

Smukłość drzew w drzewostanach robiniovych

Slenderness of trees in black locust stands

Szymon Bijak*, Katarzyna Orzół

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Leśny, Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu,
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

*Tel. +48 22 5938093, e-mail: szymon.bijak@wl.sggw.pl

Abstract. This paper investigates the slenderness of black locust (*Robinia pseudoacacia*) trees in relation to the biosocial status of the trees, stand age class, crown parameters and habitat type. The research material was collected on 35 research plots in the Sława Śląska, Sulechów and Głogów forest districts in western Poland and comprises 1058 trees. For each tree, we measured its height (h) as well as its diameter at breast height (d) and determined the biosocial status (Kraft class), crown length (CL) and relative crown length (rCL). The age class and habitat type were assessed at the plot level. Because the obtained values for slenderness ($s=h/d$) diverged significantly from the normal distribution, we used Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests to investigate the influence of the above-mentioned parameters on the h/d ratio. Black locust slenderness ranged from 0.31 to 1.95 with an average of 0.91 (standard deviation 0.24). It furthermore differed significantly between Kraft classes (the higher the biosocial status, the lower the slenderness) and age classes (the older the trees, the lower their slenderness). We also found a significant effect of the habitat type (in oligotrophic sites trees formed more slender trunks than in mesotrophic sites) and crown parameters on the h/d ratio (decreasing with increasing crown length and relative crown length). The obtained results suggest that the slenderness of black locust does not differ substantially from native broadleaved trees in Poland.

Keywords: *Robinia pseudoacacia*, slenderness, Kraft class, age class, crown parameters

1. Wstęp

Szkody powodowane przez wiatr lub śnieg są uznawane w leśnictwie za jedno z poważniejszych zagrożeń, które może skutkować znacznymi stratami ekonomicznymi, szczególnie w drzewostanach gospodarczych (Zajączkowski 1991, Peltola 2006; Zachara 2006; Bruchwald, Dmyterko 2010, 2011, 2012). Jedną z miar charakteryzujących stabilność drzewa (lub drzewostanu), a więc swoistą odporność na oddziaływanie wiatru czy śniegu, jest współczynnik smukłości. Według klasyfikacji zaproponowanej przez Burschela i Hussa (1997) dla gatunków iglastych drzewa o smukłości $<0,8$ należy uznać za stabilne, natomiast gdy ten parametr przyjmuje wartości $>1,0$, to drzewa są zagrożone złamaniem lub wywróceniem. Natomiast Abetz i Klädtke (2002) uważają, że smukłość może stanowić miernik pilności przeprowadzenia trzebieży.

Smukłość jest kształtowana przez warunki i przestrzeń, w których drzewo wzrasta (Orzół 2007; Kaźmierczak et al. 2008a, b, 2009, 2011, 2015; Kaźmierczak 2012). Trudne warunki zwiększają konkurencję o zasoby niezbędne do

rozwoju drzewa, co skutkuje nierównomiernym wzrostem i zwiększeniem przyrostu w wybranym kierunku. W konsekwencji obserwuje się różny kształt i budowę drzew. W przypadku gdy przestrzeń wzrostowa jest duża, przyrost na grubość jest większy niż przyrost na wysokość, co w efekcie daje niższy współczynnik smukłości. Z kolei przy gęstym rozmieszczeniu drzew i większej konkurencji o światło, przyrost wysokości osiąga większe wartości i drzewo jest smuklejsze. Smukłość może być modelowana przez przeprowadzane w drzewostanie zabiegi hodowlane (Jaworski 2004), prowadzące np. do zróżnicowania długości korony (Korzeniewicz et al. 2016).

Dotychczasowe badania nad smukłością drzew w Polsce koncentrowały się przede wszystkim na rodzimych gatunkach lasotwórczych. Dla sosny zagadnienie to analizowały Rymer-Dudzińska (1992a, b), Kaźmierczak (2012) oraz Kaźmierczak i in. (2015). Smukłością świerka zajmowali się Orzół i Socha (1999) oraz Kaźmierczak i in. (2008b), a modrzewia – Kaźmierczak i in. (2011, 2012). W przypadku gatunków liściastych analizy przeprowadzono dla dębu

Wpłynęło: 30.01.2018 r., recenzowano: 24.02.2018 r., zaakceptowano: 3.03.2018 r.

(Rymer-Dudzińska, Tomusiak 2000; Kaźmierczak et al. 2008a, 2009), buka (Rymer-Dudzińska, Tomusiak 2000) oraz młodocianej brzozy (Korzeniewicz et al. 2016). Z kolei Orzół (2007) zajmował się smukłością różnych gatunków drzew z Puszczy Niepołomickiej (m.in. sosny i modrzewia). Dla gatunków obcych, które co prawda nie są głównymi składowymi polskich drzewostanów, ale także są narażone m.in. na szkody od śniegu czy wiatru, brak jest jak dotąd w krajowej literaturze prac poświęconych smukłości.

Celem pracy była analiza smukłości drzew w drzewostanach robinii akacjowej *Robinia pseudoacacia* L. z uwzględnieniem typu siedliskowego lasu, klasy wieku i pozycji biosocjalnej oraz ocena związku tej cechy z wybranymi parametrami korony.

2. Materiał i metody

Materiał badawczy pozyskano w 35 drzewostanach robinio- wych rosnących w zachodniej Polsce, na terenie nadleśnictw Sława Śląska i Sulechów (RDLP w Zielonej Górze) oraz Głogów (RDLP we Wrocławiu). Drzewostany te wzrastały na najczęściej zajmowanych przez robinie siedliskach boru mieszane- go świeżego (BMśw; 18 przypadków) i lasu mieszane- go świeżego (LMśw; 17 przypadków), które wykształciły się na glebach rdzawych. Wybrane do badań drzewostany charak- teryzowały się udziałem robinii w składzie gatunkowym >7 (je- dynie w trzech przypadkach wynosił on <5). Wiek badanego gatunku wahał się od 16 do 86 lat. Najwięcej drzewostanów znajdowało się w II (13 przypadków) i III (11 przypadków) klasie wieku. Informacje o udziale i wieku robinii zaczerp- nięto z bazy danych SILP.

W każdym drzewostanie założono w reprezentatywnym miejscu powierzchnię próbną obejmująca co najmniej 100 robinii występujących w pierwszym piętrze drzewostanu. Dla co trzeciego drzewa wysokościomierzem Vertex okre- ślono jego wysokość i wysokość osadzenia korony, a za pomocą średnicomierza ustalono pierśnicę. Dodatkowo każdemu drzewu przypisano pozycję biosocjalną, stosując klasyfikację Kraf- ta. Łącznie zebrano dane dla 1058 robi- nii. Następnie obliczono współczynnik smukłości, będący ilorazem wysokości drzewa i jego pierśnicy. Na podstawie pomierzonych wysokości osadzenia korony oraz wysoko- ści drzewa obliczono też długość korony (CL [m]) oraz jej udział względem wysokości całego drzewa, czyli względną długość korony (rCL [%]).

Ponieważ rozkład wartości współczynnika smukłości nie był zgodny z rozkładem normalnym (test Shapiro-Wilka, $W=0,9801$; $p<0,001$), do analizy różnic w smukłości między klasami Kraf- ta oraz między klasami wieku wykorzystano test Kruskala-Wallisa. W przypadku oceny wpływu siedliskowe- go typu lasu oraz przynależności do drzewostanu panującego i opanowanego użyto testu Manna-Whitneya. Wykorzystując analizę regresji i korelacji, ustalono związek smukłości robi- nii z wymienionymi parametrami korony. Analizy statystycz- ne wykonano w programie PAST 3.16 (Hammar et al. 2001) przy poziomie istotności wynoszącym 0,05.

3. Wyniki

Pierśnica badanych robinii wahała się od 6,5 do 66,2 cm, średnio wynosząc 24,4 cm z odchyleniem standardowym 11,0 cm. Wysokość tych drzew zmieniała się od 5,6 do 34,9 m, przy średniej równej 20,2 m i odchyleniu standardowym 5,8 m. Wartości współczynnika smukłości badanych robinii wahały się od 0,31 do 1,95, przy średniej wynoszącej 0,91 i medianie równej 0,89 oraz odchyleniu standardowym wyno- szącym 0,24 (tab. 1). Najniższa wysokość osadzenia korony wynosiła 1,4 m, a najwyższa – 20,0 m, średnio 10,3 m z od- chYLENIEM standardowym 3,6 m. Długość korony zmieniała się od 1,4 do 25,8 m, przy średniej wynoszącej 9,9 m i odchyleniu standardowym równym 4,2 m. W przypadku badanych robi- nii korona stanowiła od 10 do 95% wysokości drzewa, śred- nio zajmując prawie połowę długości pnia. Współczynnik

Tabela 1. Minimum (Min), maksimum (Max), średnia (M), odchylenie standardowe (SD) oraz współczynnik zmienności (CV [%]) smukłości badanych robinii w zależności od pozycji biosocjalnej, wieku i siedliska

Table 1. Minimum (Min), maximum (Max), mean (M), standard deviation (SD) and coefficient of variability (CV [%]) of slenderness of analysed black locust with regard to biosocial position, age and site type

Charakterystyka drzew		N	Min	Max	M	SD	CV
Characteristics of trees							
Klasa Kraf- ta	1	161	0,37	1,33	0,78a	0,17	22,1
	2	437	0,33	1,88	0,86b	0,20	23,3
	3	260	0,31	1,64	0,92c	0,22	24,3
	4a	96	0,48	1,89	1,03d	0,25	23,9
	4b	45	0,56	1,81	1,12de	0,29	26,2
Klasa wieku	5a	59	0,40	1,95	1,16e	0,28	24,3
	I	36	1,03	1,95	1,39a	0,25	17,8
	II	395	0,51	1,87	0,98b	0,19	19,2
	III	326	0,38	1,84	0,91c	0,21	23,1
	IV	126	0,45	1,29	0,85d	0,17	20,5
TSL	V	175	0,31	1,30	0,68e	0,18	27,1
	BMśw	540	0,4	1,95	0,94a	0,25	26,0
	LMśw	518	0,31	1,84	0,87b	0,23	26,1
Razem							
Total		1058	0,31	1,95	0,91	0,24	26,4

N – liczba drzew; ta sama litera przy średniej (M) w obrębie czynnika oznacza brak istotnych różnic przy $p=0,05$

N – number of trees; TSL – site type (BMśw – fresh mixed coniferous forest, LMśw – fresh mixed broadleaved forest); the same letter by the mean (M) indicates lack of significant differences at $p=0,05$

zmienności, wynoszący w przypadku smukłości 26,4%, oznacza przeciętne zróżnicowanie wartości tego parametru wśród badanych drzew. Jest ono porównywalne do zmienności wysokości i względnej długości korony oraz prawie dwukrotnie mniejsze niż w przypadku pierśnicy i długości korony.

Stwierdzono istotne różnice w smukłości drzew przynależących do różnych klas Krafta ($p < 0,001$; tab. 1). Średnia smukłość osiągnęła największe wartości dla drzew przygłuszonych ($1,16 \pm 0,28$). Najmniejszą smukłość stwierdzono dla drzew górujących ($0,78 \pm 0,17$). Zróżnicowanie smukłości w klasach Krafta było zbliżone. Wartości współczynnika zmienności wahały się od 22,1 do 26,2%. Istotną różnicę w smukłości stwierdzono również porównując drzewostan panujący i opanowany ($p < 0,001$). Drzewa opanowane i przygłuszone cechowały się wyższą średnią smukłością niż drzewa panujące, współpanujące i górujące ($1,09 \pm 0,27$ wobec $0,86 \pm 0,21$). Natomiast współczynnik zmienności smukłości był zbliżony i wynosił 24,2% dla drzewostanu panującego oraz 25,1% – dla opanowanego.

Smukłość robinii w istotny sposób zależała także od klasy wieku drzewostanu ($p < 0,001$; tab. 1). Najwyższą średnią stwierdzono dla drzew z I klasy wieku ($1,39 \pm 0,25$), a najniższą – u robinii z V klasy wieku ($0,68 \pm 0,18$). Z kolei najwięk-

szą zmiennością smukłości charakteryzują się drzewostany najstarsze, podczas gdy najmniejszą – najmłodsze (współczynnik zmienności odpowiednio 27,1 i 17,8%)

Średnia smukłość robinii rosnących na siedlisku BMśw wynosiła $0,94 \pm 0,25$ i była istotnie ($p < 0,001$; tab. 1) wyższa niż w przypadku LMśw ($0,87 \pm 0,23$). Współczynnik zmienności smukłości robinii z analizowanych siedliskowych typów lasu był bardzo podobny (odpowiednio 26,0 i 26,1%)

Długość i względna długość korony drzewa charakteryzują się istotną ujemną zależnością ze smukłością badanych robinii (ryc. 1). Współczynnik korelacji dla tych relacji wynosił odpowiednio $-0,345$ oraz $-0,263$ ($p < 0,001$ w obu przypadkach).

4. Dyskusja

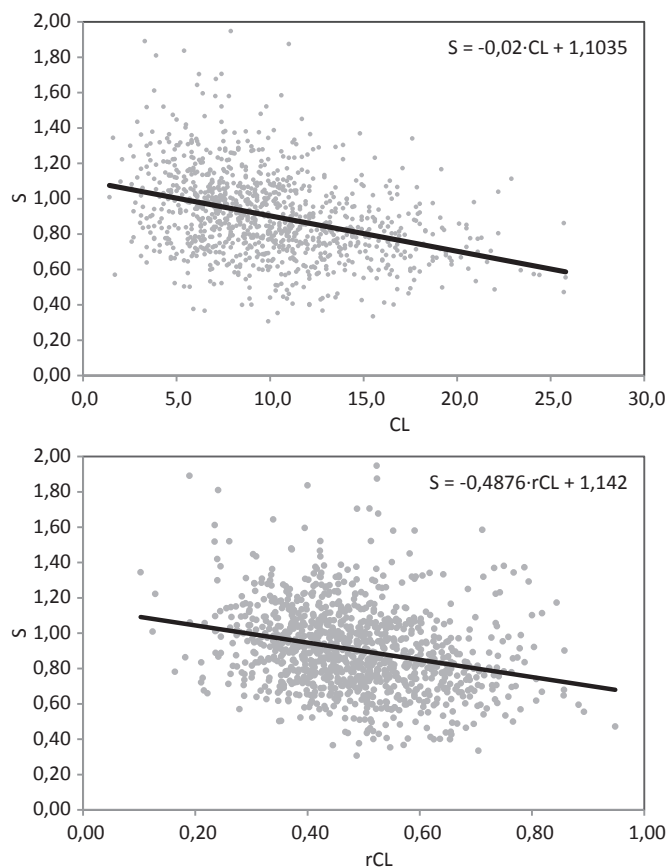
W Polsce prowadzono dotychczas badania nad smukłością drzew gatunków rodzimych, o największym udziale występowania na terenach leśnych. Analizowano zmienność tego współczynnika w zależności od wieku, siedliska oraz pozycji biosocjalnej, jak również jego związek z cechami biometrycznymi drzew i drzewostanów. Robinia akacyjowa jako gatunek introdukowany, o znacznie mniejszym areale występowania, nie był jak dotąd przedmiotem analizy smukłości.

Średnia wartość współczynnika smukłości stwierdzona w niniejszych badaniach dla robinii była porównywalna z wartościami podawanymi dla buka (Rymer-Dudzińska, Tomusiak 2000). Zbliżoną średnią smukłość dla dębu wyznaczyli także Kaźmierczak i in. (2008a, 2009), natomiast znacznie niższą wartość podają dla tego gatunku Rymer-Dudzińska i Tomusiak (2000). Wynik uzyskany przez Korzeniewicz i in. (2016) dla brzozy jest wyraźnie wyższy, ale autorzy ci badali drzewostany młodociane.

Z kolei zmienność smukłości stwierdzona dla robinii jest wyższa niż obserwowana u innych gatunków. Rymer-Dudzińska i Tomusiak (2000) otrzymali dla dębu i buka wartości o ok. 8–10 punktów procentowych niższe. Również w przypadku młodych brzoź (Korzeniewicz et al. 2016) zróżnicowanie smukłości drzew było mniejsze niż u badanej robinii. Zbliżoną do prezentowanej w tej pracy zmienność smukłości stwierdzili natomiast dla dębu Kaźmierczak i in. (2008a)

W przypadku robinii potwierdzony został, obserwowany u innych gatunków, wpływ wieku drzew na smukłość. Wyraźny spadek wartości tego wskaźnika wraz ze wzrostem wieku stwierdzono także dla dębu (Rymer-Dudzińska, Tomusiak 2000; Kaźmierczak et al. 2009), buka (Rymer-Dudzińska, Tomusiak 2000), modrzewia (Orzół 2007; Kaźmierczak et al. 2011, 2012) oraz sosny (Rymer-Dudzińska 1992a, b; Orzół 2007; Kaźmierczak 2012).

W dotychczasowych badaniach smukłości podkreślano wzrost jej wartości wraz pogarszaniem się pozycji biosocjalnej drzewa. Prawdopodobnie taką dla sosny zaobserwowali Rymer-Dudzińska (1992b), Kaźmierczak (2012) oraz Kaźmierczak i in. (2015), dla modrzewia – Kaźmierczak i in. (2011), a dla dębu – Kaźmierczak i in. (2009). Również w przypadku robinii drzewa przygłuszone i opanowane ce-



Rycina 1. Zależność smukłości (S) od długości korony (CL [m]) i względnej długości korony (rCL [%])

Figure 1. Dependence of slenderness (S) on crown length (CL [m]) and relative crown length (rCL [%])

chowały się wyższą wartością smukłości niż drzewa z drzewostanu panującego.

Poza parametrami samego pnia smukłość drzew zależy również od charakterystyki korony, na co zwracali uwagę m.in. Jelonek i in. (2013), Kaźmierczak i in. (2015), Tomczak i in. (2015) czy Korzeniewicz i in. (2016). W niniejszych badaniach stwierdzono istotną ujemną korelację smukłości robinii od długości i względnej długości korony. Jednakże Rymer-Dudzińska i Tomusiak (2000) nie obserwowali związku smukłości dębów i buków ze względną długością korony. Podobne wyniki otrzymali Kaźmierczak i in. (2012) dla modrzewia. Z kolei Korzeniewicz i in. (2016) wykazali istotną negatywną zależność między smukłością a cechami korony. Współczynnik korelacji z długością korony wyniósł $-0,399$, a z długością względną korony $-0,424$.

Smukłość zależy także od przestrzeni, jaką drzewo ma do dyspozycji by wzrastać (Kaźmierczak 2012; Kaźmierczak et al. 2012; Korzeniewicz et al. 2016). Im jest ona większa, tym większy jest przyrost grubości w porównaniu z przyrostem wysokości, a co za tym idzie pnie drzew są mniej smukłe. Stosunek wysokości do pierśnicy można regulować zabiegami hodowlanymi, kształtując przestrzeń wzrostu drzew przez zastosowanie określonej więźby sadzenia oraz przez czas i intensywność przeprowadzanych czyszczeń i trzebieży.

5. Wnioski

Robinia akacja cechuje się średnią wartością smukłości na poziomie zbliżonym do rodzimych gatunków drzew liściastych (dębu, buka, brzozy). Nieco większy ma natomiast współczynnik zmienności tej cechy.

Na smukłość robinii akacjowej istotny wpływ mają siedliskowy typ lasu oraz wiek i pozycja biosocjalna drzew, a także parametry korony. Wyższymi wartościami współczynnika smukłości charakteryzują się drzewa rosnące na BMśw, należące do niższych klas wieku i do drzewostanu opanowanego oraz o krótszej koronie.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów interesów.

Źródła finansowania

Praca powstała w ramach projektu pt. „Ekologiczne, gospodarcze i urzędzeniowe konsekwencje występowania wybranych gatunków drzew obcych w Polsce” finansowanego przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych.

Literatura

- Abetz P., Klädtke J. 2002 The target tree management system. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 121, 73–82. DOI 10.1046/j.1439-0337.2002.00073.x.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2010. Metoda określania ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. *Leśne Prace Badawcze* 71(2): 165–173. DOI 10.2478/v10111-010-0012-3.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2012. Ryzyko powstawania szkód w drzewostanach poszczególnych nadleśnictw Polski. *Sylwan* 156(1): 19–27.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2011. Zastosowanie modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów nadleśnictwa. *Sylwan* 155(7): 459–471.
- Burschel P., Huss J. 1997. *Grundriss des Waldbaus*. Berlin, Parey Buchverlag.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaentologia Electronica* 4(1).
- Jaworski A. 2004. Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania oraz pielęgnacji drzewostanów. Warszawa, PWRiL. ISBN 83-09-01775-8.
- Jelonek T., Walkowiak R., Jakubowski M., Tomczak A. 2013. Wskaźniki stabilności drzew w drzewostanach sosnowych uszkodzonych przez wiatr. *Sylwan* 157(5): 323–329.
- Kaźmierczak K. 2012. Smukłość sosen w klasach biosocjalnych. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych* 103: 33–39.
- Kaźmierczak K., Borzyszkowski W., Korzeniewicz R. 2015. Slenderness of 35-year-old pines from a dominant stand as an indicator of a stand stability. *Forestry Letters* 108: 32–35.
- Kaźmierczak K., Nawrot M., Pazdrowski W., Jędraszak A., Najgrakowski T. 2012. Smukłość modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) i jej związki z innymi cechami biometrycznymi. *Sylwan* 156(2): 83–88.
- Kaźmierczak K., Nawrot M., Pazdrowski W., Najgrakowski T., Jędraszak A. 2011. Kształtowanie się smukłości modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) w zależności od siedliska, wieku i pozycji biosocjalnej. *Sylwan* 155(7): 472–481.
- Kaźmierczak K., Pazdrowski W., Mańka K., Szymański M., Nawrot M. 2008a. Kształtowanie się smukłości pni dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w zależności od wieku drzew. *Sylwan* 152(7): 39–45.
- Kaźmierczak K., Pazdrowski W., Paraniak P., Szymański M., Nawrot M. 2008b. Smukłość jako miara stabilności świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) na przykładzie drzewostanów Sudetów Środkowych. Materiały z 14 konferencji naukowo-praktycznej Human and nature safety, Litwa, 228–230.
- Kaźmierczak K., Pazdrowski W., Szymański M., Nawrot M., Mańka K. 2009. Slenderness of stems of common oak (*Quercus robur* L.) and selected biometric traits of trees. Materiały z 15 konferencji naukowo-praktycznej Human and nature safety, Litwa 53–56.
- Korzeniewicz R., Borzyszkowski W., Szmyt J., Kaźmierczak K. 2016. Smukłość 30-letniego niepielęgowanego drzewostanu brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.). *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 15(2): 79–86. DOI 10.17306/J.AFW.2016.2.10.
- Orzół S. 2007. A comparative analysis of slenderness of the main tree species of the Niepolomice Forest. *eJPau Forestry* 10(2).
- Orzół S., Socha J. 1999. Smukłość świerka w sześćdziesięcioletnich drzewostanach Beskidów Zachodnich. *Sylwan* 143(4): 35–43.
- Peltola H. 2006. Mechanical stability of trees under static loads. *American Journal of Botany* 93(10): 1501–1511. DOI 10.3732/ajb.93.10.1501.

- Rymer-Dudzińska T. 1992a. Smukłość drzew w drzewostanach sosnowych. *Sylwan* 136(11): 35–44.
- Rymer-Dudzińska T. 1992b. Zależność średniej smukłości drzew w drzewostanach sosnowych od różnych cech taksacyjnych drzewostanu. *Sylwan* 136(12): 19–25.
- Rymer-Dudzińska T., Tomusiak R. 2000. Porównanie smukłości drzew w drzewostanach bukowych i dębowych. *Sylwan* 144(9): 45–52.
- Tomczak A., Redzimska M., Jelonek T. 2015. Allometric relationships between trunk slenderness and crown dimensions in Scots pine. *Forestry Letters* 108: 20–26.
- Zachara T. 2006. Problem szkód w lasach powodowanych przez śnieg i wiatr oraz sposoby przeciwdziałania im. *Sylwan* 150(10): 56–64.
- Zajączkowski J. 1991. Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Wyd. Świat. Warszawa, 224 s.

Wkład autorów

Sz.B. – koncepcja, prace terenowe, analiza materiału, napisanie i korekta tekstu; K.O. – prace terenowe, analiza materiału, napisanie tekstu.