

EDWARD FELIKSIK, SŁAWOMIR WILCZYŃSKI

Sygnal klimatyczny w słojach *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. oraz *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco

Climatic signal in tree-rings of *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. and *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco

ABSTRACT

Feliksik E., Wilczyński S. 2008. Sygnal klimatyczny w słojach *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. oraz *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Sylwan 6: 3-13.

Paper presents the results of dendroclimatological investigation on over-centennial populations of Douglas fir and Sitka spruce growing in Polish part of the Baltic Sea shore.

KEY WORDS

Pseudotsuga menziesii, *Picea sitchensis*, dendroclimatology, dendroecology, tree-ring

ADDRESSES

Edward Feliksik – Katedra Ochrony Lasu i Klimatologii Leśnej; Uniwersytet Rolniczy; Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rlfeliks@cyf-kr.edu.pl

Sławomir Wilczyński – Katedra Ochrony Lasu i Klimatologii Leśnej; Uniwersytet Rolniczy; Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rlwilczy@cyf-kr.edu.pl

Wstęp

W drugiej połowie XIX stulecia w związku z rosnącym zapotrzebowaniem na drewno powstał w leśnictwie europejskim program introdukcji gatunków drzew szybkorosnących. W Europie Środkowej w realizacji tej koncepcji przewodziły ośrodki naukowe Niemiec (Eberswalde) i Austrii (Wieder – Mariabrunn). Założono wówczas liczne powierzchnie introdukcyjne o charakterze badawczym. Niektóre z nich znajdują się we współczesnych granicach Polski. Obecnie reprezentują je ponad stuletnie drzewostany o zróżnicowanym składzie z udziałem gatunków drzew pochodzących głównie z kontynentu północnoamerykańskiego. Ze względu na swój wiek, drzewostany te nadają się znakomicie do badań dendroklimatologicznych, pozwalających określić wrażliwość obcych taksonów na miejscowe warunki klimatyczne.

Jednym z takich obiektów jest wielogatunkowy drzewostan wyłączony położony w Nadleśnictwie Sławno na Pobrzeżu Zachodniopomorskim [Lencewicz, Kondracki 1962]. Obok gatunków rodzimych rośnie tam daglezwia zielona oraz świerk sitkajski. Celem badań, które objęły te dwa gatunki, było poznanie wpływu temperatury powietrza oraz opadów atmosferycznych na wielkość ich przyrostu radialnego będącego zewnętrznym wyrazem wrażliwości oraz adaptacji drzew do warunków klimatycznych. Okazuje się bowiem, że elementy meteorologiczne, charakteryzujące się silną, coroczną zmiennością, znajdują swój „zapis” w wielkości tworzonych przez drzewa słojuw drewna [Fritts 1976].

Materiał i metodyka

Obszar Nadleśnictwa Sławno znajduje się w I Krainie Przyrodniczo-leśnej [Tramplera i in. 1990] i należy do Zachodniopomorskiego Regionu Klimatycznego (R-I) [Woś 1999]. Region ten

charakteryzuje duża liczba dni z pogodą umiarkowaną ciepłą i relatywnie wysokimi opadami, niewielką liczbą dni mroźnych i przymrozkowych, małą liczbą dni z pokrywą śnieżną i stosunkowo długim okresem wegetacyjnym (ok. 210 dni). Roczna suma opadów przekracza 700 mm, a w okresie wegetacyjnym – 400 mm. Zdarza się jednak, że miesięczne sumy opadów nie przekraczają kilku milimetrów (ryc. 1). Średnia roczna temperatura powietrza wynosi na tym terenie 7,7°C, temperatura najcieplejszego miesiąca, lipca, 17°C, natomiast najzimniejszego, stycznia, –1°C. Zdarzyło się jednak, że średnia miesięczna temperatura spadała poniżej –10°C (ryc. 1). Zakres zmienności wartości miesięcznych opadów jest zdecydowanie większy niż temperatury, zwłaszcza w okresie wegetacyjnym (ryc. 1).

Analizowana powierzchnia doświadczalna z obcymi gatunkami drzew znajdowała się na terenie Nadleśnictwa Sławno w leśnictwie Jarosławiec. Dąglezja rosła w oddziale 85c w zwarciu przerywanym na siedlisku lasu mieszanego świeżego (wariant silnie świeży), na glebie brunatnej kwaśnej utworzonej z piasku gliniastego. Świerk sitkajski występował w sąsiednim wydzieleniu (85f), w zmieszaniu grupowym z sosną zwyczajną, również na siedlisku lasu mieszanego świeżego (wariant umiarkowanie świeży) [Operat Urządzeniowy 2000].

Do badań wybrano po 22 zdrowe, ponad stuletnie drzewa obu gatunków. Z pnia każdego z nich, na wysokości 1,3 m nad gruntem, pobrano świdrem Presslera po jednym wywiercie. Następnie pomierzono na nich szerokości słoików rocznych drewna. Kontrolę prawidłowości pomiarów i datowania słoików przeprowadzono za pomocą programu komputerowego COFECHA [Holmes 1983]. Następnie wykorzystując program komputerowy ARSTAN [Cook, Holmes 1986, 1997] szerokości słoików indeksowano uzyskując chronologiczne serie indeksów przyrostowych (I) liczonych według wzoru:

$$I_i = \frac{S_i}{W_i}$$

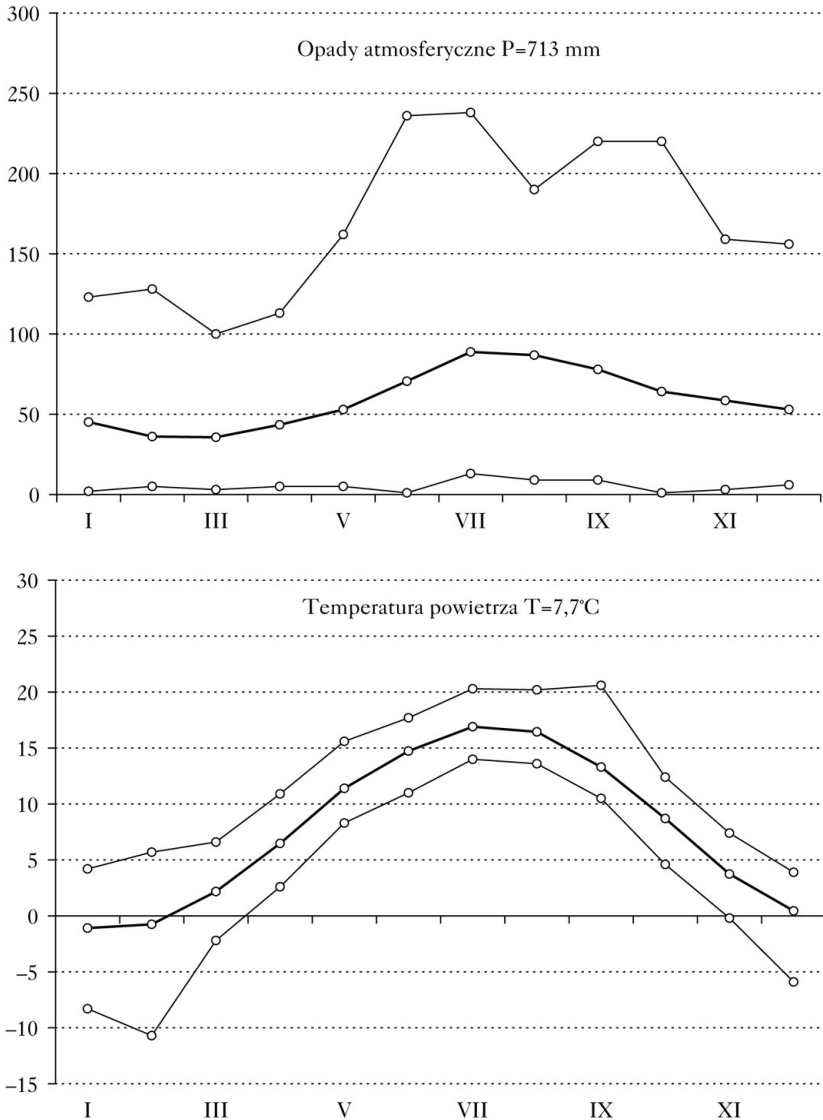
gdzie:

- S – szerokość słoja,
- W – wartość ϕ krzywej wyrównanej,
- i – rok

Dla każdej populacji drzew obliczono w poszczególnych latach średnią szerokość słoików oraz średnie indeksy, tworząc z nich następnie chronologie.

Aby określić podobieństwo serii, będących obrazem reakcji przyrostowych drzew, zastosowano analizę skupień. W celu klasyfikacji oraz określenia czynników decydujących o zmienności wielkości przyrostów radialnych drzew obydwu gatunków wykorzystano analizę składowych głównych (PCA). Obie analizy wykonano przy użyciu programu komputerowego Statistica 6.0. Ponadto do oceny podobieństwa chronologii obu gatunków użyto wskaźnika zbieżności (GL) [Eckstein, Bauch 1969].

Do badania zależności pomiędzy wielkością przyrostów radialnych a temperaturą powietrza i opadami atmosferycznymi użyto programu komputerowego RESPO [Holmes, Lough 1999], który wykorzystuje metodę korelacji prostej oraz regresji wielorakiej (response function) [Fritts 1976] do szacunku związków klimat – wielkość przyrostu radialnego. W powyższych analizach zmiennymi zależnymi były indeksy przyrostowe chronologii indeksowanych, natomiast zmiennymi niezależnymi średnie miesięczne wartości temperatury powietrza oraz miesięczne sumy opadów atmosferycznych. Obejmowały one każdorazowo 15 miesięczny okres od lipca roku poprzedzającego powstanie słoja do września roku, w którym słoje były tworzone. Analizowano okres od 1920 do 2001 roku. Dane klimatyczne wykorzystane w analizach pochodziły ze stacji meteorologicznej IMGW w Koszalinie.



Ryc. 1.

Miesięczne sumy opadów atmosferycznych [mm] oraz temperatura powietrza [°C] w Koszalinie w okresie 1920-2001

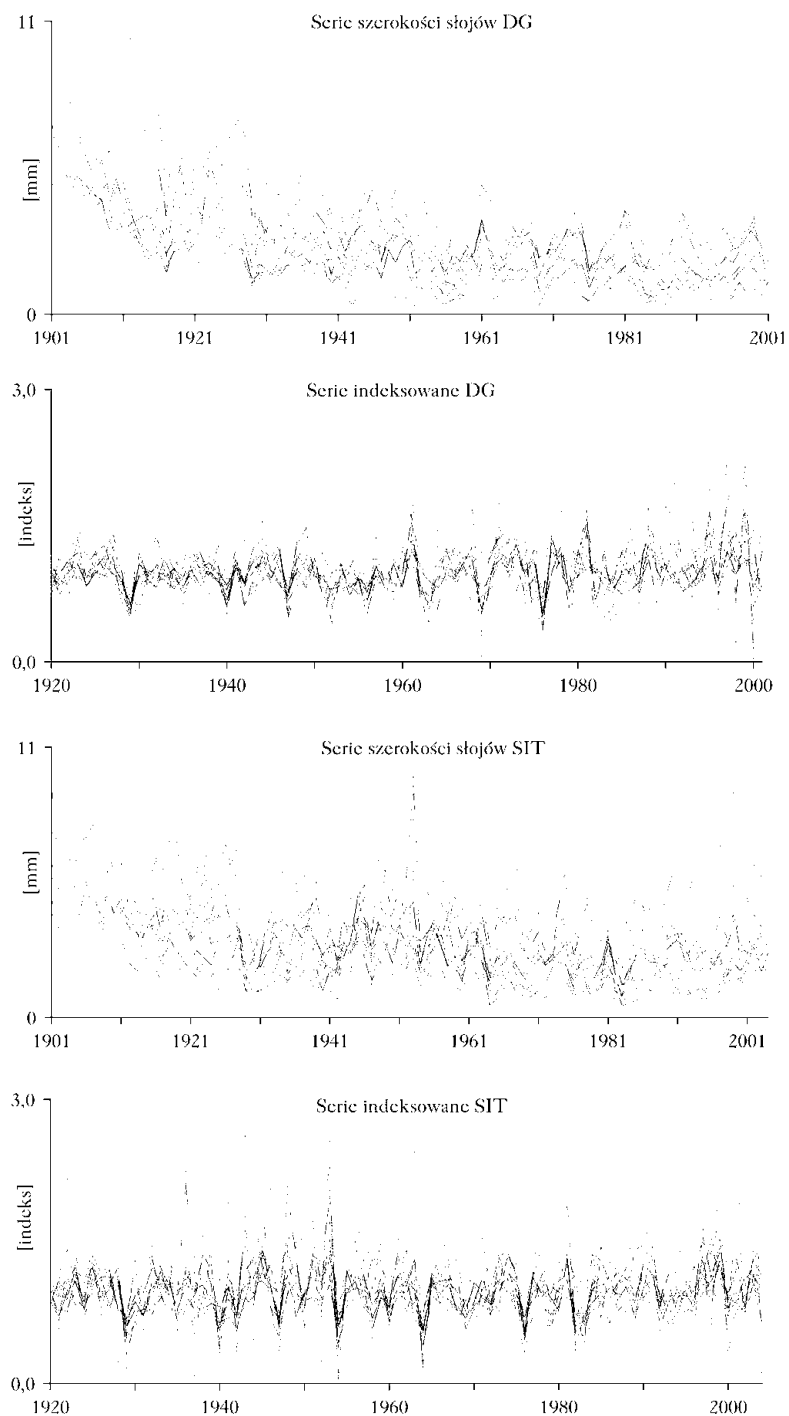
Monthly sum of precipitation [mm] and air temperature [°C] in Koszalin in years 1920-2001

Wartości średnie – linie pogrubione; wartości najwyższe i najniższe – linie cienkie; T – średnia roczna temperatura powietrza; P – roczna suma opadów atmosferycznych

Average values – solid line; maximum and minimum values – thin lines; T – mean annual temperature; P – annual sum of precipitation

Wyniki badań

W przebiegu serii szerokości słoików oraz indeksów przyrostowych daglezi i świerka można zauważyć, że reakcje przyrostowe poszczególnych drzew danego gatunku nie zawsze były jednolite (ryc. 2). W latach 1920-2001 występują okresy, kiedy kierunek zmian wielkości słoików jest



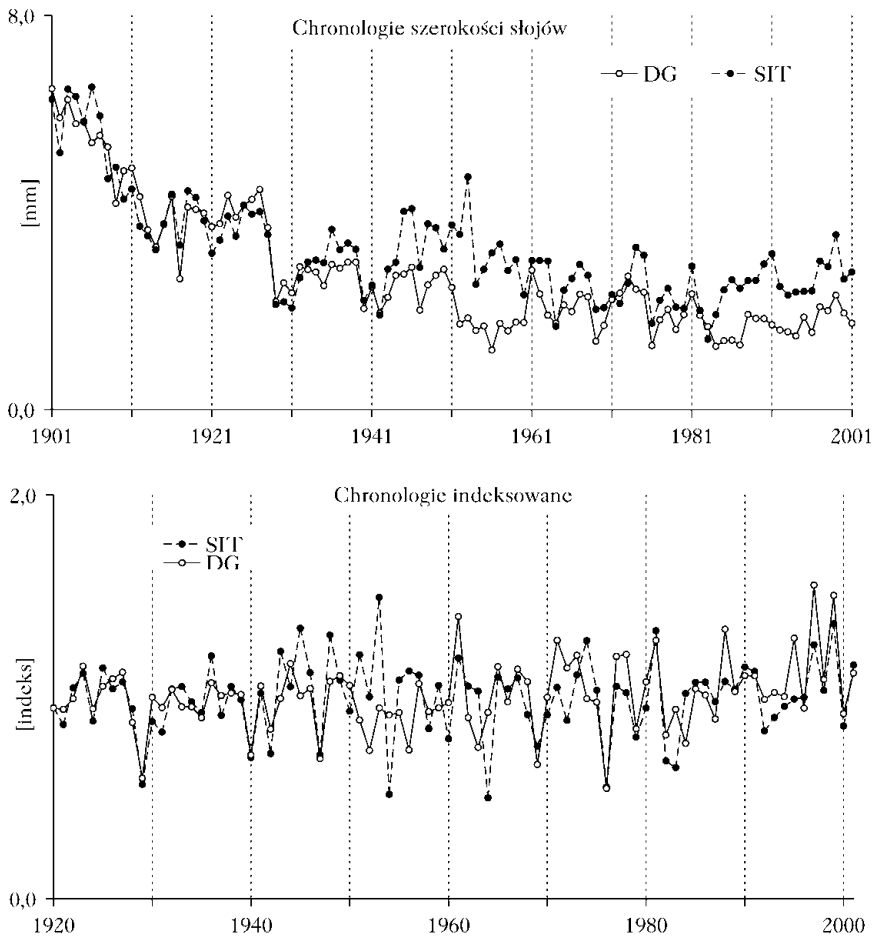
Ryc. 2.

Serie szerokości stajów oraz serie indeksowane daglezi zielonej (DG) oraz świerka sitkajskiego (SIT) Douglas fir (DG) and Sitka spruce (SIT) tree-ring width and index series

podobny u większości drzew oraz, gdy ta jednorodność zachowań wyraźnie spada. Musiały zatem istnieć czynniki, które podobnie wpływały na ich reakcje przyrostowe oraz takie, które je różnicowały.

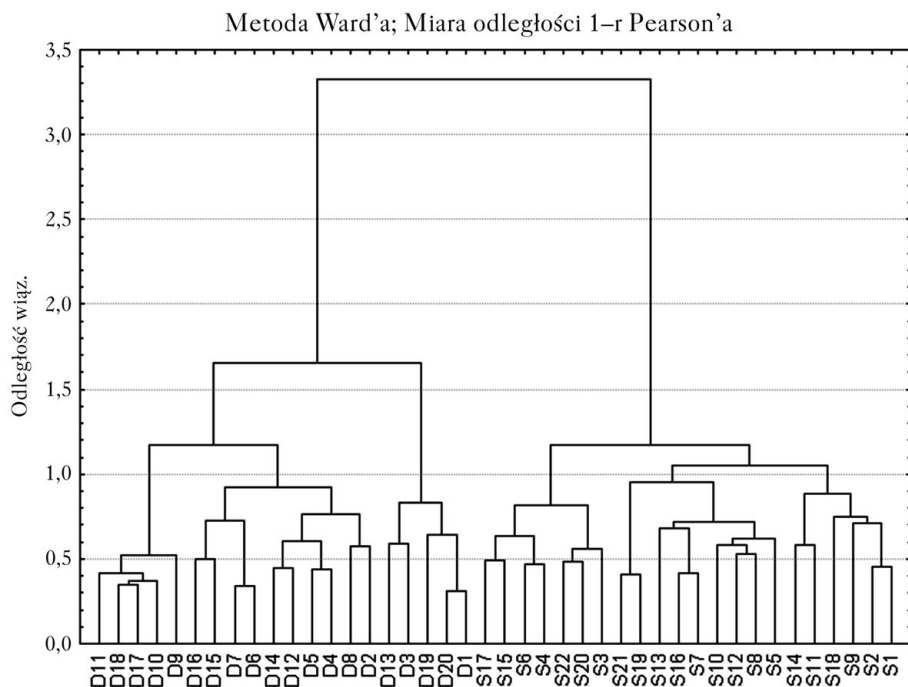
Okazuje się jednak, że chronologie obu gatunków, eksponujące wspólne cechy serii drzew, wykazują statystycznie wysoce istotne podobieństwo (ryc. 3). Współczynnik zbieżności (GL) chronologii szerokości słoików obydwu gatunków wynosi 75,0% ($n=101$, $P<0,001$), natomiast chronologii indeksowanych 77,5% ($n=82$, $P<0,001$). Wskazuje to, że na coroczną zmienność wielkości przyrostu radialnego drzew obu gatunków miał podobny wpływ jakiś czynnik zewnętrzny.

Analiza skupień serii indeksowanych drzew wykazała, że serie dąglezi różnią się od serii świerka (ryc. 4). Jednak metoda ta nie pozwala zidentyfikować charakteru czynników modelujących przyrost radialny badanych drzew (przebieg serii). Pomocna staje się tu analiza głównych składowych (PCA). Obliczone w jej trakcie ładunki czynnikowe (współczynniki korelacji



Ryc. 3.

Chronologie szerokości słoików oraz chronologie indeksowane dąglezi zielonej (DG) oraz świerka sitkajskiego (SIT)
Douglas fir (DG) and Sitka spruce (SIT) tree-ring width and index chronologies



Ryc. 4.

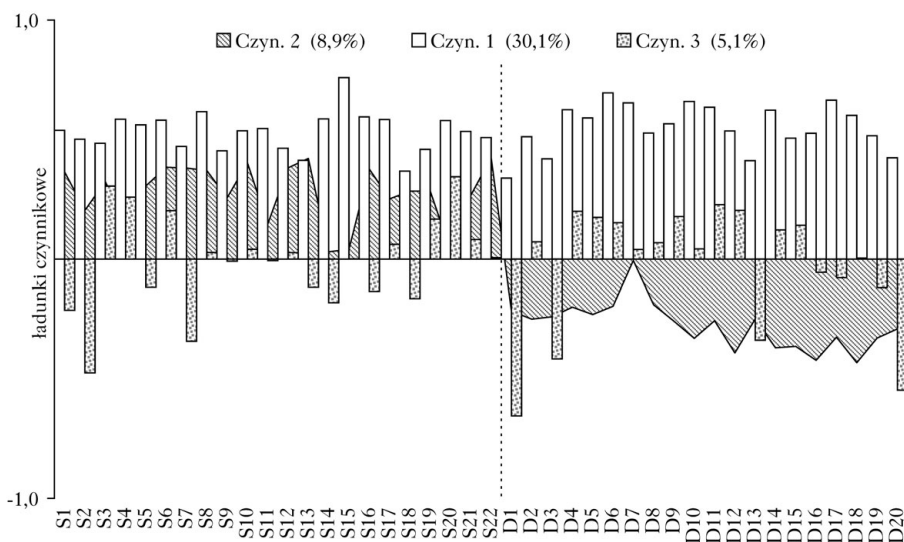
Analiza skupień serii indeksowanych świerka sitkajskiego (S) oraz daglezi zielonej (D)
Cluster analysis of Sitka spruce (S) and Douglas fir (D) index series

serii indeksowanych z wyodrębnionymi czynnikami) wskazują, że z pierwszym czynnikiem serie drzew obu gatunków korelują dodatnio i stosunkowo silnie (ryc. 5). Okazuje się przy tym, że pierwszy czynnik wyjaśnia największą część całkowitej zmienności serii (30,1%). Drugi czynnik, który różnicuje serie na dwie grupy związane z gatunkiem drzew, wyjaśnia 8,9% całkowitej ich wariancji, natomiast trzeci – 5,1%, przy czym nie klasyfikuje on serii w logiczny i dający się łatwo zinterpretować sposób. Trzy pierwsze czynniki wyjaśniają zatem 44,1% całkowitej zmienności serii indeksów przyrostowych.

Powyższe wyniki wskazują na istnienie silnego czynnika modelującego podobnie przyrost drzew na grubość oraz czynnika, który ma odmienny wpływ na rytm przyrostowy drzew obydwu gatunków. Powstaje zatem pytanie – jaki charakter mają obydwa czynniki?

Coroczna zmienność przyrostu drzew na grubość jest zależna głównie od zmieniającego się z roku na rok układu warunków pogodowych [Fritts 1976], dlatego identyfikacja charakteru dwóch pierwszych czynników prowadzona była w tym obszarze. Okazało się, że wartości czynnikowe pierwszego czynnika są najsilniej zbieżne ($GL=64,7\%$, $P<0,01$) z temperaturą września i października poprzedniego roku, natomiast wartości drugiego czynnika są istotnie zbieżne ($62,4\%$, $P<0,01$) z opadami sierpnia roku, w którym formowany był słoje drewna. Prawdopodobnie zatem czynnikiem wpływającym podobnie na coroczną zmienność wielkości przyrostu radialnego drzew obu gatunków były warunki termiczne poprzedniej jesieni, natomiast czynnikiem różnicującym ich rytm przyrostowy opady drugiej połowy lata.

Uzupełnieniem powyższych informacji o relacjach klimat-przyrost radialny są wyniki analizy korelacji oraz regresji wielorakiej (response function) (ryc. 6). Wskazują one, że reakcje przy-



Ryc. 5.

Wartości ładunków czynnikowych serii indeksowanych dąglezi (D) oraz świerków (S) trzech pierwszych czynników oraz procent wyjaśnianej przez nie całkowitej wariancji serii

Values of Douglas fir (D) and Sitka spruce (S) first three components and percentage of the total variance explained by them

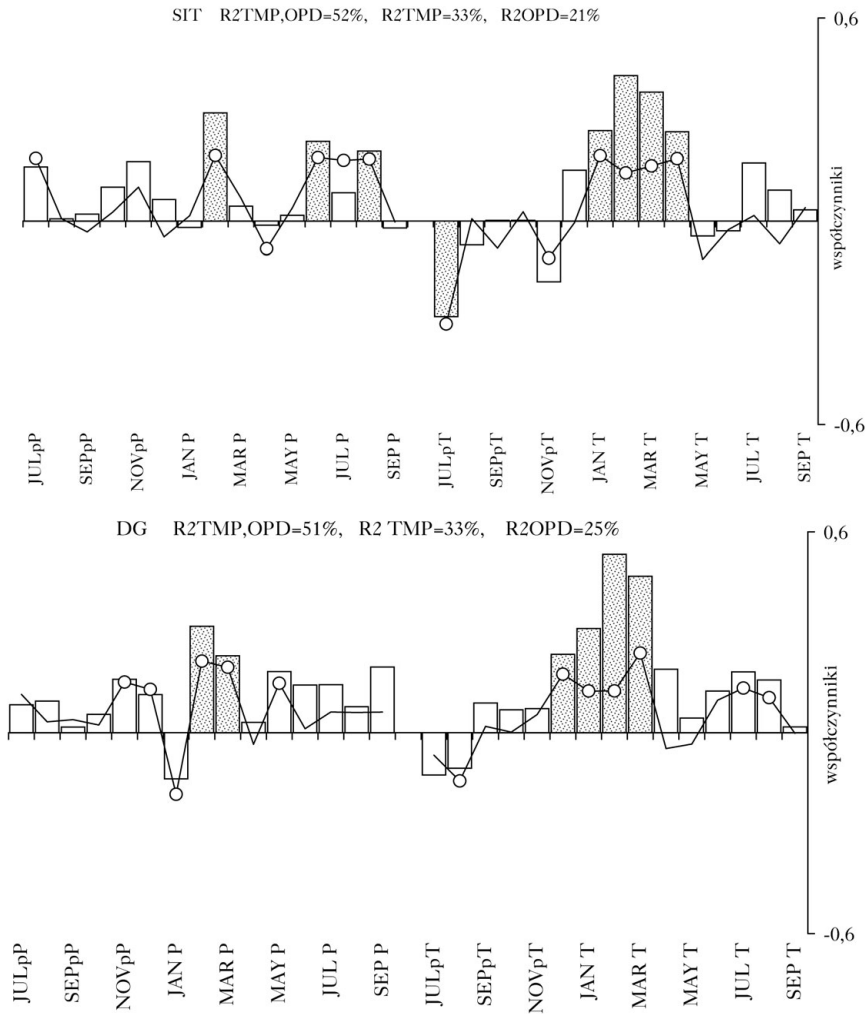
rostone zarówno dąglezi zielonej, jak i świerka sitkajskiego są w silnym stopniu determinowane przez warunki termiczne okresu zimy i przedwiośnia. Niska temperatura powietrza głównie w styczniu, lutym oraz w marcu negatywnie wpływała na przyrost tkanki waskularnej drzew obydwu gatunków. Czynnikiem różnicującym rytm przyrostowy badanych gatunków drzew mogły być inne wymagania w stosunku do opadów atmosferycznych w okresie lata, zwłaszcza w sierpniu (ryc. 6), co potwierdza wyniki uzyskane za pomocą analizy głównych składowych. W przypadku dąglezi czynnikiem ograniczającym przyrost radialny drzew obok niskiej temperatury w zimie i na przedwiośniu jest także niska temperatura czerwca, lipca i sierpnia, czego u świerka sitkajskiego nie stwierdzono (ryc. 6). Ponadto drzewa obu gatunków wykazywały wyraźne zapotrzebowanie na większe opady w lutym, a dąglezi także w marcu. Oba gatunki wymagają również odpowiednio dużych zapasów wilgoci zgromadzonych w podłożu w wyniku obfitych opadów występujących w listopadzie. Miały one pozytywny wpływ na przyrost w roku następnym (ryc. 6).

Współczynniki determinacji regresji wielorakiej wskazują, że zdecydowanie większy wpływ na zmienność przyrostów radialnych drzew obu gatunków miała temperatura powietrza (33%) niż opady atmosferyczne (21-25%). Z kolei temperatura i opady łącznie mają ponad 50% udział w corocznej zmienności szerokości słoików obu gatunków (ryc. 6).

Dyskusja

Analiza corocznych zmian szerokości przyrostów radialnych drzew pozwala rozpoznać charakter i dynamikę związków występujących pomiędzy warunkami klimatycznymi a metabolizmem drzew [Fritts 1976; Schweingruber 1983; Briffa, Cook 1990].

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że rytm zmian wielkości przyrostu na grubość dąglezi zielonej i świerka sitkajskiego jest podobnie uzależniony od warunków termicznych jesieni



Ryc. 6.

Współczynniki korelacji (słupki) oraz regresji (linia) wielorakiej chronologii indeksowych oraz miesięcznych opadów (P) i temperatury (T) od lipca poprzedniego roku (JULp) do września bieżącego (SEP) w okresie 1920-2001

Coefficients of multivariate correlation (bars) and regression (line) of index chronologies and monthly precipitation (P) and temperature (T) from previous July (JULp) to current year September (SEP) in years 1920-2001

Wartości istotne ($\alpha=0,05$) – czarne słupki oraz kółka; R² – współczynnik determinacji regresji wielorakiej; TMP – temperatura; OPD – opady
Values significant ($\alpha=0,05$) – black bars and circles; R² – multivariate regression coefficient of determination; TMP – temperature; OPD – precipitation

poprzedniego roku. Wysokie wartości temperatury jesienią dla gatunków wywodzących się z regionów o łagodnym, oceanicznym klimacie zachodnich wybrzeży Ameryki Północnej wydają się być bardzo istotne w nowych warunkach bytowania. W tym okresie prawdopodobnie zachodzą u nich intensywnie, jak u wielu gatunków iglastych, końcowe etapy formowania się pąków oraz rozrastanie się aktywnej fizjologicznie części systemu korzeniowego [Vešcikova 1964; Jurkevic, Gold 1966; Fayle 1968; Sargas 1972 za Chałupka 1977]. Z kolei odmienny

charakter reakcji przyrostowych badanych gatunków drzew na opady sierpnia był prawdopodobnie uzależniony od różnic w uwilgotnieniu zajmowanych siedlisk i ich wymagań pod tym względem. Sierpień charakteryzuje się bowiem w klimacie Polski występowaniem często niskich opadów [Woś 1999].

W warunkach klimatycznych wybrzeża Bałtyku procesy decydujące o aktywności twórczej kambium waskularnego dąglezji zielonej oraz świerka sitkajskiego były w silnym stopniu uzależnione od termiki okresu zimowego oraz przedwiośnia. Mroźne zimy osłabiają tempo procesów fizjologicznych, zakłócają u drzew proporcje pomiędzy asymilacją a oddychaniem [Żelawski 1967; Szaniawski i in. 1977], mogą także prowadzić do pojawiania się suszy fizjologicznej w glebie [Szymański 1986], co może w konsekwencji prowadzić do uszkodzeń tkanek. Niska temperatura na przedwiośniu opóźnia także rozpoczęcie sezonu wegetacyjnego, hamuje aktywność pąków i igieł w produkcji fitohormonów, obniżając efektywność procesów metabolicznych i późniejszych podziałów kambium [Chałupka 1977].

Można sądzić, że pojawiające się tego rodzaju niekorzystne warunki są na Pomorzu czynnikiem ograniczającym przyrost drzew wywodzących się z regionów o łagodnym oceanicznym klimacie. Niemniej i na obszarze swojego naturalnego występowania dąglezja zielona ulega presji niekorzystnych warunków pogodowych. Charakteryzuje się przy tym znacznym zróżnicowaniem wymagań w zależności od charakteru zajmowanych siedlisk [Flowells 1965 za Bellon i in. 1977; Harlow i in. 1979]. Wyniki badań dendroekologicznych dąglezji w górach stanu Idaho wskazują, że przyrost radialny drzew rosnących na płytkiej kamienistej glebie ograniczają niskie opady przypadające na okres wiosny (kwiecień-czerwiec) oraz panująca w lecie wysoka temperatura, zwłaszcza w czerwcu [Biondi 1997, 2000]. Fritts [1974] wskazuje na istotne znaczenie warunków termicznych okresu letniego dla kształtowania słoju drewna dąglezji rosnącej w górach. Stwierdzono, że w warunkach siedlisk półsuchych przyrost dąglezji zależy od całorocznej sumy opadów, nie sprzyja jej natomiast wysoka temperatura [Fritts 1974; Cleveland 1986]. Zmienność wymagań dąglezji obserwowana jest również w obrębie populacji introdukowanych na kontynencie europejskim [Białobok, Meinartowicz 1970; Chylarecki 1976; Feliksik, Wilczyński 2004].

Uzyskane przez nas wyniki wskazują, że wysoka temperatura w miesiącach letnich, przy dostatecznym zapasie wilgoci w podłożu stymuluje przyrost dąglezji na grubość, natomiast czynnikiem silnie ograniczającym jej wzrost radialny jest długa i mroźna zima.

Świerk sitkajski rośnie na kontynencie amerykańskim w klimacie charakteryzującym się obfitymi opadami w okresie wegetacyjnym. W Europie jest uprawiany od połowy XIX w. i najlepiej rośnie w oceanicznym klimacie Wysp Brytyjskich. Na kontynencie cierpi on z powodu mrozów zimowych oraz suszy letnich [Bellon i in. 1977]. Pogląd ten potwierdzają także wyniki naszych badań. W warunkach wybrzeża Bałtyku przyrost świerka sitkajskiego ograniczała głównie niska temperatura zimy i wiosny oraz niskie opady w lutym oraz podczas lata.

Zapotrzebowania obu gatunków na wodę dostarczaną z topniejącego śniegu wynika ze stosunkowo niskich opadów w okresie wiosennym, ale także pośrednim oddziaływaniem dużego zachmurzenia towarzyszącego częstym opadom, które łagodzi spadki temperatury powietrza w tym okresie, osłabiając procesy radiacyjne, zaś formująca się w wyniku opadów pokrywa śnieżna przeciwdziała zamarzaniu gleby, chroniąc systemy korzeniowe.

Wnioski

Klimat polskiej części wybrzeża Bałtyku umożliwia rozwój i wzrost obydwu introdukowanych gatunków. Przyrost radialny dąglezji zielonej i świerka sitkajskiego jest wprawdzie w pewnym

stopniu ograniczany przez warunki termiczno-pluwalne bieżącego i poprzedniego roku, ale regulują one tylko jego coroczną zmienność, podobnie zresztą jak większości występujących w tym regionie gatunków drzew rodzimego pochodzenia [Zielski 1997; Zielski, Koprowski 2001; Cedro 2004; Koprowski, Zielski 2006].

Czynnikiem wpływającym w podobny sposób na rytm przyrostowy drzew obu taksonów były warunki termiczne poprzedniej jesieni, natomiast czynnikiem różnicującym coroczną zmienność szerokości słoików były opady pod koniec lata.

Na aktywność twórczą kambium waskularnego obydwu taksonów większy wpływ miały warunki termiczne aniżeli pluwalne, przy czym ich przyrost szczególnie silnie ograniczała niska temperatura w okresie zimy i przedwiośnia oraz niedobory opadów pod koniec zimy, a w przypadku świerka także latem.

Należy uznać, że dagleźja zielona i świerk sitkajski dostosowały się do klimatu wybrzeża Bałtyku i mogą być z powodzeniem wprowadzane do lasów tamtego regionu.

Literatura

- Bellon S., Tumilowicz J., Król S. 1977. Obce gatunki drzew w gospodarstwie leśnym. PWRiL, Warszawa.
- Białobok S., Mejnartowicz L. 1970. Provenance differentiation among Douglas fir seedlings. *Arbor. Kórnickie* 15: 197-219.
- Biondi F. 1997. Evolutionary and moving response functions in dendroclimatology. *Dendrochronologia* 15: 139-150.
- Biondi F. 2000. Are climate-tree growth relationships changing in north-central Idaho, U.S.A. *Arc. Antarc. Alp. Res.* 32: 111-116.
- Briffa K. R., Cook E. 1990. Methods of response function analysis. W: Cook E., Kairiukstis L. *Methods of dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, Boston: 240-247.
- Cedro A. 2004. Zmiany klimatyczne na Pomorzu Zachodnim w świetle analizy sekwencji przyrostów rocznych sosny zwyczajnej, dagleźji zielonej i rodzimych gatunków dębów. Uniw. Szczeciński, Polska Oficyna JNPLUS.
- Chałupka W. 1977. Zagadnienia fizjologii wzrostu i rozwoju. W: *Nasze Drzewa Leśne. Świerk Pospolity*. PWN, Warszawa-Poznań: 153-198.
- Chylarecki H. 1976. Badania nad dagleźją w Polsce w różnych warunkach ekologicznych. *Arbor. Kórnickie* 21: 15-124.
- Cleveland M. K. 1986. Climatic response of densitometric properties in semiarid sites tree rings. *Tree-Ring Bull.* 46: 13-29.
- Cook E. R., Holmes R. L. 1986. Users manual for program Arstan. W: Holmes R. L., Adams R. K., Fritts H. C. *Tree-ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Chronology Series 6, Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson*: 50-65.
- Cook E. R., Holmes R. L. 1997. ARSTAN: chronology development. W: Grissino-Mayer H. D., Holmes R. L., Fritts H. C. *Documentation to the International Tree-Ring Data Bank Program Library Version 2.1*. 75-87.
- Eckstein D., Bauch J. 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. *Forstw. Cbl.* 88(4): 230-250.
- Fayle D. C. F. 1968. Radial growth in tree roots. Technical Report 9, Faculty of Forestry Univ. Toronto.
- Feliksik E., Wilczyński 2004. Klimatyczne uwarunkowania przyrostu radialnego dagleźji zielonej (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) rosnącej na obszarze Polski. *Sylwan* 12: 31-38.
- Fritts H. C. 1974. Relationships of rings widths in arid-site conifers to variations in monthly temperature and precipitation. *Ecol. Monographs* 44: 411-440.
- Fritts H. C. 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press, London.
- Harlow W. M., Harrar E. S., White F. M. 1979. Textbook of dendrology. Covering the Important Forest Trees of the United States and Canada. Ed. 6 McGraw-Hill Book Comp. *Pseudotsuga*: 140-146.
- Holmes R. L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring data and measurement. *Tree-Ring Bull.* 43: 69-78.
- Holmes R. L., Lough J. M. 1999. Users manual for program RESPO. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, USA.
- Jurkevic I. D., Gold D. S. 1966. Sezonnoe razwitiie eli obyknowiennoj. *Izd. Nauka i Technika*, Minsk.
- Koprowski M., Zielski A. 2006. Dendrochronology of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from two range centres lowland Poland. *Trees DOI* 10.1007/s00468-006-0051-9.
- Lencewicz L., Kondracki J. 1962. *Geografia Fizyczna Polski*. PWN, Warszawa.
- Operat Urzędzeniowy Nadleśnictwa Sławno 2000. Obręb – Stary Kraków: 69.
- Szaniawski R., Żelawski W., Wierzbicki B. 1977. Wymiana gazowa i gospodarka wodna. W: *Nasze Drzewa Leśne. Świerk pospolity*. PWN, Warszawa-Poznań. 131-152.

- Schweingruber F. H. 1983. Der Jahrring, Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie. Bern, Stuttgart. Verlag P. Haupt.
- Szymański S. 1986. Ekologiczne podstawy hodowli lasu. PWRiL, Warszawa.
- Trampler T., Kiczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa.
- Woś A. 1999. Klimat Polski. PWN, Warszawa.
- Vešćikova T. V. 1964. Sezonnyj rost i formirovanie kornejj sistemy eli obyknawiennoj w taeżnoj zone ewropejskoj czasti SSSR. Bull. Mosk. Bbs. Ispyt. Prir. 69 (1): 74-85.
- Zielski A. 1997. Uwarunkowania środowiskowe przyrostów radialnych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Polsce Północnej na podstawie wielowiekowej chronologii. Uniwersytet im. M. Kopernika w Toruniu.
- Zielski A., Koprowski M. 2001. Dendrochronologiczna analiza przyrostów rocznych świerka pospolitego na Pojezierzu Olsztyńskim. Sylwan 7: 65-73.
- Żelawski W. 1967. Wymiana gazowa i bilans wodny igliwia. W: Zarys fizjologii sosny zwyczajnej. PWN, Warszawa – Poznań: 33-94.

SUMMARY

Climatic signal in tree-rings of *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. and *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco

Paper presents results of the dendroclimatological research on Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) and Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) growing on the introduction study plot established in the end of the 19th century in Pobrzeże Zachodniopomorskie region. The study area is located in the Sławno Forest District. The objectives of the study was to investigate thermal and pluvial conditions of radial increment of both of the introduced species as the expression of their adaptation to local climate conditions. Analysis was based on the values of radial increment in years 1920-2001 and climate data represented station in Koszalin.

Despite some individual differences in course, tree-ring width series and chronologies of both species show great resemblance (fig. 2, 3). This observation was supported by cluster analysis (fig. 4). In turn, principal components analysis revealed that dissimilarity of increment reactions resulted probably from differences in site moisture and was determined by late summer (August) precipitation. Thermal condition in autumn of the year prior to tree-ring formation turned to be the factor that influenced similarity of the increment course of both species (fig. 5). Frosty and long winters as well as small precipitation in the end of winter and in summer affect negatively the annual diameter increment of Douglas fir and Sitka spruce (fig. 6). Climate of the Baltic Sea shore enables development and growth of these both introduced species. Their diameter increment is satisfactory despite some limiting climate elements.