

# Wpływ klimatu na przyrost radialny świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst.) w Bieszczadach

Monika Kaczmarczyk, Ryszard J. Kaczka

**Abstrakt.** Opracowano osiem chronologii stanowiskowych dla świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst) rosnącego w Bieszczadach. Została ona wykorzystana do określenia, czy dysjunkcja świerka w tym regionie jest uwarunkowana klimatycznie. Opracowana chronologia regionalna (1926–2010) została porównana ze średnią miesięczną temperaturą powietrza, miesięczną sumą opadów i indeksem intensywności suszy Palmera. Chronologia rezydualna wykazała najsilniejszy związek z temperaturą lata ( $r = 0,34$ ). Dla opadów żaden z uzyskanych wyników korelacji nie był istotny statystycznie, dla indeksu suszy Palmera był to jedynie czerwiec poprzedniego roku ( $r = 0,26$ ). Ogólny charakter zależności wzrostu świerków od klimatu jest dla Bieszczad podobny do obserwowanego w całych Karpatach. Wynika z tego, że klimat nie jest czynnikiem ograniczającym obecność świerka w lasach bieszczadzskich.

**Słowa kluczowe:** Bieszczady, świerk pospolity, dendroklimatologia, górna granica lasu

**Abstract.** Climate influence on the radial growth of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) in the Bieszczady Mts. Eight Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) chronologies from Bieszczady Mts were aggregated and compared. The analysis of growth/climate response aimed to define if climate plays a role in Carpathian disjunction in spruce natural range. The regional chronology spanning 1926–2010 was build and compared with temperature, precipitation and PDSI. The residual chronology correlates significantly at  $p < 0.01$  with summer temperature ( $r = 0.34$ ). The precipitation and PDSI have much weaker influence on the grow of spruces; only correlation with previous year June PDSI ( $r = 0.26$ ) is statistically significant, whereas precipitation has no effect. This character of growth/climate response is similar to other regional spruce chronologies from the Carpathians, therefore this factor is not related to the creation or maintaining of disjunction.

**Key words:** Bieszczady Mts., Norway spruce, dendroclimatology, timberline

## Wstęp

Bieszczady Wysokie to wyjątkowy pod względem struktury pięter roślinno-klimatycznych obszar w skali całych Karpat. Górna granica lasu występuje tam niżej i brak jest typowego dla pozostałych masywów karpaccich piętra regla górnego, naturalnego siedliska świerkowego. W Bieszczadach Wysokich świerki występują za to w postaci naturalnej domieszki w lasach bukowo-jodłowych lub w sztucznych monokulturach. Główne hipotezy tłumaczące tę sytuację

to: a) śródkarpacka dysjunkcja świerka związana z postglacialną migracją tego gatunku (Ralska-Jasiewiczowa 1980; Boratyński 1998), b) klimatyczna presja związaną z przesuszającą glebę działalnością południowych wiatrów panońskich (Rehman 1895; Zarzycki i Głowaciński 1986) i c) antropogeniczne przekształcenie najwyższych partii Bieszczad w wyniku działalności pasterzy wołoskich (Hołowkiewicz 1885).

Celem badań było określenie kondycji świerków w Bieszczadach Wysokich oraz zidentyfikowanie zależności ich wzrostu od czynników klimatycznych.

## Teren badań

Bieszczady Zachodnie to góry typu średniego z kulminacją zwaną Bieszczadami Wysokimi (Tarnica 1346 m n.p.m.). Należą do Beskidów Wschodnich (Kondracki 1989). W kształtowaniu stosunków klimatycznych Bieszczadów dużą rolę odgrywa ich sąsiedztwo z obszarami wschodnimi Europy, będącymi pod wpływem klimatu kontynentalnego (Krygowski 1975). Średnia roczna temperatura powietrza w Ustrzykach Górnych wynosi 6,7°C, z minimum w styczniu (-5,3°C) i maksimum w lipcu (14,8°C) (Michna i Paczos 1987). W najwyższej części polskich Bieszczadów średnia miesięczna temperatura szacowana jest na -6,7°C w styczniu oraz 11,5°C w lipcu (Niedźwiedz 1983). Średnia roczna suma opadów w Bieszczadach wynosi od około 900 mm w niższych częściach, do 1135 mm w Wetlinie. Szacuje się, że na najwyższych grzbietach przekracza 1300 mm (Michna i Paczos 1987). W przebiegu rocznym najwyższe sumy opadów przypadają na lipiec, natomiast najmniejsze na styczeń i luty.

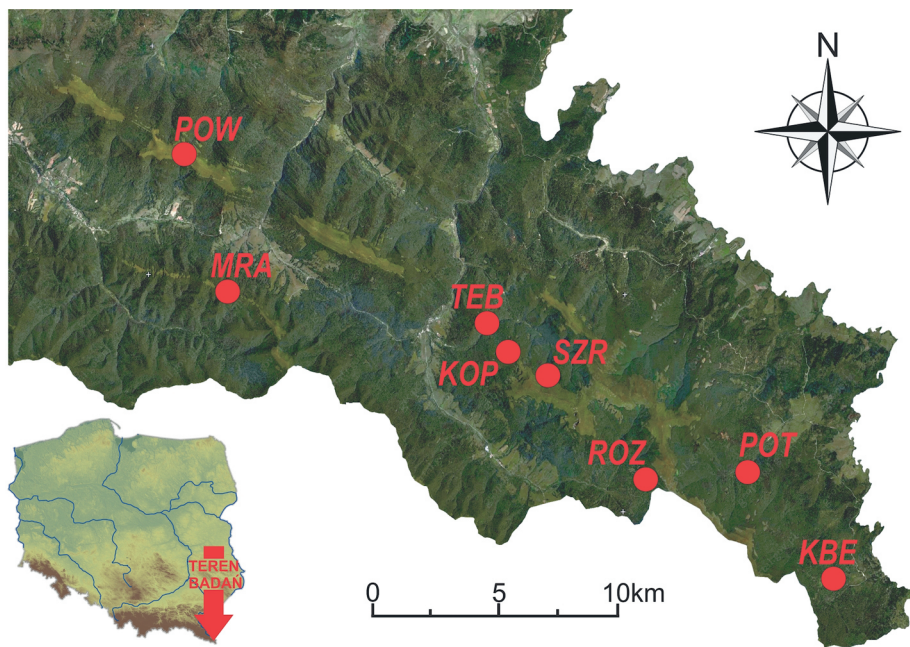
Piętą regła dolnego zajmuje największy obszar Bieszczadów Wysokich, dominują tam ekosystemy leśne o charakterze naturalnym. Są to przede wszystkim lasy bukowe, bukowo-jodłowe, bukowo-jaworowe, jaworowe, olszowe i świerkowo-jodłowe. Górną granicę lasu tworzą po części karłowate zarośla bukowe, w pozostałych miejscach z połoninami graniczą wysokopiennie lasy bukowe z domieszką jaworów. Z niewielkich lasów świerkowych lub bukowo-świerkowych pozostały jedynie pojedyncze, pokręcone świerki lub małe ich grupy na zboczach Bukowego Berda, Krzemienia i Halicza (Zarzycki i Głowaciński 1986).

## Materiał i metody

Badaniom poddano ponad 350 drzew rosnących na 8 stanowiskach (Dolina Terebowca, Kopyny, Szeroki Wierch, Mała Rawka, Rozsypaniec, Potasznia, Połonina Wetlińska, Kiczera Beniowska) (ryc. 1). Ich dobór był podyktowany głównie występowaniem świerczyn w Bieszczadach Wysokich. Charakterystyka stanowisk jest wyraźnie heterogeniczna. Świerki rosną na różnej wysokości, a ich skupiska to zarówno naturalna domieszka w lesie bukowo-jodłowym jak i nasadzenia (ryc. 2 i 3).

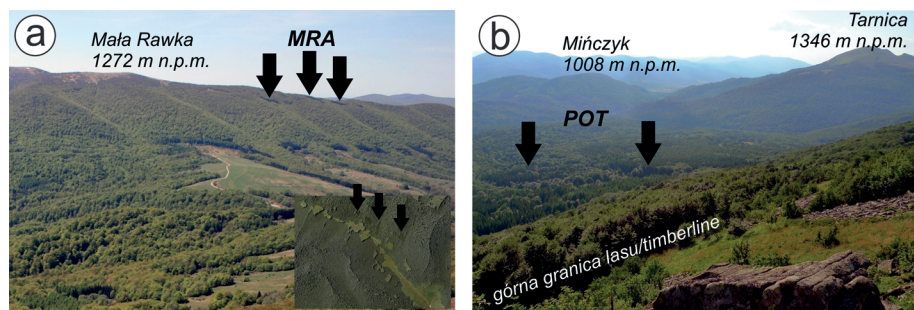
Próby w postaci rdzeni pobrano za pomocą świdra przyrostowego. Badania zebranego w terenie materiału przeprowadzono z wykorzystaniem standardowych metod dendrochronologicznych bazujących na analizie szerokości przyrostów rocznych. Ich pomiar poprzedzono preparacją, która miała na celu uzyskanie powierzchni zapewniających odpowiednio dobrą widoczność granicy słoju. Pomiar szerokości przyrostów wykonano z zastosowaniem programu Coorecorder (Cybis Elektronik & Data AB), który służył do pracy ze skanami prób o szerokich słojach. Resztę pomiarów wykonano za pomocą przyrostomierza stolikowego (Velmex). Pomiarzy zostały sprawdzone wizualnie (program CDendro Cybis Elektronik & Data AB) i statystycznie

(program Cofecha) w celu wykrycia błędów, brakujących przyrostów i niesynchroniczności chronologii. Sekwencje stanowiskowe i chronologię regionalną (ryc. 3) zbudowano za pomocą programu Arstan (Cook i Holmes 1986).



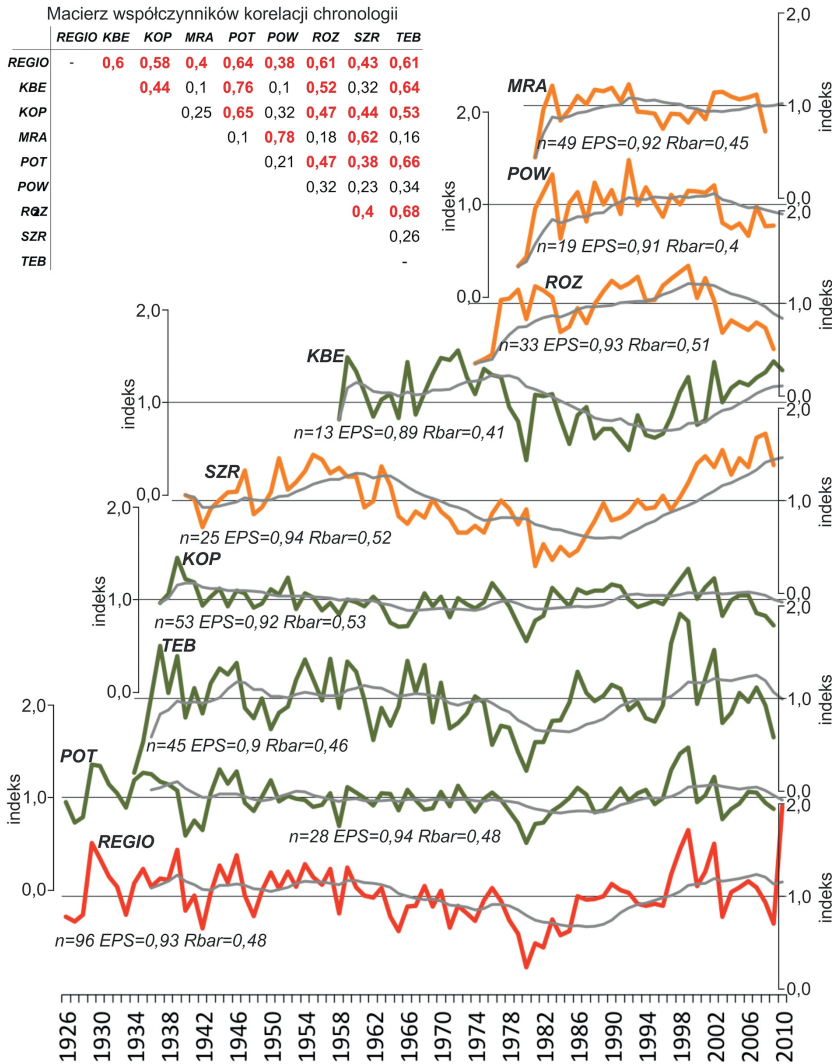
Ryc. 1. Lokalizacja terenu badań i stanowisk dendrochronologicznych

Fig. 1. Location of study area and sampling sites



Ryc. 2. Przykłady dwóch typów stanowisk badawczych: a) stanowiska zlokalizowane w strefie górnej lasu (Mała Rawka 1153 m n.p.m.), b) płyty świerków rosnących w dnie doliny (Potasznia 880 m n.p.m.)

Fig. 2. Examples of two types of the sampling sites: a) the spruces growing near timberline (Mała Rawka Mt. 1153 m a.s.l.), b) spruces patches in the mixed forest in the bottom of the valley (Potasznia 880 m a.s.l.)



Ryc. 3. Standardowe chronologie stanowiskowe (linia pomarańczowa >1000 m n.p.m., linia zielona <1000 m n.p.m.) i chronologia regionalna (linia czerwona)

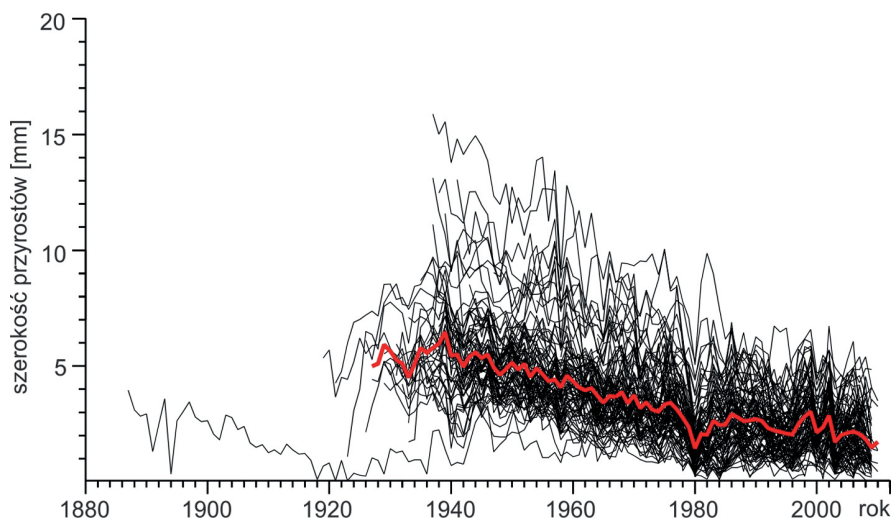
Fig. 3. Site standard chronologies (orange >1000 m a.s.l.<green) and regional chronology (red)

Analizy dendroklimatyczne przeprowadzono, wykorzystując do określenia wpływu średniej miesięcznej temperatury powietrza, miesięcznej sumy opadów oraz indeksu intensywności suszy Palmera PDSI (Palmer 1965) współczynnik korelacji liniowej Pearsona. Wykorzystane dane klimatyczne pochodzą z gridowej bazy danych klimatycznych CRU TS 3.1 (Harris i in. 2013).



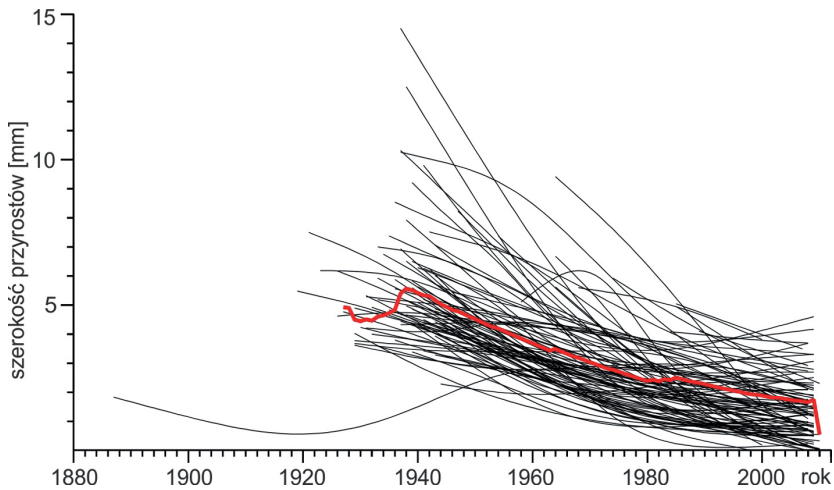
## Wyniki i dyskusja

Ze względu na maksymalny wiek badanych świerków można wyróżnić trzy typy stanowisk. Najmłodsze świerki (stanowiska MRA, POW, ROZ) pochodzą z monokulturowych nasadzeń i mają od 25 do 33 lat. Nieco starsze drzewa (69–73 lat) można spotkać na stanowiskach SZR i KOP, gdzie świerki, rosnąc w różnym skupieniu, stanowią domieszczę w lesie jodłowo-bukowym o charakterze naturalnym (Kucharzyk i Przybylska 1997). Trzecia grupa to drzewa wyraźnie starsze, pochodzące z Doliny Terebowca (TEB), gdzie wiek najstarszego świerka wynosi 133 lata, oraz Kiczery Beniowskiej (KBE) – 101 lat. Stanowiska te zlokalizowane są na obszarze najstarszych naturalnych bieszczadzskich połąci świerka (Kucharzyk i Przybylska 1997). Średni wiek drzew tam rosnących jest zbliżony (70 lat – TEB, 55 lat – KBE). Średnia szerokość przyrostów rocznych badanych drzew to 3,46 mm. Stwierdzono dużą rozbieżność szerokości przyrostów między stanowiskami, od 4,05 (TEB) do 9,81 mm (POW), co jest wynikiem zróżnicowania wieku i warunków wzrostu badanych drzew. Rozbieżności te widoczne są również wśród drzew budujących chronologię regionalną (ryc. 4). Dla tej grupy (96 drzew ze wszystkich 8 stanowisk) średnia szerokość przyrostu (3,09 mm) jest zbliżona do średniej z całej badanej populacji (ponad 350 drzew). Drzewa, które charakteryzują się najszerszymi przyrostami, rozpoczęły swój wzrost w latach 40. XX w. Nie są to więc najmłodsze osobniki z nasadzeń monokulturowych. Świerki te wykazują również wyraźny trend wiekowy, który może być opisany krzywą o kształcie zbliżonym do funkcji wykładniczej (ryc. 5). Historia wzrostu większości drzew jest jednak bardziej złożona, szczególnie dobrze widoczna jest depresja szerokości przyrostów na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku i późniejsza regeneracja (ryc. 4). Powoduje to konieczność zastosowania do indeksacji ciągów pomiarowych funkcji sklepanych, zgodnie z algorytmem Reinscha (ryc. 5).



Ryc. 4. Dendrogramy, na podstawie których zbudowano chronologię regionalną świerka pospolitego w Bieszczadach Wysokich

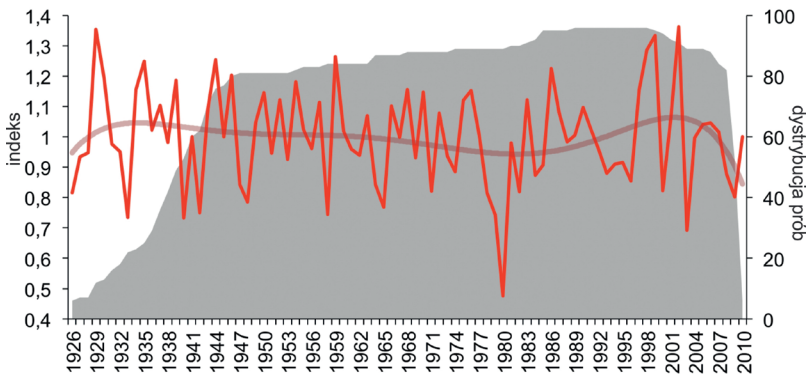
Fig. 4. The summary plot of tree-ring series used to establish the regional chronology



**Ryc. 5.** Indywidualne trendy wiekowe (algorytm Reinscha,  $s = 66$ ), które wykorzystano do indeksacji i budowy chronologii regionalnej

*Fig 5. Individual age trends (Reinsch algorithm,  $s = 66$ ) used to detrend the tree-ring measurements*

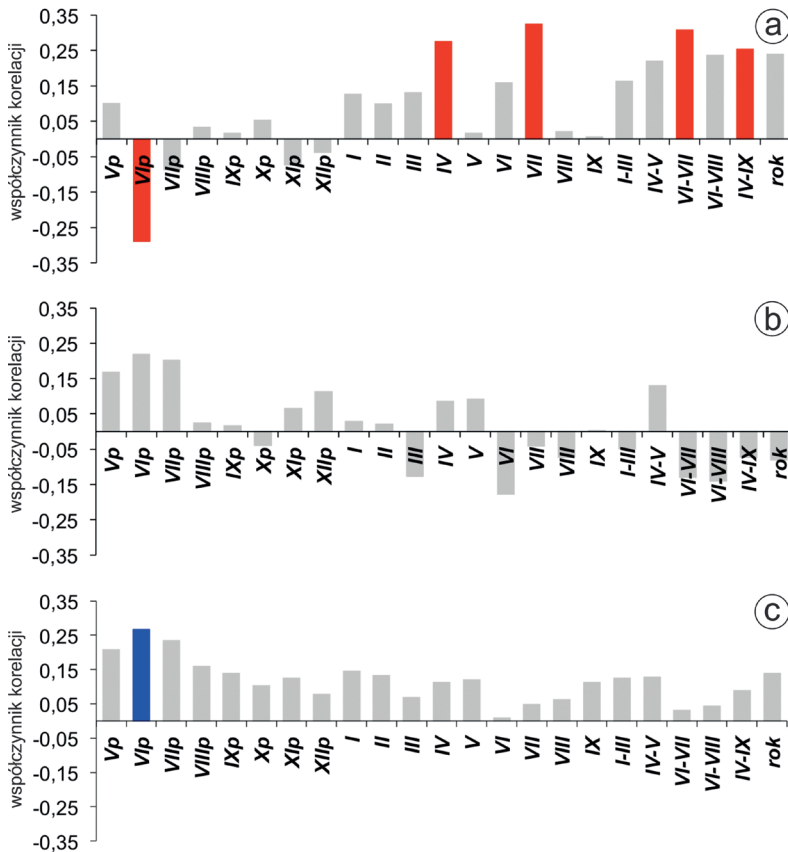
Pogorszenie kondycji badanych drzew w tym okresie jest widoczne w 5 z 6 chronologii stanowiskowych sięgających odpowiednio daleko w przeszłość, tak aby móc je zarejestrować. Jedynie drzewa z Rozsypańca, będące w początkowej fazie wzrostu juvenilnego, nie wykazują pogorszenia kondycji wzrostu. Analizowany okres jest najłatwiej dostrzegalnym i najpowszechniej występującym „wzorem” w pojedynczych dendrogramach (ryc. 5), chronologiach stanowiskowych oraz chronologii regionalnej zarówno w odmianie standardowej (ryc. 3), jak i rezydualnej (ryc. 6). Tak wyraźna redukcja przyrostów dla tego okresu jest widoczna również w innych regionach Karpat (Kaczka i Büntgen 2007; Biczuk i Kaczka 2014) i może być wiązana z wyjątkowo niską temperaturą okresu wegetacyjnego w latach 1976, 1978, 1980 (Biczuk i Kaczka 2014).



**Ryc. 6.** Rezydualna chronologia regionalna

*Fig. 6. Regional residual chronology of Norway spruce in Bieszczady Mts*

Określenie charakteru i stopnia wrażliwości świerków w Bieszczadach ma kluczowe znaczenie dla rozwoju badań nad dysjunkcją tego gatunku w tej części Karpat. Słuszność tezy Rehmana (1895) mogłaby zostać potwierdzona przez stwierdzenie wysokiej korelacji szerokości przyrostów z elementami klimatu odpowiedzialnymi za dostępność wody dla tych drzew. Czynnikiem najsilniej kontrolującym wzrost świerków jest temperatura lipca i okresu czerwiec–lipiec ( $r = 0,34$  i  $0,33$ ). Istotnie statystycznie ( $p = 0,05$ ) są również pozytywne relacje szerokości przyrostów z temperaturą w kwietniu i w czasie zbliżonym do okresu wegetacyjnego (IV–VII), a negatywne w czerwcu roku poprzedniego (ryc. 7a). Pozytywny wpływ ciepłoty powietrza lata jest typowym zjawiskiem dla świerków z obszarów górskich takich jak Karpaty (Kaczka i Büntgen 2007) i Alpy (Rolland i in. 1998; Frank i Esper 2005).



**Ryc. 7.** Związek szerokości przyrostów drewna wtórnego świerka pospolitego z Bieszczad Wysokich z: a) średnią miesięczną temperaturą powietrza, b) sumą miesięczną opadów atmosferycznych, c) wartościami indeksu intensywności suszy Palmera PDSI. Wpływ poszczególnych elementów klimatu wyrażono wartością współczynnika korelacji Pearsona. Słupki kolorowe oznaczają wartości istotne statystycznie dla  $p = 0,05$

*Fig. 7. The climate-growth response to: a) monthly temperature, b) precipitation, c) Palmer index (PDSI). Coloured bars represent correlation coefficient significant at  $p = 0.05$*

Analizowane świerki nie wykazują istotnej statystycznie korelacji z miesięcznymi sumami opadów (ryc. 7b). Szerokość słoju badanych drzew wykazuje równie słabą relację z indeksem intensywności suszy Palmera (ryc. 7c). Jedynie istotna statystycznie jest dodatnia korelacja szerokości przyrostów z wartościami tego parametru w czerwcu poprzedniego roku.

## Wnioski

- Badane na terenie Bieszczadów Wysokich świerki, pomimo wyraźnych różnic w lokalizacji stanowisk i charakterze drzewostanu, cechują się dużym podobieństwem przebiegu sekwencji szerokości przyrostów.
- Analizy dendroklimatyczne wykazały pozytywne znaczenie temperatury lipca i okresu wiosenno-letniego (kwiecień-lipiec) jako czynnika sprzyjającego przyrostowi pierścieni tych drzew.
- Uzyskane wyniki w większości nie potwierdzają hipotezy dotyczącej wpływu wysuszających wiatrów z Niziny Panońskiej na kształt górnej granicy lasu w Bieszczadach Wysokich. Bieszczadzkie świerki nie wykazują wrażliwości na miesięczne sumy opadów. Brak istotnego statystycznie wpływu wskaźnika intensywności suszy Palmera na wzrost radialny tych drzew również przeczy tezie, że susza glebowa determinuje absencję świerczyn w górnej granicy lasu.

## Literatura

- Biczek T., Kaczka R.J. 2014. Klimatyczne uwarunkowania powstawania anomalii drewna wtórnego na przykładzie świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst) w Tatrach. *Studia i Materiały CEPL, Rogów*, 40 (3): 9–18.
- Boratyński A. 1998. Systematyka i geograficzne rozmieszczenia. O dysjunkcjach w zasięgu świerka. W: *Biologia świerka pospolitego*. PAN. Instytut Dendrologii. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Cook E.R., Holmes R.L. 1986. User's manual for computer program ARSTAN. W: Holmes R.L., Adams R.K., Fritts H.C. (red.). *Tree ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin*. Chronology Ser. 6. University of Arizona, Tucson: 50–56.
- Frank D., Esper J. 2005. Characterization and climate response patterns of a high-elevation, multi-species tree-ring network in the European Alps. *Dendrochronologia* 22/2: 107–121.
- Harris I., Jones P.D., Osborn T.J., Lister D.H. 2013. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations—the CRU TS3. 10 Dataset. *International Journal of Climatology*, 34: 623–642.
- Hołowkiewicz E. 1885. Lasy i pastwiska górskie. *Sylvan*, 3: 207–247.
- Kaczka R.J., Büntgen U. 2007. Spatial autocorrelation and growth/climate response of a high elevation spruce network along the Carpathian arc. *TRACE* 5: 103–112.
- Kondracki J. 1989. *Karpaty, WSiP*, Warszawa.
- Krygowski W. 1975. *Bieszczady i Pogórze Strzyżowsko-Dynowskie*, Sport i Turystyka, Warszawa.

- Kucharzyk S., Przybylska K. 1997. Skład gatunkowy i struktura drzewostanów w Bieszczadzkim Parku Narodowym oraz monitoring tendencji dynamicznych. *Roczniki Bieszczadzkie*, 6: 145–147.
- Michna E., Paczos S. 1972. Zarys klimatu Bieszczadów Zachodnich. Ossolineum, Wrocław.
- Palmer W.C. 1965. Meteorological drought. Weather Bureau Research PaDer No. 45, U. S. Dept. of Commerce, Washington, DC 58.
- Ralska-Jasiewiczowa M. 1980. Late-Glacial and Holocene vegetation of the Bieszczady Mts. (Polish Eastern Carpathians). PWN, Warszawa – Kraków.
- Rehman A. 1895. Ziemia dawnej Polski. Cz. I. Karpaty. Lwów.
- Rolland C., Petitcolas V., Michalet R. 1998. Changes in radial tree growth for *Picea abies*, *Larix decidua*, *Pinus cembra* and *Pinus uncinata* near the alpine timberline since 1750. *Trees*, 13: 40–53.
- Zarzycki K., Głowaciński Z. 1986. Bieszczady. Wiedza Powszechna, Warszawa.

**Monika Kaczmarczyk, Ryszard J. Kaczka**

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi

monikakaczmarczyk@onet.pl

ryszard.kaczka@us.edu.pl