

SMUKŁOŚĆ 30-LETNIEGO NIEPIELĘGNOWANEGO DRZEWOSTANU BRZOZY BRODAWKOWATEJ (*BETULA PENDULA* ROTH.)

Robert Korzeniewicz¹✉, Wojciech Borzyszkowski², Janusz Szmyt¹,
Katarzyna Kaźmierczak²

¹Katedra Hodowli Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 69, 60-625 Poznań

²Katedra Urządzania Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71 C, 60-625 Poznań

ABSTRAKT

W pracy przedstawiono analizę smukłości 30-letniego niepielęgowanego drzewostanu brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.), rosnącego w warunkach siedliskowych boru mieszanego świeżego (BMśw). Materiał badawczy pochodził z trzech działek, będących częścią stałej powierzchni doświadczalnej Katedry Hodowli Lasu, założonej na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice. Badane brzozy brodawkowate charakteryzują się wysoką przeciętną smukłością wynoszącą, $s = 1,31$ [m/cm]. Stwierdzono, że smukłość jest skorelowana z niektórymi analizowanymi cechami biometrycznymi badanych drzew. Najsilniej związana ze smukłością cechą jest pierśnica drzewa ($d_{1,3}$) oraz szerokość korony (d_k). Rosnące w niepielęgowanym drzewostanie 30-letnie brzozy brodawkowate, ze względu na dużą smukłość są drzewami niestabilnymi, a przez to mogą być mniej odporne na szkodliwe działanie wiatru i śniegu.

Słowa kluczowe: hodowla lasu, brzoza brodawkowata, smukłość, wysokość, pierśnica

WSTĘP

Współczynnik smukłości jest syntetyczną miarą, której średnia wartość może być wskaźnikiem stabilności drzewostanu (Burschel i Huss, 1997). Smukłość jest definiowana jako iloraz wysokości drzewa [m] do jego pierśnicy [cm] (Jaworski, 2004).

Badania nad smukłością są prowadzone w kilku aspektach. Zajączkowski (1991) za pomocą współczynnika smukłości badał odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Natomiast Bruchwald i Dmyterko (2010, 2011, 2012) w swoich modelach oceny ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr wykorzystują odwrotność współczynnika smukłości. Jaworski (2004) podaje, że smukłość drzew kształtują zabiegi hodowlane. Jego zdaniem, przez wybór

więźby oraz prowadzone cięcia pielęgnacyjne (czyszczenia i trzebieże), można wpływać na wielkość tego parametru, ponieważ zabiegi te kształtują przestrzeń wzrostu drzew.

W Polsce prowadzono badania dotyczące smukłości sosny zwyczajnej (Rymer-Dudzińska, 1992a; 1992b) oraz świerka (Kaźmierczak i in., 2008b; Orzeł i Socha, 1999). Dostępne są także opracowania dotyczące smukłości dębu (Kaźmierczak i in., 2008a; 2009; Rymer-Dudzińska i Tomusiak, 2000), modrzewia europejskiego (Kaźmierczak i in., 2012) oraz buka (Rymer-Dudzińska i Tomusiak, 2000). Smukłość różnych gatunków drzew z Puszczy Niepołomickiej porównywał Orzeł (2007).

✉korzon@up.poznan.pl

Brzoza brodawkowata nie należy do gatunków, które wzbudzają duże zainteresowanie badaczy, aczkolwiek jest ważnym składnikiem polskich lasów. Jej udział powierzchniowy w strukturze gatunkowej wynosi około 4,4% (Wyniki..., 2014). Jest to gatunek pionierski, szybko rosnący, który ekologią i wymaganiami siedliskowymi nieco przypomina sosnę zwyczajną, jednakże woli gleby zasobniejsze i bardziej wilgotne (Jaworski, 1994; Jaworski, 2011). Potencjał brzozy brodawkowatej jest duży, wynikający bezpośrednio z jej szybkiego wzrostu w młodości (Szymański, 1975; Szymański, 1982), wysokiej produktywności w różnych warunkach siedliskowych (Lockow, 1998) i zdolności adaptacyjnej, która pozwala jej pełnić główną rolę w regeneracji lasu (Ceitel i Iszkuło, 2000).

Praca uzupełnia wiedzę dotyczącą kształtowania się wybranych cech biometrycznych brzozy brodawkowatej rosnącej w 30-letnim niepielęgowanym drzewostanie. W pracy przedstawiono ocenę związku pomiędzy smukłością a innymi wybranymi cechami pomiarowymi drzew. Materiał badawczy zebrano ze powierzchni doświadczalnej Katedry Hodowli Lasu założonej przez Profesora Stanisława Szymańskiego.

METODYKA

Pomiary i obserwacje wykonano na części powierzchni doświadczalnej (trzy działki z brzozą brodawkowatą), która została założona na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice, Leśnictwo Wielistawice, oddział 25h. Siedlisko jest borem mieszanym świeżym (BMśw), wykształconym na glebie bielicowo-rdzawej, porolnej, wytworzonej z polodowcowych piasków luźnych (Szymański, 1975; Szymański, 1982). Pod względem regionalizacji przyrodniczo-leśnej (Kliczkowska i Zielony, 2012) nadleśnictwo jest położone w Krainie Śląskiej (V), Mezoregionie Równiny Oleśnickiej (V.18). Zgodnie z regionalizacją geobotaniczną Matuszkiewicza (2008), teren nadleśnictwa został zaliczony do Prowincji Środkowoeuropejskiej, Podprowincji Środkowoeuropejskiej Właściwej, Działu Brandenbursko-Wielkopolskiego (B), Krainy Południow Wielkopolsko-Łużyckiej (B4), Okręgu Doliny Górnej Prosnicy (B.4b.16). Położenie geograficzne 51°12'N i 18°03'E.

Powierzchnię doświadczalną odnowiono sadzonkami jednorocznymi z zachowaniem więźby 1 × 1 m

i nie prowadzono cięć pielęgnacyjnych. Oprócz brzozy brodawkowatej, w doświadczeniu, na poletkach o wymiarach 21 m × 19 m, w trzech powtórzeniach, posadzono jeszcze osiem innych gatunków drzew (Szymański, 1975; Szymański, 1982).

Na drzewach stojących pomierzono:

1. $d_{1,3}$ – pierśnicę w korze w dwu kierunkach z dokładnością do 0,1 cm, a średnią arytmetyczną z pomiarów przyjęto za pierśnicę drzewa
2. h – wysokość, z dokładnością do 0,1 m, za pomocą wysokościomierza Vertex III
3. h_{ok} – wysokość osadzenia korony do pierwszej żywej gałęzi zwartej korony, z dokładnością do 0,1 m, za pomocą wysokościomierza Vertex III
4. r_k – promień rzutu korony, z dokładnością do 0,1 m, na podstawie rzutowanych czterech punktów koron drzewa (wzdłuż i prostopadłe do wyznaczonych rzędów), a średnią arytmetyczną z pomiarów przyjęto za promień korony drzewa.

Wyniki pomiarów pozwoliły na wykonanie obliczeń i analiz następujących cech:

1. s – smukłość [m/cm] jako iloraz wysokości drzewa [m] do jego pierśnicy [cm]
2. l_k – długość korony [m], z różnicy między wysokością drzewa (h) a wysokością osadzenia korony (h_{ok})
3. d_k – szerokość korony [m] obliczona jako podwojony iloczyn promienia korony (r_k)
4. l_k/h – względna długość korony jako stosunek długości korony (l_k) do wysokości drzewa (h)
5. p_k – powierzchnia rzutu korony [m²] obliczona na podstawie szerokości korony (d_k) wzorem na pole koła: $p_k = \pi \times d_k^2 / 40\,000$
6. $d_k^2 / d_{1,3}^2$ – iloraz powierzchni rzutu korony
7. $d_k / d_{1,3}$ – stopień wysunięcia korony (liczba przestrzemi wzrostowej Seebacha) jako stosunek szerokości korony (d_k) do pierśnicy ($d_{1,3}$)
8. d_k/h – stopień rozłożystości korony jako iloraz szerokości korony (d_k) i wysokości (h)
9. v_k – objętość korony [m³] jako objętość walca korony wzorem $v_k = p_k \times l_k$
10. p_{pd} – przestrzeń pojedynczego drzewa [m³] ze wzoru: $p_{pd} = p_k \times h$.

Każde drzewo w drzewostanie, zgodnie z kryteriami IUFRO (Jaworski, 2004), zostało zaklasyfikowane do właściwej warstwy biosocjalnej. Podstawą podziału

drzewostanu na trzy warstwy była wyliczona wysokość górna według Weisego, dla przeciętnej pierśnicy względnej 20% najgrubszych drzew (Beker, 2007).

Do obliczenia współczynnika korelacji liniowej Pearsona między smukłością (s) brzozy a wybranymi cechami drzewa i jego korony wykorzystano oprogramowanie Statistica v. 9.1.

WYNIKI

Wyniki obserwacji dotyczące przeżywalności oraz zagęszczenia 30-letnich drzewostanów brzozy brodawkowatej przedstawiono w tabeli 1. W fazie wczesnej tyczkowiny średnia przeżywalność w trzech badanych drzewostanach kształtuje się na zbliżonym poziomie, wynoszącym nieco ponad 21%. Wartości skrajne przeżywalności oscylują w pobliżu średniej. Blisko 80-procentowy ubytek drzew, będący wynikiem tylko naturalnych procesów, przekłada się na średnie zagęszczenie w przeliczeniu na 1 ha, na nieco ponad 2100 sztuk.

Tabela 1. Zestawienie liczby żywych drzew w 30-letnim drzewostanie brzozy brodawkowatej

Table 1. Number of live trees in 30 years old birch stand

Zagęszczenie początkowe szt./ha Initial density pcs/ha	Liczba drzew, szt./ha Stem number, pcs/ha			Średnia przeżywalność Survival %
	minimalna minimum	maksymalna maximum	średnia mean	
10 000	1 930	2 331	2 122	21,22

W tabeli 2 zaprezentowano wyniki dotyczące frekwencji i udziału drzew w klasach biosocjalnych wyodrębnionych według kryteriów IUFRO z wykorzystaniem wysokości górnej. Cechą charakterystyczną badanych drzewostanów brzozowych jest w zasadzie budowa jednowarstwowa. Blisko 93% badanych drzew zostało zaliczonych do warstwy górnej, a pozostałe zakwalifikowano do warstwy środkowej. Nie zaobserwowano żywych brzozy rosnących w warstwie dolnej.

W tabeli 3 przedstawiono charakterystykę statystyczną wybranych cech biometrycznych (wysokości (h), pierśnicy ($d_{1,3}$), wysokości osadzenia korony (h_{ok}) oraz smukłości (s) w 30-letnich niepielęgowanych

Tabela 2. Udział drzew w strukturze biosocjalnej w 30-letnim drzewostanie brzozy brodawkowatej

Table 2. The share of position social class of trees in 30 years old silver birch stand

Stanowisko biosocjalne Position social class of tree	Udział drzew – Share of trees	
	szt./ha pcs/ha	%
Warstwa górna Overstory	1 963	92,52
Warstwa środkowa Middle story	159	7,48
Warstwa dolna Understory	0	0

drzewostanach brzozy brodawkowatej. Zaprezentowane wyniki są tłem do szczegółowych rozważań dotyczących smukłości, a w szczególności jej powiązania z innymi cechami drzew.

Brzozy brodawkowate rosnące w warunkach siedliskowych boru mieszanego świeżego (BMśw) w wieku 30 lat osiągnęły przeciętną wysokość 15,9 m i przeciętną pierśnicę – 12,84 cm. Rozkład badanych cech był zbliżony do normalnego, przy czym wysokości charakteryzowały się małym współczynnikiem zmienności przy nieznacznej lewostronnej skośności (rys. 1 i 2). Zarówno wysokości (h), jak i pierśnice ($d_{1,3}$) brzozy charakteryzują się rozkładem jednomodalnym. W przypadku wysokości dominuje klasa mieszcząca się w przedziale od 14 m do 16 m. Korona u brzozy jest osadzona (h_{ok}) na wysokości około 7,8 m. W rozkładzie wysokości osadzenia korony (h_{ok}) dominuje jedna klasa w przedziale między 8,0 m a 9,0 m (rys. 3). Badane brzozy charakteryzowały się dość wysokim współczynnikiem smukłości (s), przeciętnie 1,31 m/cm. W rozkładzie smukłości (s) najliczniej są reprezentowane brzozy, które charakteryzują się smukłością mieszcząca się w przedziale od 1,2 m/cm do 1,4 m/cm, blisko 27% przypadków (rys. 4).

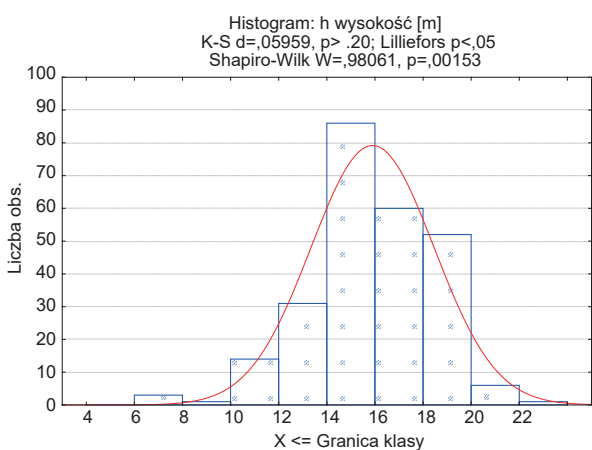
Badany drzewostan 30-letniej brzozy brodawkowatej wykazuje w zasadzie budowę jednowarstwową (tab. 2), dlatego analiza związku smukłości z wybranymi cechami odnosi się do całego drzewostanu. Cechą najbardziej związaną ze smukłością (tab. 4) jest pierśnica drzewa ($d_{1,3}$) oraz szerokość korony (d_k). Silną korelację smukłości stwierdzono także z innymi

Tabela 3. Charakterystyka statystyczna wysokości (h), pierśnicy ($d_{1,3}$), wysokość osadzenia korony (h_{ok}), długość korony (l_k) i smukłości (s) w 30-letnich drzewostanach brzozy brodawkowatej

Table 3. Statistical characteristics of tree height (h), dbh ($d_{1,3}$), height crown distribution (h_{ok}), crown length (l_k) and slenderness (s) in 30 years silver birch stand

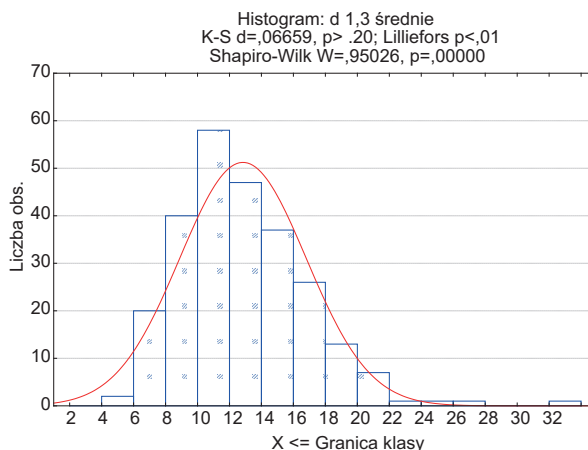
N szt. psc	\bar{x}	Ufność Significance -95,0%	Ufność Significance +95,0%	Minimalna Minimum	Maksymalna Maximum	Var	S_{dx}	V	A
Wysokość h , m – Height h , m									
254	15,90	15,59	16,22	6,10	23,00	6,55	2,56	16,10	-0,47
Pierśnica $d_{1,3}$, cm – Diameter $d_{1,3}$, cm									
254	12,84	12,36	13,33	5,55	33,00	15,64	3,96	30,79	1,03
Wysokość osadzenia korony h_{ok} , m – Height crown distribution h_{ok} , m									
254	7,84	7,60	8,08	2,40	14,60	3,80	1,95	24,85	-0,08
Długość korony l_k , m – Crown length l_k , m									
254	8,06	7,75	8,37	0,60	14,90	6,22	2,49	30,96	0,05
Smukłość s , m/cm – Slenderness s , m/cm									
254	1,31	1,27	1,35	0,56	2,31	0,09	0,30	22,70	0,36

\bar{x} – średnia, Var – wariancja, S_{dx} – odchylenie standardowe, V – współczynnik zmienności, A – skośność.
 \bar{x} – mean, Var – variance, S_{dx} – standard deviation, V – coefficient of variation, A – skewness.



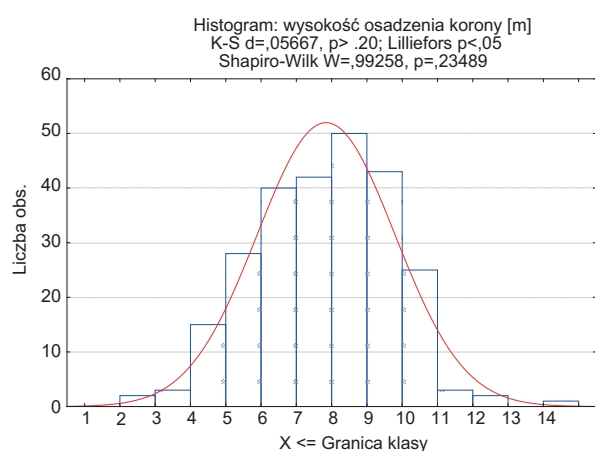
Rys. 1. Rozkład wysokości (h) w 30-letnim drzewostanie brzozowym

Fig. 1. Height distribution (h) in 30 years old stand silver birch



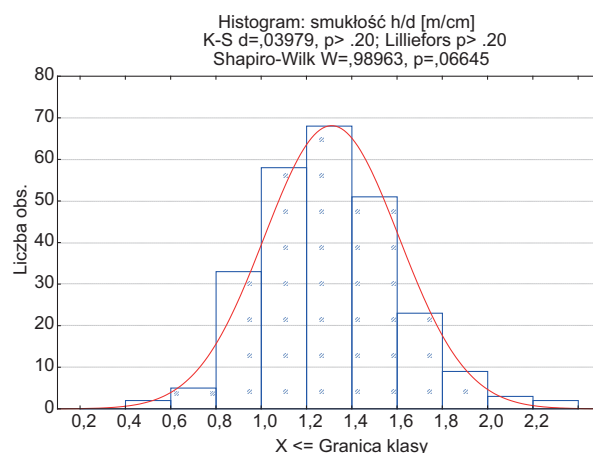
Rys. 2. Rozkład pierśnic ($d_{1,3}$) w 30-letnim drzewostanie brzozowym

Fig. 2. Diameter distribution (dbh) in 30 years old stand silver birch



Rys. 3. Rozkład wysokości osadzenia korony (h_{ok}) w 30-letnim drzewostanie brzozowym

Fig. 3. Height crown distribution (h_{ok}) in 30 years old stand silver birch



Rys. 4. Rozkład smukłości (s) w 30-letnim drzewostanie brzozowym

Fig. 4. Slender tree distribution (s) in 30 years old stand silver birch

Tabela 4. Zależność pomiędzy smukłością 30-letniej brzozy brodawkowatej a wybranymi cechami drzew i ich koron
Table 4. The relationship between the slender 30-year-old birch and selected characteristics of trees and their crowns

Równanie liniowe Linear equation	Współczynnik korelacji r Correlation coefficient r	Współczynnik determinacji r^2 Coefficient of determination r^2	p -poziom p -value
1	2	3	4
Pierśnica $d_{1,3}$, cm – Diameter $d_{1,3}$, cm			
$y = 26,6716 - 10,5513 \cdot x$	$r = -0,7937$	$r^2 = 0,6300$	$p = 0,0000$
Wysokość h , m – Height h , m			
$y = 16,9687 - 0,8141 \cdot x$	$r = -0,0946$	$r^2 = 0,0090$	$p = 0,1325$
Wysokość osadzenia korony h_{ok} , m – Height to the crown base h_{ok} , m			
$y = 4,5246 + 2,5321 \cdot x$	$r = 0,3865$	$r^2 = 0,1494$	$p = 0,0000$
Długość korony l_k , m – Crown length l_k , m			
$y = 12,4441 - 3,3463 \cdot x$	$r = -0,3991$	$r^2 = 0,1593$	$p = 0,0000$
Szerokość korony d_k , m – Crown diameter d_k , m			
$y = 6,2125 - 2,2228 \cdot x$	$r = -0,7019$	$r^2 = 0,4927$	$p = 0,0000$
Względna długość korony l_k/h – Relative crown length l_k/h			
$y = 0,7269 - 0,1724 \cdot x$	$r = -0,4235$	$r^2 = 0,1794$	$p = 0,0000$
Powierzchnia rzutu korony p_k , m ² – Crown projection area p_k , m ²			
$y = 25,2968 - 12,2488 \cdot x$	$r = -0,6727$	$r^2 = 0,4525$	$p = 0,0000$

Tabela 4 cd. / Table 4 cont.

1	2	3	4
Iloraz powierzchni rzutu korony $d_k^2/d_{1,3}^2$ – Crown projection area to basal area ratio $d_k^2/d_{1,3}^2$			
$y = 0,0435 + 0,0251 \cdot x$	$r = 0,1228$	$r^2 = 0,0151$	$p = 0,0507$
Liczba przestrzeni wzrostowej Seebacha $d_k/d_{1,3}$, m/cm Seebach's growth space number (also called the crown deflection degree) $d_k/d_{1,3}$, m/cm			
$y = 0,2134 + 0,0401 \cdot x$	$r = 0,1589$	$r^2 = 0,0252$	$p = 0,0112$
Stopień rozłożystości korony d_k/h – Crown spread (crown deflection coefficient) d_k/h			
$y = 0,3968 - 0,1407 \cdot x$	$r = -0,5577$	$r^2 = 0,3110$	$p = 0,0000$
Objętość korony v_k , m ³ – Single tree space v_k , m ³			
$y = 261,8735 - 137,875 \cdot x$	$r = -0,6107$	$r^2 = 0,3730$	$p = 0,0000$
Przestrzeń pojedynczego drzewa p_{pd} , m ³ – Single tree space p_{pd} , m ³			
$y = 415,153 - 202,6915 \cdot x$	$r = -0,6235$	$r^2 = 0,3887$	$p = 0,0000$

cechami opisującymi koronę, jak: powierzchnia rzutu korony (p_k) i objętość korony (v_k). Związek innych badanych cech nie jest silny, aczkolwiek statystycznie istotny (poza wysokością).

PODSUMOWANIE I DYSKUSJA

Badania dotyczące smukłości drzew koncentrują się wokół gatunków najważniejszych z punktu widzenia gospodarczego (Burschel i Huss, 1997; Kaźmierczak i in., 2009; Orzeł, 2007; Rymer-Dudzińska, 1992a; Rymer-Dudzińska, 1992b).

Średnia wartość współczynnika smukłości w 30-letnim drzewostanie brzozy brodawkowatej znacznie przekroczyła próg, powyżej którego drzewa są uznawane za niestabilne (Burschel i Huss, 1997). Posługując się wspomnianą skalą stabilności opracowaną dla gatunków iglastych, można wywnioskować, że na skutek dynamicznie przebiegających procesów konkurencji w niepielęgowanym 30-letnim drzewostanie brzozowym blisko 85% drzew przekroczyło wartość współczynnika smukłości równą 1 m/cm. Zachwianie rekomendowanych proporcji pomiędzy wysokością a grubością należy tłumaczyć młodym wiekiem badanych drzew, konkurencją i dynamicznie przebiegającym rozwojem drzewostanu, którego struktura i zagęszczenie ulegają przemianom. W efekcie badany drzewostan jest mocno wysmuklony

i jednowarstwowy. Porównując wyliczoną przeciętną smukłość oraz zagęszczenie brzozy z danymi zawartymi w tablicach zasobności Szymkiewicza (1971), dla I klasy bonitacji, zauważamy, że badany drzewostan jest przegęszczony i bardziej smukły. Podobne wnioski można wyciągnąć, porównując otrzymane wyniki z wartościami zawartymi w tablicach, które dla brzozy brodawkowatej (II klasa bonitacji) zostały opracowane przez Lockowa (1998).

Rymer-Dudzińska (1992b) w badaniach nad sosną wskazuje na silne powiązanie smukłości z wiekiem drzew, które maleje z czasem. Podobne wyniki uzyskano w młodych drzewostanach dębu szypułkowego i modrzewia europejskiego (Kaźmierczak i in., 2008a; Kaźmierczak i in., 2012) oraz buka (Rymer-Dudzińska i Tomusiak, 2000). Dlatego wysoka wartość współczynnika smukłości u brzozy może być związana z wiekiem drzew.

Związek smukłości z badanymi cechami przyjmował kształt prostoliniowy. Smukłość malała ze wzrostem przeciętnej pierśnicy i wysokości drzewostanu, przy czym związek smukłości z pierśnicą jest silny i statystycznie istotny. Podobne wyniki uzyskali inni cytowani autorzy.

Uwagę zwraca silna korelacja smukłości z niektórymi cechami korony. Odwrotnie proporcjonalną, silną i statystycznie istotną korelację odnotowano dla szerokości korony (d_k) i powierzchni rzutu korony (p_k).

Słabą odwrotną korelację stwierdzono także dla długości korony (l_k) i względnej długości korony (l_k/h). Natomiast wysokość osadzenia korony (h_{ok}) charakteryzuje związek słabszy i wprost proporcjonalny.

Zaprezentowane analizy wskazują, że zaniechanie cięć pielęgnacyjnych w sztucznie założonym drzewostanie brzozy brodawkowatej może prowadzić do nadmiernej smukłości drzew. Właściwa ocena stopnia zagrożenia 30-letniego drzewostanu brzoźowego, przez śnieg i wiatr, może być wykonana tylko na podstawie dodatkowych obserwacji i porównań. Przedstawiony materiał może także być pomocny w opracowaniu różnych modeli wzrostu i rozwoju drzewostanów.

WNIOSKI

30-letnie brzozy brodawkowate rosnące w niepielęgowanym drzewostanie charakteryzują się wysoką smukłością i są drzewami niestabilnymi.

Smukłość brzozy wykazuje silny związek z pierśnicą ($d_{1,3}$), natomiast nie stwierdzono zależności z wysokością osiąganą przez drzewa w wieku 30 lat w drzewostanie niepielęgowanym.

Smukłość 30-letnich brzoź rośnie ze wzrostem wysokości osadzenia korony (h_{ok}), a maleje wraz ze zwiększeniem się długości korony (l_k) i względnej długości korony (l_k/h).

Stwierdzono także silny związek smukłości brzozy z wielkością korony drzewa, która jest opisana przez takie cechy, jak powierzchnia rzutu koron (p_k) i objętość korony (v_k).

PIŚMIENNICTWO

- Beker, C. (2007). Wysokość górna w drzewostanach sosnowych. Sylwan, 151(3), 36–42.
- Burschel, P., Huss, J. (1997). Grundriss des Waldbaus. Berlin: Parey Buchverlag.
- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2010). Metoda określania ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. Leśn. Pr. Bad., 71(2), 165–173. DOI: 10.2478/v10111-010-0012-3
- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2011). Zastosowanie modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów nadleśnictwa. Sylwan, 155(7), 459–471.
- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2012). Ryzyko powstawania szkód w drzewostanach poszczególnych nadleśnictw Polski. Sylwan, 156(1), 19–27.

- Ceitel, J., Iszkuło, G. (2000). Zastępcze zbiorowiska brzozy (*Betula pendula* Roth.) w strefie zamierania lasu w Górach Izerskich. Sylwan, 144(9), 33–43.
- Jaworski, A. (1994). Charakterystyka hodowlana drzew leśnych. Kraków: Gutenberg.
- Jaworski, A. (2004). Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania i pielęgnacji drzewostanów. Warszawa: PWRiL.
- Jaworski, A. (2011). Hodowla lasu. T. 3. Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych. Warszawa: PWRiL.
- Kaźmierczak, K., Nawrot, M., Pazdrowski, W., Najgrakowski, T., Jędraszak, A. (2012). Kształtowanie się smukłości modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) w zależności od siedliska, wieku i pozycji biosocjalnej. Sylwan, 156(2), 83–88.
- 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 konferencyjne Human and Nature Safety 3, 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 konferencyjne Human and Nature Safety 4, 53–56.
- Kliczkowska, A., Zielony, R. (2012). Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. Warszawa: GDLP.
- Lockow, K. W. (1998). Ertragstafeln für die Sandbirke (*Betula pendula* Roth) sowie für die Moorbirke (*Betula pubescens* Ehrh.) für das nordostdeutsche Tiefland. Eberswalde: Landesforstanstalt.
- Matuszkiewicz, J. M. (2008). Regionalizacja geobotaniczna Polski. Warszawa: IGiPZ PAN.
- Orzeł, S. (2007). A comparative analysis of slenderness of the main tree species of the Niepolomice Forest. EJPAU Forestry 10 (2) #13. Pobrane z: <http://www.ejpau.media.pl/volume10/issue2/abs-13.html>
- Orzeł, S., Socha, J. (1999). Smukłość świerka w sześćdziesięcioletnich drzewostanach Beskidów Zachodnich. Sylwan, 143(4), 35–43.
- 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 drzewostanów bukowych i dębowych. Sylwan, 144(9), 45–52.
- StatSoft (2010). STATISTICA (data analysis software system). Version 9.1. Pobrano z: www.statsoft.com
- Szymański, S. (1975). Wstępne wyniki badań tempa wzrostu w pierwszej młodości kilku ważniejszych gatunków drzew leśnych na siedlisku boru mieszanego świeżego. W: Gospodarka leśna i drzewna na tle nowoczesnej ochrony środowiska. Referaty na zjazd Absolwentów Wydziału Leśnego (s. 36–43). Poznań: Akademia Rolnicza.
- Szymański, S. (1982). Wzrost niektórych gatunków drzew leśnych w pierwszych 10 latach życia na siedlisku boru mieszanego świeżego. Sylwan, 126(7), 11–29.
- Szymkiewicz, B. (1971). Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów. Warszawa: PWRiL.
- Wyniki aktualizacji stanu powierzchni leśnej i zasobów drzewnych w Lasach Państwowych na dzień 1 stycznia 2013 roku. (2014). Praca wykonana przez Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej na podstawie informacji z Banku Danych o Lasach. Oficyna Wydawnicza Forest.
- Zajączkowski, J. (1991). Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Warszawa: Wyd. Świat.

SLENDERNESS OF 30-YEAR STAND SILVER BIRCH (*BETULA PENDULA* ROTH.)

ABSTRACT

Presented study is focused on the analysis of the slenderness of common birch (*Betula pendula* Roth.), growing at the mixed fresh coniferous forest site type. Data were collected on three plots being the part of the permanent experimental plot of the Silviculture Department, located at the Siemianice Experimental Forests. Trees characterized the high values of the average slenderness index, $s = 1.31 \text{ [m} \cdot \text{cm}^{-1}\text{]}$. Results showed that s index is correlated with few biometric traits of trees. The highest correlation was observed in between s index and diameter ($d_{1.3}$) and crown width (d_k). The static of trees in the unmanaged 30-years old stands was not stable what can potentially be susceptible for wind and snow damage.

Key words: silviculture, silver birch, slenderness, height, diameter