


Wpływ warunków klimatycznych na wielkości przyrostów radialnych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) H. Karst) rosnących na stromym stoku

Wanda Sabat, Andrzej Sas, Elżbieta Racibor,
Robert Tomusiak, Rafał Wojtan

Abstrakt. Na stromych stokach występuje zjawisko silnego spływu powierzchniowego. Oznacza to, że mniej opadów atmosferycznych trafia do gleby, co może być czynnikiem ograniczającym wzrost drzew rosnących na zboczach. Celem pracy było zbadanie wpływu warunków termiczno-pluwialnych w poszczególnych miesiącach na kształtowanie się rocznych przyrostów drewna u świerka pospolitego i sosny zwyczajnej rosnących na stromym stoku nad Jeziorem Złotnickim w Nadleśnictwie Świeradów. Materiał badawczy stanowiły wywierty dordzeniowe z drzew pobrane prostopadle do spadku stoku. Zebrano po 25 próbek z sosen i świerków, które oszlifowano i zeskanowano a następnie pomierzono szerokości słoików rocznych. Osobnicze sekwencje przyrostowe obydwu gatunków drzew posłużyły do stworzenia chronologii rzeczywistych i indeksowanych (rezydualnych). Wielkości przyrostów radialnych wyrażone w postaci uśrednionych indeksów rezydualnych porównano z miesięcznymi sumami opadów atmosferycznych oraz wartościami średniej miesięcznej temperatury powietrza, obliczając wartości współczynnika korelacji charakteryzującego siłę badanej relacji. Wykorzystano dane meteorologiczne pochodzące z bazy CRU, obejmujące okres od 1901 do 2013 roku. W porównaniu z sosną, szerokości słoików rocznych świerka były silniej powiązane z wielkością opadów a w mniejszym z temperaturą powietrza. U obu gatunków drzew na wielkość przyrostów radialnych zaznacza się wpływ sumy opadów czerwca i lipca bieżącego roku oraz września poprzedniego roku.

Słowa kluczowe: Dolny Śląsk, Pogórze Izerskie, Kwisa, dendroklimatologia, dendroekologia

Abstract. Influence of climatic conditions on the radial increments of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst) growing on a steep slope. On the steep slopes, there is a strong surface runoff of water. This means that less rainwater goes to the soil, which can be a factor limiting the growth of trees growing on the slopes. The aim of the study was to analyze the impact of temperature and precipitation on the annual tree-rings formation in Norway spruce and Scots pine growing on a steep slope at Lake Złotnickie in the Świeradów Forest District. The research material was increment cores taken from the trees perpendicularly to the slope. For each tree species, 25 samples were collected, which were ground, scanned and then the



annual rings were measured. Individual sequences of both tree species were used to develop real and indexed (residual) chronologies. The sizes of radial increments expressed in the form of averaged residual indexes were correlated with the monthly sums of precipitation and the values of the monthly mean air temperature. Meteorological data from the CRU database were used, covering the period from 1901 to 2013. Compared to pine, the annual tree-ring width of spruce was more strongly related to the precipitation than to the air temperature. In both tree species, the correlation between radial increment and precipitation in June and July of the current year and in September of the previous year was found.

Key words: Lower Silesia, Izerskie Foothills, Kwisia, dendroclimatology, dendroecology

Wstęp

Szerokość przyrostów radialnych wytworzonych przez drzewa w sezonie wegetacyjnym uzależniona jest od wielu czynników, wśród których istotną rolę pełni układ warunków termiczno-pluwialnych (Fritts 1976).

W dendroklimatologii zwraca się uwagę na większą przydatność do analiz próbek drewna pobranych z obszarów silniejszego oddziaływania czynnika limitującego wzrost (np. Schweingruber 1990). Ze względu na dostępność danych, najczęściej wykorzystywanymi w badaniach wpływu na wielkości przyrostów rocznych drewna wtórnego składnikami klimatu są średnie okresowe wartości temperatury powietrza oraz sumy opadów atmosferycznych (Feliksik i in. 2005, Friedrichs i in. 2007, Pospieszynska i in. 2010).

Stosunki wodne na danym terenie zależą od rozdziału wody opadowej na trzy procesy: parowanie, spływ (powierzchniowy i podpowierzchniowy) oraz infiltrację. Udział poszczególnych procesów warunkowany jest przez klimat oraz właściwości terenu: nachylenie, rodzaj podłoża, głębę, pokrycie terenu, sposób użytkowania oraz ingerencję człowieka (Wilgat 1963). Spływ powierzchniowy w obszarach zalesionych osiąga minimalne wartości, co potwierdzają między innymi badania Stępniewskiego (2010). Z kolei Gołąb (2012) zwraca uwagę na fakt, że może on występować również na obszarach leśnych w warunkach dużego nachylenia stoku, nawalnych opadów, występowania płytkich gleb oraz stopnia ich wysycenia wcześniejszymi opadami. Ważnym czynnikiem wpływającym na stosunki wodne jest także przepuszczalność oraz pojemność wodna gruntu, które maleją wraz ze średnicami frakcji granulometrycznych (Migoń 2009).

W badaniach dendrochronologicznych drzewa rosnące na stromych stokach wykorzystywane są głównie do odtwarzania procesów geomorfologicznych (Remisz i Bijak 2011, Michałowicz i in. 2014), a także w badaniach klimatologicznych w warunkach górskich, gdzie czynnikiem limitującym wzrost w większym stopniu jest temperatura (Czajka 2012). Na obszarach wyżynnych, czynnikiem limitującym wzrost drzew na stromych stokach może być deficyt wilgoci będący efektem odpływu wód opadowych. W takich warunkach różne gatunki drzew mogą reagować w zróżnicowany sposób na niekorzystne warunki wzrostu, co wynika ze specyfiki ich właściwości ekologicznych.

Na podstawie przedstawionych przesłanek, w pracy podjęto próbę określenia różnic odpowiadzi przyrostowej sosny zwyczajnej i świerka pospolitego rosnących na stromym zboczu w warunkach nasilonego odpływu powierzchniowego na układ warunków termiczno-pluwnych, charakteryzowanych przez miesięczne sumy opadów i średnie miesięczne wartości temperatury kolejnych miesięcy.

Materiały i metody

Badania przeprowadzono na materiale pobranym w Nadleśnictwie Świeradów, położonym na Pogórzu Izerskim. Wybierając miejsce badań, poszukiwano lokalizacji, w której sosna i świerk rosł w jednym drzewostanie na stoku o dużym nachyleniu. Taki obiekt badawczy znaleziono nad Jeziorem Złotnickim w wydzieleniu 290d leśnictwa Czocho, gdzie znajdował się drzewostan o zróżnicowanej strukturze gatunkowej. Przeciętny wiek głównych gatunków drzew (sosna, świerk, modrzew) wynosił tu 127 lat. W niższych warstwach drzewostanu występował podrost jaworowy, naloty bukowe oraz podszyt, w którego składzie gatunkowym najliczniej występowały kruszyna, jarząb, brzoza, buk i świerk. Drzewostan ten rósł na siedlisku lasu wyżynnego świeżego na glebie brunatnej, kwaśnej wytworzonej z pyłu piaszczystego zalegającego średnio głęboko (0,41-0,80 m) na silnie szkieletowym utworze ilasto-piaszczystym (Plan Urządzenia Lasu... 2007). W opisie taksacyjnym nachylenie stoku określono jako spadziste, co według aktualnej Instrukcji Urządzania Lasu (2012) oznacza przeciętny spadek 13-17% a najniżej położona granica drzewostanu znajdowała się na wysokości 280 m n.p.m. Dla terenu badań objętego niniejszym opracowaniem suma opadów kształtuje się w przedziale od 625 do 700 mm a średnioroczna temperatura powietrza to 8°C. Średnia temperatura stycznia wynosi -2,6°C a dla lipca jest to 17,7°C (Sobik 1998, Lorenc 2005).

Do badań wybierano drzewa należące do najwyższych klas biosocjalnych, które nie wykazywały widocznych objawów uszkodzeń i rosły w najbardziej stromej części zbocza, o nachyleniu znacząco przekraczającym wartość przeciętną. Z wybranych w ten sposób pni 50 drzew (po 25 sosny i świerka), pobrano prostopadłe do spadku stoku i zabezpieczono wywierty pierśnicowe (z wysokości 1,30 m).

W laboratorium pobrane próbki drewna przesuszono, oszlifowano oraz zeskanowano w rozdzielczości 2400 dpi. Umożliwiło to pomiar szerokości słoików rocznych za pomocą programu *CooRecorder 7.5* z precyzją 0,01 mm. Synchronizację sekwencji osobniczych przeprowadzono w programach *CDendro 7.5* (*Cybis Dendrochronology*) oraz *COFECHA* z pakietu *Dendrochronology Program Library (DPL)* (Holmes 1999). Chronologie rzeczywiste oraz rezydualne (powstałe poprzez usunięcie autokorelacji z chronologii standardowych) obu gatunków uzyskano w programie *CRONOL* z pakietu *DPL* (Holmes 1999). Do ich stworzenia wykorzystano po 18 zgodnych sekwencji osobniczych. Sekwencje przyrostowe, dla których korelacja z pozostałą częścią zbioru była nieistotna lub ujemna, zostały wyłączone z dalszych analiz.

Obliczenia współczynnika korelacji Pearsona pomiędzy średnimi miesięcznymi wartościami temperatury powietrza, miesięcznymi sumami opadów atmosferycznych a szerokościami przyrostów radialnych wykonano w programie *DENDROCLIM 2002* (Biondi i Waikul 2004). Istotność korelacji określono przy poziomie istotności 0,05. Dane meteorologiczne typu grid wykorzystane do analiz pochodzące z bazy CRU obejmowały lata 1901-2013 (Mitchell i Jones 2005, Harris i in. 2013).

Wartości indeksów opadów atmosferycznych i temperatur powietrza dla poszczególnych lat uzyskano z ilorazu sumy opadów i średniej temperatury powietrza w okresie styczeń-września dla danego roku i średniej wartości w tym okresie w latach 1901-2013.

Wyniki

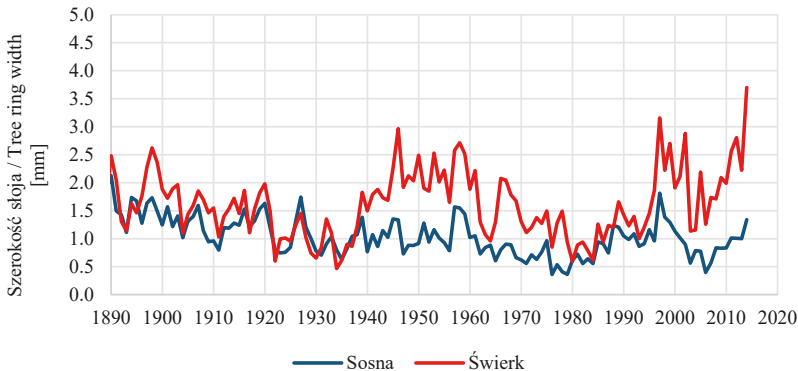
Przeprowadzone analizy wykazały wysoką korelację pomiędzy sekwencjami osobniczymi w obrębie obydwu gatunków drzew. Pomiędzy gatunkami siła związku jest umiarkowana i wynosi 0,515. Uzasadnia to konieczność wykonania oddzielnych analiz relacji przyrost-klimat dla każdego z gatunków drzew. Dane z sekwencji osobniczych posłużyły do opracowania chronologii rzeczywistych i rezidualnych (tab. 1).

Tab. 1. Charakterystyka chronologii sosny zwyczajnej i świerka pospolitego

Table 1. The characteristics of Scots pine (So) and Norway spruce (Św) chronologies

Chronologia / Chronology	Gatunek drzewa / Tree species	Długość / Length [lat/years]	Okres / Period [lata/years]	Średnia / Mean	Odchylenie stand. / SD	Autokorelacja / Autocorrelation
Rzeczywista / Real	So	125	1890 - 2014	1,038	0,343	0,667
	Św	125	1890 - 2014	1,618	0,605	0,654
Rezydualna / Residual	So	124	1891 - 2014	1,002	0,237	0,017
	Św	124	1891 - 2014	1,002	0,262	0,026

Średnia szerokość przyrostu rocznego sosny w okresie, który obejmuje zestawiona chronologia, wynosi 1,038 mm, przy odchyleniu standardowym 0,343. Natomiast średnia szerokość przyrostu świerka – 1,618 mm, z odchyleniem standardowym równym 0,605. Chronologia rzeczywista świerka w porównaniu do analogicznej chronologii sosny (ryc. 1), wyróżnia się przeciętnie dwukrotnie większymi wartościami szerokości słoików rocznych w latach 1940-1980 i 1995-2014.

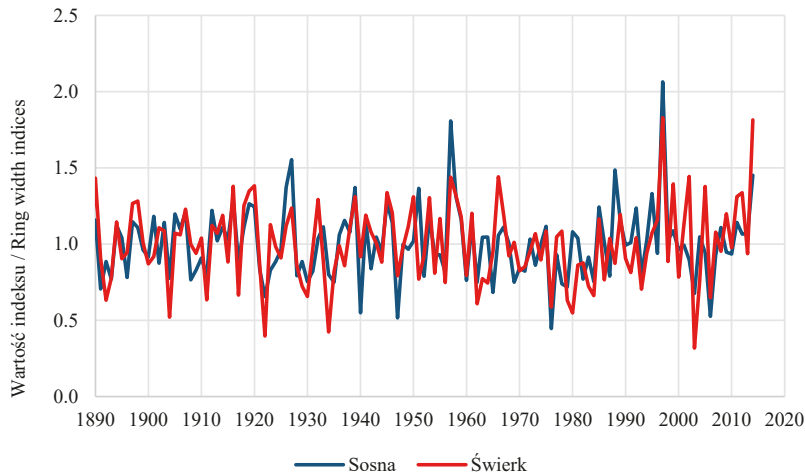


Ryc. 1. Chronologie rzeczywiste sosny zwyczajnej i świerka pospolitego

Fig. 1. Real chronologies of Scots pine and Norway spruce

Współczynnik korelacji pomiędzy gatunkami w przypadku chronologii indeksowanej (ryc. 2) jest wyższy niż dla chronologii rzeczywistej i wynosi 0,642.

Przykładem lat, w których przyrosty osiągają wielkości znacznie mniejsze niż średnia (ponad 2,5 odchylenia standardowego), są lata 1922, 1934 oraz 2003. Wyraźniej odznaczają się one w przypadku świerka. Z kolei w latach 1927, 1957, 1997 przyrost drzew (w szczególności sosny) jest znacznie wyższy niż średni.



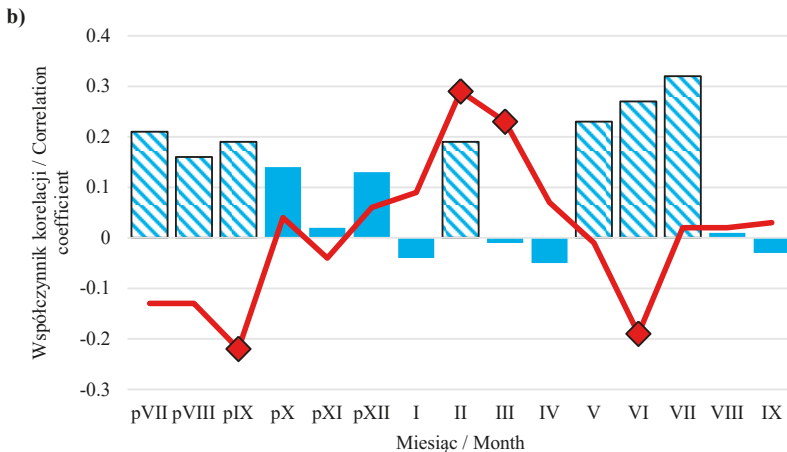
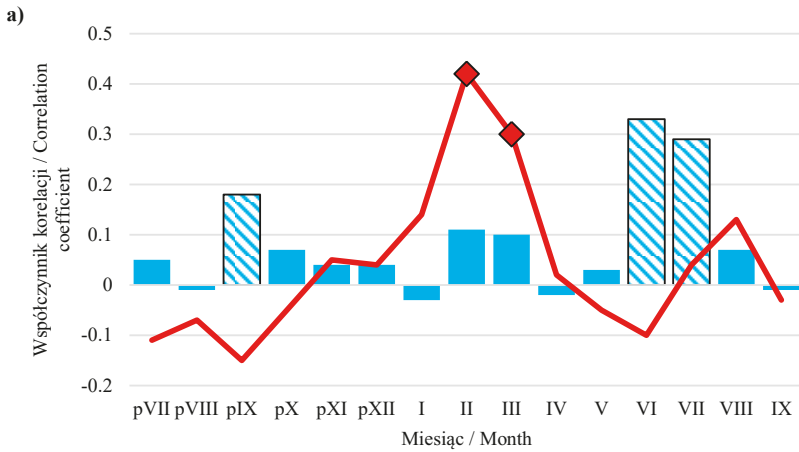
Ryc. 2. Chronologie rezydualne sosny zwyczajnej i świerka pospolitego
Fig. 2. Residual chronologies of Scots pine and Norway spruce

Na przyrost obydwu gatunków drzew szczególnie duży wpływ mają temperatury lutego i marca bieżącego roku, a także opady września poprzedniego roku oraz czerwca i lipca bieżącego roku (ryc. 3). W przypadku analizowanej relacji wartości współczynnika korelacji są istotne statystycznie gdy jego wartości bezwzględne są większe niż 0,155.

Świerk reaguje intensywniej od sosny zarówno na opady, jak i temperaturę, jednak przyrosty sosny są silniej niż w przypadku świerka skorelowane ze średnimi temperaturami lutego i marca bieżącego roku oraz z opadami czerwca bieżącego roku. Dla tych miesięcy współczynniki korelacji w przypadku sosny osiągają większe wartości.

Na uwagę zasługuje fakt, że korelacja pomiędzy wielkością przyrostu świerka a temperaturą września roku poprzedzającego i czerwca roku formowania się słoja jest ujemna. Oznacza to, że wysokie temperatury tych miesięcy niekorzystnie wpływają na przyrost badanych drzew.

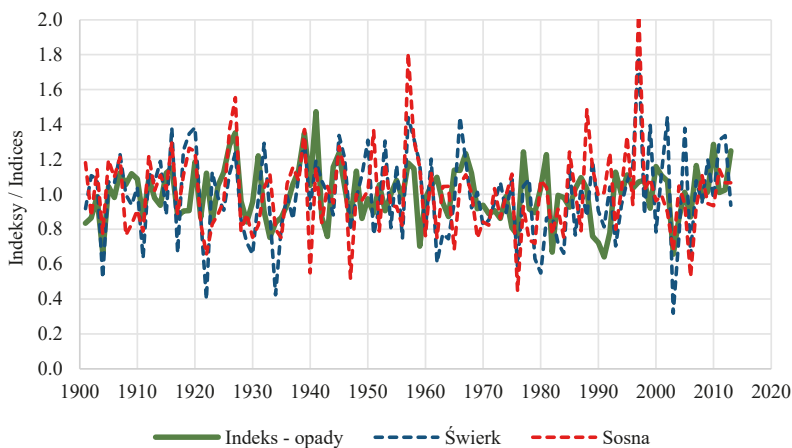
Oba gatunki drzew wykazują istotną, choć słabą korelację pomiędzy indeksowanymi sumami opadów z okresu styczeń-wrzesień roku tworzenia się przyrostu (ryc. 4) a indeksowanymi przyrostami rocznymi. W przypadku sosny wartość korelacji pomiędzy przyrostami rocznymi a opadami wynosi 0,30 ($p = 0,0012$), zaś u świerka 0,33 ($p = 0,0003$). Natomiast nieistotne statystycznie były różnice wartości współczynników korelacji obu gatunków drzew ($p = 0,8051$). Oznacza to, że świerk i sosna wykazuje podobną wrażliwość na ilość opadów atmosferycznych.



Ryc. 3. Współczynniki korelacji średniej miesięcznej temperatury (czerwona linia) i miesięcznej sumy opadów (niebieskie słupki) z szerokością słoja rocznego: a) sosna zwyczajna; b) świerk pospolity. Wyróżniono wartości istotne statystycznie (przez romby oraz paskowanie)

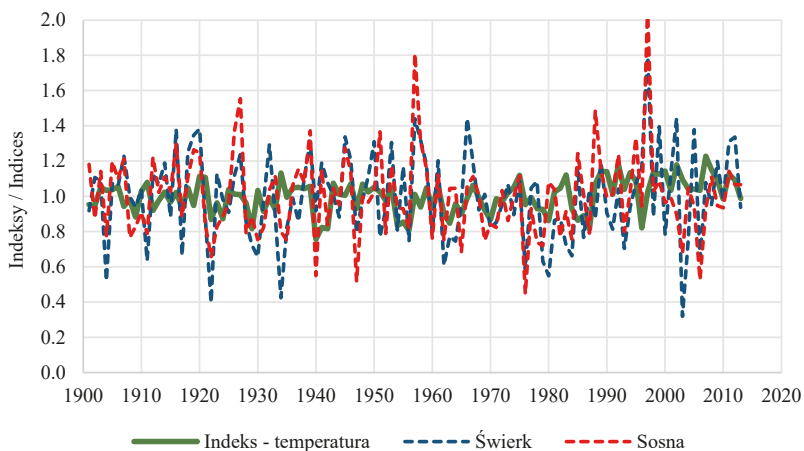
Fig. 3. Correlation coefficients of the average monthly temperature (red line) and monthly rainfall (blue bars) with the tree-ring width: a) Scots pine; b) Norway spruce. Statistically significant values were marked (with diamonds and striped bars)

Temperatura powietrza w mniejszym stopniu niż opady atmosferyczne jest powiązana z szerokością przyrostów radialnych. Dla sosny stwierdzono nieznacznie silniejszą korelację ($r = 0,26$; $p = 0,0054$) pomiędzy indeksami przyrostowymi drzew a indeksowaną temperaturą (ryc. 5), niż w przypadku świerka ($r = 0,19$; $p = 0,0438$). Różnice wartości tych współczynników korelacji okazały się jednak nieistotne statystycznie ($p = 0,5849$).



Ryc. 4. Porównanie indeksów przyrostowych drzew rosnących na stoku z indeksami sumy opadów atmosferycznych od stycznia do września

Fig. 4. Comparison of tree-ring indices with sum of precipitation indices from January to September



Ryc. 5. Porównanie indeksów przyrostowych drzew rosnących na stoku z indeksami sumy temperatur od stycznia do września

Fig. 5. Comparison of tree-ring indices with sum of temperature indices from January to September

Dyskusja

Sosna i świerk są gatunkami drzew, których właściwości ekologiczne pozwalają im zajmować oddzielne nisze ekologiczne, jednak w wielu miejscach w obszarze nakładania się ich zasięgów występowania często rosną w bliskim sąsiedztwie.

Sosna zwyczajna charakteryzuje się szerokim zakresem tolerancji wobec warunków środowiskowych, dzięki czemu rośnie na ogromnym obszarze Azji i Europy. Cechuje się dużą tolerancją temperatury powietrza i stosunkowo dużą odpornością na suszę. Świerk jest gatunkiem drzewa charakterystycznym dla obszarów górskich i borealnych. Jego płaski system korzeniowy pozwala mu rosnąć w miejscach o glebach płytkich, nawet o charakterze inicjalnym. Nie pozwala jednak korzystać z wody znajdującej się w głębszych warstwach gruntu. Świerk jest przez to wrażliwy na suszę, a dobrze wzrasta na stanowiskach wilgotnych (Jaworski 1995).

W badanym obiekcie drzewa rosące na stoku są narażone na okresowe niedobory wody w glebie, wynikające z odpływu powierzchniowego i grawitacyjnego (Gołąb 2012).

Sąsiedztwo zbiornika wodnego powoduje utrzymywanie się w badanym drzewostanie dość wysokiej względnej wilgotności powietrza. Może stanowić to czynnik korzystnie wpływający na przebieg wzrostu świerka (Jaworski 1995).

W literaturze brak jest wyników obserwacji wzrostu świerków i sosen rosnących na stokach w bliskim sąsiedztwie. W dotychczas prowadzonych badaniach dendroklimatycznych świerka za najbardziej podobne pod względem warunków wzrostu można uznać te dotyczące terenów górskich. Ich wyniki wskazały, że czynnikiem, który w największym stopniu wpływał na kształtowanie się przyrostów radialnych były warunki termiczne lata (Bednarz 1983, Savva i in 2006, Wilczyński i Feliksik 2004). W warunkach Polski tereny górskie charakteryzują się roczną sumą opadów znacząco wyższą od przeciętnej dla kraju, która często przekracza 1000 mm. Dla terenu badań objętego niniejszym opracowaniem przyjmuje się, że roczna suma opadów kształtuje się w przedziale od 625 do 700 mm (Sobik 1998, Lorenc 2005).

Jest to wartość wyższa od przeciętnej dla Polski, ale z uwagi na rozkład opadów w ciągu roku mogą występować tu okresy suszy. W takiej sytuacji drzewa rosące na stoku mogą odczuwać deficyt wody. Uzyskane wyniki wskazują, że w badanym obiekcie opady są czynnikiem silniej wpływającym na przyrost radialny obu gatunków drzew niż temperatura powietrza, przy czym związek ten był silniejszy w przypadku świerka.

Przeprowadzone pomiary pozwoliły stwierdzić, że świerk w okresach 1940-1980 oraz 1995-2014 tworzył słoje roczne o zdecydowanie większej szerokości niż sosna. Przekłada się to na większą produktywność świerczyn. Mniejsze przyrosty świerka w latach 1980-1995 mogą być powiązane z czynnikami, które wywołały katastrofę ekologiczną w pobliskich Górach Izerskich.

Badania dendroklimatyczne sosny z terenów bliskich geograficznie do obiektu badawczego analizowanego w niniejszej pracy wykazały pozytywną korelację z temperaturą stycznia, lutego i marca oraz sumą opadów czerwca, lipca i sierpnia (Feliksik i Wilczyński 2000). Wyniki uzyskane w niniejszej pracy częściowo potwierdzają te rezultaty, jednak nie wykazano istotnego wpływu temperatury stycznia i opadów sierpnia na wielkość przyrostu.

Wnioski

1. Zaobserwowano wysoką korelację pomiędzy sekwencjami osobniczymi drzew w obrębie gatunku. Umiarkowana siła związku pomiędzy chronologiami rzeczywistymi obu gatunków świadczy o odmiennych właściwościach ekologicznych sosny i świerka.

2. W latach 1940-1980 oraz 1995-2014 świerk wyróżniał się przeciętnie dwukrotnie większymi wartościami szerokości słojev rocznych niż sosna.

3. U obu gatunków drzew dodatnia i istotna statystycznie była korelacja wielkości przyrostu z sumą opadów czerwca i lipca bieżącego roku oraz września roku poprzedniego. Przyrost świerka dodatkowo był pozytywnie skorelowany z sumą opadów lutego i maja bieżącego roku oraz lipca i sierpnia poprzedniego roku.

4. U obu gatunków drzew stwierdzono istotny związek pomiędzy szerokością przyrostów rocznych a wartościami średniej miesięcznej temperatury powietrza lutego i marca. W przypadku świerka stwierdzono również ujemne korelacje przyrostów rocznych z temperaturą września roku poprzedzającego i czerwca roku formowania się słoja drewna.

5. W przypadku obu gatunków drzew rosnących na stoku to opady okazały się czynnikiem silniej limitującym przyrost radialny drzew niż temperatura powietrza.

Podziękowania

Autorzy pragną serdecznie podziękować pracownikom Nadleśnictwa Świeradów za pomoc okazaną w organizacji badań oraz członkom Sekcji Biometrii Leśnej Koła Naukowego Leśników za realizację prac terenowych.

Literatura

- Bednarz Z. 1983. Dendroclimatological investigations in the Tatra Mountains. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne, 57: 127-131.
- Biondi F., Waikul K. 2004. Dendroclim 2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree ring chronology. Computers and Geosciences, 30: 303-311.
- Cybis Dendrochronology. <https://www.cybis.se>. Ostatni dostęp: 15.05.2017.
- Czajka B. 2012. Wpływ wysokości n.p.m. na wrażliwość klimatyczną świerka pospolitego w masywie Babiej Góry. Studia i Materiały CEPL w Rogowie, 14 (30): 91-97
- Feliksik E., Wilczyński S. 2000. The influence of thermal and pluvial conditions on the radial increment of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from the area of Dolny Śląsk. Folia Forestalia Polonica Ser. A, 42: 55-66.
- Feliksik E., Wilczyński S., Durło G. 2005. Dendroklimatologiczna charakterystyka daglezi zielonej (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) występującej w Karpatach Polskich. ACTA Scientiarum Polonorum - Silvorum Colendarum Ratio et Industria Lignaria, 4: 11-23.
- Friedrichs D., Neuwirth B., Löffler J., Winiger M. 2007. Dendroclimatology in the Low Mountain Ranges, Germany. W: Haneca K., Verheyden A., Beekmann H., Gärtner H., Helle G., Schleser G. 2007. TRACE – Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Vol. 5: Proceedings of the DENDROSYMPOSIUM 2006. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, 74: 97-102.
- Fritts H. C. 1976. Tree rings and Climate. Academic Press, London–New York–San Francisco.
- Gołąb J. 2012. Symulacja objętości powierzchniowego spływu wody z sieci dróg leśnych w terenie górskim. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2: 129-139.
- Harris L., Jones P., Osborn T., Lister D. 2013. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. Int. J. Climatol. doi: 10.1002/joc.3711.
- Holmes R. L. 1999. Dendrochronology Program Library (DPL) Users Manual. LTRR University of Arizona, Tucson.
- Instrukcja Urządzenia Lasu. Część I. Instrukcja sporządzania projektu planu urządzenia lasu dla nadleśnictwa 2012. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Jaworski A. 1995. Charakterystyka hodowlana drzew leśnych. Gutenberg, Kraków.
- Lorenc H. 2005. Atlas klimatu Polski. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Michałowicz P., Malik I., Wistuba M. 2014. Dendrochronologiczny zapis niewielkich trzęsień ziemi występujących na Podhalu. Studia i Materiały CEPL w Rogowie, 40 (3): 203-210.

- Migoń P. 2009. Geomorfologia. PWN, 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.
- Plan Urządzenia Lasu dla Nadleśnictwa Świeradów na okres od 1stycznia 2008 r. do 31grudnia 2017 r. 2007. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Brzeg.
- Pospieszńska A., Koprowski M., Zielski A., Przybylak R. Climate reaction of old stands *Pinus sylvestris* L. in Gołębki Forest Inspectorate (Poland). W: Levanic T., Gricar J., Hafner P., Krajnc R., Jagodic S., Gärtner H., Heinrich I., Helle G. 2010. TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Vol. 8: Proceedings of the DENDROSYMPOSIUM 2009, April 16th-19th 2009, Otočec, Slovenia. GFZ Potsdam, Scientific Technical Report STR 10/05, Potsdam: 83-88.
- Remisz J., Bijak S. 2011. Dendrochronological record of scree slopes activity on Ostrzyca basalt plug (South-Western Poland). W: Maaten-Theunissen M., Spiecker H., Gärtner H., Helle G., Heinrich I. (Eds.) (2011): TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Vol. 9. GFZ Potsdam, Scientific Technical Report STR 11/07, Potsdam: 97-102.
- Savva Y., Oleksyn J., Reich P. B., Tjoelker M. G., Vaganov E. A., Modrzyński J. 2006. Interannual growth response of Norway spruce to climate along an altitudinal gradient in the Tatra Mountains, Poland. *Trees - Structure and Function*, 20 (6): 735-746.
- Schweingruber F. H., Kairiukstis L., Shiyatow S., 1990. Sample selection. W: Cook E. R., Kairiukstis L. A. (Eds), *Methods of Dendrochronology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Sobik M. 1998. Specyficzne cechy klimatu Gór Izerskich, w: Mięka K., Sobik M. (red.): *Problemy klimatyczno-botaniczne Gór Izerskich, Świeradów Zdrój*: 29-35
- Stępniewski K., Demczuk P., Rodzik J., Siwek K. 2010. Związki między opadem deszczu a splywem powierzchniowym i splukiwaniem gleby na poletkach doświadczalnych o różnym użytkowaniu (Guciów – Roztocze Środkowe). *Prace i Studia Geograficzne*, 45: 229-241
- Wilczyński S., Feliksik E. 2004. The dendrochronological monitoring of the Western Beskid Mountains (southern Poland) on the basis of radial increments of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Forestry*, 7, 2.
- Wilgat T. 1963. Dorobek polskiej hydrogeografii. *Przegląd Geograficzny*, 35 (3): 327-351.

**Wanda Sabat¹, Andrzej Sas¹, Elżbieta Racibor¹,
Robert Tomusiak², Rafał Wojtan²**

¹ Sekcja Biometrii Leśnej Koła Naukowego Leśników

² Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produktowności Lasu

Wydział Leśny, SGGW w Warszawie

sabat.wanda@gmail.com, rafal.wojtan@wl.sggw.pl