

# Wpływ czynników meteorologicznych na wielkość przyrostów radialnych sosny wejmutki z Płaskowyżu Rybnickiego

Rafał Wojtan, Robert Tomusiak

**Abstrakt.** Sosna wejmutka (*Pinus strobus* L.) jest gatunkiem drzewa rosnącym naturalnie na wschodnim wybrzeżu Ameryki Północnej. W Polsce występuje głównie w parkach, a jej udział w drzewostanach gospodarczych jest marginalny. Celem pracy było określenie układu czynników meteorologicznych wpływających pozytywnie i negatywnie na proces formowania się przyrostów radialnych sosny wejmutki. Materiał badawczy stanowiły wywierty dordzeniowe pobrane w dwóch drzewostanach zlokalizowanych w okolicach Wodzisławia Śląskiego. Materiał ten posłużył do opracowania chronologii rzeczywistych, standardowych i rezydualnych. Następnie uzyskane chronologie rezydualne porównano z danymi meteorologicznymi w postaci wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych. Wyznaczono również lata wskaźnikowe. Stwierdzono negatywną korelację przyrostów radialnych z wartościami temperatury, a pozytywną korelację z sumą opadów w okresie letnim. Stwierdzono również 11 lat wskaźnikowych, z czego tylko trzy miały charakter pozytywny. Większość lat negatywnych zaobserwowano w okresie ostatnich 25 lat.

**Słowa kluczowe:** dendroekologia, Górny Śląsk, *Pinus strobus*, drzewo obcego pochodzenia

**Abstract. Impact of meteorological factors on the radial growth of Weymouth pine growing on the Rybnik Plateau.** The Weymouth pine (*Pinus strobus* L.) is a tree species that naturally grows on the east coast of North America. In Poland, it occurs mainly in parks. Its share in forests species structure is marginal. The aim of the study was to determine the meteorological factors that positively and negatively affect the process of radial growth of the Weymouth pine. The material was collected in two stands located near Wodzisław Śląski (southern Poland). These increment cores were used to develop real, standard and residual chronologies. The obtained residual chronologies were correlated with meteorological data in the form of the mean monthly air temperature and the sum of precipitation. Pointer years were also determined. There was a negative correlation of radial increments with temperature values and a positive correlation with the sum of precipitation in the summer period. We found 11 pointer years, but only 3 of them were positive. Most negative years have been observed during the last 25 years.

**Key words:** dendroecology, Upper Silesia, *Pinus strobus*, alien tree species

## Wstęp

Z uwagi na stosunkowo małą różnorodność dendroflory lasów Europy Centralnej i Północnej w porównaniu do terenów Ameryki Północnej i Azji o podobnych warunkach przyrodniczych w XIX i XX wieku podejmowano próby wprowadzania w parkach, lasach i zadrzewieniach gatunków obcego pochodzenia. Jednym z takich drzew jest pochodząca z Ameryki Północnej sosna wejmutka (*Pinus strobus* L.). W naturze występuje ona w południowo-wschodniej Kanadzie i na wschodnim wybrzeżu Stanów Zjednoczonych sięgając swoim zasięgiem do północnej Georgii i północno-zachodniej Karoliny Południowej. Drzewo to w Europie zaczęto sadzić około połowy XVI wieku. Na terenie Polski wprowadzano je już od początku XIX wieku, a więc jest to gatunek obcego pochodzenia o jednej z najdłuższych historii występowania na terenie naszego kraju (Bellon i in. 1977, Tomanek i Witkowska-Żuk 2008, Seneta i Dola-towski 2009). Początkowo rozprzestrzenianie tego gatunku drzewa na terenie Europy było związane z sadzeniem go w parkach, na co wpływały jego walory dekoracyjne. W późniejszym okresie zaczęto interesować się możliwością wykorzystania wejmutki w produkcji leśnej. W Polsce już pod koniec XIX wieku zwracano uwagę na walory produkcyjne tego gatunku drzewa (Tyniecki 1899).

Obecnie szczególną uwagę zwraca się na negatywny wpływ gatunków obcego pochodzenia na lokalne ekosystemy. Ich oddziaływanie może mieć charakter bezpośredni polegający na konkutowaniu lub eliminowaniu z ekosystemów organizmów lokalnego pochodzenia albo pośredni związany z przekształceniem siedlisk, lub wprowadzaniem organizmów towarzyszących (np. szkodników i patogenów), które mogą znaleźć żywicieli wśród lokalnych organizmów i w ten sposób prowadzić do pogorszenia ich kondycji lub zamierania (Pullin 2004). Problem ten dotyczy również roślinności drzewiastej (Szwagrzyk 2000, Kowalewski 2013). Obecnie sosna wejmutka nie jest sadzona w lasach gospodarczych naszego kraju. Związane jest to m.in. z jej podatnością na rdzę wejmutkowo-porzeczkową. Jest to choroba wywoływana przez grzyba *Cronartium ribicola*, która powoduje uszkodzenia pni oraz gałęzi co w skrajnych przypadkach może prowadzić do śmierci drzew. Choroba ta powoduje znaczące szkody gospodarcze w uprawach porzeczki (Mańka i Mańka 1998).

Istotnym zagadnieniem w kontekście poznania wpływu sosny wejmutki na lokalne ekosystemy leśne jest określenie interakcji między układem warunków środowiskowych a przebiegiem procesu wzrostu tego gatunku drzewa. Z tego powodu w niniejszej pracy przeprowadzono analizę przyrostów radialnych sosny wejmutki i ich korelacji z parametrami pogody w celu określenia takiego ich układu, jaki pozytywnie i negatywnie wpływa proces formowania się słoja rocznego drewna u omawianego gatunku. Dotychczasowe badania z tego zakresu dotyczące drzew obcego pochodzenia nie obejmowały sosny wejmutki (Feliksik i Wilczyński 2004, Bijak i in. 2012, Bijak 2013, Gławenda i Bijak 2015, Tomusiak i in. 2016).

## Materiał i metody

W pracy wykorzystano materiał badawczy w postaci wywiertów dordzeniowych pobranych z pierśnicy drzew. Zostały one pozyskane w lipcu 2017 roku na terenie nadleśnictwa Rybnik w pobliżu miejscowości Syrynka (powiat wodzisławski) w dwóch drzewostanach, w których rosła sosna wejmutka. Osobniki tego gatunku stanowiły domieszkę w drzewostanie sosny zwyczajnej, ale rosły tam w zmieszaniu kępowym. W obu drzewostanach pobrano po 16 wywiertów. Charakterystykę powierzchni badawczych przedstawiono w tabeli 1.

**Tab. 1.** Charakterystyka powierzchni badawczych*Table 1. Characteristics of the sampled stands*

Powierzchnia	Oddział	Wiek	TSL	Gat. pan.
P1	248b	70	LMśw	Dbcz
P2	262b	105	LMśw	So

W celu uwidocznienia układu słoży przyrostu rocznego zebrane próbki zostały oszlifowane, a następnie zeskanowane w rozdzielczości 1200 DPI. Uzyskane tą drogą obrazy posłużyły do pomiaru szerokości przyrostów radialnych drzew. Czynność tą przeprowadzono przy pomocy programu Coorecorder ([www.cybis.se](http://www.cybis.se)). Sprawdzenie poprawności pomiarów oraz ocenę występowania zaburzeń w przebiegu indywidualnych sekwencji przyrostowych przeprowadzono w programie CDendro ([www.cybis.se](http://www.cybis.se)). Po niezbędnych korektach i dodatkowej ocenie zgodności sekwencji przeprowadzonej w programie Cofecha (Holmes 1992) zdecydowano o wykorzystaniu w dalszych pracach danych zebranych z wszystkich próbek. Na tym etapie prac z sekwencji przyrostowych usunięto wartości szerokości słoży z 2017 roku. Wynikało to z faktu, że próbki przyrostowe były pobierane w lipcu, a więc jeszcze w trakcie formowania się słoży przyrostu rocznego.

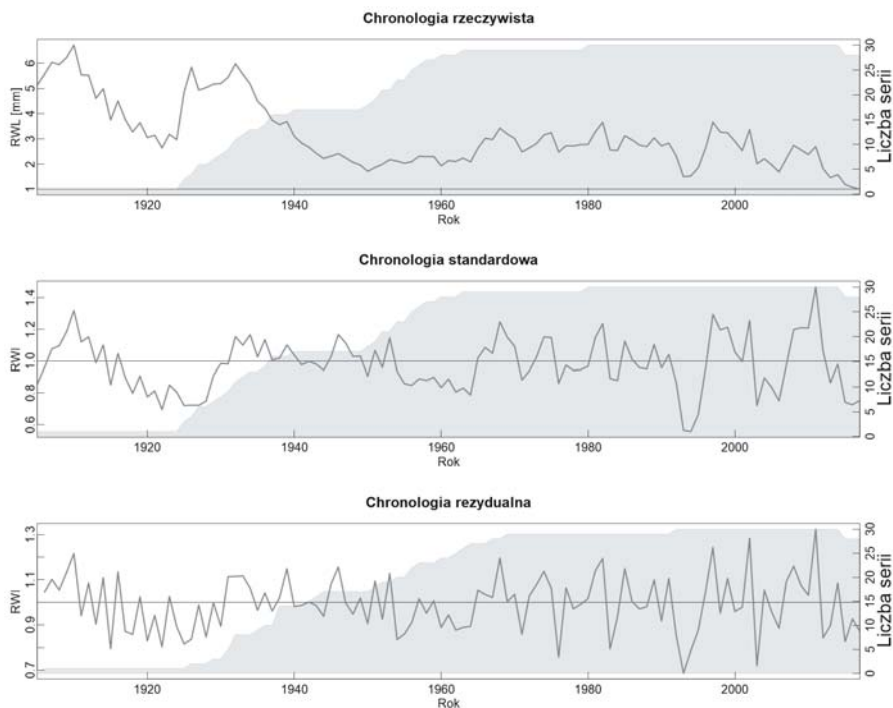
Efektom tych prac były zbiory wydatowanych sekwencji przyrostów radialnych drzew (tab. 2). Dalszą obróbkę danych przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu dplR (Bunn 2008), który stanowi adaptację pakietu DPL (Dendrochronology Program Library) przystosowaną do uruchomienia w środowisku analiz statystycznych R. Użyty tu zestaw programów stanowi standardowo wykorzystywane narzędzie w analizach dendrochronologicznych (Holmes 1994).

**Tab. 2.** Charakterystyka sekwencji przyrostowych z badanych drzewostanów*Table 2. Characteristics of tree-ring sequences from analyzed tree stands*

Powierzchnia	Liczba sekwencji	Długość min.	Długość maks.	Zakres lat	Korelacja serii	Autokorelacja
P1	16	38	78	1940-2017	0,327	0,644
P2	16	81	113	1095-2017	0,413	0,796

Następnym etapem prac było usunięcie trendu wiekowego i autokorelacji z wydatowanych sekwencji przyrostów radialnych. Na tym etapie podjęto decyzję o utworzeniu jednego zbioru danych złożonego z sekwencji przyrostowych z obu powierzchni. Fakt ten wynikał z braku istotnych różnic w przebiegu sekwencji przyrostowych z obu drzewostanów we wspólnym przedziale czasowym. Ponadto obie powierzchnie były zlokalizowane na tyle blisko siebie, że w analizach dendroklimatycznych można było wykorzystywać te same dane meteorologiczne. Zestawienia sekwencji przyrostów radialnych posłużyły do opracowania chronologii średnich, standardowych i rezydualnych (Zielski i Krapić 2004). Zadanie to również wykonano korzystając z pakietu dplR.

Na podstawie indywidualnych sekwencji osobniczych z obu powierzchni określono lata wskaźnikowe, czyli lata, w których większość drzew na stanowisku formowała przyrost roczny węższy (rok negatywny) lub szerszy (rok pozytywny) o co najmniej pół odchylenia standardowego w stosunku do średniej z siedmioletniego okresu. Analizy te przeprowadzono z wykorzystaniem programu WEISER (Gonzalez 2001). Bazuje on na opisywanym przez Croppera



**Ryc. 1.** Przebieg chronologii rzeczywistej, standardowej i rezydualnej. Wysokość szarego wieloboku odpowiada liczbie próbek użytych do budowy chronologii

*Fig. 1. Raw, standard and residual chronologies. Height of the grey polygon corresponds to the number of samples used to chronology construction*

(1979) i Schweingruber i in. (1990) sposobie normalizacji sekwencji w ruchomym oknie czasowym. Udział drzew o zgodnej reakcji przyrostowej, który pozwalał uznać rok za wskaźnikowy, ustalono w toku kolejnych prób na 0,7. Okres, w którym wyróżniano lata wskaźnikowe, obejmuje przedział czasowy zaczynający się od 1940 roku. Dla takiego okresu można było przeprowadzić analizę, wykorzystując przynajmniej 16 drzew.

Ostatnim etapem prac była analiza wpływu układu czynników meteorologicznych w postaci danych o średniej miesięcznej temperaturze i miesięcznych sumach opadów na proces formowania się przyrostów radialnych. Analizy przeprowadzono w programie DendroClim2002 (Biondi i Waikul 2004). Program ten opisuje zależność szerokość słoja od wybranych parametrów pogody kolejnych lat, obliczając wartości współczynnika korelacji oraz funkcji odpowiedzi (response function), która w postaci modelu regresji wieloczynnikowej opisuje relację przyrost – klimat (Fritts 1976). W analizie wykorzystano chronologie rezydualne oraz średnie miesięczne wartości temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych w okresie od czerwca roku poprzedzającego formowanie się słoja do października roku tworzenia przyrostu radialnego. Z uwagi na liczbę serii, które posłużyły do zbudowania chronologii rezydualnej, analiza dotyczyła okresu od 1940 do 2017. Dane meteorologiczne pochodzą z prowadzonej przez Cli-

mate Research Unit i Tyndall Centre bazy danych klimatycznych (Harris i Jones 2017). Obejmują one okres od 1901 do 2016 roku. Informacje te zostały pozyskane ze strony [climexp.knmi.nl](http://climexp.knmi.nl). Wyniki oceny istotności statystycznej prowadzonych analiz prowadzono, przyjmując poziom istotności równy 0,05.

## Wyniki

Średnia szerokość słoja analizowanych drzew wynosiła 3,14 mm, a odchylenie standardowe 1,29 mm. Średnia wrażliwość wynosiła 0,111. Charakterystyka ta jest różnicą szerokości dwóch kolejnych słoików odniesioną do sumy ich wartości. Jest wykorzystywana do opisu czułość drzew na oddziaływanie czynników wpływających na wzrost promieniowy drzewa. Wysoka wartość tego wskaźnika uzyskana dla chronologii rezydualnych wskazuje na możliwość wykorzystania jej w analizach dendroklimatycznych. Stosunkowo wysoką wartość uzyskiwała autokorelacja przyrostów, która w chronologii rzeczywistej osiągała wartość 0,91. W przypadku chronologii rezydualnej autokorelacja została praktycznie usunięta (tab. 3).

Analiza lat wskaźnikowych pozwoliła wyróżnić osiem lat negatywnych oraz jedynie trzy lata pozytywne (tab. 4). Szczególną uwagę zwraca fakt, że większość lat negatywnych wystąpiła po 1990 roku. Ponadto w 1993 i 2003 roku ponad 90% analizowanych drzew wykazało zgodną, negatywną reakcję przyrostową, a więc lata te były szczególnie niekorzystne dla wzrostu sosny wejmutki na analizowanym obszarze.

**Tab. 3.** Charakterystyki chronologii sosny wejmutki

*Table 3. Characteristics of Weymouth pine chronologies*

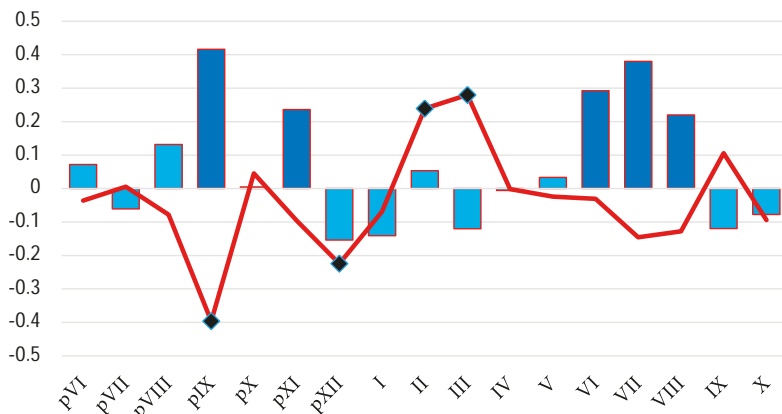
	Długość	Średnia	Mediana	Wrażliwość	Autokorelacja
rzeczywista	113	3.134 mm	2.771 mm	0.119	0.904
standardowa	113	0.978	0.987	0.117	0.622
rezydualna	112	0.992	0.994	0.139	0.041

**Tab. 4.** Lata wskaźnikowe sosny wejmutki

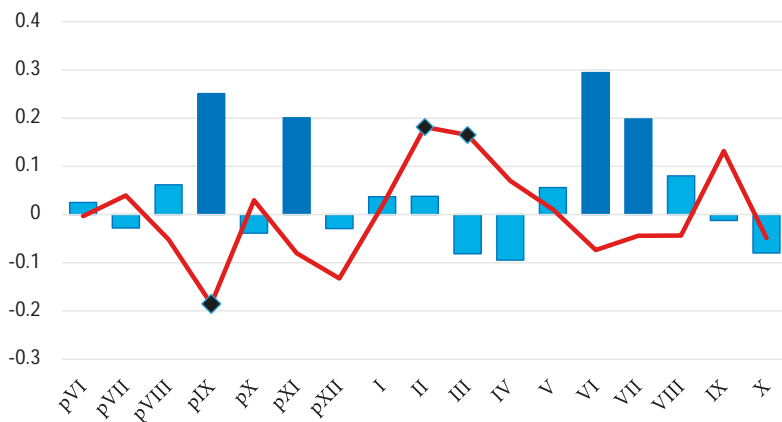
*Table 4. Pointer years of Weymouth pine*

Lata pozytywne	1985, 1996, 1997
Lata negatywne	1954, 1976, 1983, 1992, 1993, 2003, 2013, 2015

Analiza relacji klimat – przyrost wykazała istotny statystycznie wpływ warunków termicznych września i listopada roku poprzedzającego oraz lutego i marca roku formowania się przyrostu (ryc. 2). Dla tego czynnika przeważały korelacje ujemne, czyli przy wyższej temperaturze obserwowano węższe słoje. Istotny statystycznie związek korelacyjny zaobserwowano między sumą opadów dla września i listopada roku poprzedzającego oraz czerwca, lipca i sierpnia roku formowania się przyrostu (ryc. 2). We wszystkich tych miesiącach wartości współczynnika korelacji były dodatnie. Analogiczne choć słabsze relacje zaobserwowano w przypadku analizy funkcji odpowiedzi (ryc. 3).



**Ryc. 2.** Współczynniki korelacji średniej miesięcznej temperatury (czerwona linia) i miesięcznej sumy opadów (niebieskie słupki) z szerokością słoja rocznego sosny wejmutki  
*Fig. 2. Correlation coefficients of the average monthly temperature (red line) and monthly rainfall (blue bars) with the tree-ring width indexes*



**Ryc. 3.** Wartości funkcji odpowiedzi średniej miesięcznej temperatury (czerwona linia) i miesięcznej sumy opadów (niebieskie słupki) z szerokością słoja rocznego sosny wejmutki  
*Fig. 3. Response function values of the average monthly temperature (red line) and monthly rainfall (blue bars) with the tree-ring width indexes*

## Dyskusja

W lasach Polski udział sosny wejmutki jest niewielki, jednak pośród roślin drzewiastych obcego pochodzenia stanowi jeden z częściej występujących gatunków (Gazda 2012). Konsekwencje występowania wejmutki w lasach Polski były rozpatrywane głównie w kontekście

faktu, że jest ona jednym z żywicieli grzyba *Cronartium ribicola* wywołującego rdzę wejmutkowo-poręczkową (Mańka i Mańka 1998). Dotychczas nie prowadzono badań nad jej potencjalną inwazyjnością na terenie Polski.

W pracy przeanalizowano relację między wielkością przyrostów radialnych a warunkami meteorologicznymi obserwowanymi w kolejnych latach życia drzew omawianego gatunku. Wykazano istotny statystycznie dodatni związek między sumą opadów czerwca, lipca i sierpnia a wielkością przyrostu grubości. W przypadku temperatury dla wymienionych miesięcy związek ten wykazywał ujemną korelację ale była on nie istotna statystycznie. Może to świadczyć o związku między deficytem wilgoci (mało opadów przy wysokiej temperaturze) a procesem formowania się słoja przyrostu rocznego.

Uzyskane wyniki sugerują negatywny wpływ temperatur wyższych od przeciętnych z wielecia na przyrost radialny sosny wejmutki. Świadczy o tym również fakt, że negatywne lata wskaźnikowe charakteryzowały się w badanym terenie długimi okresami o temperaturze wyższej od przeciętnej. Analiza lat wskaźnikowych wykazała także przewagę lat negatywnych. Szczególnie często występowały w okresie po 2000 roku. Obserwacja ta w powiązaniu z wynikami analiz dendroklimatycznych i prognozami zmian klimatu pozwala postawić tezę, że lata takie mogą w przyszłości pojawiać się z co najmniej podobną częstotliwością. Mała liczba lat wskaźnikowych obserwowana przed 1990 rokiem może wynikać z zaburzeń w procesie formowania się przyrostów radialnych będących wynikiem zanieczyszczenia powietrza. Podobne obserwacje dla terenów o dużym poziomie zanieczyszczeń przemysłowych uzyskano w przypadku badań prowadzonych w drzewostanach sosny zwyczajnej z Górnego Śląska (Sensuła i in. 2016). Prognozy zmiany klimatu dla obszaru Polski sugerują wzrost przeciętnej temperatury. Daje to podstawę aby w nadchodzących latach spodziewać częstszego występowania warunków negatywnie wpływających na proces formowania się słoju przyrostu rocznego.

Zastanawiające może być to na ile uzyskane wyniki są reprezentatywne dla innych obszarów, ponieważ przeprowadzona analiza dotyczyła okolic Wodzisławia Śląskiego, a więc obszaru silnie zurbanizowanego, na którym na środowisko przyrodnicze oddziałuje przemysł ciężki oraz górnictwo.

## Wnioski

- Analiza relacji przyrost-klimat wykazała, że znaczący wpływ na formowanie się przyrostu rocznego mają warunki termiczne września roku poprzedniego oraz temperatura lutego i marca w roku formowania się słoja.
- Istotny wpływ na formowanie się przyrostów radialnych mają warunki pluwialne w okresie od czerwca do sierpnia lata w roku, w którym powstał słoje.
- Uzyskane wyniki w odniesieniu do prognozowanych zmian klimatu sugerują, że w przyszłości częściej mogą pojawiać się przyrosty radialne mniejszej szerokości. Może to negatywnie wpłynąć na kondycję sosny wejmutki na analizowanym obszarze.

## Podziękowania

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

## Literatura

- Bellon S., Tumiłowicz J., Król S. 1977. Obce gatunki drzew w gospodarstwie leśnym. PWRiL, Warszawa.
- Bijak Sz. 2013. Powiązanie przyrostu radialnego obcych i rodzimych gatunków drzew w LZD Rogów z wybranymi parametrami korony. Sylwan 157 (4): 278-287.
- Bijak Sz., Bronisz A., Bronisz K. 2012. Wpływ czynników klimatycznych na przyrost radialny dębu szypułkowego i czerwonego w LZD. Studia i Materiały CEPL 30 (1): 121-128.
- Biondi F., Waikul K. 2004. DendroClim2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. Computers and Geosciences 30: 303-311.
- Cropper J. P. 1979. Tree-ring skeleton plotting by computer. Tree-ring Bulletin 39: 47-59.
- Feliksik E., Wilczyński S. 2004. Klimatyczne uwarunkowania przyrostu radialnego daglezi zielonej (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) rosnącej na obszarze Polski. Sylwan 148 (12): 31-38.
- Fritts H. C. 1976. Tree rings and climate. Academic Press, London–New York–San Francisco.
- Gazda A. 2012. Stan badań nad obcymi gatunkami drzew w polskich lasach. Studia i Materiały CEPL, Rogów, 33 (4): 44-52.
- Gławenda M., Bijak Sz. 2015. Sygnał klimatyczny w przyrostach rocznych żywotnika olbrzymiego (*Thuja plicata*) z dwóch stanowisk w Polsce. Zarządzanie ochroną przyrody w lasach 8: 95-102.
- Gonzalez I. G. 2001. Weiser: a computer program to identify event and pointer years in dendrochronological series. Dendrochronologia 19 (2): 239-244.
- Harris I. C., Jones P. D. 2017. CRU TS4.01: Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) version 4.01 of high-resolution gridded data of month-by-month variation in climate (Jan. 1901- Dec. 2016). Centre for Environmental Data Analysis, 04 December 2017. doi:10.5285/58a8802721c94c66ae45c3baa4d814d0.
- Holmes R. L. 1994. Dendrochronology Program Library, Instruction and Program Manual. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, USA.
- Jaworski A. 1994. Wymagania siedliskowa ważniejszych gatunków drzew leśnych oraz zasady ich odnawiania. AR Im. H. Kołłątaja w Krakowie.
- Kowalewski M. 2013. Wpływ obcych gatunków drzew na ekosystemy leśne. Postępy techniki w leśnictwie 121: 30-35.
- Mańka K., Mańka M. 1998. Choroby drzew i krzewów leśnych. Wyd. II. Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”, Warszawa.
- Mitchell T. D., Jones P. 2005. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. Int. J. of Climatology 25: 693-712.
- Pullin A. S. 2004. Biologiczne podstawy ochrony przyrody. PWN, Warszawa.
- Schweingruber F. H., Eckstein D., Serre-Bachet F., Bräker O. U. 1990. Identification, Presentation and Interpretation of Event Years and Pointer Years in Dendrochronology
- Seneta W., Dolatowski J. 2008. Dendrologia. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- Sensuła B., Wilczyński S., Piotrowska N. 2016. Zastosowanie metod dendrochronologicznych oraz spektrometrycznych w monitorowaniu drzewostanów sosnowych na obszarach przemysłowych. Sylwan 160 (9):730-740.
- Szwagrzyk J. 2000. Potencjalne korzyści i zagrożenia związane z wprowadzaniem do lasów obcych gatunków drzew. Sylwan 146 (2).
- Tomanek J., Witkowska-Żuk L. 2008. Botanika leśna. PWRiL, Warszawa.
- Tomusiak R., Wojtan R., Arasim W. 2016. Porównanie przyrostów radialnych dębu czerwonego i szypułkowego rosnących w bliskim sąsiedztwie. SiM CEPL, Rogów, 48 (3): 80-89.
- Tyniecki W. 1899. Kilka słów na korzyść sosny amerykańskiej. Sylwan 17: 102-109.
- Zielski A., Krapiec M. 2004. Dendrochronologia. PWN, Warszawa.

**Rafał Wojtan\*, Robert Tomusiak**

SGGW w Warszawie,

Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produktowności Lasu,

\*rafal.wojtan@wl.sggw.pl