

Zmiany wrażliwości klimatycznej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w naturalnym lesie dolnoeregłowym w Tatrach Polskich

Ryszard J. Kaczka, Sławomir Wiórkowski, Barbara Czajka, Tomasz Skrzydłowski

Abstrakt. W wyniku długotrwałego oddziaływania antropopresji naturalne, dolnoeregłowe lasy mieszane prawie zupełnie zniknęły z Karpat. Pojedyncze rozproszone fragmenty takiego, składającego się z buka, jodły i świerka lasu można odnaleźć w Tatrach. Stwarza to szansę do określenia współczesnej dynamiki wzrostu i wrażliwości na czynniki klimatyczne tego elementu ekosystemu górskiego. Celem badań było określenie klimatycznej wrażliwości jodły z Suchego Żlebu uważanego za ostoję naturalnego lasu mieszanego. Zbudowano chronologię bazując na 45 próbach z jodły pospolitej. Ze względu na występowanie wyraźnej redukcji szerokości przyrostów w latach 70. i 80. XX wieku analizy przeprowadzono oddzielnie dla całości, dla okresu sprzed redukcji (1901-1961), okres drastycznego zmniejszenia szerokości przyrostów (1962-1991), okres wyraźnie lepszej kondycji (1992-2009). Wrażliwość na wszystkie siedem badanych czynników klimatycznych wyraźnie zmieniała się dla poszczególnych okresów.

Słowa kluczowe: Polskie Tatry, Suchy Żleb, jodła pospolita, las mieszany, dendroklimatologia

Abstract. As a result of constant human pressure natural montane forest has almost completely disappeared from Carpathian Mountains. Small, isolated remains of the mixed forest consist fir, beech, spruce survived in Tatras. This creates opportunity to study the recent dynamics and climate response of that natural ecosystem. This study aims at defining the climate influence on vital element of montane forest - silver fir. The chronology of fir from Suchy Żleb were developed and growth/climate response were computed. The growth reduction were found in 1970s and 1980s. The dendroclimatic analyses were conducted respectfully to these significant changes of the growth. The separate analyses were performed for periods 1901-1961 (the period before growth reduction), 1962-1991 (sever reduction of ring width) and 1992-2009 (period of recovery). The correlation with seven climatic agents were computed revealing significant differences of climate sensitivity for each period.

Keywords: Polish Tatras, Suchy Żleb, fir, mixed forest, dendroclimatology

Wstęp

Jodła pospolita stanowi jeden z głównych składowych dolnoeregłowego lasu mieszanego (Jaworski 1973; Bernadzik 2008). Ten element krajobrazu Tatr został, w wyniku wielowiekowej gospodarczej działalności człowieka, mocno odkształcony lub całkowicie wyeliminowany. Jeden z niewielu fragmentów lasu mieszanego o naturalnym charakterze występuje w Suchym Żlebie, Tatry Regłowe (Ryc. 1). Jodły rosnące w Suchym Żlebie wykazują, w stosunku do tych ze stano-

wisk na Łysej Skałce, Wielkiej Suchej Dolinie oraz Dolinie Białego Potoku (Feliksik, ITRDB), wyraźną depresję przyrostów w drugiej połowie XX wieku, po której następuje okres systematycznej poprawy kondycji.

Celem badań było określenie jak klimat wpływa na wzrost jodeł z dolnoregłowego lasu mieszanego o charakterze naturalnym. Związek szerokości przyrostów rocznych z różnymi elementami klimatu analizowano na tle zmian dynamiki wzrostu jodeł w okresie 1901-2009.

Material i metody

Rezerwat w Suchym Żlebie o powierzchni niewiele ponad 1 ha w okolicach Doliny Strążyskiej, reprezentuje pozostałości pierwotnego lasu dolnoregłowy, gdzie rosły buki, jodły i świerki. (Ryc. 1).

Badania zostały oparte na standardowych metodach dendrochronologicznych. Próby w postaci odwiertów pobrano z 74 jodeł. Rdzenie wklejono w mocujące listwy, wyszlifowano aby otrzymać odpowiedniej jakości powierzchnie pomiarowe i zeskanowano. Pomiar szerokości przyrostów wykonano z wykorzystaniem programu CooRecorder (Larsson 2003). Po przeprowadzeniu wizualnych (inspekcja dendrogramów) i statystycznych testów (analiza z wykorzystaniem programu Cofecha) (Holmes 1983) z puli 74 prób, wybrano 45, z których została zbudowana chronologia jodłowa obejmująca 207 lat (od 1804 do 2011 roku). W analizach wpływu klimatu na wzrost drzew wykorzystano siedem elementów: średnia miesięczna temperatura powietrza, średnia miesięczna maksymalna i minimalna temperatura powietrza, miesięczna suma opadów, średnie miesięczne zachmurzenie, średnia miesięczna wartość PDSI (indeks intensywności suszy Palmera) oraz prężność pary wodnej, dostępnych za okres 1901-2009 w bazie danych grid CRU 3.1. (Mitchell, Jones 2005). Do oceny jaki z w/w czynników ma największy wpływ na wzrost jodeł, wykorzystano współczynnik korelacji Pearsona (przyjęto próg istotności statystycznej na poziomie 0,01).



Ryc. 1. Lokalizacja terenu badań na tle Tatr Polskich

Fig. 1. Location of study site in Polish Tatras

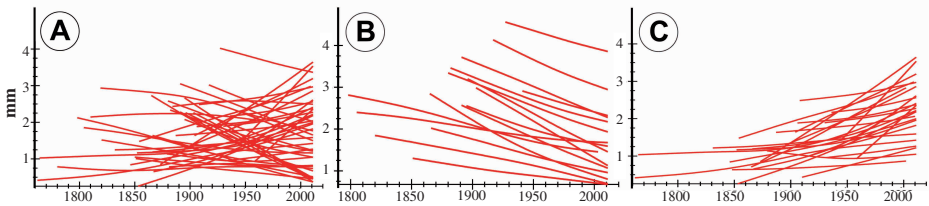
Wyniki i dyskusja

Struktura wiekowa 74 badanych jodeł, określona na podstawie liczby przyrostów w próbach pobieranych na wysokości pierśnicy potwierdza, że stanowią one stały element lasu mieszanego w Suchym Żlebie. Występują tam drzewa o zróżnicowanym wieku. Dominują jodły w wieku 90-160 lat (68%), większość drzew (24%) należy do grupy wiekowej 120-140 lat. Zdecydowanie mniejszy (7%) jest udział drzew najmłodszych, około 40-letnich i osobników mających powyżej 250 lat (3%). Na podstawie wykonanych wcześniej pomiarów określono średnie szerokości przyrostów radialnych w przedziałach dekadowych, uwzględniając wiek kambialny (<100, 100-180, >180 lat). Najszersze przyrosty roczne wykazały drzewa młodsze — tj. te z grupy wiekowej <100 lat. W każdej jednak grupie wiekowej zauważalna jest wyraźna depresja przyrostów z minimum na przełomie lat 70. i 80. XX wieku. Podobne depresje przyrostowe w różnym stopniu wykazują jodły w różnych górach Polski (Bronisz et al. 2010; Feliksik et al. 2000; Zawada 1978, 2001).

Wytypowana, na podstawie analiz wizualnych i statystycznych, grupa 45 drzew charakteryzuje się dużą zgodnością zmian szerokości z roku na rok. Jodły te wykazują ponadto wyraźną zmienność długookresowych trendów wzrostu promieniowego (Ryc. 2a). Ze względu na tą cechę grupę tą podzielono na drzewa wykazującą ujemny (Ryc. 2b) i dodatni (Ryc. 2c) trend szerokości przyrostów rocznych. Dalsze analizy prowadzono dla trzech oddzielnie opracowanych chronologii: a) wspólna chronologia, obejmująca drzewa charakteryzujące się różnymi trendami wzrostowymi ale reprezentujące całe stanowisko, b) dwie chronologie składająca się z drzew o kontrastowo różnych, pozytywnych (25 osobników) i negatywnych (17 drzew) trendach zmian szerokości przyrostów.

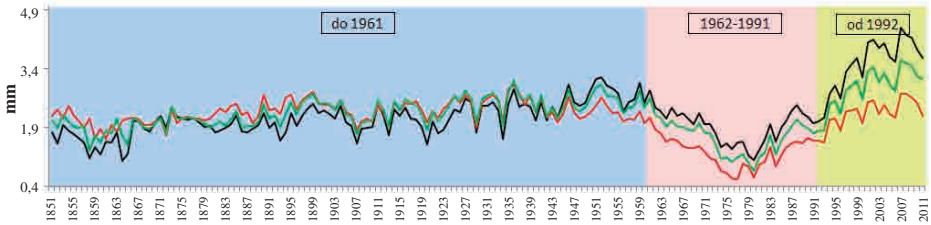
Analiza przebiegu tak opracowanych chronologii średnich (Ryc. 3) pozwoliła na wyróżnienie różnych okresów, w których: 1) szerokości przyrostów rocznych wykazały zmiany przebiegu, ale w dłuższym okresie ich wartość była podobna (do 1961 roku); 2) większość badanych drzew wykazała depresję (wyraźne zmniejszenie szerokości) przyrostów (1962-1991); 3) szerokości przyrostów jodeł wykazują trend dodatni (1992-2009). Zgodnie z tą zmiennością analizy wpływu klimatu na szerokość przyrostów przeprowadzono dla trzech okresów.

Wyniki analizy dendroklimatycznej chronologii wspólnej (Ryc. 4I) dla okresu 1901-2009 wykazują, że największy wpływ na szerokość przyrostów jodeł rosnących w Suchym Żlebie ma ciepłota lata. Najsilniejszy związek został stwierdzony dla średniej temperatury lipca (współczynnik korelacji=0,42), a także dla średniej temperatury dłuższego okresu ciepłego: czerwiec - lipiec (wsp. korelacji=0,38) oraz czerwiec - sierpień (wsp. korelacji=0,37) (Ryc. 4Id). Pozytywny wpływ temperatury powietrza na wzrost radialny jodeł potwierdza również wysoka wartość współczynnika korelacji dla średniej miesięcznej maksymalnej temperatury lipca (wsp. korelacji=0,37). Szerokość przyrostu jodeł zależy również, choć w mniejszym stopniu, od temperatury maja poprzedniego roku oraz okresu styczeń-marzec roku bieżącego. Wpływ pozostałych elementów klimatu jest wyraźnie mniejszy (temperatura minimalna, prężność pary wodnej) lub w całości nieistotny statystycznie. Dla wczesnego, „stabilnego” okresu 1901-1961, chronologia reprezentująca wszystkie 45 jodeł wykazuje podobną zależność od czynników klimatycznych, choć równie istotnym jak ciepłota lipca elementem kontrolującym wzrost staje się temperatura maja roku poprzedniego (Ryc. 4Ia). W okresie kiedy występuje depresja przyrostów (1962-1991) jodły nie reagują na temperaturę powietrza w żadnym z istotnych wcześniej przedziałach czasowych. Zmiana wrażliwości drzew wyraża się silnym w tym czasie związkiem wielkości przyrostów z PDSI oraz prężnością pary wodnej (Ryc. 4Ib). Po zakończeniu okresu słabszego, większość badanych jodeł wykazała wyraźne zwiększenie szerokości przyrostów rocznych (1991-2009). Związane jest to z kolejną zmianą wrażliwości na czynniki klimatyczne - dla tego przedziału czasowego najwyższą korelację uzyskano dla temperatur lutego oraz marca, a także okresu styczeń-marzec (wsp. korelacji=0,77). Czynnikiem mającym wpływ na wzrost jodeł w tym okresie jest również prężność pary wodnej (Ryc. 4Ic).



Ryc. 2. Wydzielenie grup jodeł charakteryzujących się odmiennymi trendami zmian szerokości przyrostów: A) wszystkie 75 opróbowanych drzew, B) 17 osobników o negatywnym trendzie wzrostowym, C) 25 jodeł o dodatnim trendzie wzrostowym

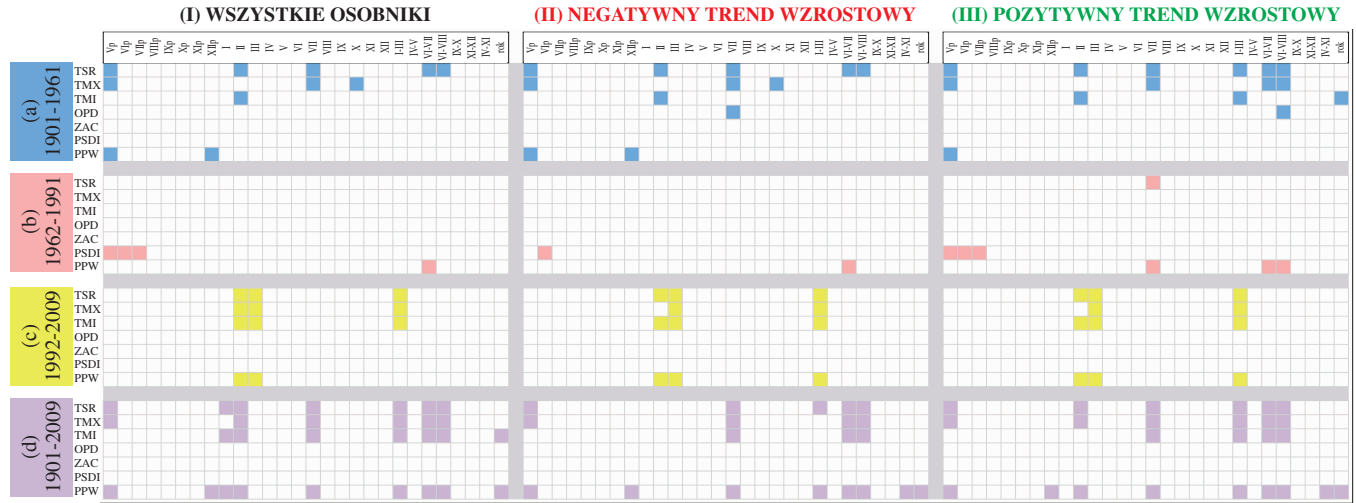
Fig. 2. The separation of tree characterized by different growth trends: A) all 75 sampled trees, B) negative trends of 17 individual trees, C) positive trends of 25 trees



Ryc. 3. Chronologie średnie reprezentujące osobniki o odmiennych trendach wzrostowych (czarna — wspólna chronologia dla 45 drzew; czerwona — chronologia 17 osobników o negatywnym trendzie wzrostowym; zielona — chronologia 25 osobników o pozytywnym trendzie wzrostowym) z podziałem na 3 okresy

Fig. 3. The residual chronologies represents trees of different individual grow trends share on 3 periods: black — summary chronology represents 45 trees; red — chronology developed for 17 trees revealing negative trends; green — chronology represents 25 trees of positive individual growth trend

Dla okresu 1901-2009, chronologia zbudowana w oparciu o drzewa wykazujące spadkową tendencję szerokości przyrostów radialnych (Ryc. 4II), charakteryzuje się identyczną do ogólnego wzorca zależnością od ciepłoty lipca (wsp. korelacji=0,42) oraz zbliżoną reakcją na pozostałe elementy klimatu. Dzieliąc chronologię na analogiczne jak poprzednio okresy, stwierdzamy zbieżność w zmianach wrażliwości jodeł na czynniki klimatyczne. Pozwala to stwierdzić, że klimat nie miał decydującego wpływu na gorszy wzrost tych 17 drzew. Wyniki analiz wpływu poszczególnych składowych klimatu na wzrost kolejnej grupy, 25 jodeł charakteryzujących się pozytywnym trend zmian szerokości przyrostów dla całego badanego okresu (Ryc. 4III), również nie wykazały wyraźnej odmienności. W okresie od 1901-2009 drzewa reagują najwyraźniej na temperaturę lipca (wsp. korelacji=0,42), a wpływ pozostałych elementów klimatu jest analogiczny jak dla chronologii całościowej i tej zbudowanej z drzew wykazujących negatywny trend wzrostowy (Ryc. 4IIId). Ta grupa drzew charakteryzuje się najsłabszym związkiem wzrostu radialnego z temperaturą lata dla okresu „stabilnego” (1901-1961) (Ryc. 4IIIIa). W okresie spadków szerokości przyrostów (1962-1991) wrażliwość jodeł na ciepłotę dłuższego okresu letniego wyraźnie zanika i jest zastępowana wpływem PDSI oraz prężności pary wodnej (Ryc. 4IIIIb). W ostatnim okresie, w którym jodły z tej grupy charakteryzuje najwyraźniejsza poprawa kondycji, stwierdzono wrażliwość na temperaturę i prężność pary wodnej w okresie zimowym (Ryc. 4IIIIc).



Ryc. 4. Korelacja szerokości przyrostów z siedmioma elementami klimatycznymi dla lat (d) 1901-2009 oraz dla trzech krótszych okresów: a) 1901-1961; b) 1962-1991; c) 1992-2009. Współczynnik korelacji obliczono dla analogicznych jak dla ryciny 2, typów chronologii: I) wspólnej; II) drzew o negatywnym i (III) pozytywnym trendzie wzrostowym. Wartości istotne statystycznie oznaczono kolorowymi wypełnieniami
Fig. 4. The climate/growth response computed for common period (d) 1901-2009 and 3 shorter periods: a) 1901-1961; b) 1962-1991; c) 1992-2009, for three types of chronologies as on Fig 2. The significant value of coefficient correlation marked by color fill

Wnioski

- Jodły rosnące w Suchym Żlebie można podzielić na dwie grupy drzew o odmiennych trendach wzrostu. Osobników wykazujących dodatni trend jest więcej (25) w stosunku do tych charakteryzujących się negatywnym (17 osobników) długookresowym trendem zmian szerokości przyrostów.
- Rozpoznawalna jest wyraźna, łatwa do wizualnego zidentyfikowania depresja przyrostów radialnych, występująca w latach 1962-1991. Poprzedza ją okres "stabilnego" wzrostu od XIX wieku do 1961 roku. Od początku lat dziewięćdziesiątych do współczesności (1992-2012) obserwowana jest wyraźna poprawa kondycji jodeł czego przejawem jest wytwarzanie szerszych przyrostów radialnych.
- Charakteryzowana w ten sposób kondycja drzew nie jest zależna od ich wieku. Dwa przeciwstawne trendy długookresowe oraz występowanie trzech okresów o odmiennych szerokościach przyrostów jest typowe zarówno dla drzewa poniżej stu lat, jak i ponad dwustuletnich.
- Badane jodły wykazują zmienną w czasie wrażliwość na czynniki klimatyczne. Głównym czynnikiem kontrolującym wzrost wszystkich jodeł w całym badanym okresie (1901-2009) jest ciepota lata, szczególnie temperatura powietrza w lipcu. W czasie występowania wąskich przyrostów badane drzewa wykazywały istotny statystycznie związek z indeksem PDSI (wskaźnikiem intensywności suszy Palmera) oraz prężnością pary wodnej. W okresie poprawy kondycji (po 1991) czynnikiem kontrolującym wzrost jodeł jest temperatura pierwszej części roku (styczeń-marzec).
- Zmienność wrażliwości na wpływ klimatu jest wspólna dla trzech badanych grup jodeł i wskazuje, że długookresowe trendy zmian szerokości przyrostów radialnych nie są wywołane działaniem tej składowej środowiska przyrodniczego.
- Okres wyraźniej depresji wzrostu może być wiązany z intensywnym zanieczyszczeniem powietrza w Polsce i na Podhalu. Zanieczyszczenia te mogły pochodzić zarówno z emisji przemysłowej jak i indywidualnej. Lokalizacja stanowiska w niewielkiej dolinie otwartej na Rów Podtatrzański i zanieczyszczenia napływające z Zakopanego może tłumaczyć wyraźnie gorszą kondycję tych drzew od tych rosnących np. na Łysej Skałce.
- Weryfikacja tej hipotezy wymaga dalszych badań uwzględniających analizy wpływu różnych czynników środowiskowych (zanieczyszczenia, zmian klimatu etc.) oraz dalsze studia nad dynamiką wzrostu (zastosowanie metod obiektywnego wydzielenia okresów o różnej kondycji drzew).

Podziękowania

Badania zostały przeprowadzone dzięki pomocy i życzliwości pracowników Tatrzańskiego Parku Narodowego. Zebranie prób było możliwe dzięki projektowi badawczemu NCN NN 306049139 „Geograficzna i czasowa zmienność zapisu czynników środowiskowych w przyrostach rocznych drzew i jej wpływ na dendrochronologiczne rekonstrukcje klimatu Karpat”. Badania terenowe były finansowane z Polsko - Szwajcarskiego Programu Badawczego FLORIST „Zagrożenie powodziowe na przedpolu Tatr” (Flood risk on the northern foothills of the Tatra Mountains) Nr PSPB-153/2010. Część danych zostało zebranych i opracowanych w ramach pracy licencjackiej Sławomira Wiórkowskiego.

Literatura

- Bernadzi E. 2008. *Jodła pospolita - ekologia, zagrożenia, hodowla*. PWRiL. Warszawa.
- Bronisz A., Bijak Sz., Bronisz K. 2010. *Dendroklimatologiczna charakterystyka jodły pospolitej (Abies alba Mill.) na terenie Gór Świętokrzyskich*. Sylwan 154 (7): 463-470.
- Felixsik E. 1993. *Teleconnection of the radial growth of fir (Abies alba Mill.) within central Europe*.

Dendrochronologia 11: 171-175.

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. Sylwan 144 (9): 53-64.

Holmes R. L. 1983. Computer — assisted quality control in tree — ring dating and measurement. Tree — Ring Bulletin 43: 69-78.

Jaworski A. 1973. Odnowienie naturalne jodły (*Abies alba* Mill.) w wybranych zbiorowiskach leśnych parków narodowych: tatrzańskiego, babiogórskiego i pienińskiego. Acta Agr. Et Silv. Ser. Silvestris 13: 21-89.

Larsson L-A. 2003. *CooRecorder: image co-ordinate recording program*. www.cybis.se

Mitchell T. D., Jones P. D. 2005. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high — resolution grids. International Journal of Climatology 25 (6): 693-712.

Zawada J. 1978. Przyrostowe objawy regresji jodły. Sylwan 122 (12): 7-16.

Zawada J. 2001. Przyrostowe objawy regresji jodły w lasach Karpat i Sudetów oraz wynikające z nich konsekwencje hodowlane. Pr. Inst. Bad. Leśn. Seria A 922: 79-101.

Ryszard J. Kaczka^{1*}, Sławomir Wiórkowski¹, Barbara Czajka¹, Tomasz Skrzydłowski²

*ryszard.kaczka@us.edu.pl

¹Katedra Rekonstrukcji Środowiska Geograficznego, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski

²Tatrzański Park Narodowy