

MARIUSZ GŁAWENDA, MARCIN KOPROWSKI

## Dendrochronologiczna analiza przyrostów radialnych choiny zachodniej (*Tsuga heterophylla* Sarg.) z Pomorza Zachodniego (Nadleśnictwo Dobrzany)

Dendrochronological analysis of radial growth of western hemlock (*Tsuga heterophylla* Sarg.) from Western Pomerania (Dobrzany Forest District)

### ABSTRACT

Gławenda M., Koprowski M. 2012. Dendrochronologiczna analiza przyrostów radialnych choiny zachodniej (*Tsuga heterophylla* Sarg.) z Pomorza Zachodniego (Nadleśnictwo Dobrzany). Sylwan 156 (4): 287-293.

Western hemlock (*Tsuga heterophylla* Sarg.) is an exotic species rarely encountered in Poland. The study site was located in the territory of the Dobrzany Forest District, in the oldest stands of this species in Poland. The research material comprised 20 wood samples from 10 trees aged 78 years. The chronology was built covering the period between 1942 and 2009. Indicator years were determined and dendroclimatic analysis was performed. Thermal conditions in January and February and the amount of precipitation in July and February influenced the tree-rings width. Missing rings were detected in 30% of wood samples in 1982.

### KEY WORDS

dendroclimatology, *Tsuga heterophylla*, Poland

### ADDRESSES

Mariusz Gławenda <sup>(1)</sup> – e-mail: mg\_77@op.pl

Marcin Koprowski <sup>(2)</sup> – e-mail: koper@umk.pl

<sup>(1)</sup> Technikum Leśne w Zespole Szkół Ponadgimnazjalnych im. Włodzimierza Puchalskiego w Męckiej Woli; Męcka Wola 48; 98-200 Sieradz

<sup>(2)</sup> Pracownia Dendrochronologiczna; Uniwersytet Mikołaja Kopernika; ul. Gagarina 9; 87-100 Toruń

## Wstęp

Choina zachodnia (*Tsuga heterophylla* Sarg.) jest jednym z najważniejszych gatunków lasotwórczych w zachodniej części USA i Kanady. Rośnie szybko i osiąga największe rozmiary spośród wszystkich choin. Dorasta do 77 metrów wysokości. Zasobność drzewostanów w wieku 100 lat wynosi nawet 1770 m<sup>3</sup>/ha [Tumiłowicz 1977]. Introdukcję choiny zachodniej w Europie rozpoczęto dopiero pod koniec XIX wieku. W Polsce jest to gatunek bardzo rzadko spotykany, nawet w parkach i ogrodach botanicznych. Jedyne leśne powierzchnie doświadczalne znajdują się w Nadleśnictwie Dobrzany i w Arboretum w Rogowie. Powierzchnie w Rogowie są młode, założono je na przełomie lat 50. i 60. XX wieku [Tumiłowicz, Michalak 1975]. Najstarszy drzewostan w Polsce (posadzony w latach 30. XX wieku) znajduje się w Nadleśnictwie Dobrzany. Z uwagi na wiek kwalifikował się on do badań dendroklimatologicznych.

Celem pracy było uzyskanie informacji o wzorze przyrostowym choiny zachodniej ze stanowiska na Pomorzu Zachodnim, w kontekście dostosowania się tego gatunku do warunków klimatycznych środkowej Europy.

## Material i metody

Nadleśnictwo Dobrzany położone jest w krainie bałtyckiej według regionalizacji przyrodniczo-leśnej Trampiera i in. [1990]. Teren nadleśnictwa cechuje się morskim (łagodnym i wilgotnym) klimatem. Cechą charakterystyczną jest opóźniona i ciepła zima, małe roczne amplitudy temperatury oraz duże roczne sumy opadów (<http://www.szczecin.lasy.gov.pl/web/dobrzany>). Takie cechy klimatu powinny odpowiadać wymaganiom choiny zachodniej, która jest gatunkiem źle znoszącym mroźne zimy i wymagającym dużej ilości opadów oraz dużej wilgotności powietrza [Tumiłowicz 1977].

Stanowisko badawcze zlokalizowane jest w pododdziale 588d (53°20'50" N; 15°28'32" E). Badane drzewa rosną na siedlisku lasu świeżego, w postaci kępy o powierzchni 0,45 ha, składającej się z żywotnika olbrzymiego, choiny zachodniej i daglezi. Kondycję zdrowotną choin rosnących na tej powierzchni należy ocenić jako bardzo dobrą.

Material badawczy pochodził z 10 choin. Z każdego drzewa za pomocą świdra Presslera pobrano z wysokości pierśnicy po 2 próby (od strony wschodniej i zachodniej). Do badań wybrano egzemplarze bez zewnętrznych oznak chorobowych i uszkodzeń, zgodnie ze strategią EKO [Zielski, Krąpiec 2004]. Wiek drzew w momencie zbioru materialu w roku 2010 wynosił według opisu taksacyjnego 78 lat.

Pozyskane próby zostały standardowo spreparowane i zeskanowane w rozdzielczości 1200 dpi. Następnie za pomocą programu CooRecorder ([www.cybis.se](http://www.cybis.se)) zmierzono szerokość przyrostów rocznych z zaokrągleniem do 0,01 mm. W celu wytypowania takich sekwencji osobniczych, które posłużyłyby do złożenia chronologii stanowiska, wykorzystano program CDendro ([www.cybis.se](http://www.cybis.se)). Podobieństwo pomiędzy poszczególnymi próbami zostało wyznaczone na podstawie wartości współczynnika korelacji, wartości *t* oraz współczynnika GL. Test *t* określa stopień podobieństwa między poszczególnymi próbami [Baillie, Pilcher 1973]. Próby, które najbardziej odbiegały od pozostałych, wykluczono z dalszej analizy. Do złożenia chronologii wyselekcjonowano 14 prób. Kolejnym etapem budowania chronologii było testowanie wytypowanych sekwencji osobniczych. Wykorzystano do tego program COFECHA [Grissino-Mayer 2001], który analizuje każdą serię w stosunku do utworzonej chronologii wzorcowej i porównuje wartości współczynników korelacji. Program ten wykorzystano również do wyznaczenia lat wskaźnikowych. W części 3 wydruku z programu COFECHA znajduje się chronologia w wersji rezydualnej, której wartość średnia wynosi zero, a średnie standardowe odchylenie wynosi 1. Wartości ujemne odpowiadają przyrostom wąskim, zaś dodatnie – szerokim. Ponieważ wartości poniżej -2,0 i powyżej 2,0 wskazują na znaczne, wynoszące podwójną wartość odchylenia standardowego, odchylenie szerokości danego słoja od średniej, zatem wartości te pojawiają się rzadko i wskazują na wyjątkowo wąskie, jak i wyjątkowo szerokie słoje (tzw. marker rings) [Grissino-Mayer 2001].

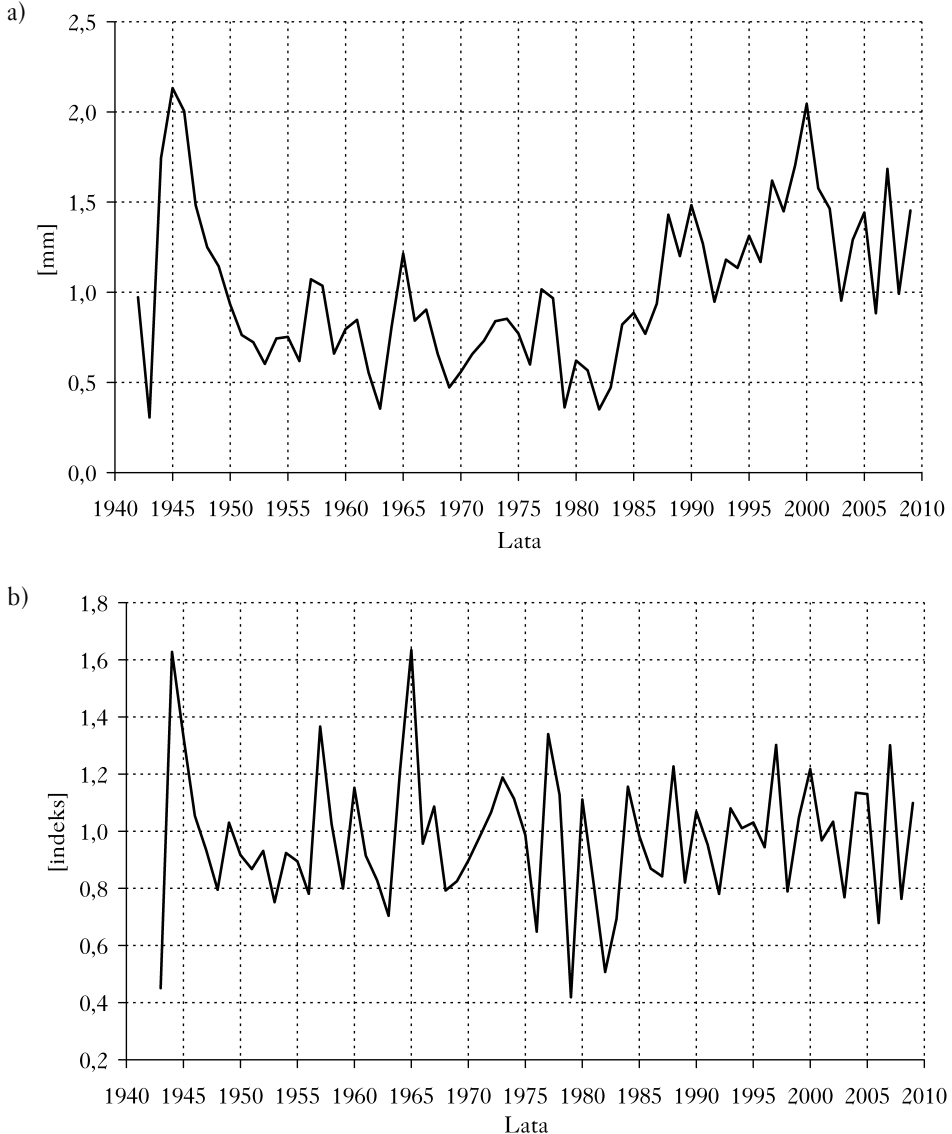
Do dalszych badań zastosowano dwa rodzaje chronologii stanowiska. Chronologię rzeczywistą złożono z uśrednionych wartości szerokości przyrostów rocznych. Chronologię rezydualną otrzymano po zastosowaniu pakietu dp1R ze środowiska R [Bunn 2008]. Detrendyzację i indeksację przeprowadzono według standardowych procedur [Cook i in. 1990].

Istotną informację w badaniach dendroklimatologicznych niesie tzw. „wyrażony sygnał populacji” (ang. expressed population signal, EPS). Wartość EPS większa niż 0,85 wskazuje na jednorodny sygnał reprezentowany przez poszczególne próby [McCarroll, Loader 2004]. W celu wyznaczenia parametrów klimatycznych, które wpływają na kształtowanie przyrostów rocznych, zastosowano program DENDROCLIM 2002 [Biondi, Waikul 2004]. Do badań użyto chrono-

logii rezydualnej. Dane klimatyczne pochodziły ze stacji IMGW w Szczecinie. Wykorzystano miesięczne sumy opadów i średnie miesięczne wartości temperatury z lat 1951-2009.

## Wyniki

Złożono chronologię stanowiska, która obejmuje okres od 1942 do 2009 roku. Chronologię rzeczywistą cechuje bardzo duże zróżnicowanie szerokości przyrostów rocznych oraz brak trendu wiekowego (ryc. 1a). Wartość EPS dla uzyskanej sekwencji wynosi 0,883, co pozwala wykorzy-



Ryc. 1.

Rzeczywista (a) i rezydualna (b) chronologia przyrostów rocznych choiny zachodniej z Nadleśnictwa Dobrzany

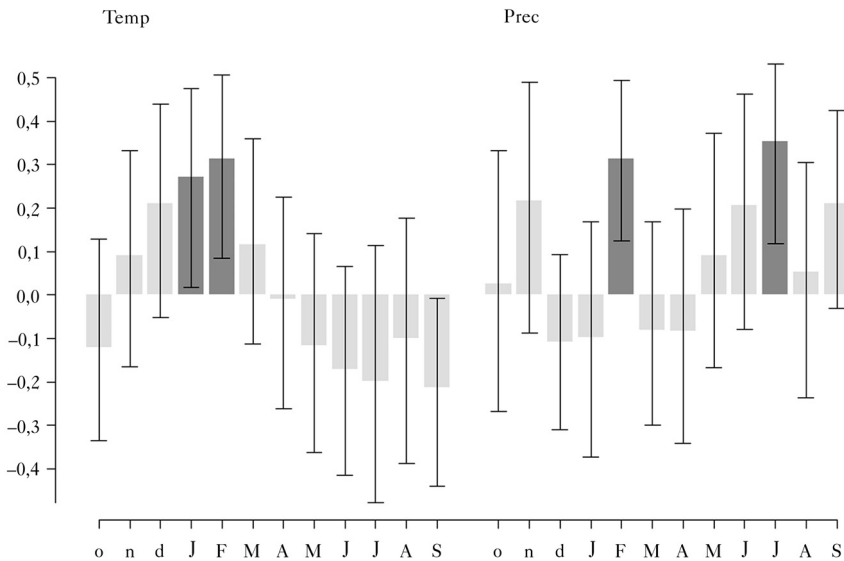
Raw (a) and residual (b) chronologies of western hemlock from the Dobrzany Forest District

stać ją do badań dendroklimatologicznych. Wartość ta wskazuje również na to, że liczba prób wykorzystana w budowaniu chronologii jest reprezentatywna dla drzew rosnących na wytypowanym stanowisku. Widoczna jest też wręcz odwrotność, normalnej dla drzew, tendencji do odkładania coraz węższych słoików wraz z wiekiem. W ostatnich 20 latach badane choiny przyrastają intensywniej (prawdopodobnie na skutek rozluźnienia drzewostanu). Średnia szerokość przyrostu rocznego wynosi 1,013 mm. Na 6 próbach zidentyfikowano lata, w których nie wytworzył się przyrost roczny. We wszystkich przypadkach brakowało przyrostu w roku 1982. Poza tym stwierdzono jeden przypadek braku przyrostu w 1983 i jeden przypadek braku przyrostu w 1976. Próby z brakującymi przyrostami zostały odrzucone podczas składania chronologii. Brakujące przyrosty w 1982 roku pojawiły się na obu próbach z drzew nr 4 i 6 i na pojedynczych próbach z drzew nr 1 i 2.

Stwierdzono istotny statystycznie wpływ temperatury stycznia i lutego oraz ilości opadów w lipcu i lutym na szerokość słoików rocznych drewna choiny zachodniej (ryc. 2). W okresie od 1942 do 2009 roku wyznaczono 7 lat wskaźnikowych (tab.). Negatywne lata wskaźnikowe występują w korelacji z mroźnymi zimami oraz małymi sumami rocznych opadów. Znaczenie indykacyjne ma również obserwowany brak przyrostów na wybranych próbach latach 1976, 1982 i 1983.

## Dyskusja

Najlepiej poznanym introdukowanym gatunkiem z Ameryki Północnej jest daglezwia zielona. Występuje ona prawie w całej Polsce [Feliksik, Wilczyński 2004]. Naturalne zasięgi daglezwii zielonej i choiny zachodniej pokrywają się i gatunki te często wspólnie tworzą drzewostany [Tumiłowicz 1977]. W związku z tym oraz brakiem analiz dla choiny rosnącej w Polsce wyniki



Ryc. 2.

Zależność szerokości przyrostów rocznych choiny zachodniej od temperatury (Temp) i opadów (Prec)  
Dependence of annual growth ring widths on temperature (Temp) and precipitation (Prec)

o – październik; n – listopad; d – grudzień; J – styczeń; F – luty; M – marzec; itd.; kolor ciemnoszary wskazuje zależność istotną statystycznie

o – October; n – November; d – December; J – January; F – February; M – March; etc.; dark grey indicates statistically significant relation

**Tabela.**

Charakterystyka lat wskaźnikowych choiny zachodniej z Nadleśnictwa Dobrzany  
 Characteristics of pointer years of western hemlock from the Dobrzany Forest District

Rok wskaźnikowy	Warunki termiczne i pluwalne
1945 – pozytywny	ciepła zima i wilgotne lato
1963 – negatywny	bardzo ostra zima i suche lato (suma rocznych opadów w Szczecinie wyniosła 388,4 mm)
1965 – pozytywny	duża ilość opadów w maju i w lipcu
1979 – negatywny	ostra zima, chłodny lipiec
1982 – negatywny	chłodna zima, wyjątkowo mała suma rocznych opadów (349,8 mm w Szczecinie); gwałtowny spadek temperatury w nocy z 6 na 7 stycznia
1983 – negatywny	bardzo suchy czerwiec i lipiec, możliwe osłabienie kondycji drzew z powodu wyjątkowo trudnego roku 1982
2006 – negatywny	bardzo mroźny styczeń

naszych badań dyskutowane są z uzyskanymi przez Cedro [2004] i pochodzącymi z badań nad wybranymi gatunkami choin z ich naturalnego zasięgu [Gedalof, Smith 2001, Hart i in. 2010; Larocque, Smith 2005; Peterson, Peterson 2001; Woodward i in. 1994].

Średnia szerokość przyrostu rocznego badanych choin jest trzykrotnie mniejsza w porównaniu do daglezi zielonej z Pomorza Zachodniego [Cedro 2004]. Biorąc pod uwagę wysoką żyzność siedliska (Lśw) i stosunkowo młody wiek badanych choin, stwierdzić należy powolny wzrost tego gatunku w warunkach klimatycznych Polski północno-zachodniej. Poza klimatem wpływ na odkładanie tak wąskich słoików może mieć wysoka cienizność choiny zachodniej, co pozwala na utrzymywanie silnego zwarcia drzewostanów znacznie dłużej niż w daglezi. Duże znaczenie dla osiągnięcia dobrych efektów introdukcji choiny ma dobór odpowiedniego pochodzenia nasion [Tumiłowicz 1977]. Powolny wzrost badanego drzewostanu może być również spowodowany nie najlepiej dobranym materiałem sadzeniowym.

Brak przyrostu na całym przekroju pnia bądź jego fragmencie jest również źródłem informacji o reakcji drzewa na negatywne czynniki środowiskowe [Schweingruber 1996]. Rok 1982 został opisany jako wskaźnikowy dla daglezi zielonej z Pomorza Zachodniego. Charakteryzował się on chłodną zimą i najmniejszym opadem rocznym w okresie ostatnich 50 lat. Szczególnie suchy był kwiecień, lipiec i sierpień [Cedro 2004]. Suma roczna opadów w Szczecinie wyniosła zaledwie 349,8 mm. Powodem braku przyrostu u części drzew mógł być również bardzo gwałtowny spadek temperatury w ciągu doby, który miał miejsce w Polsce w nocy z 6 na 7 stycznia 1982. We Włocławku zanotowano wówczas rekordowy w skali stulecia spadek temperatury w ciągu doby o 28°C (z +8°C na -20°C) (<http://www.klimat.geo.uj.edu.pl/tematyczne/rekordyklimatyczne/polska.htm>). Choina zachodnia jest wrażliwa na wahania temperatury powietrza w czasie zimy, które powodują osypywanie się części igieł [Tumiłowicz 1977].

Pozytywny wpływ cieplej zimy i dużej ilości opadów w lipcu na szerokość przyrostu rocznego potwierdza informacje z literatury na temat wymagań klimatycznych choiny zachodniej jako gatunku w naszych warunkach nie w pełni mrozoodpornego i wrażliwego na suszę [Tumiłowicz 1977]. Pozytywny wpływ dużej ilości opadów w lutym należy wiązać z wysoką temperaturą, która zimą występuje w powiązaniu z dużym zachmurzeniem. Choina górską rosnącą wzdłuż wybrzeża Pacyfiku w Ameryce Północnej reaguje głównie na temperaturę sezonu letniego zarówno w roku poprzedzającym przyrost, jak i w roku bieżącym [Gedalof, Smith 2001]. Natomiast przyrosty choin rosnących na obszarze, gdzie stykają się ze sobą klimat kontynentalny i oceaniczny, były skorelowane z temperaturą lipca roku poprzedniego, stycznia i lipca roku

bieżącego [Larocque, Smith 2005]. Opady wzdłuż wybrzeża Pacyfiku odgrywają mniejszą rolę, co jest związane z wpływem klimatu oceanicznego i roczną sumą opadów wynoszącą 1677 mm, a mniejszym udziałem klimatu kontynentalnego, gdzie roczne sumy opadów na badanym obszarze wahają się od 400 do 450 mm [Larocque, Smith 2005]. Na innych dwóch stanowiskach w Górach Kaskadowych w Stanach Zjednoczonych, gdzie badano wpływ klimatu na choinę górską rosnącą na wysokości 1448 i 1615 metrów n.p.m., u drzew z niższej wysokości zaobserwowano pozytywny wpływ temperatury stycznia i opadów w lipcu [Woodward i in. 1994]. Znaczenie pogody w tych miesiącach było również obserwowane na stanowisku w Nadleśnictwie Dobrzany. Choina kanadyjska rosnąca w południowo-wschodniej części Stanów Zjednoczonych odkładała szerokie warstwy drewna w latach, w których obserwowano wyższą sumą opadów w październiku roku poprzedzającym przyrost i w lutym roku formowania się słoja. Obserwowano również statystycznie istotną, ujemną zależność między temperaturą sierpnia w roku poprzednim a szerokością przyrostów rocznych [Hart i in. 2010]. Na podstawie badań prowadzonych przez Petersona i Petersona [2001] w górach Kaskadowych i Olimpijskich, stwierdzono największe podobieństwo badanego stanowiska choiny zachodniej ze stanowiskami z południowej części gór Zachodniego Wybrzeża Stanów Zjednoczonych, szczególnie jeśli chodzi o reakcję na opady w lipcu.

Negatywne lata wskaźnikowe występują w korelacji z mroźnymi zimami oraz małymi sumami rocznych opadów. Większość z nich wyznaczona została również dla daglezi z Pomorza Zachodniego, natomiast pozytywny rok wskaźnikowy 1945 wyznaczony został dla sosny z tego regionu [Cedro 2004]. Występowanie ekstremalnie wąskich i szerokich przyrostów rocznych potwierdza wyniki badań relacji przyrost drewna/klimat wykonane metodą response function.

## Wnioski

- ✦ Wzór przyrostowy choiny zachodniej z Nadleśnictwa Dobrzany cechuje duże zróżnicowanie szerokości słoików rocznych oraz brak trendu wiekowego. Średnia szerokość przyrostu rocznego jest mała (1,013 mm), co jest związane z cieniznością tego gatunku, która pozwala na utrzymanie dużego zwarcia przez długi czas.
- ✦ W przypadku 30% prób stwierdzono brak przyrostu w roku 1982, co mogło być spowodowane rekordowym w skali stulecia spadkiem temperatury w ciągu doby z 6 na 7 stycznia tego roku.
- ✦ Na szerokość przyrostów rocznych drewna choiny zachodniej z Nadleśnictwa Dobrzany wpływ mają warunki termiczne stycznia i lutego oraz ilość opadów w lipcu i lutym. W porównaniu z innymi gatunkami choin rosnących w obrębie naturalnego zasięgu, cechą wspólną jest wpływ opadów lipca na szerokość słoja w danym roku kalendarzowym.

## Literatura

- Baillie M. G. L., Pilcher J. R. 1973. A simple crossdating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin* 33: 7-14.
- Biondi F., Waikul K. 2004. DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences* 30: 303-311.
- Bunn A. G. 2008. A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia* 26: 115-124.
- Cedro A. 2004. Zmiany klimatyczne na Pomorzu Zachodnim w świetle analizy sekwencji przyrostów rocznych sosny zwyczajnej, daglezi zielonej i rodzimych gatunków dębów. Uniwersytet Szczeciński, Oficyna IN PLUS.
- Cook E. R., Briffa K., Shiyatov S., Mazepa A., Jones P. D. 1990. Data analysis. W: Cook E. R., Kairiukstis L. A. [red.]. *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. Boston: International Institute for Applied Systems Analysis, Kluwer Academic Publishers. 97-162.
- Feliksik E., Wilczyński S. 2004. Lokalne wzorce przyrostowe daglezi zielonej (*Pseudotsuga menziesii* Franco) w Polsce. *Sylwan* 148 (12): 3-13.
- Gedalof Z., Smith D. J. 2001. Dendroclimatic response of mountain hemlock (*Tsuga mertensiana*) in Pacific North America. *Canadian Journal of Forest Research*. 31: 322-332.

- Grissino-Mayer H. D. 2001. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research* 57 (2): 205-221.
- Hart J. L., van de Gevel S. L., Sakulich J., Grissino-Mayer H. D. 2010. Influence of climate and disturbance on the growth of *Tsuga canadensis* at its southern limit in eastern North America. *Trees – Structure and Function* 24: 621-633.
- Larocque S. J., Smith D. J. 2005. A dendroclimatological reconstruction of climate since AD 1700 in the Mt. Waddington area, British Columbia Coast Mountains, Canada. *Dendrochronologia* 22: 93-106.
- McCarroll D., Loader N. J. 2004. Stable isotopes in tree rings. *Quaternary Science Reviews* 23: 771-801.
- Peterson D. W., Peterson D. L. 2001. Mountain hemlock growth responds to climatic variability at annual and decadal time scales. *Ecology* 12: 3330-3345.
- Schweingruber F. H. 1996. *Tree Rings and Environment. Dendroecology*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienne, Haupt.
- Trampler T., Kieczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa.
- Tumiłowicz J. 1977. Choina zachodnia *Tsuga heterophylla* Sarg. W: Bellon S., Tumiłowicz, J., Król S. [red.]. *Obce gatunki drzew w gospodarstwie leśnym*. PWRiL, Warszawa.
- Tumiłowicz J., Michalak K. 1975. Ocena dotychczasowych wyników uprawy *Tsuga heterophylla* Sarg. w Polsce. *Sylvan* 119 (7): 49-60.
- Woodward A., Silsbee D. G., Schreiner E. G., Means J. E. 1994. Influence of climate on radial growth and cone production in sub-alpine fir (*Abies lasiocarpa*) and mountain hemlock (*Tsuga mertensiana*). *Canadian Journal of Forest Research* 24: 1133-1143.
- Zielski A., Krąpiec M. 2004. *Dendrochronologia*. PWN, Warszawa.

## SUMMARY

### Dendrochronological analysis of radial growth of western hemlock (*Tsuga heterophylla* Sarg.) from Western Pomerania (Dobrzany Forest District)

Western hemlock (*Tsuga heterophylla* Sarg.) is one of the most important forest-forming species in the western regions of the USA and Canada. In Poland, this species occurs very rarely, even in parks and botanical gardens. The oldest stand of western hemlock in Poland is located in the territory of the Dobrzany Forest District. The stand was qualified for dendroclimatological studies because of its age.

The research material comprised 20 wood samples from 10 trees aged 78 years. The obtained growth pattern was characterised by a high variation in the width of tree rings and the lack of age trend. The mean tree-ring width is 1.013 mm. Missing rings were detected in 30% of samples in 1982. Thermal conditions in January and February and the amount of precipitation in July and February influenced formation of annual rings. Negative pointer years were determined in 1963, 1979, 1982, 1983 and 2006, and positive ones in 1945 and 1965.