

Wpływ wysokości n.p.m. na wrażliwość klimatyczną świerka pospolitego w masywie Babiej Góry

Barbara Czajka

Abstrakt. W masywie Babiej Góry, będącej najwyższym szczytem Beskidów Zachodnich, wyraźnie wykształciły się piętra roślinno-klimatyczne wraz z zlokalizowaną na wysokości 1350 m n.p.m. górną granicą lasu (GGL). Obiektem przeprowadzonych badań były osobniki świerków pospolitych *Picea abies* L. Karst zlokalizowane na 4 stanowiskach na północnym stoku masywu, wzdłuż transektu wysokościowego od 700 do 1350 m n.p.m. Zbudowano chronologie stanowiskowe, które analizowano we wspólnym okresie 1947-2010. Chronologie skorelowano z danymi dotyczącymi średniej miesięcznej temperatury powietrza i miesięcznych sum opadów, pozyskanych w wyniku pomiarów instrumentalnych ze stacji meteorologicznej Zakopane. Wraz z wysokością n.p.m. wrażliwość badanego gatunku na elementy klimatu zwiększa się. Najniżej położone osobniki nie wykazują wrażliwości na temperaturę (700 m n.p.m.) ani na ilość opadów (700 i 900 m n.p.m.) na przyjętym poziomie istotności statystycznej= $0,01$. Wzrost świerków w reglu górnym kontrolowany jest przez temperaturę okresu letniego (czerwiec-sierpień), a w ekotonie GGL także przez temperaturę całego okresu wegetacji (kwiecień-wrzesień). Ilość opadów jest istotna jedynie dla drzewostanów rosnących powyżej (1300 m n.p.m.), gdzie zaznacza się negatywny wpływ dużych opadów czerwcowych na wykształcanie przyrostu.

Słowa kluczowe: piętrowość, Babia Góra, świerk pospolity, dendroklimatologia

Abstract. Here we compare the growth/climate response of 4 tree-ring width spruce (*Picea abies* L. Karst) chronologies from Babia Gora, single massif (110 km²) located in Western Beskidy Mts. All typical alpine vegetation belts are well developed there with the timberline at ~1350 m a.s.l. The tree-ring width sites were located on the northern slopes from 700 to 1300 m a.s.l. along an altitudinal transects (4 km in length). The growth/climate response was computed employing instrumental data of temperature and precipitation from Zakopane for common period of 1947-2010. The growth/climate responses differ from site to site as a function of elevation. The lower located chronologies don't correlate with either precipitation (700 and 900 m a.s.l.) or temperature (700 m a.s.l.) significantly at $p < 0.01$. The grow of trees from subalpine zone is controlled by July and whole vegetation season temperature (June-August). Spruces from timberline ecotone response to temperatures of July and summer temperature (June-July). The timberline chronologies also exhibit significant negative correlation with summer (June) precipitation.

Keywords: altitudinal gradient, Babia Góra Mountain, *Picea abies*, dendroclimatology

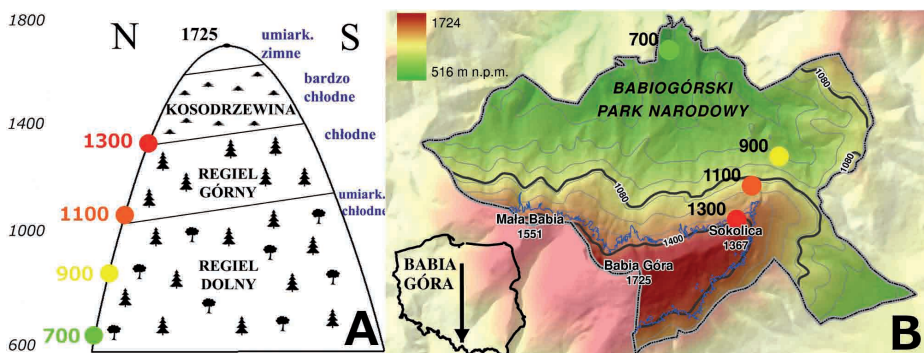
Wstęp

Masyw Babiej Góry (1724,6 m n.p.m.) jest najwyższym szczytem Beskidów Zachodnich (Zewnętrzne Karpaty Zachodnie) (Kondracki 1998). Jest odosobnionym masywem, ukształtowany w formie bariery orograficznej o charakterystycznej asymetrycznej rzeźbie stoków z urwistymi

północnymi i łagodnie nachylonymi południowymi stokami (Łajczak 2005). Taka rzeźba sprzyja wyraźnemu wykształceniu pięter roślinno-klimatycznych (Obrębska-Starkel 1963) (Ryc. 1A). Na stokach północnych regiel dolny z mieszanymi lasami bukowo-świerkowo-jodłowymi (piętro umiarkowanie chłodne) występuje w przedziale wysokościowym 680-1080 m n.p.m, zaś bór świerkowy typowy dla regla górnego na wysokości 1080-1400 m n.p.m. (piętro chłodne). Najwyżej położone fragmenty zwarte go lasu na stokach północnych (górna granica lasu — GGL) zlokalizowane są między 1220 (w żlebach lawinowych), do 1420 m n.p.m. (Zientarski 1985). Ponad nimi rozciąga się piętro kosodrzewiny (do 1650 m n.p.m.) i hal (Obrębska-Starkel 1963, 2004; Celiński, Wojterski 1963). Z względu na zachowane naturalne, a w niektórych miejscach nawet pierwotne fragmenty puszczy górnoreglowej, obszar ten objęto ochroną ścisłą ustanawiając w 1954 roku Babiogórski Park Narodowy. W 1997 powiększono go do podnóża Babiej Góry, do granicy polno-leśnej, obejmując ochroną ścisłą również lasy dolnoreglowe (Ryc. 1B).

Pierwsze obserwacje piętrowego układu szaty roślinnej Babiej Góry poczynił Staszic oraz Pol na początku XIX w. (Celiński, Wojterski 1963). Pierwsze naukowe badania przyrodniczo - florystyczne zapoczątkowano pod koniec XIX w., gdzie zasłużył się Hugon Zapalowicz, który zwrócił szczególną uwagę na pionowe rozmieszczenie roślin (Omylak 2005). Przez następne 50 lat prowadzono prace botaniczne nad rozpoznaniem flory Babiej Góry. Interesowano się również mikroklimatem drzewostanów górno- i dolnoreglowych (Grabski 1960; Ermich 1961 za Celiński, Wojterski 1963). W ostatnich latach badania lasów babiogórskich prowadzili Fabijanowski i Gądek (1983) oraz Holeksa (1998). Szczególną uwagę na ekoton górnej granicy lasu zwrócił Zientarski (1985). Badania nad wpływem elementów klimatu na przyrosty roczne świerków pospolitych, rosnących w środowisku masywów karpackich prowadzone były w Czarnochorze, Alpach Transylwańskich, Retezacie (Kaczka, Büntgen 2007), czeskiej części Beskidu Śląskiego (Feliksik, Wilczyński 2000, 2003) oraz w słowackich Niżnych Tatrach (Büngen et al. 2007). W Polskiej części Karpat analizy dendroklimatyczne przeprowadzono w Tatrach (Bednarz 1983, Savva et al. 2006), Pieninach (Betlej 2008), Bieszczadach (Kaczmarczyk, dane nie publikowane), a także w Beskidach (Wilczyński, Feliksik 2004b) i Gorcach (Büntgen et al. 2007). Na Babiej Górze prace badawcze prowadził Bednarz (1996, 1999), Büntgen et al. (2007) oraz Wilczyński et al. (2004a), a na pobliskim Piłsku — Szychowska-Krapiec (1998).

Celem prezentowanych badań było określenie stopnia wpływu klimatu (średniej temperatury miesięcznej i miesięcznych sum opadów) na świerki *Picea abies* L. Karst. rosnące w poszczególnych piętrach roślinno-klimatycznych na północnym stoku Babiej Góry.



Ryc. 1. Piętrowość roślinno-klimatyczna (A) w masywie Babiej Góry (B). Sygnaturami kołowymi zaznaczono stanowiska badawcze

Fig. 1. Vegetation changes along an altitudinal gradient (A) at Babia Góra Mountain (B). Study site marked by different color dots

Material i metody

Badania nad wpływem wysokości na wrażliwość klimatyczną świerków przeprowadzono z wykorzystaniem dendrochronologii. Wytypowano 4 stanowiska badawcze na stokach północnych, zlokalizowane od siebie w pionowych odstępach 200 m n.p.m. (700, 900, 1100 i 1300 m n.p.m.), poczynając od najniższej występujących świerków u podnóża masywu (700 m n.p.m.) przez kolejne piętra roślinne (regiel dolny, górny oraz ekoton górnej granicy lasu) (Tab. 1). Z każdego stanowiska pobierano przynajmniej 60 odwiertów ze świerków pospolitych *Picea abies* L. Karst o największej średnicy — gatunku występującego powszechnie w całym profilu wysokościowym masywu. Próby spreparowano i zmierzono według standardowych procedur dendrochronologicznych, używając programów *CooRecorder* i *CDendro* (www.cybis.se) oraz *COFECHA* (Grissino-Mayer 2001) do kontroli pomiarów. Przy wykorzystaniu programu *ARSTAN* (Cook, Holmes 1986) zbudowano średnie i rezydualne chronologie stanowiskowe sięgające od 64 do ponad 200 lat. Stanowiskowe chronologie rezydualne zbudowano z zastosowaniem *power adaptive transformation* oraz wygładzenia krzywych przy parametrze *S* równym 200. Jakość chronologii zbadano wykorzystując wskaźniki *EPS* i *Rbar*. Pierwszy z nich określa stopień zgodności pomiędzy próbami, a powszechnie akceptowalna wartość progowa dla wiarygodnej chronologii to $\geq 0,85$. *Rbar* rozumiany jest jako średnia korelacja Pearsona wszystkich par prób, dzielących razem przynajmniej 25 lat w zadanym przedziale czasowym. W dendroklimatologii parametry te określają jak silne jest współodczuwanie osobników rosnących w danym środowisku, na panujące w nim warunki środowiskowe (Wigley et al. 1984).

Tab. 1. Podstawowe informacje o stanowiskach badawczych i zbudowanych chronologiach.

Table 1. Basic information about study sites and residual chronologies

Stanowisko	Wysokość n.p.m.	Ekspozycja	Piętro roślinne	Ilość prób	EPS	Rbar	Długość chronologii
1300	1340-1360	N	Ekoton górnej granicy lasu	55	0,983	0,534	1792-2011
1100	1100-1150		Regiel górny	47	0,976	0,464	1843-2010
900	900-950		Regiel dolny	45	0,956	0,294	1907-2010
700	700-750		Regiel dolny	60	0,952	0,280	1947-2011

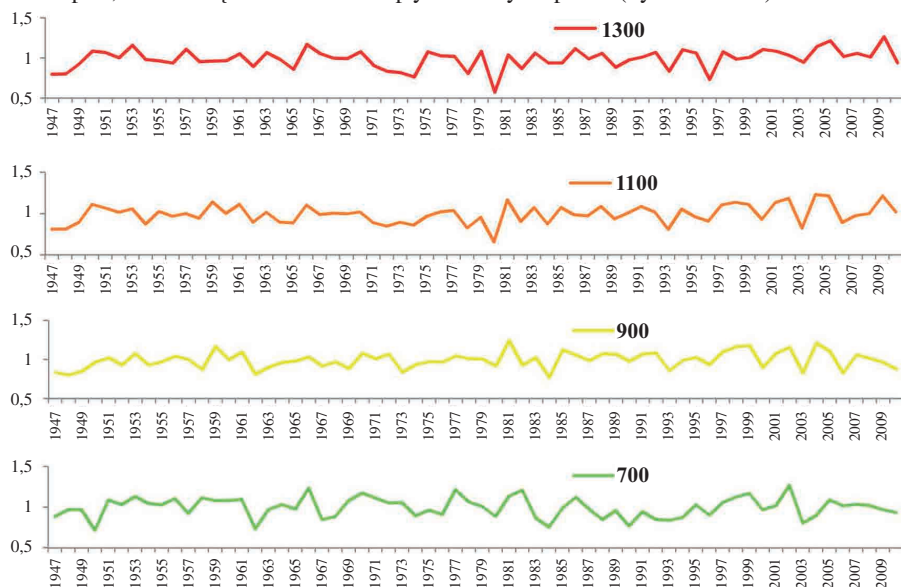
W celu zachowania porównywalności, analizy wpływu temperatury i opadów na przyrost roczny przeprowadzono dla wspólnego okresu 64 lat (1947-2010). Długość okresu badawczego dostosowano do długości najkrótszej chronologii, pochodzącej z 700 m n.p.m. W celu określenia najsilniejszej zależności z przyrostami rocznymi przetestowano dane klimatyczne z czterech źródeł: dane uśrednione z bazy CRU, krótkookresowe dane instrumentalne ze stacji na północnych stokach Babiej Góry (stacja Markowe Szczawiny), długookresowe dane ze stacji najbliższej położonej na zachód (stacja Żywiec, odl. 30 km) oraz na wschód (Zakopane, odl. 40 km). Do dalszych analiz wybrano dane o opadach i temperaturze ze stacji Zakopane, które wykazywały najsilniejszą zależność z przyrostami rocznymi badanych świerków.

Wyniki i dyskusja

Utworzone rezydualne chronologie stanowiskowe wykazują największe podobieństwo (obliczone za pomocą współczynnika korelacji) z chronologiami drzewostanów zlokalizowanymi najbliżej, w sensie geograficznym (1100 vs. 1300=0,76; 1100 vs. 900=0,70; 900 vs. 700=0,46). Największe różnice (zależność nieistotna statystycznie) występują między najniższym stanowiskiem 700, a najwyżżej położonymi

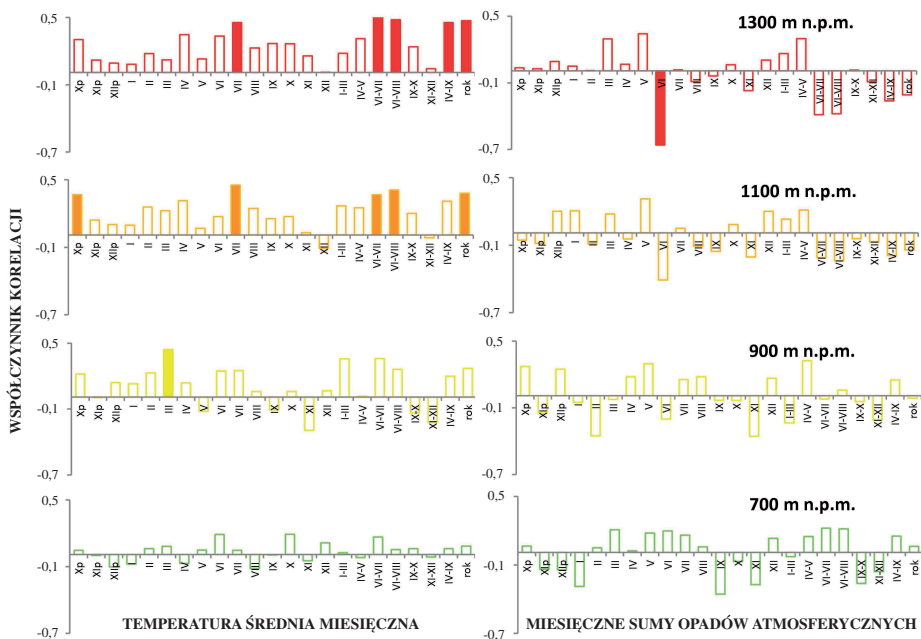
stanowiskami 1100 i 1300 (wsp. kor. = 0,27 i 0,18). Ponadto na stanowiskach w reglu górnym w chronologiach zaznacza się załamanie przyrostowe w 1980, czego nie widać w przypadku chronologii z regła dolnego (Ryc. 2). Może wiązać się to ze wzmożoną emisją w tamtym okresie, niszczących aparat asymilacyjny drzew, dwutlenków siarki (SO₂) i azotu (NO₂). Związki te są silnie wchłaniane przez mikroskopijne kropelki mgły, których powierzchnia aktywna jest 3*10⁴ większa od powierzchni kropli deszczu, a tego rodzaju opad poziomy częściej tworzy się powyżej 1000 m n.p.m. (Gawrońska 2000).

Wzrost badanych świerków uzależniony jest od średnich temperatur miesięcznych co zgodne jest z dotychczasowymi badaniami (Ryc. 3) (Bungen et al. 2007). Zależność ta jest większa wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. (Wilczyński, Feliksik 2004b). Jedyne na wysokości 700 m czynnik ten nie wpływa na kondycję i wzrost osobników, co może być spowodowane silnie antropogenicznym charakterem lasów u podnóża Babiej Góry (Holeksa et al. 2004). Na wysokości 900 m n.p.m. istotnym czynnikiem limitującym jest temperatura marca, co zgodne jest z wrażliwością świerków dolnoreglowych w innych masywach Karpat (Feliksik, Wilczyński 2000). W reglu górnym i strefie górnej granicy lasu drzewostany wrażliwe są na temperaturę miesięcy letnich (lipiec oraz sezon czerwiec-sierpień), a na wysokości 1300 m n.p.m. na temperaturę całego okresu wegetacji (kwiecień-wrzesień). Wyniki te zgodne są z istniejącymi już badaniami górnoreglowych świerków na Babiej Górze (Bednarz et al. 1999; Wilczyński, Feliksik 2004a) i Piłsku (Szychowska-Krapiec 1998). Analizując wpływ temperatury na przyrosty roczne w dłuższym okresie (1907-2010) zaznacza się również istotność temperatury czerwca dla drzewostanów w ekotonie GGL oraz istotność całego okresu wegetacji również dla drzewostanów zlokalizowanych w centrum regła górnego (1100 m n.p.m.). Opady w znacznie mniejszym stopniu wpływają na wzrost świerków, jedynie w ekotonie górnej granicy lasu zaznacza się ujemny wpływ czerwcowych opadów deszczu na przyrosty roczne, analogicznie jak na pobliskim Piłsku (Szychowska-Krapiec 1998). Dla reszty stanowisk wpływ opadów atmosferycznych jest nieistotny statystycznie. Badając dłuższy okres (1907-2010) dla wysokości powyżej 700 m n.p.m., zaznacza się również dodatni wpływ zimowych opadów (styczeń-marzec).



Ryc. 2. Rezydualne chronologie stanowisk badawczych w masywie Babiej Góry zlokalizowanych na różnych wysokościach bezwzględnych

Fig. 2. Residual chronologies from study sites at Babia Mountain, at different altitudinal gradient



Ryc. 3. Wrażliwość świerków pospolitych w masywie Babiej Góry na temperaturę średnią miesięczną i miesięczne sumy opadów atmosferycznych (istotność statystyczna=0,01)

Fig. 3. Sensitivity on average monthly temperature and monthly sum of precipitation of Picea abies L. Karst at Babia Góra Mountain (significance level = 0.01)

Wnioski

- Wielkość przyrostu radialnego świerków *Picea abies* L. Karst rosnących w masywie Babiej Góry uzależniona jest w dużym stopniu od temperatury powietrza i opadów atmosferycznych.
- Wraz z wysokością n.p.m. zwiększa się wrażliwość świerków na temperaturę okresu letniego, a w ekotonie górnej granicy lasu istotnym jest ciepłota całego okresu wegetacji.
- Stopień wrażliwości przyrostowej badanych świerków na opady atmosferyczne na różnych wysokościach n.p.m. jest znacznie mniejszy, niż na temperaturę powietrza. Wśród osobników rosnących w ekotonie górnej granicy lasu zaznacza się niekorzystny wpływ czerwcowych opadów deszczu na przyrost roczny.

Podziękowania

Badania zostały przeprowadzone dzięki pomocy i życzliwości pracowników Babiogórskiego Parku Narodowego. Zebranie prób było możliwe dzięki projektowi badawczemu NCN NN 306 070640 „Przyrodnicze i antropogeniczne uwarunkowania przebiegu górnej granicy lasu w Masywie Babiej Góry”.

Literatura

Bednarz Z. 1983. *Dendroclimatological investigations in the Tatra Mountains*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne 57: 127-131.

- 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.
- Bednarz Z., Jaroszewicz B., Ptak J., Szwagrzyk J. 1999. *Dendrochronology of Norway Spruce (Picea abies (L. Karst.) in the Babia Gora National Park, Poland*. Dendrochronologia 16: 45-55.
- Betlej D. 2008. *Analiza wpływu czynników klimatycznych na wielkość przyrostów rocznych świerka pospolitego (Picea abies L. Karst.) w Pieninach*. W: Machowski R., Rzętała A. M. (red.) Z badań nad wpływem antropopresji na środowisko 9: 9-15.
- Büntgen 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.
- Celiński F., Wojterski T. 1963. *Świat roślinny Babiej Góry*. W: Szafer W. (red.). Babiogórski Park Narodowy. PAN Zakład Ochrony Przyrody, Kraków. 109-170.
- Cook E. R., Holmes R. L. 1986. *User's manual for computer program ARSTAN*. W: Holmes R. L., Adams R. K., Fritts H. C. (eds.). Tree ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Chronology Ser. 6. Univ. of Arizona, Tucson. 50-56.
- Fabjanowski J., Gądek K. 1983. *Lasy Babiej Góry*. W: Zabierowski K. (red.). Park Narodowy na Babiej Górze. Przyroda i Człowiek. Zakł. Ochr. Przyr. I Zas. Nat. PAN. PWN Warszawa-Kraków, Studia Nat. B. 29: 179-196.
- Feliksik E., Wilczyński S. 2000. *Dendroclimatological analysis of the Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) from the Beskid Śląski Mountains*. Zprawodaj Beskydy 13: 161-170.
- Feliksik E., Wilczyński S. 2003. *Termiczne uwarunkowania przyrostu tkanki drzewnej świerka pospolitego (Picea abies (L.) Karst.) w reglu dolnym Beskidu Żywieckiego*. Acta Agraria et Silvestria Series Silvestris 41: 15-24.
- Gawrońska G. 2000. *Wpływ zanieczyszczenia atmosfery na lasy Krainy Karpackiej*. Roczniki Ochrony Środowiska 2: 195-204.
- Grissino-Mayer H. D. 2001. *Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA*. Tree-Ring Res. 57: 205-221.
- Holeksa J. 1998. *Rozpad drzewostanu i odnowienia świerka, a struktura i dynamika karpackiego boru górnoreglowego*. Monographiae Botanicae 82: 1-201.
- Holeksa J., Szwagrzyk J., Musiałowicz W., Parusel J. 2004. *Struktura i dynamika lasów Babiogórskiego Parku Narodowego*. W: Wołoszyn B., Jaworski A., Szwagrzyk J. (red.) Babiogórski Park Narodowy. Monografia Przyrodnicza. Wydawnictwo i Drukarnia Towarzystwa Słowaków w Polsce, Kraków. 528-598.
- Kaczka R. J., Büntgen U. 2007. *Spatial autocorrelation and growth/climate response of a high elevation spruce network along the Carpathian arc*. Trace 6: 103-112.
- Kondracki J. 1998. *Geografia regionalna Polski*. PAN, Warszawa.
- Łajczak A. 2005. *Przyroda nieożywiona*. W: Ptaszyńska-Jackowska D. (red.). Światy Babiej Góry. BgPN, Zawoja. 15-40.
- Obrebska-Starkel B. 1963. *Klimat Babiej Góry*. W: Szafer W. (red.). Babiogórski Park Narodowy. PAN Zakład Ochrony Przyrody, Kraków. 45-67.
- Obrebska-Starkel B. 2004. *Klimat masywu Babiej Góry*. W: Wołoszyn B., Jaworski A., Szwagrzyk J. (red.). Babiogórski Park Narodowy. Monografia Przyrodnicza. Wydawnictwo i Drukarnia Towarzystwa Słowaków w Polsce, Kraków. 137-151.
- Omylak J. 2005. *Z dziejów poznania i ochrony*. W: Ptaszyńska-Jackowska D. (red.). Światy Babiej Góry. BgPN, Zawoja. 147-168.
- Savva Y., Oleksyn J., Reich P. B., Tjoelker M. G., Vaganov E. A., Modrzynski J. 2006. *Interannual growth response of Norway spruce to climate along an altitudinal gradient in the Tatra Mountains, Poland*. Trees 20: 735-746.
- Szychowska-Krapiec 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.
- Wigley T. M. L., Briffa K. R., Jones P. D. 1984. *On the Average Value of Correlated Time Series, with Applications in Dendroclimatology and Hydrometeorology*. Journal of Climate and Applied Meteorology 23: 201-213.
- Wilczyński S., Feliksik E. 2004a. *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.

Wilczyński S., Feliksik E. 2004b. *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 University 7 (2) ser. Forestry.

Zientarski J. 1985. *Wpływ wzniesienia oraz wysokości masywu górskiego na kształtowanie się górnej granicy lasu w Polsce*. Rozprawa doktorska, AR Poznań.

Barbara Czajka

barczajka@wp.pl

Katedra Rekonstrukcji Środowiska Geograficznego, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski