

Prądnik. Prace Muz. Szafera	19	231–242	2009
-----------------------------	----	---------	------

MAGDALENA OPAŁA

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Klimatologii
ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec

**ZAPIS ZRÓŻNICOWANIA MIKROKLIMATYCZNEGO W PRZYROSTACH
ROCZNYCH BUKA ZWYCZAJNEGO (*FAGUS SYLVATICA*)
W DOLINIE SĄSPOWSKIEJ (OJCOWSKI PARK NARODOWY)**

**Tree rings of beech (*Fagus sylvatica*) as a record of microclimatic diversity
in Sąspowska Valley (Ojców National Park)**

ABSTRACT. The paper describes results of the dendroclimatological investigations conducted in Sąspowska Valley in 2008. The analysis were made in order to show how microclimatic differentiation in the investigated valley influences on climate-growth reaction within the sites. The study was made based on comparison between tree-ring widths of beech and microclimatic differentiation based on instrumental measurements along elevation gradient and different exposures. The effect of thermal and pluvial conditions on beech growth differ depending on topographic aspect. In general winter temperature and summer precipitation have influence on radial growth of *Fagus sylvatica* from Sąspowska Valley. The sites with contrasting topographic aspect show highest differences in correlation with climatic parameters.

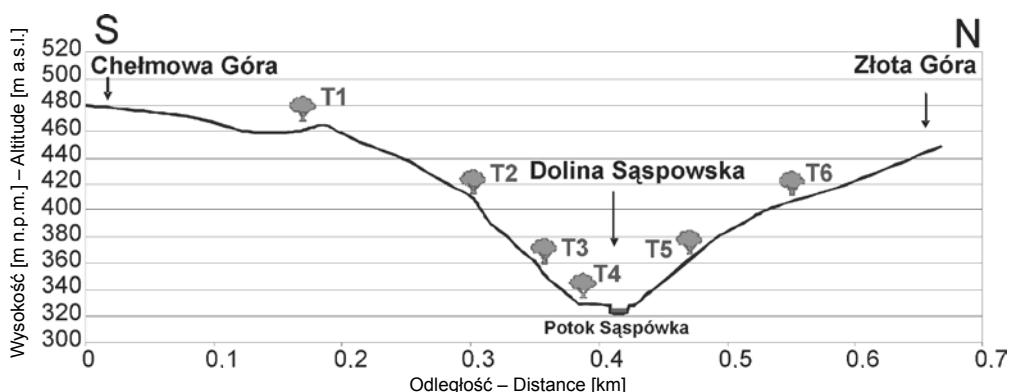
KEY WORDS: European beech, tree-ring analysis, microclimate, dendroclimatology, Ojców National Park

WSTĘP

Szerokość tworzącego się słoja rocznego uzależniona jest od szeregu czynników, z których największą rolę odgrywają warunki klimatyczne. W terenach o urozmaiconej rzeźbie czynniki geomorfologiczne, takie jak ekspozycja i nachylenie stoku mogą jednak w istotny sposób wpływać na różnice w formowaniu się przyrostów rocznych drzew. Wpływ topografii może być złożony, obejmując zróżnicowanie pokrywy glebowej, temperatury i wilgotności powietrza czy promieniowania. Znaczenie wpływu mikroklimatu i mikrosiedliska na formowanie tkanki drzewa zostało potwierdzone w badaniach dendroekologicznych (Peterson, Peterson 1994; Tessier i in. 1997). Uważa się, że zróżnicowanie reakcji przyrostowej w małej skali może mieć znaczący wpływ dla studiów dendroklimatycznych (Oberhuber, Kohler 2000). Szczegółowe analizy wpływu aspektu topograficznego na przyrost radialny wykonywane były na stanowiskach narażonych na stres suszowy (Fekedulegn et al. 2003). Zróżnicowanie reakcji dendroklimatycznej w gradiencie wysokościowym badane było na obszarach gór wysokich (Neuwirth i in. 2004; Saava i in. 2006), średnich (Cejkova, Kolar 2009; Wilson, Hopfmueller 2001) i pogórza (np. Copenheaver i in. 2002). Najczęściej jednak podejmowane były badania wpływu mikroklimatycznego na reakcję przyrostową poprzez ocenę wpływu ekspozycji (Wilczyński, Gołąb 2001).

Dotychczasowe opracowania dendroklimatyczne dotyczące buka zwyczajnego wskazują na duże zróżnicowanie przestrzenne reakcji jego przyrostu rocznego na warunki meteorologiczne (Feliksik, Wilczyński 1997; Chojnacka-Oźga 2002). Badania nad relacją przyrost roczny buka – klimat prowadzone były w różnych regionach Polski, głównie na obszarach górskich (Feliksik i in. 2000; Wilczyński, Gołąb 2001) i w Polsce północnej (Chojnacka-Oźga 2002; Koprowski 2006). Na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego (OPN) opracowano charakterystykę dendroklimatyczną buka z Góry Chełmowej (Wilczyński, Małek 2000). Mimo, że drzewostany OPN znajdowały się pod silnym wpływem zanieczyszczeń środowiska, to prowadzone na tym terenie badania (Zawada 1998) pokazały, że buk jest gatunkiem najmniej uszkodzonym, a istniejące w aparacie asymilacyjnym uszkodzenie pozostaje bez istotnego wpływu na przyrost. Stwierdzono, że buk szczególnie dobrze nadaje się do badań dendroklimatologicznych.

Celem pracy było zbadanie relacji między szerokością przyrostów rocznych buka zwyczajnego, a zróżnicowaniem mikroklimatycznym, a także ocena udziału warunków klimatycznych poszczególnych miesięcy w determinowaniu szerokości drewna wtórnego. Oczekiwano zróżnicowania w przyrostach rocznych drzew z różnych stanowisk w przekroju doliny, w związku z tym, iż topografia wywołuje tam duże zróżnicowanie mikroklimatyczne.



Ryc. 1. Lokalizacja stanowisk dendrochronologicznych (T1–T6) w Dolinie Saspowskiej

Fig. 1. Location of dendrochronological sites (T1–T6) in the Saspowska Valley

OBSZAR BADAŃ

Dolina Saspowska jest drugą co do wielkości doliną OPN. Jej obszar charakteryzuje się powstawaniem dużych kontrastów mezo- i mikroklimatycznych, związanych ze zróżnicowaną rzeźbą. Dolina Saspowska była bardzo dobrym obiektem do badań mikroklimatycznych, ze względu na dużą różnicę wysokości między dnem doliny a wierzchołką, dochodzącą do 130 metrów oraz przebieg doliny w kierunku z zachodu na wschód (Klein 1992). Do poboru prób wytypowano Dolinę Saspowską również ze względu na występujące tam zbiorowiska leśne, klasyfikowane jako naturalne i stare (Moszkowicz 2005). W przekroju Doliny Saspowskiej wyróżniono trzy zbiorowi-

ska roślinne o charakterze naturalnym. Północne stoki doliny porasta buczyna karpacka (*Dentario glandulosae-Fagetum*), główny typ zbiorowiska na południowym stoku to las grądowy (*Tilio-Carpinetum*), zaś w dnie doliny znajduje się łąg nadrzeczny (*Alno-Ulmion*) oraz las grądowy (*Tilio-Carpinetum*) (Sołtys-Lelek 2008). Dolina Sąspowska to stale odwadniany jar krasowy o prawie prostopadłych, skalistych zboczach i płaskim dnie. Podobnie jak cała okolica OPN jest typowym obszarem krasowym, który cechuje brak wód powierzchniowych (Partyka 2006).

MATERIAŁY I METODA BADAŃ

Badania terenowe prowadzono w 2008 i 2009 roku. Próby do badań zostały pobrane za pomocą świdra Presslera. Ze względu na ochronę obszaru OPN pobierano po jednym odwiercie z drzewa. W przekroju Doliny Sąspowskiej wyznaczono transekt z sześcioma stanowiskami: na wierzcholinie, w dnie oraz po dwa stanowiska na północnym i południowym stoku (ryc. 1).

Próby poddano standardowej preparatyce dendrochronologicznej. Pomiary szerokości przyrostów rocznych przeprowadzono przy pomocy przyrostomierza z dokładnością do 0,01 mm. Następnie przetestowano poprawność datowania słoju drewna oraz homogeniczność sekwencji. Użyto programu COFECHA (Grissino-Mayer 2001), który testował każdą serię pomiarową w stosunku do średniej ze wszystkich serii i porównywał wartości współczynników korelacji. Korelacja była weryfikowana przez wybrany poziom ufności i sprawdzana czy większa jej wartość występowała przy innym położeniu serii w czasie.

Uśredniając pomiary dla kolejnych stanowisk utworzono sześć lokalnych chronologii. Wartości rzeczywiste zamieniono na indeksy, a następnie utworzono chronologie residualne, pozbawione autokorelacji. W celu podkreślenia zmienności krótkookresowej w seriach przyrostowych, zastosowano filtr górnoprzepustowy o okresie 64 lat. Do wykonania obliczeń zastosowano program ARSTAN.

Użyte dane meteorologiczne pochodziły z mikrorejestratorów zainstalowanych w przekroju poprzecznym doliny. Ponadto zastosowane zostały serie danych meteorologicznych: średniej miesięcznej temperatury powietrza ze stacji w Olkuszu i miesięcznych sum opadów ze stacji w Parku Zamkowym w Dolinie Prądnika w Ojcowie z lat 1990–2009. W celu zbadania reakcji dendroklimatycznej przeprowadzono analizę korelacji między szerokością przyrostów a temperaturą powietrza i opadami dla okresu wspólnego 1955–2007.

WARUNKI MIKROKLIMATYCZNE

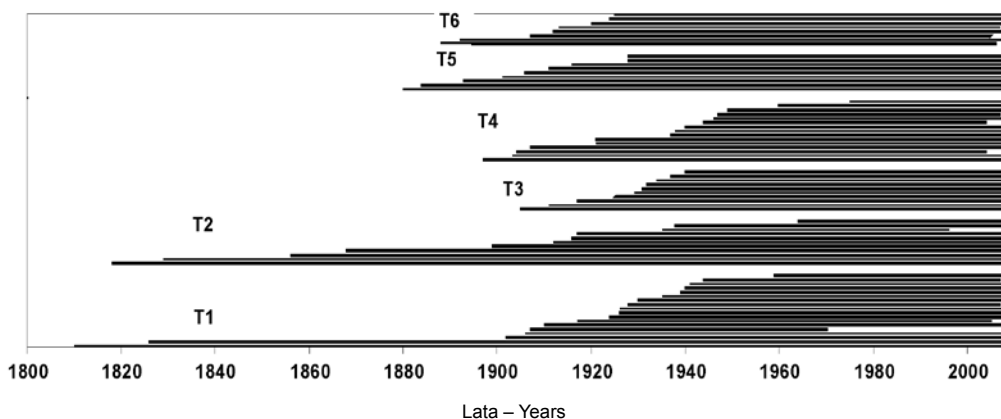
W przekroju Doliny Sąspowskiej wielokrotnie prowadzone były pomiary mikroklimatyczne. W okresie 1964–1967 najniższe temperatury notowano w dnie doliny we wszystkich miesiącach (Klein 1991). Pomiary wykonane w latach 80. XX w. pokazały, iż zróżnicowanie termiczne na badanym obszarze było sezonowo zmienne. Zimą i wiosną niższe temperatury notowane były w dnie doliny, zaś w miesiącach letnich temperatura na zboczu była o około 0,3°C niższa niż w dnie. Pomiary automatyczne prowadzone przez Z. Caputę (zob. art. w tym tomie) w latach 2007–2009 na różnych wysokościach w Dolinie Sąspowskiej pokazały, że średnia roczna temperatura jest najniższa w dnie i wynosi 7,4°C, zaś na zboczach wynosi około 8,1°C (dla ekspozycji S i N różnica to 0,1°C).

Zróznicowanie wilgotności powietrza w Dolinie SĄspowskiej było analogiczne do warunków górskich. Na zboczach notowano niższe wartości wilgotności względnej niż w dolinie, co było efektem częstej kondensacji pary wodnej w dnie. Na podstawie pomiarów prowadzonych w latach 1964–1967, a także 1987–1988 stwierdzono także, że dno doliny otrzymywało mniejsze ilości opadów niż zbocza. Najwyższe opady notowano na zboczach o ekspozycji północnej i na wierzchowinach. Dolina SĄspowska, a w szczególności jej dno to jedno z miejsc o najdłuższym czasie zalegania pokrywy śnieżnej w obrębie OPN (Klein 1991; Wojkowski 2009).

WYNIKI BADAŃ

Spośród pobranych 71 odwiertów buka, w badaniach wykorzystano 57 prób. Odrzucono próby o zbyt niskim współczynniku korelacji z chronologią średnią, posiadające silny indywidualny wzór przyrostowy odbiegający od średniego przebiegu krzywej przyrostowej. Tabela nr 1 prezentuje podstawowe parametry zbudowanych chronologii bukowych i charakterystykę stanowisk. Po usunięciu najstarszej części chronologii, gdzie replikacja prób wynosiła poniżej 5, długość chronologii lokalnych wahała się od 67 do 91 lat. Ze względu na to, iż wiek drzew może wpływać na ich reakcję dendroklimatyczną, obliczono średni wiek prób na stanowiskach. Średni wiek prób był najwyższy na stanowisku T2 (111 lat), a najniższy na stanowisku T4 (75 lat).

Porównanie zasięgu czasowego prób budujących badane sześć chronologii lokalnych wykazało zróżnicowanie wieku drzew w poszczególnych stanowiskach (ryc. 2). Najstarsza próba (198 lat) pochodziła ze stanowiska nr 1. Pozostałe próby mające ponad 180 przyrostów zebrano na stanowisku nr 1 (Chełmowa Góra) oraz stanowisku nr 2 (południowe zbocze Doliny SĄspowskiej powyżej 400 m n.p.m.). Najmłodszą próbę (35 lat) pozyskano ze stanowiska w dnie doliny (T4), co koresponduje z zarastaniem i zanikiem łąk w dnie doliny od lat sześćdziesiątych XX wieku (Sołtys-Lelek 2008).



Ryc. 2. Zasięg czasowy prób budujących chronologie lokalne

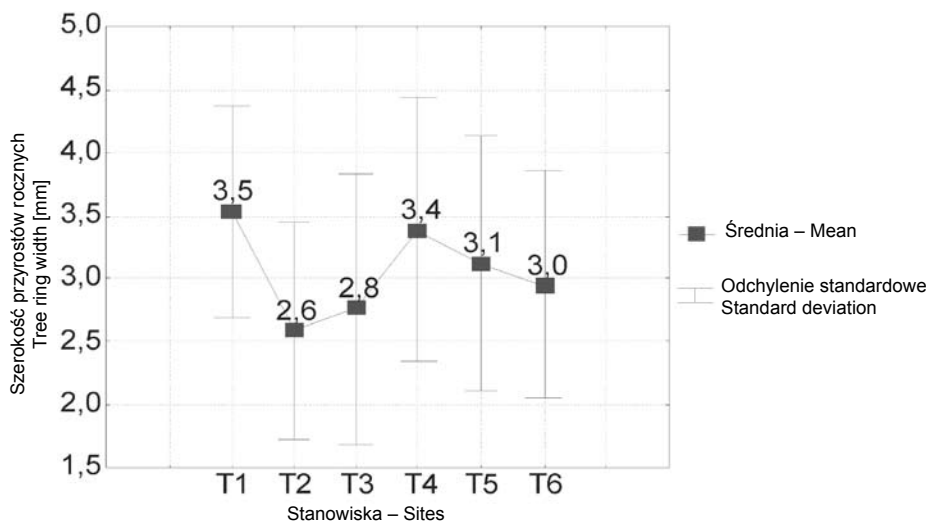
Fig. 2. Temporal distribution of the samples from site chronologies

Tabela 1. Charakterystyka chronologii lokalnych
 Table.1. Characteristics describing local chronologies

Chronologia Chronology	Wysokość [m n.p.m.] Elevation [m a.s.l.]	Opis stanowiska* Site description**	Liczba prób Number of samples	Okres chronologii (liczba lat) Chronology length (number of years)	Średnia korelacja Mean corre- lation	Średnia szerokość przyrostu [mm] (odchylenie standardowe) Mean ring width [mm] (standard deviation)	Średni wiek próby Mean age of sample
T1	480–460	Wierzchowina, buczyna karpacka, gleba płowa właściwa	13	1926–2008 (82)	0,542	3,68 (1,28)	93
T2	420–400	Stok o ekspozycji północnej, las grądowy, rędziny brunatne	8	1917–2008 (91)	0,493	2,63 (1,27)	111
T3	370–350	Stok o ekspozycji północnej, las grądowy, rędziny brunatne	9	1930–2008 (78)	0,589	3,00 (1,263)	82
T4	340–330	Dno doliny, łęg nadrzeczny, gleba brunatna właściwa, aluwia rzeczne	10	1941–2008 (67)	0,430	3,48 (1,134)	75
T5	370–350	Stok o ekspozycji południowej, buczyna karpacka, rędziny brunatne	10	1917–2008 (91)	0,516	3,00 (1,303)	103
T6	420–400	Stok o ekspozycji południowej, buczyna karpacka, rędziny brunatne	7	1926–2008 (82)	0,476	2,93 (1,184)	99

* na podstawie (after): Sołtys-Lelek 2009; Zalewa 2008

** after: Sołtys-Lelek 2009; Zalewa 2008



Ryc. 3. Różnice szerokości przyrostów pomiędzy chronologiami lokalnymi

Fig. 3. Tree rings width differences between site chronologies

Porównanie szerokości przyrostów (ryc. 3) pokazało, że wąskie przyrosty wystąpiły u buków porastających strome stoki, zaś szerokie u buków porastających dno doliny (T4) oraz płaski grzbiet Chełmowej Góry (T1). Wysoka wartość średniej szerokości przyrostów na stanowisku T4 była spowodowana lepszymi warunkami siedliskowymi w dnie doliny (większa żyzność gleby).

Porównanie podobieństwa między chronologiami (tab. 2) oparto na współczynniku GL (Gleichläufigkeit), który służy do oceny zgodności przebiegu par sekwencji dendrochronologicznych (Zielski, Krąpiec 2004) oraz na współczynniku korelacji. Pozwoliło to na wskazanie stanowisk o największej zgodności w przebiegu krzywych (GL): T1 i T4 oraz T2 i T3. Najwyższe współczynniki korelacji uzyskano natomiast dla stanowisk T1 i T3 oraz T2 i T5.

Przeprowadzone analizy związku szerokości pierścieni rocznych buków z warunkami klimatycznymi, pozwoliły na wyodrębnienie miesięcy o największym wpływie na aktywność kambialną badanego gatunku (ryc. 4). Buk z większości stanowisk z Doliny Saspowskiej był wrażliwy na temperaturę okresu zimowego oraz opady przełomu wiosny i lata. Ponadto przeprowadzone obliczenia pokazały dość wysoki negatywny ($r = -0,40$) związek z temperaturą lata w roku poprzedzającym powstanie przyrostu. Najwyższe wartości współczynnika korelacji uzyskano dla stanowiska w dnie doliny i tego zlokalizowanego na wierzchołku. Stanowisko T4 położone w dnie Doliny Saspowskiej wyróżniało się

Ryc. 4. Chronologie lokalne dla stanowisk w przekroju Doliny Saspowskiej oraz zależność przyrostów rocznych od temperatury i opadów. Czarne słupki oznaczają istotność statystyczną na poziomie 0,05

Fig. 4. Local chronologies for sites in cross-section of the Saspowska Valley and dependence of beech tree ring width on temperature and precipitation. Black bars represent statistical significance at 0,05 level

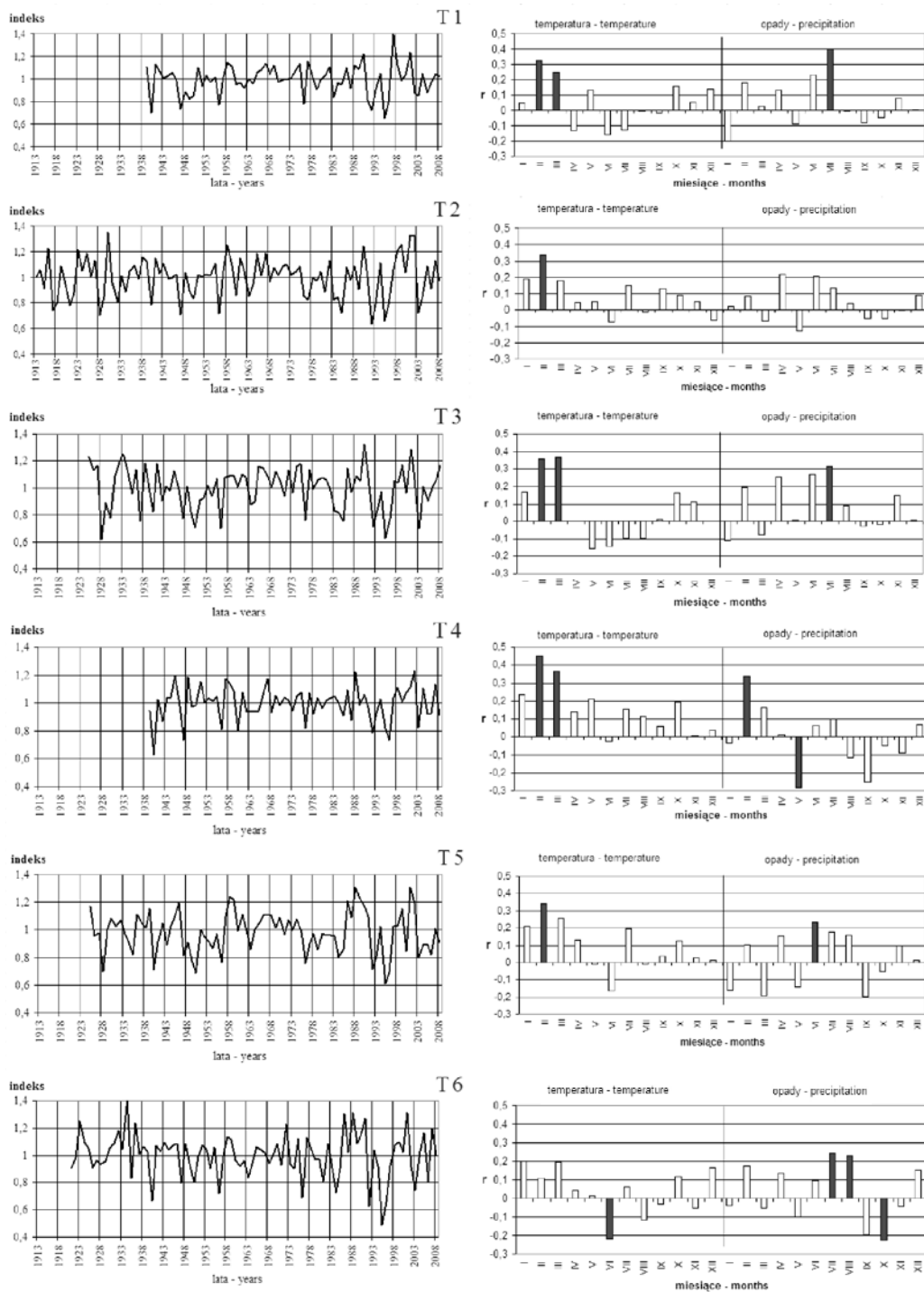


Tabela 2. Współczynniki korelacji (górną część macierzy) oraz współczynniki zbieżności GL [%] (dolną część macierzy) między chronologiami lokalnymi.

Table 2. Correlation coefficients (upper part of matrix) and coefficient GL [%] (lower part of matrix) between site chronologies

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
T1	X	0,55	0,73	0,61	0,65	0,60
T2	77,5	X	0,65	0,61	0,71	0,56
T3	71,1	83,1	X	0,46	0,68	0,66
T4	83,1	75,9	67,4	X	0,62	0,58
T5	68,7	80,7	69,9	68,7	X	0,68
T6	68,7	80,7	80,7	63,8	79,5	X

reakcją dendroklimatyczną spośród pozostałych stanowisk, gdyż występował tam silny związek między formowaniem się przyrostów buka, a opadami lutego (pozytywny) i maja (negatywny). Opady lutego powiązane z czasem akumulacji śniegu w dnie doliny (jeden z najdłuższych w OPN), mogą mieć pozytywny wpływ na powstawanie szerokich przyrostów poprzez łagodzenie wpływu inwersji termicznych (obfita pokrywa śnieżna chroni przed przemarzaniem). Ponadto najwyższy spośród badanych stanowisk współczynnik korelacji ($r=0,46$) między szerokością słoju buka a temperaturą lutego potwierdza wrażliwość drzew na temperaturę powietrza. Mimo, iż najmniejsze opady notuje się w dnie doliny, to buki porastające dno Doliny Sądowskiej, mające dostateczną ilość wilgoci, reagowały negatywnie na obfite opady w maju ($r=-0,29$).

Stanowiska wrażliwe na niedobór opadów to przede wszystkim obszar wierzchołkowy, gdzie opady lipca miały pozytywny wpływ na powstawanie szerokiego przyrostu ($r=0,40$), a także południowy stok Złotej Góry (T5 i T6). Wysoka negatywna korelacja chronologii T6 z temperaturą lipca oraz wysoka pozytywna korelacja z opadami lipca i sierpnia wskazywała na dużą wrażliwość na stres suszowy u buków ze stanowiska T6. Na tym stanowisku, położonym w wyższej partii stoku o południowej ekspozycji, czynnikiem ograniczającym wzrost były opady, dlatego nie obserwowano dodatnich wartości korelacji z temperaturą tak jak w innych stanowiskach. Chronologia ze stanowiska T2 charakteryzowała się brakiem istotnych korelacji z opadami oraz wysoką wartością korelacji z temperaturą lutego. Chronologie dla pozostałych stanowisk tzn. T3 i T5 wykazywały pozytywne związki zarówno z temperaturą zimy jak i opadami lata.

DYSKUSJA

Analizowane warunki mezoklimatyczne (termiczno-pluwialne) były czynnikiem w dużej mierze kształtującym wielkość przyrostu radialnego buka. Mimo to różnice w reakcji dendroklimatycznej spowodowane sytuacją topograficzną i mikroklimatyczną stanowiska były bardzo istotne, co potwierdzały także wcześniejsze badania (Oberhuber, Kofler 2000).

Uzyskane wyniki wskazują, że na wszystkich stanowiskach gorące lato ograniczało przyrost w roku następnym. Zależność ta została potwierdzona także u buków z północnej Polski i tłumaczona była wpływem warunków termicznych w okresie formowania się pąków kwiatowych na ich żywotność oraz na przyszłoroczny przyrost (Chojnacka-Ozga 2002).

Dotychczasowe badania dendroklimatyczne buka potwierdzają, że warunki pogodowe miesięcy w których nie odbywa się fizyczny podział kambium mają istotny wpływ na formowanie się słoja rocznego (Feliksik i in. 2000; Wilczyński Małek 2000; Chojnacka-Oźga 2002; Wilczyński, Gołąb 2001; Koprowski 2006). Bardzo istotny wpływ mają warunki termiczne miesięcy zimowych. Na większości stanowisk (poza stanowiskiem o ekspozycji południowej) zaznacza się duży wpływ niskiej temperatury lutego i marca na zmniejszenie przyrostu. Podobnie jest na badanych stanowiskach buka z całej Polski, a zwłaszcza z obszarów górskich (Feliksik, Wilczyński 1997; Feliksik i in. 2000). Jest to wynikiem wrażliwości buka na suszę fizjologiczną, która może powstawać na skutek niskich temperatury gleby (Chojnacka-Oźga 2002). Chociaż wykonane analizy pokazały, że niska temperatura lutego i marca działa niekorzystnie na przyrost buka z OPN, to nie ujawnił się negatywny wpływ późnych przymrozków majowych, o którym traktują krajowe i zagraniczne badania dendroklimatologiczne buka (Niedzielska i in. 2002; Dittmar 2006).

Poza czynnikiem termicznym na zmienność szerokości przyrostu buka z Doliny Sąpowskiej w decydującym stopniu wpływały opady lata. W OPN niedobór opadów istotnie ograniczał przyrost radialny na większości stanowisk. Negatywny wpływ suszy występującej latem na przyrost radialny potwierdzają badania buka ze Świętokrzyskiego Parku Narodowego (Feliksik i in. 2002), relacja ta nie występuje natomiast u buków z Beskidu Wyspowego (Wilczyński, Gołąb 2001).

Opisane powyżej ogólne zależności znajdujące potwierdzenie w dotychczasowych badaniach dendroklimatycznych buka, są modyfikowane wpływem warunków mikroklimatycznych stanowiska. Różnice mikroklimatyczne związane z różnym nasłonecznieniem zboczy w Dolinie Sąpowskiej znajdują odbicie w relacjach klimat – przyrost, podobnie jak wykazano w badaniach dla obszarów górskich (Wilczyński, Gołąb 2001). Stanowisko o wystawie północnej charakteryzuje się wrażliwością na temperaturę oraz brakiem wrażliwości na opady, zaś dla stanowiska na przeciwległym stoku zależność ta jest odwrotna (por. T2 i T6). Jest tak jednak wyłącznie dla stanowisk położonych w górnej partii stoku. Dla stanowisk położonych na stokach nieco ponad dnem doliny tak wyraźne zależności nie występują i mają one podobny wzór reakcji dendroklimatycznej mimo różnej ekspozycji (por. T3 i T5). Ponadto daje się zaobserwować raczej ich podobieństwo dla stanowiska zlokalizowanego na wierzchołku, niż stanowisk o kontrastowych ekspozycjach. Brak wyraźnych zależności od ekspozycji może wynikać z ustawienia stanowisk zbyt blisko dna doliny. Natomiast różnice w zależności przyrostów od klimatu pomiędzy drzewami porastającymi wierzchołkiem i dno doliny związane są głównie z zapotrzebowaniem na wodę.

Przedstawione w pracy analizy stanowią przyczynek do dalszych badań dendromikroklimatycznych. Otrzymane wyniki mogą zostać uszczegółowione poprzez zwiększenie zakresu prac terenowych (większa replikacja prób). Dla podkreślenia znaczenia zdarzeń ekstremalnych przydatna może być analiza lat wskaźnikowych oraz analiza zmian anatomicznych w drewnie buka, ze szczególnym uwzględnieniem słoików mrozowych, a także zwiększenie rozdzielczości danych meteorologicznych z miesięcznych na dzienne. W interpretacji zapisu zróżnicowania mikroklimatycznego może pomóc także poszerzenie zakresu analiz statystycznych, o analizę głównych składowych (Oberhuber, Kohler 2000).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Oczekiwane zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych w transekcie zostało potwierdzone przez parametry opisujące chronologie bukowe, przede wszystkim średnią szerokość przyrostu.

2. Warunki mezoklimatyczne są czynnikiem w dużej mierze kształtującym wielkość przyrostu radialnego buka, mimo to różnice w reakcji dendroklimatycznej spowodowane sytuacją topograficzną i mikroklimatyczną stanowiska są bardzo istotne.

3. Warunki termiczne zimy determinują szerokość przyrostu buka w największym stopniu na większości stanowisk, ponadto istotny jest także wpływ opadów letnich oraz negatywny wpływ temperatury miesięcy letnich poprzedzających przyrost.

4. Przeprowadzone badania wykazały, że buk z południowego stoku Złotej Góry jest wrażliwy na stres suszowy (pozytywna reakcja na wysokie opady lata oraz negatywna na wysoką temperaturę lata).

5. Analiza dendrochronologiczna oraz dendroklimatologiczna wykazały, że istotny jest wpływ ekspozycji na kształtowanie się przyrostów rocznych.

6. Największe kontrasty w reakcji dendroklimatycznej wystąpiły między dnem doliny a wierzchołką oraz między górną częścią stoku północnego i południowego.

Podziękowania

Składam podziękowania prof. dr hab. Tadeuszowi Niedźwiedziowi i dr Józefowi Partyce za udostępnienie danych meteorologicznych ze stacji w Olkuszu i Ojcowie, a także dr Zbigniewowi Capucie za udostępnienie danych meteorologicznych ze stacji automatycznych z Doliny Sąpowskiej i pomoc w pracach terenowych. Dziękuję również dr Ryszardowi J. Kacze za dyskusję i uwagi metodyczne.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007–2010 jako projekt badawczy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Nr N306 044 32/3178.

PIŚMIENNICTWO

Cejkova A., Kolar T. 2009. *Extreme radial growth reaction of Norway spruce along an altitudinal gradient in the Sumava Mountains*. „Geochronometria”, **33**: 41–47.

Chojnacka-Ożga L. 2002. *Wpływ warunków termiczno-pluwialnych na wielkość przyrostów radialnych buka zwyczajnego (Fagus sylvatica L.) rosnącego w Polsce północnej*. „Sylvan”, **146**, 6: 75–87.

Copenheaver CA., Grinter LE., Lorber JH., Neatrour MA., Spinney MP. 2002. *A dendroecological and dendroclimatic analysis of Pinus virginiana and Pinus rigida at two slope positions in the Virginia Piedmont*. „Castanea”, **67**: 302–315.

Dittmar Ch., Fricke W., Elling W. 2006. *Impact of late frost events on radial growth of common beech*. „Eur J Forest Res.”, **125**: 249–259.

Fekedulegn D., Hicks R.R., Colbert J.J. 2003. *Influence of topographic aspect, precipitation and drought on radial growth of four major tree species in an Appalachian watershed*. „Forest Ecology and Management”, **177**: 409–425.

Feliksik E., Wilczyński S. 1997. *Dendroclimatological characterisation of beech (Fagus sylvatica) from the Beskidy Zachodnie Mountains (southern Poland)*. „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie” 326. Leśnictwo, **26**: 55–62.

Feliksik E., Wilczyński S., Podlaski R. 2000. *Wpływ warunków termiczno-pluwialnych na wielkość przyrostów radialnych sosny (Pinus sylvestris L.), jodły (Abies alba Mill.) i buka (Fagus sylvatica L.) ze Świętokrzyskiego Parku Narodowego*. „Sylvan”, **144**, 9: 53–63.

Grissino-Mayer H.D. 2001. *Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA*. “Tree Ring Research”, **57**, 2: 205–221.

Klein J. 1992. *Stosunki termiczno-wilgotnościowe Doliny Sąspowskiej w Ojcowskim Parku Narodowym*. „Prądnik. Prace Muz. Szafera”, **5**: 21–27.

Koprowski M. 2006. *Dendrochronologiczna analiza przyrostów rocznych buka zwyczajnego (Fagus sylvatica L.) w Nadleśnictwie Itawa*. „Sylvan”, **150**, 5: 44–50.

Moszkowicz Ł. 2005. *Pochodzenie i wiek lasów Ojcowskiego Parku Narodowego*. „Prądnik. Prace Muz. Szafera”, **15**: 275–281.

Neuwirth B., Esper J., Schweingruber FH., Winiger M. 2004. *Site ecological differences to the climatic forcing of spruce pointer years from Loetschental, Switzerland*. „Dendrochronologia”, **21**: 69–78.

Niedzielska B., Wilczyński S., Wąsik R. 2002. *Analiza zmian zachodzących w tkance drzewnej buka zwyczajnego (Fagus sylvatica L.) w Tatrach w latach 1931–1992*, [w:] W. Borowiec, A. Kotarba, A. Kownacki, Z. Krzan, Z. Mirek (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Tatr*. Wyd. TPN, TPN oZ, Oddział w Krakowie. Kraków-Zakopane, s. 209–212.

Oberhuber W., Kohler W. 2000. *Topographic influences on radial growth of Scots pine (Pinus sylvestric L.) at small spatial scales*. “Plant Ecology”, **146**: 231–240.

Partyka J. 2006. *Środowisko abiotyczne Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*. „Prądnik. Prace Muz. Szafera”, **5**: 9–20.

Peterson DW., Peterson DL. 1994. *Effects of climate on radial growth of subalpine conifers in the North Cascade Mountains*. “Canadian Journal of Forest Research”, **24**: 1921–1932.

Saava 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**: 735–746.

Sołtys-Lelek A. 2009. *Struktura i zmiany zbiorowisk roślinnych na stanowisku „Grodzisko” i w Dolinie Sąspowskiej (Ojcowski Park Narodowy)*. „Prądnik. Prace Muz. Szafera”, **19**: 265–320.

Tessier L., Guibal F., Schweingruber FH. 1997. *Research strategies in dendroecology and dendroclimatology in mountain environments*. “Climate Change”, **36**: 499–517.

Wilczyński S., Gołąb J. 2001. *Sygnal klimatyczny w słojach drewna buka zwyczajnego (Fagus sylvatica) z Beskidu Wyspowego*. „Sylvan”, **145**, 10: 61–72.

Wilczyński S., Małek S. 2000. *Dendroclimatological characterisation of beech (Fagus sylvatica L.) from Chełmowa Góra in Ojcowski National Park and Jaworzyna Krynicka*, [w:] *Monitoring of processes occurring in beech stands in the changing environments conditions on the example of the Ojcow National Park and the Poprad Landscape Park*. Kraków, s. 57–67.

Wilson RJS., Hopfmueller M. 2001. *Dendrochronological investigations of Norway spruce along an elevational transect in the Bavarian Forest, Germany*. “Dendrochronologia”, **19**: 67–79.

Wojkowski J. 2009. *Zróznicowanie przestrzenne pokrywy śnieżnej na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego*. „Prądnik. Prace Muz. Szafera”, **19**: 89–108.

Zielski A., Krapiec M. 2004. *Dendrochronologia*. Wyd. PWN Warszawa, ss. 328.

Zalewa S. 2008. *Gleby Ojcowskiego Parku Narodowego*, [w:] A. Klasa, J. Partyka (red.) *Monografia Ojcowskiego Parku Narodowego. Przyroda*. Wyd. OPN. Ojców, s. 137–146.

Zawada J. 1998. *Dynamika przyrostowa buka, jodły i sosny w wybranych drzewostanach Ojcowskiego Parku Narodowego jako wskaźnik ich żywotności*. „Prądnik. Prace Muz. Szafera”, **11–12**: 199–206.

SUMMARY

The study describes the relations between tree-ring widths of beech and microclimatic differentiation based on instrumental measurements. At the work the effect of climatic conditions on the annual ring width formation of beech from different topographic position was analyzed. The obtained time series covered the years 1917–2008 for the longest chronology (northern slope) and 1941–2008 for the shortest chronology (valley bottom).

The widths of tree-rings were measured and the tree-ring chronologies for each tree population from different elevations and exposures were calculated. Correlations between tree-ring widths and thermal and pluvial conditions were analyzed. It was proved that winter temperature and summer precipitation have an influence on radial growth of *Fagus sylvatica*. Moreover there is significant negative relation with summer temperature in the previous year of ring formation. Additionally, TRW chronologies focussing on micro-topographic differences between south-facing and north-facing slopes were conducted. Significant correlations coefficients (CC) between precipitation (positive CC) and temperature (negative CC) and ring-width confirm that water availability is a growth-limiting factor within southern slope. On the basis of correlation coefficient it was demonstrated that winter temperature influences annual growth ring formation most at northern slope and there was no relation with precipitation. It was also found that site at the valley bottom is exceptional with its dendroclimatic reaction showing high positive CC with February precipitation and high negative CC with May precipitation.

Conducted dendroclimatic analysis evidently show influence of exposure on tree-ring width. Although the tree ring formation is influenced mainly by mezo-climatic conditions, there is considerable impact of microsite influences on response of tree to environmental stress. These small scale variations in growth-climate relationships have significant implications for dendroclimatological studies.