

MIECZYŚLAW TURSKI, CEZARY BEKER, ROMAN JASZCZAK, ADAM SZYMAŃSKI

Wpływ typu siedliskowego lasu na wielkość i masę igieł opadających w ciągu roku w 30-letnich drzewostanach sosnowych

Impact of the forest habitat type on the size and mass of the annual needles fall in 30-year-old Scots pine stands

ABSTRACT

Turski M., Beker C., Jaszczak R., Szymański A. 2020. Wpływ typu siedliskowego lasu na wielkość i masę igieł opadających w ciągu roku w 30-letnich drzewostanach sosnowych. Sylwan 164 (2): 118-126. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2019118>.

The article presents the size and weight of needles in 30-year-old Scots pine stands over one year with regard to the site conditions in which they grow (fresh mixed coniferous and fresh coniferous habitats). Two rectangular 1-hectare sample plots, which differed from one another only with the habitat type, were set up in Maszewo forestry in the Cybinka Forest District (western Poland). The plots were divided into 100 one-acre subplots, which were ascribed numbers from 1 to 100. In order to pick 10 plots a random number generator was used. The middle of the chosen plot became the central point of the 1-acre circular sample plots, where the measurements of all diameters at breast height and the height of every fifth tree were taken. Moreover, it was also the place where a square needle collection container (20 cm high, 1 m² area) was located. The empty containers were placed in both experimental plots on 1st August 2017 and they were emptied on the first day of each month, throughout the entire year. The entire material was dried at the temperature of 65°C with an induced air flow. The needle mass was measured with the accuracy up to 0.001 g. Out of the samples collected each month, 300 needles were chosen at random in order to measure their length (after they were scanned with WinFOLIA program the size of each individual needle was established). Throughout the entire year, on fresh coniferous habitat the mass of the fallen needles was 2.8203 t/ha and it was by over 20% higher than it was determined for the fresh coniferous habitat. The lowest mass of the needle fall in each stand was in January, and the greatest in September on the fresh coniferous habitat, whereas in October on the fresh mixed coniferous habitat. In both of these cases, it was more than a half of the needle mass for the entire year. The average length of the fallen needles was in each month smaller on the fresh coniferous habitat and the differences between the analyzed stands were significant. The difference was the smallest (3.3%) in May, while the greatest (18.8%) in February. Moreover, significant differences in the length of the needles in the particular months in both types of stands were observed. The coefficient of variation for the needles length on the fresh mixed coniferous habitat ranged from 17.4 to 22.8%, whereas on the other habitat it varied between 14.2 and 21.6%. The mean of the coefficients of variation for the particular months was lower by 2.0% and for fresh coniferous habitat it reached 18.25%.

KEY WORDS

needles fall, mass and size, forest habitat

ADDRESSES

Mieczysław Turski ⁽¹⁾ – e-mail: mieczyslaw.turski@up.poznan.pl

Cezary Beker ⁽¹⁾ – e-mail: cezary.beker@up.poznan.pl

Roman Jaszczak ⁽¹⁾ – e-mail: roman.jaszczak@up.poznan.pl

Adam Szymański ⁽²⁾ – e-mail: adamo1818@poczta.onet.pl

⁽¹⁾ Katedra Urządzania Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań

⁽²⁾ Nadleśnictwo Cybinka; ul. Dąbrowskiego 43, 69-108 Cybinka

Wstęp

Aparat asymilacyjny drzew, będący wypadkową ich kondycji i wpływu czynników zewnętrznych, jest dobrym elementem diagnostycznym opisującym drzewa i drzewostany. Od wielu lat istnieje także potrzeba określenia produktywności ekosystemów leśnych, które są formacją roślinną o podstawowym znaczeniu dla obiegu węgla w przyrodzie – las jest jednym z głównych rezerwuarów tego pierwiastka. Powszechnie twierdzi się, że najefektywniejszym sposobem kompensowania emisji CO₂ jest zwiększenie lesistości oraz intensywności gospodarki leśnej. Zatem określenie suchej biomasy, w której od 45 do 50% stanowi węgiel [Birdsey 1992; Alexeyev, Birdsey 1998], jest niezbędne do ustalenia akumulowanej ilości tego pierwiastka. W drugiej połowie XX wieku rozpoczęto badania nad oceną biomasy ekosystemów leśnych na dużą skalę [Pardé 1980; Cannell 1982; Satoo 1982]. Nadziemna biomasa pojedynczych drzew jest bardzo często określana jako funkcja ich różnych cech wymiarowych [Taras, Clark 1975; Clark, Taras 1976; Taras, Philips 1978; Baldwin, Saucier 1983; Hahn 1984; Clark i in. 1985, 1986; Adegbiidi i in. 2002]. W przypadku konieczności określenia biomasy większych kompleksów leśnych ich miąższość przeliczana jest na jednostki wagowe suchej masy, np. przy wykorzystaniu współczynnika przeliczeniowego – względnego ciężaru objętościowego drewna [Rieger i in. 1984; Raimer i in. 1990; Orzeł, Wysocki 2003] lub wskaźnika akumulacji BEF [Lehtonen i in. 2004; Wojtan i in. 2011].

Badania Lemkego [1973, 1975a, b, 1978, 1983] oraz Lemkego i Woźniaka [1992] są uważane za prekursorskie w zakresie określania biomasy aparatu asymilacyjnego w Polsce. Prace dotyczące tego komponentu kontynuowali dla sosny m.in.: Socha i Wężyk [2007], opracowując wzory empiryczne służące do obliczania suchej biomasy igieł, Turski i in. [2008], podając wzory allometryczne pozwalające określić masę i objętość igieł oraz ulistnionych gałązek, Bronisz i in. [2009] porównujący różne sposoby określania suchej i świeżej biomasy aparatu asymilacyjnego, a także Zasada i in. [2008] oraz Bronisz i Zasada [2016], którzy podali wzory empiryczne do określania suchej biomasy nadziemnej części drzew i ich komponentów.

W badaniach dotyczących aparatu asymilacyjnego posługiwano się głównie wielkościami średnimi dla pojedynczych drzew lub drzewostanów. Rzadziej analizowano strukturę ilościową cech igliwia w obrębie koron drzew [Żelawski, Niwiński 1966; Żelawski, Gowin 1967; Woźniak 1976; Lemke 1978, 1979a, b, 1980].

Celem niniejszej pracy jest zbadanie wpływu typu siedliskowego lasu na wielkość i masę igieł opadających w ciągu roku w 30-letnich drzewostanach sosnowych.

Materiał i metody

Materiał badawczy pochodził z terenu Nadleśnictwa Cybinka (RDLP w Zielonej Górze). W leśnictwie Maszewo założono dwie hektarowe prostokątne powierzchnie próbne w drzewostanach sosnowych w wieku 30 lat, różniące się między sobą tylko typem siedliskowym lasu (TSL).

Pierwsza z nich była usytuowana w oddziale 91h (Bśw, uwilgotnienie suche, stan siedliska naturalny, gleby rdzawe bielcowe, piasek luźny, pokrywa mszysta, zagęszczenie umiarkowane duże, zwarcie umiarkowane, wskaźnik zadrzewienia 0,8), a druga w oddziale 177f (BMśw, uwilgotnienie suche, stan siedliska zbliżony do naturalnego, gleby rdzawe bielcowe, piasek luźny, pokrywa mszysta, zagęszczenie umiarkowane duże, zwarcie umiarkowane, wskaźnik zadrzewienia 0,8). Powierzchnie próbné zostały podzielone na 100 arowych poletek i przypisano im numery od 1 do 100. Za pomocą generatora liczb losowych wylosowano 10 numerów powierzchni. Środek wylosowanych powierzchni był jednocześnie punktem centralnym arowych kołowych powierzchni próbnych, na których dokonano pomiaru wszystkich pierśnic i wysokości co piątego drzewa, oraz miejscem, w którym umieszczono kwadratowy pojemnik (chwytnik igliwia) o wysokości 20 cm i powierzchni 1 m². Puste chwytniki wyłożono na obu powierzchniach doświadczalnych 1 sierpnia 2017 roku i każdego pierwszego dnia kolejnego miesiąca, przez cały rok, opróżniano je z opadającego igliwia. Próby umieszczano w opisanych pojemnikach papierowych, a następnie zebrany materiał umieszczono w temperaturze 65°C w suszarkach z wymuszonym obiegiem powietrza. Proces suszenia przebiegał do momentu uzyskania przez próby stałej suchej masy. Igły zważono na wadze z dokładnością do 0,001 g. Z prób zbieranych każdego miesiąca losowo pobierano 300 igieł w celu zmierzenia ich długości (po zeskanowaniu za pomocą programu WinFOLIA ustalono tę wielkość dla każdej igły). Zarówno dla masy igieł opadających w poszczególnych miesiącach, jak i długości igieł obliczono charakterystyki statystyczne. Przeanalizowano także, czy istnieją istotne różnice pomiędzy średnią długością igieł, które opadają w poszczególnych miesiącach w ramach analizowanych drzewostanów, oraz różnice w długości igieł drzewostanu BMśw i Bśw w każdym miesiącu (test Kruskala-Wallisa).

Wyniki

Wybrane charakterystyki drzewostanów, w których przeprowadzono badania, przedstawiono w tabeli 1. Liczba drzew na powierzchni 1 ha w drzewostanie na siedlisku BMśw wynosiła 3320 i była o 890 mniejsza niż na powierzchni zlokalizowanej na siedlisku Bśw. Przeciętna przekrojowa pierśnica na żywniejszym siedlisku (11,4 cm) oraz wysokość drzew (14,8 m) były odpowiednio wyższe (2,3 cm i 3,6 m) od tych, jakie odnotowano na siedlisku słabszym. Także na siedlisku BMśw przekrój pierśnicowy (33,32 m²) i miąższość strzał (250,63 m³) były większe niż na siedlisku Bśw (odpowiednio 9,4 m² oraz 109,27 m³). Masę opadających igieł w kolejnych miesiącach roku prezentuje rycina 1. Łączna ich masa w ciągu całego roku w drzewostanie rosnącym na siedlisku BMśw wyniosła 2,8203 t/ha i była większa o 0,4808 t/ha od odnotowanej w drzewostanie rosnącym na siedlisku Bśw. Pierwsze cztery miesiące roku (styczeń-kwiecień) charakteryzują się najmniejszą masą opadłych igieł (w drzewostanie na siedlisku BMśw było to 0,1859 t/ha, a Bśw 0,1503 t/ha). W maju masa igieł wzrasta i w drzewostanie na siedlisku BMśw stanowi 89%, a na siedlisku Bśw 98% masy czterech miesięcy go poprzedzających. W czerwcu masa igieł w drzewo-

Tabela 1.

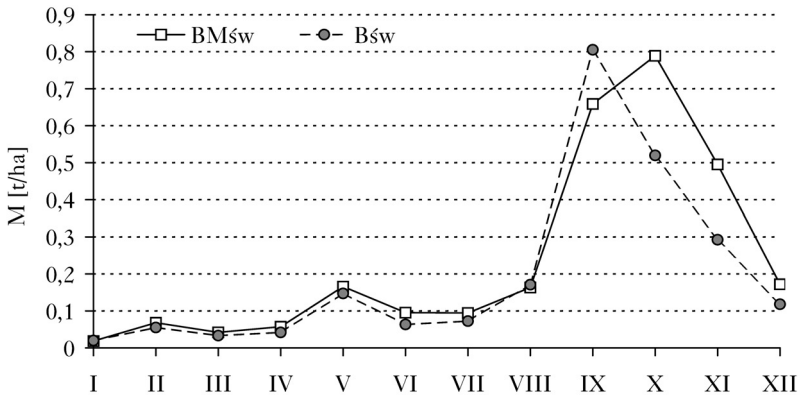
Liczba drzew (N), przeciętna pierśnica przekrojowa (Dg [cm]), wysokość Loreya (HL [m]), pierśnicowe pole przekroju (G [m²/ha]) i miąższość (V [m³/ha]) badanych drzewostanów
Number of trees (N), quadratic mean diameter (Dg [cm]), Lorey height (HL [m]), basal area (G [m²/ha]) and volume (V [m³/ha]) of analysed stands

	N	Dg	HL	G	V
BMśw	3320	11,4	14,8	33,32	250,63
Bśw	4210	9,1	11,2	23,92	141,36

BMśw – fresh mixed coniferous habitat, Bśw – fresh coniferous habitat

stanach obu typów siedliskowych się zmniejsza i w kolejnym miesiącu utrzymuje się na zbliżonym poziomie. Począwszy od lipca masa opadłych igieł zaczyna rosnąć, od sierpnia gwałtownie, by we wrześniu osiągnąć kulminację w drzewostanie na siedlisku Bśw (0,8052 t/ha), a miesiąc później w drzewostanie na siedlisku BMśw (0,7890 t/ha). Po okresie kulminacji następuje gwałtowny spadek masy opadających igieł w obu analizowanych drzewostanach. Jedynie w styczniu, sierpniu i wrześniu masa igieł, które opadły w drzewostanie na siedlisku Bśw, była większa niż w drzewostanie na siedlisku BMśw. Masa igieł, które opadły we wrześniu i październiku, w drzewostanie na siedlisku BMśw jest 1,05 razy większa niż w pozostałych 10 miesiącach, a na siedlisku Bśw 1,36 razy.

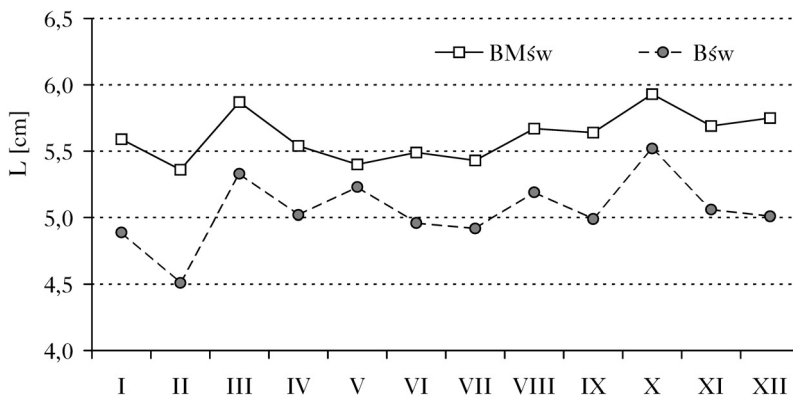
Średnia długość igieł opadających w ciągu roku jest w każdym miesiącu mniejsza w drzewostanie na siedlisku Bśw (ryc. 2). W maju różnica pomiędzy średnią długością igieł w obu drzewostanach była najmniejsza (3,3%), a największa w lutym (18,8%). Średnią długość najkrótszych



Ryc. 1.

Masa igieł (M) opadających w poszczególnych miesiącach roku w 30-letnich drzewostanach sosnowych na siedliskach BMśw i Bśw

Mass of needles (M) falling in individual months during the year in 30-year-old Scots pine stands growing in the BMśw and Bśw habitats



Ryc. 2.

Średnia długość igieł (L) opadających w poszczególnych miesiącach roku w 30-letnich drzewostanach sosnowych rosnących na siedliskach BMśw i Bśw

Average length of needles (L) falling in individual months during the year in 30-year-old Scots pine stands growing in the BMśw and Bśw habitats

igieł w ciągu całego roku zaobserwowano w drzewostanach obu typów siedliskowych lasu w lutym (BMśw – 5,36 cm, Bśw – 4,51 cm), a najdłuższych w październiku (BMśw – 5,93 cm, Bśw – 5,52 cm). Minimalna długość igieł na siedlisku BMśw mieściła się przedziale od 2,37 cm (styczeń) do 3,84 cm (październik), a maksymalna od 8,29 cm (październik) do 9,58 cm (sierpień) (tab. 2). W przypadku Bśw najkrótsze igły odnotowano w zakresie od 2,50 cm (lipiec) do 3,89 cm (marzec) a najdłuższe od 7,13 cm (czerwiec) do 8,42 cm (lipiec). Współczynnik zmienności długości igieł na siedlisku BMśw wahał się od 17,4 do 22,8%, a na siedlisku Bśw od 14,2 do 21,6%. Średnia arytmetyczna współczynników zmienności z poszczególnych miesięcy była mniejsza o 2,0% na siedlisku Bśw niż BMśw i miała wartość 18,25%.

Zbadano istotność różnic pomiędzy średnią długością opadających igieł w poszczególnych miesiącach w drzewostanach obu typów siedliskowych lasu. Ocena normalności rozkładu empirycznego długości igieł testem Shapiro-Wilka wskazuje, że rozkłady są normalne (przyjęto poziom istotności $p=0,05$) jednocześnie w obu drzewostanach jedynie w styczniu, maju i grudniu (tab. 3). Wartości p obliczone testem Browna-Forsythe'a są niższe od przyjętego poziomu istotności, co skutkuje odrzuceniem hipotezy zakładającej jednorodność wariancji w porównywanych próbach. Wyniki testu t z niezależną estymacją wariancji (Welcha) wskazują na istotne różnice pomiędzy średnią długością igieł w tych trzech miesiącach w drzewostanach rosnących na siedlisku BMśw i Bśw. W przypadku pozostałych dziewięciu miesięcy, gdzie nie zostały spełnione założenia wymagane dla testów parametrycznych, użyto do oceny istotności różnic pomiędzy średnią długością igieł na obu siedliskach testu nieparametrycznego U Manna-Whitneya. Przedstawione w tabeli 3 wartości p dla tego testu wynoszą $<0,0001$. Zatem stwierdza się występowanie istotnych różnic pomiędzy średnią długością igieł opadających w każdym miesiącu w ciągu całego roku z drzew rosnących na siedlisku BMśw i Bśw.

Miesiąc, w którym opadały igły, ma istotnie statystyczny wpływ na ich długość zarówno na siedlisku BMśw ($H=77,66776$; $p<0,001$), jak i Bśw ($H=240,4597$; $p<0,001$). W przypadku pierwszego siedliska różnice między długością igieł w miesiącach II-III, II-X, II-XII, III-IV, III-V, III-VI, III-VII, IV-X, V-X, V-XII, VI-X, VII-X i VII-XII okazały się istotne (tab. 4). W przypadku Bśw

Tabela 2.

Najmniejsza (Min) i największa (Max) długość [cm] oraz współczynnik zmienności długości (CV [%]) igieł opadających w poszczególnych miesiącach w roku w 30-letnich drzewostanach sosnowych rosnących na siedliskach BMśw i Bśw

Minimum (Min) and maximum (Max) length [cm] as well as its coefficient of variation (CV [%]) for needles falling in individual months during a year in 30-year-old pine stands growing on the BMśw and Bśw habitats

	BMśw			Bśw		
	Min	Max	CV	Min	Max	CV
I	2,37	9,03	22,8	3,01	7,81	16,9
II	2,74	8,96	19,5	2,73	7,62	21,6
III	3,18	8,50	20,0	3,89	8,26	14,2
IV	2,73	8,53	21,0	2,90	8,33	19,9
V	2,66	8,86	20,0	3,29	7,83	16,1
VI	3,06	8,61	19,9	2,97	7,13	18,4
VII	2,50	8,79	20,1	2,50	8,42	19,7
VIII	2,70	9,58	21,3	3,05	8,09	19,2
IX	3,11	8,29	19,8	2,52	7,83	18,9
X	3,84	8,54	17,4	3,63	8,04	15,7
XI	2,90	8,81	20,9	3,01	7,81	16,9
XII	2,69	8,56	20,5	2,73	7,62	21,6

Tabela 3.

Ocena normalności rozkładu długości igieł (S-W – wartość p w teście Shapiro-Wilka) oraz istotności różnic między średnią długością igieł (B-F, W i M-W – wartość p odpowiednio w teście Browna-Forsythe'a, Welcha i Manna-Whitneya) w poszczególnych miesiącach w drzewostanach na siedliskach BMśw i Bśw

Test of normality of the distribution of needles length (S-W – p-value in Shapiro-Wilk test) and of significance (B-F, W, M-W – p-value in Brown-Forsythe, Welch and Mann-Whitney tests respectively) of the difference in needles length between individual months in stands growing on the BMśw and Bśw habitats

	S-W		B-F	W	M-W
	BMśw	Bśw			
I	0,5027	0,0660	<0,0001	<0,0001	
II	0,0026	<0,0001			<0,0001
III	0,0185	0,0000			<0,0001
IV	0,2040	0,0321			<0,0001
V	0,4597	0,1027	0,0001	0,0320	
VI	0,0025	0,0359			<0,0001
VII	0,0010	0,0009			<0,0001
VIII	0,0739	0,0009			<0,0001
IX	0,0086	0,0052			<0,0001
X	0,0014	0,0006			<0,0001
XI	0,0146	0,0035			<0,0001
XII	0,1831	0,1173	<0,0001	<0,0001	

Tabela 4.

Wielkokrotne porównanie (wartość p) długości igieł opadających w poszczególnych miesiącach w drzewostanie na siedliskach BMśw (prawa górna część) i Bśw (lewa dolna część)

Multiple comparisons (p-value) of length of needles falling in individual months in the stand growing in the BMśw (upper right part) and Bśw (bottom left part) habitats

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	1,000		0,428	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,065	1,000	1,000
II	0,0001	1,000	0,0001	1,000	1,000	1,000	1,000	0,5026	0,564	0,0001	0,231	0,006
III	0,0001	0,0001	1,000	0,0329	0,0001	0,0019	0,0001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
IV	1,000	0,0001	0,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,003	1,000	0,892
V	0,0003	0,0001	1,000	0,2231	1,000	1,000	1,000	0,504	0,566	0,0001	0,232	0,006
VI	1,000	0,0001	0,0001	1,000	0,0328	1,000	1,000	1,000	1,000	0,0001	1,000	0,099
VII	1,000	0,0001	0,0001	1,000	0,0008	1,000	1,000	0,772	0,862	0,0001	0,368	0,0115
VIII	0,031	0,0001	0,865	1,000	1,000	1,000	0,072	1,000	0,297	1,000	1,000	1,000
IX	1,000	0,0001	0,0001	1,000	0,0305	1,000	1,000	1,000	1,000	0,263	1,000	1,000
X	0,0001	0,0001	1,000	0,0001	0,0367	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001	0,6340	1,000
XI	1,000	0,0001	0,003	1,000	0,4193	1,000	1,000	1,000	1,000	0,0001	1,000	1,000
XII	1,000	0,0001	0,001	1,000	0,2192	1,000	1,000	1,000	1,000	0,0001	1,000	1,000

różnic w długości igieł opadających w poszczególnych miesiącach było wyraźnie więcej (32 wobec 13 na siedlisku BMśw). Istotne różnice w długości igieł odnotowano pomiędzy następującymi miesiącami: I-II, I-III, I-V, I-VIII, I-X, II-III, II-IV, II-V, II-VI, II-VII, II-VIII, II-IX, II-X, II-XI, II-XII, III-IV, III-VI, III-VII, III-IX, III-XI, III-XII, IV-X, V-VI, V-VII, V-IX, V-X, VI-X, VII-X, VIII-X, IX-X, X-XI i X-XII (tab. 4).

Dyskusja

Masa igieł, które opadły w ciągu całego roku, w 30-letnim drzewostanie rosnącym na siedlisku BMśw wyniosła 2,8203 t/ha i była o 20% większa od masy igieł, które opadły w drzewostanie o tym samym wieku na siedlisku Bśw. Lemke [1986] stwierdził, że w 26-letnim drzewostanie sosnowym

na siedlisku BMśw na powierzchni 1 ha masa absolutnie suchej ścioly wynosiła 2,720 t, co jest wielkością zbliżoną do masy igieł odnotowanej w drzewostanie analizowanym w niniejszej pracy. Masa opadających igieł w poszczególnych miesiącach charakteryzuje się wyraźną sezonowością. Najmniejsza masa igieł została odnotowana w obu drzewostanach w styczniu, największa na siedlisku Bśw we wrześniu, zaś BMśw w październiku. We wrześniu i październiku opada masa igieł stanowiąca ponad połowę masy opadu całorocznego (na BMśw 51,3%, a na Bśw 56,6%). Jest to potwierdzenie wyników badań nad defoliacją koron sosny zwyczajnej prowadzonych przez Bekera [1994a, b] w lipcu i wrześniu.

Długość igieł jest uzależniona od wielu czynników i w obrębie jednego drzewa może się wahać w szerokich granicach [Pravdin 1964]. Mamaev [1972] podaje, że najdłuższe igły występują w dolnej części korony, a ich długość na pędach żeńskich jest nieco większa niż męskich. Dłuższe igły rosną po stronie południowej. Analiza długości igieł opadających w poszczególnych miesiącach w 30-letnich drzewostanach dowiodła, że ich średnia długość jest większa na siedlisku BMśw niż Bśw. Na obu siedliskach najmniejszą średnią długość igieł stwierdzono w lutym (odpowiednio 5,36 i 4,51 cm), a największą w październiku (5,93 i 5,52 cm). Lemke [1979b], badając strukturę długości igieł w obrębie koron w pięciu drzewostanach na siedlisku Bśw (od 13 do 102 lat), scharakteryzował je przy użyciu średnich arytmetycznych i współczynników zmienności. Badania dotyczyły 1-, 2- i 3-letnich igieł korony pochodzących z losowych prób złożonych z 60 igieł. Wykazano, że długość igieł wykazuje dość dużą rozpiętość, a średnia długość igieł bez względu na wiek igieł mieści się w granicach od 3,8 do 6,6 cm. Nie stwierdzono także zależności pomiędzy średnią długością igieł a wiekiem drzew. Wyniki przedstawione w prezentowanej pracy wskazują, że średnia długość igieł na siedlisku BMśw mieściła się w granicach od 5,36 do 5,93 cm, a na siedlisku Bśw od 4,51 do 5,52 cm. Jednocześnie stwierdzono występowanie istotnych różnic pomiędzy średnią długością igieł opadających w kolejnych miesiącach w ciągu całego roku z drzew, które rosły na obu typach siedliskowych lasu. Współczynniki zmienności długości igieł analizowane w tej pracy na siedlisku BMśw wahały się w granicach od 17,4 do 22,8%, a na siedlisku Bśw od 14,2 do 21,6%. Średnia arytmetyczna współczynników zmienności z poszczególnych miesięcy była mniejsza o 2,0% na siedlisku Bśw niż BMśw i osiągała wartość 18,25%. Z kolei Lemke [1979b] największe zróżnicowanie długości igieł w obrębie korony stwierdził dla rocznych igieł (11-43%), nieco mniejsze dla dwuletnich (11-36%) i najmniejsze trzyletnich (9-30%). Bez względu na wiek igieł autor ten uzyskał współczynnik zmienności od 14 do 36%. Lemke [1980] badał także zmienność długości igieł w okółkach koron sosen różnych klas wieku. Stwierdził, że średnie długości 1-, 2- i 3-letnich igieł są największe w okółkach szczytowych i maleją ku podstawie korony oraz zależą także od wieku igieł. Najmniejszą średnią długością charakteryzują się igły roczne (2,2-5,3 cm), nieco dłuższe są igły 3-letnie (3,7-7,3 cm), a najdłuższe 2-letnie (4,8-7,8 cm). Współczynniki zmienności obliczone dla koron bez względu na wiek igieł mieściły się w przedziale od 17-47%.

Zarówno na siedlisku BMśw, jak i Bśw odnotowano istotne różnice pomiędzy długością igieł opadających w poszczególnych miesiącach. W teście porównań wielokrotnych na siedlisku BMśw stwierdzono 13 istotnych różnic pomiędzy średnią długością igieł zanotowaną pomiędzy dwoma różnymi miesiącami. Na siedlisku Bśw tych różnic było zdecydowanie więcej – aż 32.

Wnioski

- ✦ Masa igieł opadających w ciągu roku w 30-letnim drzewostanie sosnowym na siedlisku BMśw jest większa o 20% od zanotowanej na siedlisku Bśw.
- ✦ Masa igieł opadających w poszczególnych miesiącach roku charakteryzuje się cyklicznością. Najmniejsza występuje w obu drzewostanach w styczniu, a największa na siedlisku Bśw we

wrześniu, zaś BMśw w październiku. W obu tych miesiącach jest to ponad połowa masy całorocznej.

✚ Średnia długość igieł opadających w tych samych miesiącach jest większa na siedlisku BMśw niż Bśw, a różnice te są istotne statystycznie.

✚ Stwierdza się istotne różnice pomiędzy długością igieł w kolejnych miesiącach zarówno w drzewostanie rosnącym na siedlisku BMśw, jak i Bśw.

Literatura

- Adegbidi H. G., Jokela E. J., Comerford N. B., Barros N. F. 2002. Biomass development for intensively managed loblolly pine plantations growing on Spodosols in the southeastern USA. *For. Ecol. and Management* 167: 91-102.
- Alexeyev V. A., Birdsey R. A. 1998. Carbon storage in forests and peatlands of Russia. Gen. Tech. Rep. NE-244. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station.
- Baldwin V. C., Saucier J. R. 1983. Aboveground Weight and Volume of Unthinned, Planted Longleaf Pine on West Gulf Forest Sites. Research Paper SO-191. New Orleans, LA: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Beker C. 1994a. Ocena korony sosny zwyczajnej dla potrzeb określania stanu zdrowotnego drzew. *Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśnych PTPN* 78: 15-19.
- Beker C. 1994b. Lokalna inwentaryzacja stanu zdrowotnego drzewostanów sosnowych w LZD Murowana Goślina. *Sylwan* 138 (12): 79-88.
- Birdsey R. A. 1992. Carbon Storage and Accumulation in United States Forest Ecosystems, USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. WO-59.
- Bronisz K., Bronisz A., Zasada M., Bijak S., Wojtan R., Tomusiak R., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L. 2009. Biomasa aparatu asymilacyjnego w drzewostanach sosnowych zachodniej Polski. *Sylwan* 153 (11): 758-767. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2009033>.
- Bronisz K., Zasada M. 2016. Uproszczone wzory empiryczne do określania suchej biomasy nadziemnej części drzew i ich komponentów dla sosny zwyczajnej. *Sylwan* 160 (4): 277-283. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2015130>.
- Cannell M. G. R. 1982. World Forest Biomass and Primary Production Data. Academic Press. London.
- Clark A. III, Phillips D. R., Frederick D. J. 1985. Weight, Volume and Physical Properties of Major Hardwood Species in the Gulf and Atlantic Coastal Plain. USDA Forest Service. Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, North Carolina. Research Paper SE-250.
- Clark A. III, Phillips D. R., Frederick D. J. 1986. Weight, Volume and Physical Properties of Major Hardwood Species in the Piedmont. USDA Forest Service. Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, North Carolina. Research Paper SE-255.
- Clark A. III, Taras M. A. 1976. Biomass of Shortleaf Pine in a Natural Sawtimber Stand in Northern Mississippi. USDA Forest Service. Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, North Carolina. Research Paper SE-146.
- Hahn J. T. 1984. Tree Volume and Biomass Equations for The Lake States. Research Paper NC-250. St. Paul, MN. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station.
- Lehtonen A., Mäkipää R., Heikkinen J., Sievänen R., Liski J. 2004. Biomass expansion factors (BEF) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. *For. Ecol. Manage.* 188: 211-224.
- Lemke J. 1973. Charakterystyka ilościowa igliwia i ulistnionych gałęzek w młodszych drzewostanach sosnowych. *Fol. For. Pol. Ser. A*. 21: 173-191.
- Lemke J. 1975a. Miąższość gałęzi drzew w drzewostanach sosnowych. *Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśnych PTPN* 40: 29-36.
- Lemke J. 1975b. Szacowanie ciężaru świeżego igliwia sosny zwyczajnej. *Sylwan* 119 (6): 37-44.
- Lemke J. 1978. Charakterystyka ilościowa igliwia i ulistnionych gałęzek w starszych drzewostanach sosnowych. *Fol. For. Pol. A* 23: 53-66.
- Lemke J. 1979a. Struktura aparatu asymilacyjnego w okółkach koron sosen różnych klas wieku. *Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśnych PTPN* 48: 61-68.
- Lemke J. 1979b. Zmienność długości igieł koron drzew w drzewostanach sosnowych różnych klas wieku. *Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśnych PTPN* 48: 69-73.
- Lemke J. 1980. Zmienność długości igieł w okółkach koron sosen różnych klas wieku. *Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśnych PTPN* 50: 41-50.
- Lemke J. 1983. Tabele do szacowania ciężaru igliwia i uiglonych gałęzek sosny zwyczajnej. *Sylwan* 127 (2): 21-30.
- Lemke J. 1986. Wpływ użytkowania ścioly na przyrost drzew w 27-letnim drzewostanie sosnowym. *Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśnych PTPN* 62: 65-69.

- Lemke J., Woźniak A. 1992. Szacowanie masy igieł nasłonecznionej i ocienionej części korony sosny zwyczajnej. Sylwan 136 (2): 25-32.
- Mamaev S. A. 1972. Formy vnutrividovoi izmenchivosti drevesnykh rastenii. Nauka, Moskwa.
- Orzeł S., Wysocki P. 2003. Struktura i przyrost biomasy wybranych drzewostanów sosnowych Nadleśnictwa Kłobuck. Acta Sci. Pol. Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria 2 (2): 61-70.
- Pardé J. 1980. Forest Biomass. Forestry Abstracts 41 (8): 343-362.
- Pravdin L. F. 1964. Sosna obyknovennaja. Izmenchivost vnutrividovaja sistematika i selekcija. Nauka, Moskwa.
- Raimer J., Rutkowska L., Grabczyński S., Orzeł S., Rieger R. 1990. Ocena biomasy i produktywności drzewostanów kompleksu leśnego „Ratanica” na Pogórzu Wielickim. Acta Agr. et Silv., ser. Silv. 29: 89-103.
- Rieger R., Grabczyński S., Orzeł S., Raimer J. 1984. Growing Stock and Increment of Tree Stands. W: Forest Ekosystems in Industrial Regions. Ecological Studies 49. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo. 70-78.
- Satoo T. 1982. Forest biomass. Martnus Nijhoff, Dr W. Junk Publishers. The Hague – Boston – London.
- Socha J., Wężyk P. 2007. Allometric equations for estimating the foliage biomass of Scots pine. Eur. J. Forest Res. 126: 263-270.
- Taras M. A., Clark A. III. 1975. Aboveground biomass of loblolly pine in a natural, uneven-aged sawtimber stand in central Alabama. Tappi 58 (2): 103-105.
- Taras M. A., Phillips D. R. 1978. Aboveground Biomass of Slash Pine in a Natural Sawtimber Stand in Southern Alabama. USDA Forest Service. Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, North Carolina. Research Paper SE 188.
- Turski M., Beker C., Kaźmierczak K., Najgrakowski T. 2008. Allometric equations for estimating the mass and volume of fresh assimilational apparatus of standing scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees. Forest Ecology and Management 255 (7): 2678-2687.
- Wojtan R., Tomusiak R., Zasada M., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L., Bijak S., Bronisz K. 2011. Współczynniki przeliczeniowe suchej biomasy drzew i ich części dla sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.) w zachodniej Polsce. Sylwan 155 (4): 236-243. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2010103>.
- Woźniak A. 1976. Ilość igliwia, ulistnionych gałązek a przyrost drzew w drzewostanach sosnowych na siedlisku boru świeżego. Maszynopis rozprawy doktorskiej. Instytut Org. Gosp. Leśnego AR w Poznaniu.
- Zasada M., Bronisz K., Bijak S., Wojtan R., Tomusiak R., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L. 2008. Wzory empiryczne do określania suchej biomasy nadziemnej części drzew i ich komponentów. Sylwan 152 (3): 27-39. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2006170>.
- Żelawski W., Gowin T. 1967. Badania cech strukturalnych igliwia sosny (*Pinus sylvestris* L.) w nasłonecznionej i ocienionej strefie korony drzewa. Fol. For. Pol. A 13:120-166.
- Żelawski W., Niwiński Z. 1966. Variability of some needs characteristics in Scots pine (*Pinus silvestris* L.) ecotypes, grown in native conditions. Ekol. Pol. A 19: 301-308.