

Przestrzenne zróżnicowanie dynamiki wzrostu drzew ponad górną granicą lasu na Babiej Górze

Patrycja Michałowicz, Barbara Czajka, Ryszard J. Kaczka

Abstrakt. Celem badań było określenie dynamiki wzrostu drzewostanu i jej przestrzennego zróżnicowania na podstawie wieku drzew, ich lokalizacji oraz historii siedlisk ponad górną granicą lasu. Badania dotyczyły obszaru ponad górną granicą lasu na Babiej Górze (1725 m n.p.m.), dwóch najwyżej położonych stanowisk świerka w Beskidach: a) obszaru pod główną granią, gdzie występuje kępa drzew o charakterze zwartej drzewostanu oraz b) hali i kosodrzewiny, gdzie rosną pojedyncze drzewa. Pobrano i przeanalizowano próby ze 156 drzew (z 52 pojedynczych świerków i 104 z kępy). Opracowane chronologie rezydualne (charakteryzujące się wysoką korelacją między stanowiskami) zestawiono z temperaturą i opadami z bazy danych CRU 3.1. Zbadano strukturę wiekową drzewostanów i występowanie brakujących przyrostów w świerkach rosnących w obrębie każdego ze stanowisk. Najmłodsze są drzewa rosnące pojedynczo (średni wiek 30–40 lat) w przeciwieństwie do świerków rosnących w obrębie płatu (średni wiek 130–140 lat, najstarszy osobnik 213 lat), przy czym drzewa rosnące pojedynczo charakteryzują się szerszymi i kompletniejszymi przyrostami niż świerki w obrębie płatu. W płacie lasu zaobserwowano dużą ilość drzew (16) z brakującymi przyrostami – wśród pojedynczych drzew odnotowano tylko jeden taki przypadek. Drzewa rosnące w obydwu siedliskach wykazują dużą wrażliwość na temperaturę lata (czerwiec–lipiec). Uzyskane wyniki badań dają podstawy do twierdzenia, iż dogodniejsze warunki do wzrostu posiadają świerki rosnące pojedynczo na hali niż świerki rosnące w płacie.

Słowa kluczowe: świerk pospolity, Babia Góra, ponad górną granicą lasu, struktura wiekowa, analizy przestrzenne

Abstract. *Spatial distribution of growth of Norway spruces above the timberline at Mt. Babia Góra.* The aim of the study was to determine the condition of trees growing above the timberline as the function of location and history of particular habitats. The research concerned an area located above the timberline at Mt. Babia Góra (1725 m a.s.l.) in northern part of Carpathian Arc. The studies compares Norway spruce *Picea abies* L. Karst growth dynamics in two habitats: a) a patch located just below the main mountain ridge, above the timberline and b) single trees growing on the clearing and mountain pine zone. We analysed samples from spruces growing at and above the timberline: 52 samples from trees growing individually and 104 from the patch. Each tree was localized by high-resolution GPS. The analysis based on the age structure of the sites, number of missing rings and sites chronologies. The youngest are the solitary spruces (most of the trees at the age of 30–40 years), while the oldest trees within timberline at the northern slopes (majority of the trees at the age of 130–140 years, maximum age – 296 years). The highest number of missing rings was

observed in spruces growing in the patch (16 trees), while the lowest (recorded only for one tree) for those growing as a solitary tree on a clearing. Within the patch the conditions for growth of the trees are deteriorating with altitude, as evidenced by analysed average width of tree-rings. While young, solitary trees and their good condition (low number of the missing tree-rings) probably prove the recovery of environmental conditions since the end of 1970s.

Key words: Norway spruce, Mt. Babia Góra, above timberline, age structure, spatial analyst

Wstęp

Masyw Babiej Góry jest usytuowany w Beskidzie Żywieckim, w Beskidach Zachodnich w łańcuchu Zewnętrznych Karpat Zachodnich (Kondracki 1998). Najwyższy szczyt masywu to Diablak (1725 m n.p.m.). Jest to jedyny w obrębie tej części Karpat masyw, w którym wykształciły się wszystkie piętra roślinno-klimatyczne (Łajczak 2005) (ryc. 1). Charakterystyczne ukształtowanie Babiej Góry jako bariery orograficznej (Łajczak 2005), a co za tym idzie specyficzny klimat tego obszaru skutkuje różnicami w wysokości granic poszczególnych pięter roślinnych na stokach północnym i południowym, w tym także w przebiegu górnej granicy lasu (GGL), która na stoku północnym znajduje się na średniej wysokości 1330 m n.p.m., natomiast na stoku południowym 1400 m n.p.m. (Czajka i Kaczka 2014). Obszar ponad górną granicą lasu w około 80% porasta kosodrzewina, natomiast pozostałą część stanowią hale, a w partiach szczytowych masywu wychodnie skalne. Ponad górną granicą lasu w piętrze kosodrzewiny bardzo licznie występują świerki, rosnąc zarówno w zwartym płacie, jak i pojedynczo na hali i wśród kosodrzewiny.

Na charakter górnej granicy lasu i kosodrzewiny wpływ mają zarówno czynniki przyrodnicze: klimat, rzeźba terenu, wysokość nad poziomem morza, a także te związane z działalnością człowieka (Schweingruber 1996; Jodłowski 2007). W Polsce środowiskiem ponad górną granicą lasu zarówno Babiej Góry, jak i Tatr oraz Karkonoszy zajmowali się Jodłowski (2007) oraz Balon (2007), jednakże badania te dotyczyły wyłącznie kosodrzewiny lub skupiały się na aspekcie stabilności środowiska biotycznego. Większość prac naukowych skupia się na ekotonie górnej granicy lasu. Najlepiej pod tym względem zbadany w Polsce jest obszar Tatr (Guzik 2008; Czajka i in. 2010). Na Babiej Górze zagadnieniem tym zajmował się Zientarski (1985), Bednarz (1996), Wilczyński i Feliksik (2004), Büngen i in. (2007), Czajka (2012) oraz Czajka i Kaczka (2014). Na pobliskim Pilsku badania prowadziła Szychowska-Krąpiec (1998). Środowisko ponad górną granicą lasu jest natomiast słabiej poznane i wymaga badań nie tylko w aspekcie klimatycznym, ale także uwzględnienia innych czynników jak rzeźba terenu czy wpływ człowieka (Paulsen i in. 2000).

Celem badań było określenie: a) dynamiki wzrostu drzew rosnących powyżej GGL, b) wpływu klimatu na ich wzrost i c) przestrzennego zróżnicowania wyżej wskazanych cech.

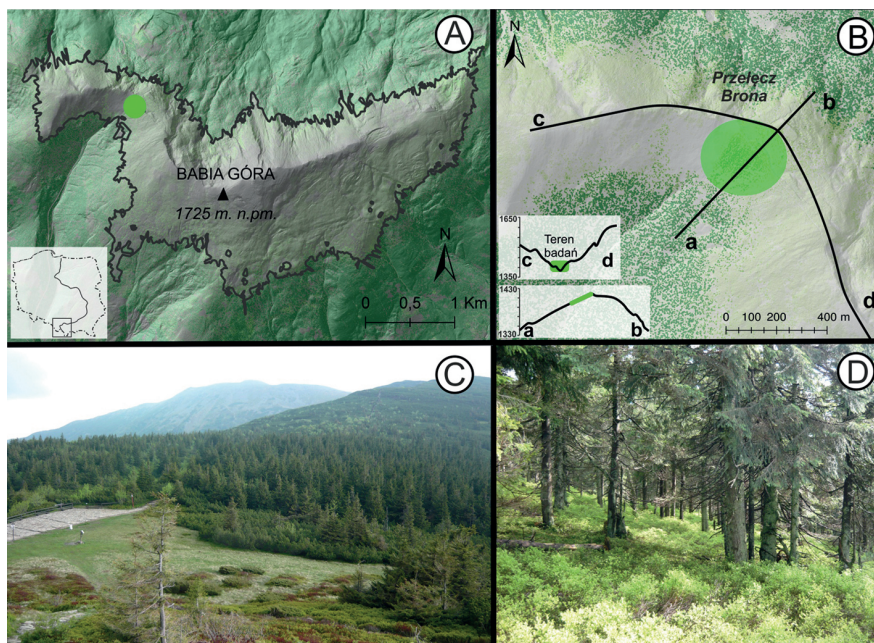
Material i metody

Materiał zebrano na dwóch stanowiskach:

- a) SPL: płat zwartego lasu zlokalizowany ponad górną granicą lasu, (transekt o orientacji NE-SW – opróbowano 104 drzewa),

b) SPO: hala i kosodrzewina, w obrębie których rosną pojedyncze drzewa (opróbowano 52 drzewa).

Pierwszym z badanych stanowisk jest płat zwartego lasu usytuowany ponad górną granicą lasu. Jest on położony w całości na stoku południowym w sąsiedztwie przełęczy Brona, oddzielającej dwa najwyższe wierzchołki masywu Babiej Góry (ryc. 1B, D). Powierzchnia płatu wynosi około 2,5 ha. Dolny jego skraj położony jest 125 m poniżej grzbietu, natomiast od góry jest on ograniczony główną granią. Od północy, północnego-wschodu i wschodu świerki graniczą z gęstą kosodrzewiną, od południa z pasem kosodrzewiny (szerokość 50 m), poniżej którego biegnie już górna granica lasu. Po zachodniej stronie płatu znajduje się otwarta przestrzeń hali, którą porastają pojedyncze świerki (ryc. 1C). Pojedyncze świerki podzielić można na trzy grupy ze względu na ich lokalizację. Pierwsza grupa rośnie na hali, najbliższej przełęczy Brona. Kolejną grupę stanowią wspomniane już świerki rosnące wśród kosodrzewiny pomiędzy zwartym płatem a górną granicą lasu. Ostatnią z grup są drzewa usytuowane na południowy wschód od płatu rosnące wśród zwartej kosodrzewiny.



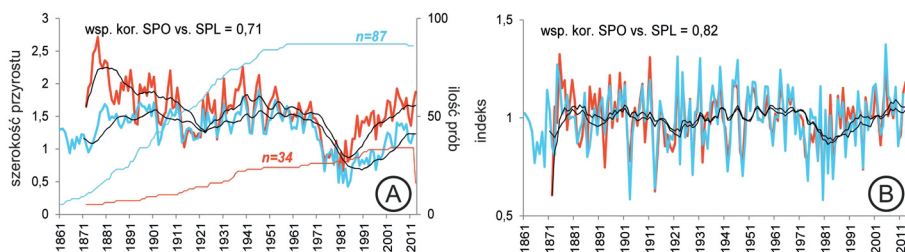
Ryc. 1. Lokalizacja terenu badań na tle masywu Babiej Góry (A). Stanowisko świerków rosnących ponad górną granicą lasu pojedynczo (SPO) i w zwartym lesie (SPL) (B) wraz z przekrojami poprzecznymi z północnego wschodu na południowy zachód (a-b) oraz ze wschodu na zachód (c-d). Widok z zachodu na przeł. Brona, płat lasu, pojedyncze świerki rosnące na hali i w kosodrzewinie. W tle kulminacja masywu Babiej Góry (C). Drzewa rosnące w obrębie płatu lasu (D)

Fig. 1. Study area at Mt. Babia Góra (A). Study sites of single spruces (SPO) and spruces growing in dense forest above timberline (SPL) (B) with cross section from North-East to South-West (a-b) and from East to the West (c-d). View from the west on Brona Pass, patch of forest, single trees growing on the clearing and mountain pine zone. In the background culmination of Mt. Babia Góra (C). The trees growing in the patch of forest (D)

Z wytypowanych drzew przy użyciu świdra Presslera pobrano wywierty dordzeniowe. Za pomocą GPS o submetryjowej dokładności zarejestrowano lokalizację wszystkich drzew, z których pobierano próby oraz drzew martwych, które znalazły się w zasięgu linii transektu. Próby spreparowano przy użyciu standardowych technik dendrochronologicznych, a następnie zeskanowano i zmierzono za pomocą oprogramowania *CooRecorder* (www.cybis.se) z dokładnością 0,01 mm. Pomiary szerokości przyrostów sprawdzono graficznie w programie *CDendro* (www.cybis.se) i statystycznie w programie *COFECHA* (Grissino-Mayer 2001). Z wykorzystaniem programu *ARSTAN* zbudowano bezwzględne oraz rezydualne chronologie stanowiskowe. Przeprowadzone analizy struktury wiekowej bazowały na wieku pierśnicowym drzew (doszacowanie wieku za pomocą metody Duncana (1989)). Zbadano także wpływ klimatu na szerokość przyrostów rocznych świerków, obliczając korelację liniową Pearsona ciągów średniej miesięcznej temperatury i miesięcznej sumy opadów z chronologią rezydualną. Wykorzystano dane z bazy danych gridowych CRU 3.1 (Harris i in. 2005) z lat 1948–2009. W celu znalezienia prawidłowości w zmianach rozkładu i natężenia poszczególnych cech (struktury wiekowej, występowanie martwych drzew, występowanie brakujących przyrostów, wrażliwości na temperaturę), poddano je analizie przestrzennej, tworząc za pomocą programu *ArcMap* mapy tematyczne. Do analiz wykorzystano również dane z Lotniczego Skaningu Laserowego o metrowej rozdzielczości.

Wyniki i dyskusja

Zbudowane dla badanych pojedynczych drzew i kępy chronologie bezwzględne (ryc. 2A), jak i rezydualne (ryc. 2B) wykazują silną wzajemną korelację (odpowiednio współczynnik korelacji = 0,71 oraz 0,82). Krzywe 11-letnich średnich kroczących mają także zbliżony przebieg. Szczególnie jest to widoczne dla chronologii rezydualnych. Obydwie chronologie opracowano dla dużej liczby prób (SPL = 87 i SPO = 34) o podobnej długości. Sekwencje sięgają 1861 roku w przypadku drzew ze stanowiska SPL oraz 1871 roku dla stanowiska SPO. Na podstawie analizy chronologii bezwzględnych można zauważyć, że pojedyncze świerki ze stanowiska SPO charakteryzują się znacznie szerszymi przyrostami w stosunku do drzew ze stanowiska SPL. Jest to zauważalne w przedziałach czasowych 1871–1911 oraz współcześnie od 1981 r. Depresje przyrostowe (1910–1925 oraz w latach 80. XX w.) zaznaczają się jednakowo dla drzew

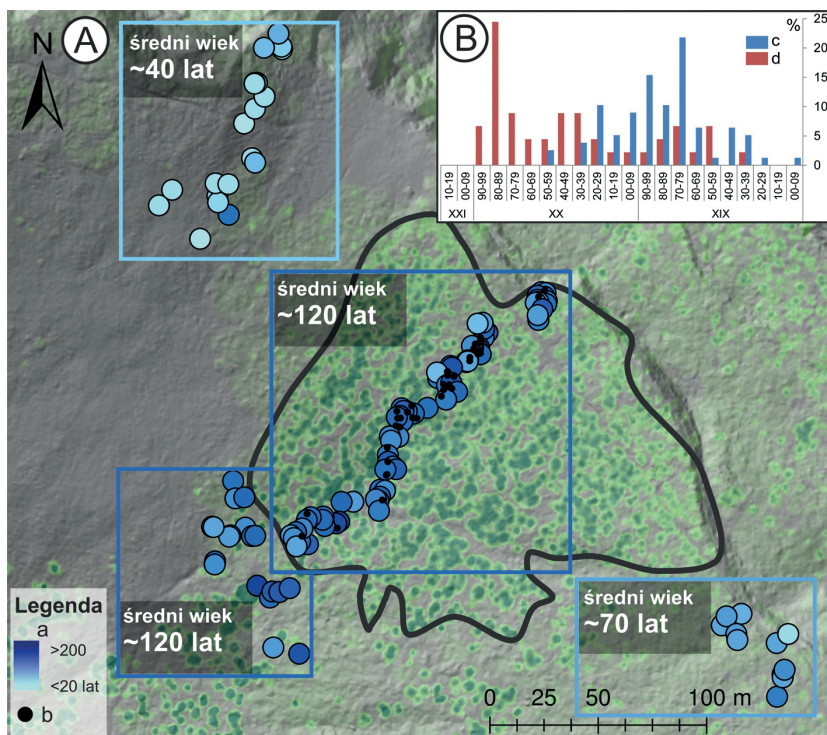


Ryc. 2. Chronologie bezwzględne (A) oraz rezydualne (B) świerków rosnących w zwartym płacie (SPL – niebieski) oraz rosnących pojedynczo na hali lub w zaroślach kosodrzewiny (SPO – czerwony). Czarne krzywe oznaczają średnie kroczące 11-letnie. Wartość *n* określa populację drzew w zbudowanych chronologiach

Fig. 2. Raw (A) and residual (B) chronologies sites of spruces growing in dense forest above timberline (SPL – blue) and single trees (SPO – red). Black curves means 11-year moving average. *N* value shows samples distribution in chronologies

z obydwu stanowisk. Widoczne jest to zarówno w przypadku chronologii rezydualnych, jak i bezwzględnych. Największa rozbieżność pomiędzy chronologiami podkreślona przebiegiem średnich kroczących widoczne jest w najstarszym okresie (potencjalny wpływ drewna juvenilnego) oraz współcześnie (obrazują tę rozbieżność).

Określono strukturę wiekową obydwu badanych populacji świerków i następnie przeanalizowano przestrzenne ich zróżnicowanie (ryc. 3A). Wydzielono na tej podstawie 4 grupy drzew, dla których obliczono średni wiek. Najwyższym średnim wiekiem (~120 lat) charakteryzują się drzewa rosnące w płacie. W obrębie transektu nie zauważono jednak żadnej prawidłowości w przestrzennym zróżnicowaniu tego parametru. Zależność taka jest widoczna dla częstości występowania drzew martwych – ich ilość jest największa w centralnej części płata. W podobnym wieku co drzewa rosnące w płacie są świerki rosnące pojedynczo w kosodrzewinie, poniżej zwartego płatu świerkowego, ponad górną granicą lasu. Wyraźnie młodszymi drzewami (średni wiek ~70) są pojedyncze świerki rosnące w kosodrzewinie na południowy wschód od zwartego płatu lasu przy samej granicy. Najmłodsza

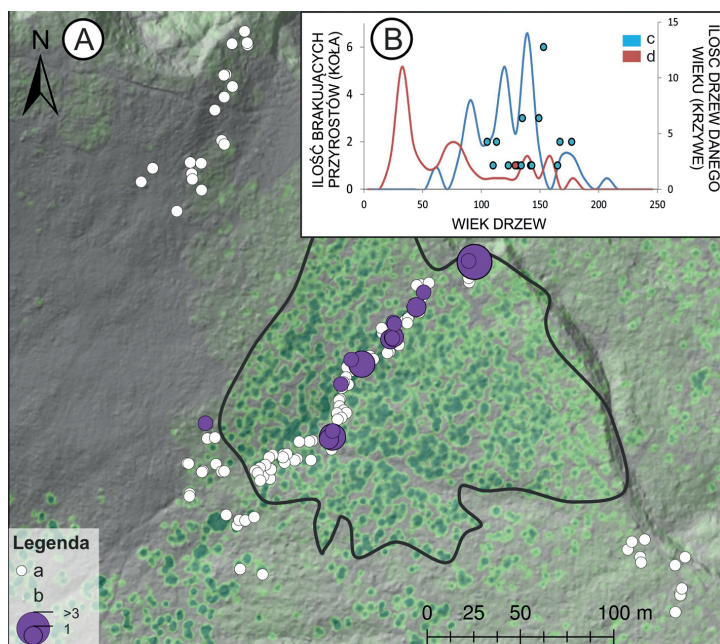


Ryc. 3. Przestrzenna analiza struktury wiekowej badanych populacji świerków (A) oraz wykres przedstawiający dekady, w których drzewa osiągnęły wiek pierśnicowy (B). Sygnatury: a) wiek drzew wg skali barwnej; b) martwe świerki; c) świerki rosnące w płacie zwartego lasu; d) świerki rosnące pojedynczo

Fig. 3. Spatial analysis of age structure spruce populations (A) and graph showing decadal in witch trees reach breast age (B). Signatures: a) trees age according the color scale; b) dead trees; c) spruces growing in dense forest above timberline; d) single spruces

grupę badanych drzew stanowią natomiast pojedyncze świerki rosnące na hali w bezpośrednim sąsiedztwie przełęczy Brona, po jej południowo-zachodniej stronie. W żadnej z grup wiekowych pojedynczych świerków nie odnotowano martwych osobników. Struktura wieku (ryc. 3B) wskazuje, iż płat zwartego lasu funkcjonuje w tej lokalizacji od lat 70. XIX w. i od 80 lat nie pojawiają się tu młode osobniki. Z kolei dużą dynamikę wzrostu w ostatnich 50 latach zauważa się wśród pojedynczych drzew, szczególnie tych kielkujących na hali.

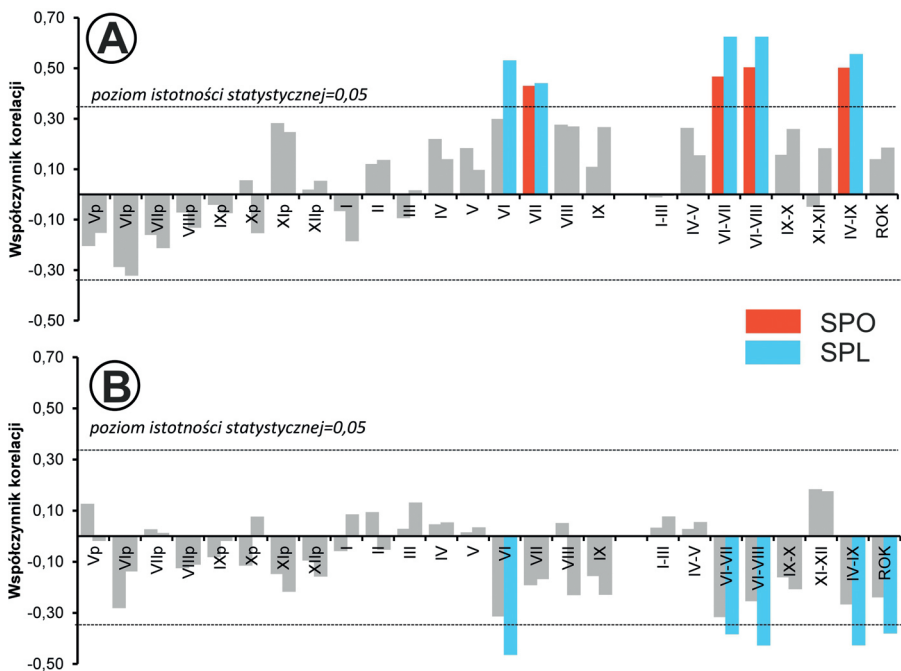
Przydatnym wskaźnikiem okresów pogorszenia kondycji drzew jest występowanie brakujących przyrostów. Świadczą one o trudnych warunkach środowiskowych (głównie klimatycznych), w których rozwijają się badane drzewa. W obrębie drzew rosnących pojedynczo w kosodrzewinie i na hali odnotowano tylko jeden taki przypadek. Natomiast dla drzew rosnących w obrębie płatu lasu sytuacja jest zdecydowanie bardziej zróżnicowana. W dolnej (południowej) części transektu w pasie ok. 50 m od granicy płatu, brakujących przyrostów nie odnotowano, natomiast na wyższych wysokościach n.p.m. zidentyfikowano 16 świerków z tą anomalią (ryc. 4A). Ilość brakujących przyrostów w obrębie jednego drzewa waha się od 1 do 6, przy czym świerk z największą ilością brakujących przyrostów zlokalizowany jest w najwyższym położonym punkcie transektu. Drugim charakterystycznym miejscem, w którym także rosną drzewa o dużej ilości brakujących przyrostów, jest obszar znajdujący się ok. 50 m powyżej dolnej granicy zwartego płatu świerków. W miejscu



Ryc. 4. Przestrzenne zróżnicowanie ilości brakujących przyrostów: a) kompletne sekwencje przyrostów; b) rakujące przyrosty; c) świerki rosnące w płacie zwartego lasu; d) świerki rosnące pojedynczo
Fig. 4. Spatial distribution of missing rings: a) complete tree-ring sequences; b) missing rings; c) spruces growing in dense forest above timberline; d) single spruces

tym drzewostan wyraźnie się przerzedza, można też zauważyć liniowy prześwit o orientacji prostopadłej do przebiegu transektu. Na podstawie danych fotogrametrycznych LIDAR stwierdzono, iż jest to sucha dolina. Tego typu formy terenu sprzyjają powstawaniu lokalnych zastoisk zimnego powietrza, w ich obrębie sezonowo może podnosić się poziom wód gruntowych. Obydwa te zjawiska mogą negatywnie wpływać na wzrost świerków. Potwierdzeniem tego jest duża ilość brakujących przyrostów obecna w drzewach w bezpośrednim jego sąsiedztwie. Analiza zależności ilości brakujących przyrostów od wieku drzewa (ryc. 4B) wykazała, że brakujących przyrostów nie zaobserwowano w drzewach młodszych niż 100 lat.

Temperatura powietrza ma istotny wpływ na szerokość przyrostów rocznych zarówno w przypadku drzew rosnących w płacie (SPL), jak i rosnących pojedynczo (SPO) (ryc. 5A), przy czym im wyższa temperatura lata (czerwiec–lipiec oraz czerwiec–sierpień) oraz całego okresu wegetacji, tym szerokość przyrostów większa. Temperatura ma większe znaczenie dla drzew rosnących w zwartym płacie (najwyższa wartość współczynnika korelacji = 0,63) niż wśród pojedynczych drzew (0,50). Zależność szerokości przyrostów rocznych świerków od ilości opadów jest wyraźnie mniejsza (ryc. 5B). Istotny statystycznie wpływ został odnotowany jedynie dla drzew rosnących w płacie i dotyczy opadów w czerwcu, okresów: czerwiec–lipiec,

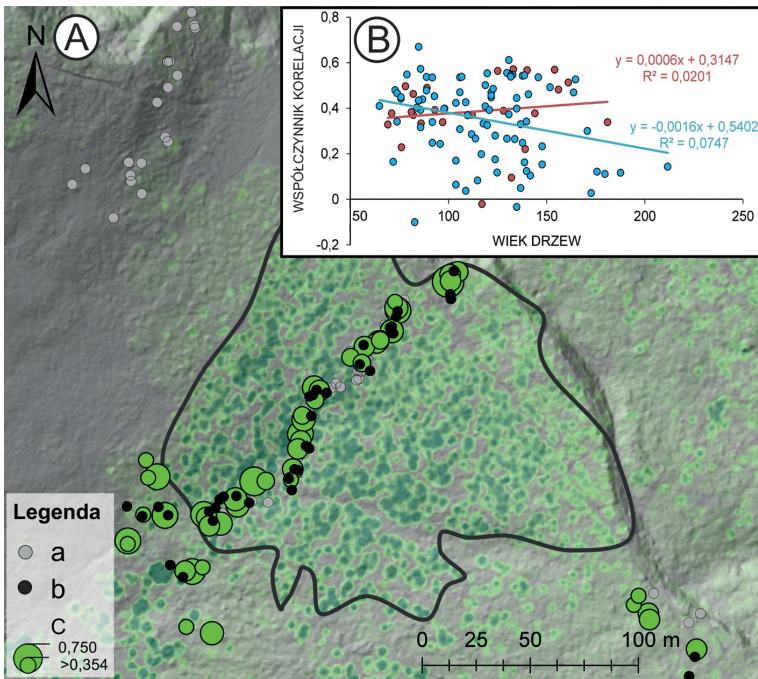


Ryc. 5. Zależność wzrostu pierścieniowego drzew rosnących ponad górną granicę lasu pojedynczo (SPO) lub w zwartym lesie (SPL) od temperatury powietrza (A) oraz opadów (B). Kolorowe słupki reprezentują wartości istotne statystycznie przy $p = 0,05$

Fig. 5. Climate/response of spruces growing in dense forest above timberline and single trees on air temperature(A) and precipitation (B). Color bars represent values statistically significant at $p = 0.05$

czerwiec–sierpień, czerwiec–wrzesień oraz całego roku. W każdym z tych przypadków jest to zależność odwrotnie proporcjonalna – im więcej opadów, tym węższe są przyrosty.

Przestudiowano również przestrzenne zróżnicowanie wrażliwości świerków na temperaturę czerwiec–sierpień (okres z najsilniejszym związkiem z szerokościami przyrostów) z okresu 1949–2003 (ryc. 6A). Ze względu na niski wiek oraz problemy z datowaniem jedynie 98 z badanych drzew wzięto do analizy. Spośród badanych 59% wykazuje wrażliwość na temperaturę lata (na poziomie istotności statystycznej 0,01), przy maksymalnej korelacji = 0,75. Nie wykazano przestrzennych zależności związku szerokości przyrostów z temperaturą zarówno dla świerków rosnących w obrębie płatu (SPL), jak i świerków rosnących pojedynczo na hali i w kosodrzewinie (SPO). Obliczono również współczynniki korelacji wrażliwości drzew na temperaturę w zależności od wieku drzewa (ryc. 6B). Wyniki wskazują, że nie jest to czynnik warunkujący wrażliwość na temperaturę.



Ryc. 6. Przestrzenne zróżnicowanie wrażliwości świerków na temperaturę średnią miesięczną od czerwca do sierpnia (analizy wykonane dla wielolecia 1949–2003) (A): a) drzewa, których wzrost nie jest uzależniony od temperatury lata (współczynnik korelacji nieistotny statystycznie); b) drzewa niebiorące udziału w analizie; c) drzewa, których wzrost uwarunkowany jest temperaturą, opisany wielkością współczynnika korelacji. (B) Zależność wrażliwości świerków na temperaturę czerwiec–sierpień od wieku drzewa. Czerwone koła to drzewa rosnące pojedynczo, niebieskie – drzewa rosnące w zwartym płacie lasu

Fig. 6. Spatial differentiation of climate/response on temperature June-July of all spruces (analysis for period 1949–2003)(A): a) trees insensitive on summer temperature (coefficient correlation statistically insignificant); b) trees excluded from analysis; c) trees sensitive on summer temperature (describe by coefficient correlation). (B) Relation between climate/response on summer temperature and tree age. Red circle – single trees; blue circle – trees in a dense forest above timberline

Wnioski

- Chronologie reprezentujące wzrost pierśnicowy świerków z płatu zwartego lasu i pojedynczo rosnące świerki charakteryzuje wysoka wzajemna korelacja, przy czym u drzew na stanowisku SPO odnotowano znacznie szersze przyrosty w stosunku do drzew ze stanowiska SPL.
- Najwyższy średni wiek cechuje drzewa rosnące w płacie, natomiast najmłodszymi drzewami są świerki rosnące pojedynczo na hali, na południowo-zachodnim zboczu przełęczy Brona. Młody wiek tych drzew prawdopodobnie wiąże się z zaprzestaniem wypasu owiec (utworzenie na tym terenie – Chránená krajinná oblasť Horná Orava w 1979 r.), a tym samym stworzeniem warunków do zasiedlenia tego terenu przez świerki.
- W obrębie zwartego płatu odnotowano dużą ilość brakujących przyrostów, a także drzew martwych. Można to tłumaczyć trudnymi warunkami klimatycznymi oraz konkurencją pomiędzy osobnikami rosnącymi na tym stanowisku. Ponadto wystąpienia brakujących przyrostów wykazują powiązania z mikrorzeźbą terenu (brakujące przyrosty odnotowano w drzewach rosnących na skarpie i zboczu ciekłu wodnego).
- Badane świerki wykazują większą wrażliwość na temperaturę niż na opady. Największy wpływ na szerokość przyrostów dla drzew rosnących na obydwu badanych stanowiskach ma temperatura lata (czerwiec–sierpień).
- Na podstawie przeprowadzonych badań czasowej i przestrzennej analizy wrażliwości świerków na temperaturę można jasno stwierdzić, że jest to reakcja stabilna, która nie uległa zmianie w ciągu ostatnich 54 lat i nie jest zależna od miejsca, gdzie rosną poszczególne drzewa.
- Świerki rosnące pojedynczo mają lepsze warunki do wzrostu niż drzewa rosnące w płacie. Świadczy o tym ich większa szerokość przyrostów, zdecydowanie mniejsza ilość wystąpień brakujących przyrostów czy brak wystąpień osobników martwych.

Podziękowania

Cele badawcze realizowane były w ramach projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki NN 306 070640 „Przyrodnicze i antropogeniczne uwarunkowania przebiegu górnej granicy lasu w Masywie Babiej Góry”. Wykorzystanie danych LIDAR oraz przeprowadzenie badań terenowych było możliwe dzięki pomocy i życzliwości pracowników Babiogórskiego Parku Narodowego, a w szczególności dyrektora Józefa Omylaka oraz zastępcy dyrektora Tomasza Lamorskiego.

Literatura

- Balon J. 2007. Stabilność środowiska przyrodniczego Karpat Zachodnich powyżej górnej granicy lasu. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- Bednarz Z. 1996. June-July temperature variation for the Babia Góra National Park, Southern Poland, for the period 1650–1910. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne*, 102: 523–529.
- Büngen U., Frank C.D., Kaczka J.R., Versteeg A., Zwijacz-Kozica T., Esper J. 2007. Growth responses to climate in a multi – species tree – ring Network In the Western Carpathian Tatra Mountains, Poland and Slovakia. *Tree Physiology*, 27: 689–702.

- Czajka B., Kaczka R.J., Guzik M. 2010. Dendrochronologiczny zapis zmian górnej granicy lasu w Polskich Tatrach Zachodnich. W: Mirek Z. (red.). Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a Człowiek 2010. Nauki biologiczne, Materiały IV Konferencji „Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a Człowiek”, Zakopane 14–16.10.2010, 2: 53–58.
- Czajka B. 2012. Wpływ wysokości n.p.m. na wrażliwość klimatyczną świerka pospolitego w masywie Babiej Góry. *Studia i Materiały CEPL, Rogów*, 30 (1): 91–97.
- Czajka B., Kaczka R.J. 2014. Dendrochronologiczna charakterystyka górnej granicy lasu na Babiej Górze w strefie jej progresu. *Studia i Materiały CEPL, Rogów*, 40 (3): 42–52.
- Duncan R.P. 1989. An evaluation of errors in tree age estimates based on increment cores in Kahikatea (*Dacrycarpus dacrydioides*). *New Zealand Natural Sciences*, 16: 31–37.
- Guzik M. 2008. Analiza wpływu czynników naturalnych i antropogenicznych na kształtowanie się zasięgu lasu i kosodrzewiny w Tatrach. Praca Doktorska, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja, Wydział Leśny, Katedra Botaniki Leśnej i Ochrony Przyrody, Kraków.
- Grissino-Mayer H.D. 2001. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research*, 57: 205–221.
- 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.
- Jodłowski M. 2007. Górna granica kosodrzewiny w Tatrach, na Babiej Górze i w Karkonoszach. Struktura i dynamika ekotonu. IGI GP UJ, Kraków.
- Kondracki J. 1998. Geografia regionalna Polski. PAN, Warszawa.
- Łajczak A. 2005. Przyroda nieożywiona. W: Ptaszyńska-Jackowska D. (red.). Światy Babiej Góry. BgPN, Zawoja.
- Paulsen J., Weber U.M., Korner Ch. 2000. Tree growth near timberline: Abrupt or gradual reduction with altitude. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 32 (1): 14–20.
- Schweingruber F.H. 1996. *Tree Rings and Environment. Dendroecology*. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt.
- Szychowska-Krąpiec E. 1998. Spruce chronology from Mt Pilsko Area. (Żywiec Beskid Range) 1641–1995 AD. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Earth Sciences*, 46 (2): 75–86.
- Wilczyński S., Feliksik E. 2004. Diversification of climatic requirements of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) in the upper forest zone. *Electronic Journal of Polish Agricultural University*, 7 (1) ser. Forestry.
- Zientarski J. 1985. Wpływ wzniesienia oraz wysokości masywu górskiego na kształtowanie się górnej granicy lasu w Polsce. Rozprawa doktorska, AR Poznań.

Patrycja Michalowicz, Barbara Czajka, Ryszard J. Kaczka
 Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi
 michalowicz.patrycja@gmail.com
 barczajka@wp.pl
 ryszard.kaczka@us.edu.pl