frac{A/N}{D_{100}} \quad [3]$$

gdzie:

$A$  – jednostka powierzchni [ha],

$N$  – liczba drzew [szt./ha],

$D_{100}$  – średnia pierśnica 100 najgrubszych drzew drzewostanu [cm];

– współczynnik oparty na polu przekroju badanego drzewa i przeciętnym polu przekroju drzewostanu [Daniels i in. 1986]:

$$Dan = \frac{g_i}{\bar{g}} \quad [4]$$

gdzie:

$g_i$  – pierśnicowe pole przekroju danego drzewa [m<sup>2</sup>],

$\bar{g}$  – przeciętny przekrój drzewostanu [m<sup>2</sup>];

– współczynnik oparty na polu przekroju drzew grubszych od drzewa badanego [Wykoff i in. 1982]:

$$BAL_i = \sum \frac{\pi \cdot d_j^2}{40000} \quad [\text{m}^2/\text{ha}] \quad [5]$$

gdzie:

$d_j$  – pierśnica drzew większych od pierśnicy drzewa badanego [cm];

Dla najgrubszych drzew w drzewostanie współczynnik ten przyjmuje wartość 0, a dla drzew najcieńszych przyjmuje wartość pierśnicowego pola przekroju drzewostanu pomniejszoną o pole przekroju danego drzewa. Współczynnik ten opiera się na założeniu, że drzewa cieńsze nie mają wpływu na wzrost drzew grubych. Wzór ten można zapisać także w postaci:

$$BAL_i = G \cdot (1 - p_i) \quad [6]$$

gdzie:

$G$  – pierśnicowe pole przekroju drzewostanu [m<sup>2</sup>/ha],

$p_i$  – percentyl pola przekroju danego drzewa.

– współczynnik oparty na zmodyfikowanym współczynniku  $BAL$  [Schröder, von Gadow 1999]:

$$BALMOD = \frac{1 - (1 - BAL_i / G)}{RS_H} \quad [7]$$

$$BALMOD = \frac{(1 - p_i)}{RS_H} \quad [8]$$

gdzie:

$(1 - BAL_i / G)$  – percentyl pola przekroju badanego drzewa, który określa, jaki procent obserwacji przypada poniżej zadanej wartości.

Jest to procent drzew przyjmujących wartości pola przekroju niższe od pola przekroju danego drzewa. Wartość ta mówi o randze pola przekroju drzewa w badanej populacji.

– współczynnik oparty na ilorazie pierśnicy danego drzewa i przeciętnej pierśnicy przekrojowej:

$$I_D = \frac{d_i}{d_g} \quad [9]$$

gdzie:

$d_i$  – pierśnica danego drzewa [cm],

$d_g$  – przeciętna pierśnica przekrojowa [cm];

– współczynnik oparty na ilorazie sumy pierśnic drzew większych od pierśnicy drzewa badanego i pierśnicy danego drzewa:

$$K_D = \frac{\sum d_j}{d_i} \quad [10]$$

gdzie:

$d_j$  – pierśnica drzew większych od pierśnicy drzewa badanego [cm],

$d_i$  – pierśnica danego drzewa [cm].

Wpływ konkurencji na przyrost radialny ( $\Delta r$ ) i przyrost pierśnicowego pola przekroju ( $\Delta g$ ) sosny i buka rosnącego w drugim piętrze zbadano przez poznanie istotności, siły i kierunku korelacji obserwowanych zmiennych oraz poszukiwanie funkcji najwierniej charakteryzujących związki między omawianymi cechami.

## Wyniki

Związek między przyrostem pierśnicowego pola przekroju buka a analizowanymi współczynnikami konkurencji okazał się silniejszy od analogicznych współzależności przyrostu promienia pierśnicy (tab.). Najsilniejszy związek stwierdzono między przyrostem pierśnicowego pola przekroju i współczynnikiem *BALMOD*, nieco słabsze ze współczynnikami *Dan*, *BAL*,  $K_D$  i  $I_D$ . Wraz ze wzrostem współczynników *BALMOD*, *BAL* i  $K_D$  przyrost pola przekroju buka maleje, natomiast w przypadku *Dan* i  $I_D$  – rośnie.

Funkcją regresji najlepiej opisującą zależność między przyrostem pierśnicowego pola a *BALMOD* okazała się funkcja:

$$\Delta g = 33,3608 - 3,0379 \cdot \text{BALMOD} \quad [11]$$

Z otrzymanych zależności wynika, że 28% zmienności przyrostu pierśnicowego pola przekroju buka jest spowodowane wpływem konkurencji, określonej za pomocą współczynnika *BALMOD*. Oznacza to, że współczynnik indeterminacji jest bardzo wysoki, a wszystkie pozostałe źródła przyczynowe mają około 72% wpływ na zmienność przyrostu pola przekroju tego gatunku.

Badając wpływ konkurencji na przyrost promienia pierśnicy buka, najsilniejszy związek odnotowano między przyrostem i stopniem zagęszczenia (tab.). Wraz ze wzrostem stopnia zagęszczenia przyrost promienia na pierśnicy maleje. Zależność ta została wyrównana przy użyciu funkcji hiperbolicznej:

### Tabela.

Istotne ( $\alpha=0,05$ ) statystycznie wartości współczynnika korelacji między przyrostem promienia ( $\Delta r$ ) oraz przyrostem pierśnicowego pola przekroju ( $\Delta g$ ) a współczynnikami konkurencji

Significant ( $\alpha=0,05$ ) values of the correlation coefficients between the radial growth ( $\Delta r$ ) and basal area growth ( $\Delta g$ ) and the competition indices

	Buk		Sosna	
	$\Delta r$	$\Delta g$	$\Delta r$	$\Delta g$
<i>Zag</i>	+0,44	-0,26	-0,33	-0,16
<i>RS<sub>H</sub></i>	+0,27	+0,26	+0,11	-
<i>RS<sub>D</sub></i>	-	+0,21	-	-
<i>Dan</i>	+0,24	+0,47	+0,33	+0,45
<i>BAL</i>	-	-0,45	-0,31	-0,46
<i>BALMOD</i>	-	-0,53	-0,30	-0,47
<i>I<sub>D</sub></i>	+0,28	+0,41	+0,19	+0,40
<i>K<sub>D</sub></i>	-	-0,42	-0,28	-0,46

$$\Delta r = 0,40742 + \frac{1,3771}{Zag} \quad [12]$$

Funkcji tej odpowiada współczynnik determinacji  $r^2=0,18935$ , co oznacza, że tylko około 19% zmienności przyrostu promienia zostało zdeterminowane zmiennością stopnia zagęszczenia.

U sosny, podobnie jak u buka, nasilenie konkurencji określone za pomocą zaproponowanych współczynników wykazuje większy wpływ na przyrost pola przekroju niż na przyrost promienia pierśnicy (tab.). Współczynniki oparte na zagęszczeniu, jako powierzchni przypadającej drzewom w drzewostanie ( $RS_H$ ,  $RS_D$ ), wykazały bardzo słabą i nieistotną statystycznie korelację z przyrostem pola przekroju. Najsilniejsze związki stwierdzono między przyrostem pierśnicowego pola przekroju i współczynnikami  $BALMOD$ ,  $BAL$ ,  $Dan$  i  $K_D$ . Różnice pomiędzy poszczególnymi współczynnikami korelacji okazały się statystycznie nieistotne. Oznacza to, że proste współczynniki, takie jak  $Dan$ ,  $BAL$ ,  $K_D$ , są skorelowane z przyrostem pola przekroju niewiele słabiej od skomplikowanego współczynnika  $BALMOD$ . Przyrost pola przekroju sosny wraz ze wzrostem współczynników  $BALMOD$ ,  $BAL$  i  $K_D$  maleje, natomiast ze wzrostem współczynnika  $Dan$  – rośnie. Zależność między przyrostem pierśnicowego pola przekroju a wskaźnikami konkurencji można przedstawić za pomocą następujących funkcji:

$$\Delta g = 2,8046 + 4,4774 \cdot Dan \quad [13]$$

$$\Delta g = 15,132 \cdot e^{-0,0274 \cdot BAL} \quad [14]$$

$$\Delta g = 15,2129 \cdot e^{-0,15609 \cdot BALMOD} \quad [15]$$

$$\Delta g = 14,3351 \cdot e^{-0,01807 \cdot K_D} \quad [16]$$

Opracowane modele regresji charakteryzują się stosunkowo niskim współczynnikiem determinacji (około 21%). Wynika z tego, że zmienność współczynników konkurencji ma istotny, ale niezbyt silny wpływ na zmienność przyrostu pola przekroju.

Analizując wpływ konkurencji na przyrost promienia pierśnicy sosny, najsilniejsze związki stwierdzono między przyrostem a stopniem zagęszczenia  $Zag$  i współczynnikiem  $Dan$  (tab.). Przyrost promienia pierśnicy sosny wraz ze wzrostem stopnia zagęszczenia maleje, natomiast ze wzrostem współczynnika  $Dan$  rośnie.

Z przeprowadzonych badań wynika, że nie ma jednego „nadrzędnego” współczynnika, na podstawie którego można by jednoznacznie i bardzo dokładnie ocenić wpływ konkurencji na przyrost grubości drzew. Poszczególne współczynniki wykazały różną przydatność przy określaniu konkurencji dla analizowanych gatunków. Badania przeprowadzono w różnowiekowych drzewostanach mieszanych, można się więc spodziewać, że nasilenie konkurencji i jej wpływ na wzrost drzew będą większe niż w przypadku jednogatunkowych drzewostanów jednowiekowych. Dla porównania podobne badania należałoby przeprowadzić również i w takich drzewostanach.

## Wnioski

- ✦ Zarówno buk, jak i sosna cechują się większym wpływem konkurencji na przyrost pierśnicowego pola przekroju niż na przyrost promienia. W przypadku obu gatunków najsilniejszy związek stwierdzono z współczynnikiem  $BALMOD$ . Dla buka moc badanej zależności wyrażona współczynnikiem korelacji wyniosła  $r=-0,53$ , a dla sosny  $r=-0,47$ .
- ✦ W przypadku sosny proste współczynniki konkurencji, takie jak  $Dan$ ,  $BAL$ ,  $I_D$  czy  $K_D$ , były skorelowane z przyrostem pola przekroju niewiele słabiej od skomplikowanego współczynnika  $BALMOD$ .

✦ Współczynniki oparte na zagęszczeniu, jako powierzchni przypadającej drzewom w drzewostanie ( $RS_H$ ,  $RS_D$ ), wykazały najsłabszą korelację z przyrostem pierśnicy i pola przekroju.

## Literatura

- Bella I. E. 1971. A new competition model for individual trees. *For. Sci.* 17: 364-372.
- Biging G. S., Dobbertin M. 1992. A comparison of distance-dependent competition measures for height and basal area growth of individual conifer trees. *For. Sci.* 38 (3): 695-720.
- Daniels R. F., Burkhardt H. E., Clason T. R. 1986. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. *Can. J. For. Res.* 16: 1230-1237.
- Doyle T. W. 1983. Competition and growth relationship in a mixed-aged, mixed-species forest community. Ph. D. diss., Univ. of Tenn.
- Hatch C. R., Gerrard D. J., Tappeiner II J. C. 1975. Exposed crown surface area: A mathematical index of individual tree growth potential. *Can. J. For. Res.* 5: 224-228.
- Holmes M. J., Reed D. D. 1991. Competition indices for mixed species northern hardwoods. *For. Sci.* 37 (5): 1338-1349.
- Husch B., Beers T. W., Kershaw J. A. Jr. 2003. *Forest Mensuration*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Lorimer C. G. 1983. Tests of age-independent competition indices for individual trees and natural hardwood stands. *For. Ecol. Manage.* 6: 343-360.
- Martin G. E., Ek A. R. 1984. A comparison of competition measures and growth models for predicting plantation red pine diameter and height growth. *For. Sci.* 30 (3): 731-743.
- Pelz D. R. 1978. Estimating individual tree growth with tree polygons. W: Fries J., Burkhardt H. E., Max T. A. [red.]. *Growth models for long term forecasting of timber yields*. Va. Polytech. Inst. State Univ., Sch. For. Wildl. Resour. FWS-1-78. 172-178.
- Pukkala T. 1989. Methods to describe the competition process in a tree stand. *Scand. J. For. Res.* 4: 187-202.
- Pukkala T., Kolström T. 1987. Competition indices and the prediction of radial growth in Scots pine. *Silva Fennica* 21 (1): 55-67.
- Schröder J., von Gadow K. 1999. Testing a new competition index for maritime pine in northwestern Spain. *Can. J. For. Res.* 29: 280-283.
- Tomé J. M., Burkhardt H. E. 1989. Distance-dependent competition measures for predicting growth of individual trees. *For. Sci.* 35 (3): 816-831.
- Wilson F. G. 1946. Numerical expression of stocking in terms of height. *J. For.* 44: 756-761.
- Wykoff W. R., Crookston N. L., Stage A. R. 1982. User's guide to the stand prognosis model. *Int. For. and Range Exp. Sta. Gen. Tech. Rep.* INT-133.

## SUMMARY

### Effect of competition on diameter growth of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in two-storeyed beech-pine stands

The studies were based on the empirical material collected from 101 sample plots located in 78 beech-pine stands and in 23 pine stands with beech undergrowth. On each plot increment cores were collected from the breast height of 10 pine trees. In addition, five beech cores were taken from each of 78 stands with beech undergrowth. The collected material comprised 1270 samples (880 pines, 390 beeches).

On the basis of the collected material, the periodic annual radial increment and basal area increment of each tree were determined and different competition indices were calculated. The impact of the competition of beech trees growing in the understorey and of pine trees on the radial increment ( $\Delta r$ ) and basal area increment ( $\Delta g$ ) was examined by establishing the functions most accurately characterizing the relationships between the discussed parameters and determining the strength of the correlation between them. The intensity of the competition determined by the proposed indices was found to have a greater effect on the basal area increment than on the

radial increment in both beech and pine trees. In both species, the strongest correlation was found between the basal area increment and *BALMOD* index (beech –  $r=-0.53$ ; pine –  $r=-0.47$ ).

The best-fitting regression functions describing the tested  $\Delta g/BALMOD$  relationship proved to be a linear function for beech and an exponential function for pine trees in the form:

$$\Delta g = 33.3608 - 3.0379 \cdot BALMOD$$

$$\Delta g = 15.2129 \cdot e^{-0.15609 \cdot BALMOD}$$

The obtained relationships show that only 28% (for beech) and 21% (for pine) of the variation in the basal area increment was due to the competition determined by the *BALMOD* index. The studies show that there is no ‘superior’ index by which the effect of the competition on the diameter growth of trees could be clearly and accurately assessed.