

SŁAWOMIR WILCZYŃSKI, NORBERT SZYMAŃSKI

Lata wskaźnikowe świerka pospolitego w Beskidach Zachodnich*

Pointer years of Norway spruce in the Western Beskidy Mountains
(southern Poland)

ABSTRACT

Wilczyński S., Szymański N. 2014. Lata wskaźnikowe świerka pospolitego w Beskidach Zachodnich. Sylwan 158 (12): 883-892.

The frequency of site and zonal pointer years in Norway spruce in two altitudinal zones (500-900 m and 900-1370 m a.s.l.) in the Western Beskidy Mountains was analysed. In total, 32 tree stands were studied – 16 in each zone. In both zones number of negative site pointer years increased along with increase of number of positive site pointer years. Above 900 m a. s. l. number of site pointer years increased along with the altitude, while below 900 m a.s.l. their number decreased along with the altitude. We found no common pointer years for all 32 populations. In lower zone, short winter, early and very warm spring or high precipitation in June and July in a given year caused negative pointer years. In the upper one positive pointer years occurred after the warm autumn and in years with the warm growing season.

KEY WORDS

tree rings, pointer years, Norway spruce, Western Beskidy Mountains, altitudinal zone

ADDRESSES

Sławomir Wilczyński – e-mail: rlwilczy@cyf-kr.edu.pl

Norbert Szymański – e-mail: szymanski.norbert@wp.pl

Instytut Ochrony Ekosystemów Leśnych; Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

Wstęp

Coroczna zmienność wielkości przyrostu na grubość drzew jest wypadkową wpływu czynników biotycznych oraz abiotycznych [Chałupka i in. 1975; Fritts 1976; Chałupka 1977; Schweingruber i in. 1990; Halldórsson i in. 2002; Wilczyński i in. 2013]. Mają one wpływ nie tylko na wielkość przyrostu radialnego drzew, ale także na stopień jednorodności ich corocznych reakcji przyrostowych [Kelly i in. 1989; Schweingruber i in. 1990; Wilczyński, Gołąb 2001; Wilczyński 2006]. Wpływ warunków pogodowych na drzewa bardzo dobrze widoczny jest w latach wskaźnikowych, w których drzewa wykazują bardzo wysoką jednorodność reakcji przyrostowych oraz dochodzi u nich do silnej zmiany wielkości przyrostu radialnego lub innych cech słoju. Istnieją różne metody wyznaczania lat wskaźnikowych, określanymi mianem *signature years* lub *pointer years* [Kelly i in. 1989; Schweingruber i in. 1990]. Ich zestawienie oraz porównanie przedstawił Meyer [1998-1999].

W górach wielkość przyrostu drzew determinowana jest przez warunki klimatyczne związane z wysokością n.p.m. oraz wystawą [LaMarche 1974; Kienast i in. 1987; Rolland i in. 2000;

*Praca powstała ze środków MNiSW przeznaczonych na działalność statutową (DS/3416) Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

Wilson, Hopfmüller 2001; Büntgen i in. 2005, 2006; Savva i in. 2006; Liu i in. 2013; Wilczyński, Szymański 2014], jednak wpływ na liczbę tworzonych przez drzewa lat wskaźnikowych ma przede wszystkim wysokość n.p.m. [Kienast 1985; Lingg 1986; Bräuning 1994; Desplanque 1997; Desplanque i in. 1999; Dittmar, Elling 1999; Esper i in. 2001; Neuwirth i in. 2004, 2007; Szymański i in. 2014]. Analizując wyniki powyższych badań, prowadzonych w różnych w regionach górskich, trudno jest wskazać uniwersalne reguły, które opisywałyby częstość oraz przyczyny występowania lat wskaźnikowych.

Celem pracy było określenie wrażliwości świerka pospolitego z Beskidów Zachodnich na krótkookresowe impulsy środowiskowe, w tym głównie na czynnik klimatyczny, w oparciu o analizę liczby tworzonych przez świerki różnych typów oraz rodzajów lat wskaźnikowych, a także ustalenie klimatycznych przyczyn ich występowania.

Materiał i metody

Do badań wybrano 32 drzewostany świerkowe w wieku około stu lat, które rosły pomiędzy 500 a 1370 m n.p.m. na terenie nadleśnictw: Andrychów, Bielsko, Jeleśnia, Sucha Beskidzka, Ujsoły, Ustroń, Węgierska Górka, Wisła oraz w Babiogórskim Parku Narodowym. Analizy wykonano oddzielnie dla dwóch stref wysokościowych, pomiędzy którymi granica przebiega na wysokości 900 m n.p.m. Podział ten zasugerowały wyniki wcześniejszej pracy, które wskazywały, że na obszarze Beskidów Zachodnich występują dwie pionowe strefy dendroklimatyczne [Wilczyński, Szymański 2014]. 16 drzewostanów znajdowało się w pierwszej strefie wysokościowej (poniżej 900 m n.p.m.), a kolejne 16 w drugiej strefie (powyżej 900 m n.p.m.). Rosły one na różnych siedliskach oraz wystawach. W każdym drzewostanie pobrano po 2 wywierty z 25 zdrowych osobników pochodzących z piętra drzew panujących oraz współpanujących. Na wywiertach pomierzono szerokości słoików rocznych drewna. Poprawność datowania słoików sprawdzono za pomocą programu COFECHA [Holmes 1983]. W każdym roku uśredniono wartości szerokości słoików dwóch serii każdego drzewa, tworząc osobnicze chronologie szerokości słoików. Następnie wartości te transformowano, obliczając w każdym roku wskaźnik przyrostowy – czułość roczną c (ang. annual sensitivity) [Douglass 1920]:

$$c_i = 2 \cdot (x_i - x_{i-1}) \cdot (x_i + x_{i-1})^{-1}$$

gdzie:

x_i – szerokość słoika w roku i ,

x_{i-1} – szerokość słoika w roku poprzednim.

Wartość c wskazuje, o ile w danym roku wzrosła (c dodatnie) lub zmniejszyła się (c ujemne) szerokość słoika w stosunku do słoika z roku poprzedniego w odniesieniu do przeciętnej szerokości słoika z obu lat. Czułość roczna jest miarą dynamiki (siły i kierunku zmiany) wielkości przyrostów radialnych z roku na rok [Cook, Pederson 2011]. W konsekwencji każde drzewo było reprezentowane przez chronologiczny ciąg wartości c (tzw. serię czułości) obejmujący lata 1930-2002 ($n=73$). Następnie w każdym roku uśredniono wartości czułości drzew z danego stanowiska, tworząc dla każdej populacji drzewostanowej stanowiskową chronologię średnich wartości czułości rocznych (C), a na podstawie stanowiskowych chronologii czułości utworzono tzw. strefowe chronologie czułości. W oparciu o wartości C odpowiednich chronologii wyznaczono dwa typy lat wskaźnikowych – stanowiskowe oraz strefowe, a także dwa ich rodzaje – negatywne, w których $C \leq -0,2$, oraz pozytywne, w których $C \geq 0,2$ [Wilczyński 2010]. Sprawdzono także, czy zdarzały się lata wskaźnikowe, które wystąpiły równocześnie u wszystkich badanych populacji cząstkowych oraz w obu strefach wysokościowych. Oceniono również przeciętną czułość (wra-

żliwość) świerków w okresie 1930-2002. W tym celu dla każdej chronologii stanowiskowej oraz strefowej obliczono średnią czułość MS (ang. mean sensitivity) [Douglass 1920; Fritts 1976]. MS stanowi miarę przeciętnej wrażliwości drzew w danym okresie na krótkookresowe impulsy płynące ze strony środowiska, głównie zmieniające się z roku na rok warunki meteorologiczne [Shiyatov 1986; Grissino-Mayer 2001]. Zbadano także wpływ temperatury powietrza oraz opadów atmosferycznych na powstawanie lat wskaźnikowych w obu strefach wysokościowych. W tym celu porównano wartości miesięczne temperatury oraz opadów pozytywnych i negatywnych lat wskaźnikowych strefowych. W analizach tych uwzględniono okres od września roku poprzedzającego rok wskaźnikowy do września danego roku wskaźnikowego. Dane klimatyczne pochodziły ze stacji meteorologicznej na Przełęczy Kubalonka (780 m n.p.m.) – wykorzystywanie danych ze stacji odległych od stanowisk badawczych jest często stosowane [Chen i in. 2010; Wu i in. 2013]. Na obszarze Beskidów brak jest stacji meteorologicznych powyżej 900 m n.p.m. mających długie ciągi danych pomiarowych. Odległość stacji meteorologicznych od stanowisk badawczych ma oczywiście wpływ na badane relacje klimat – przyrost radialny drzew. Porównanie danych miesięcznych stacji z różnych wysokości wskazuje jednak, że kierunek corocznych zmian wielkości parametrów klimatycznych jest podobny. Ponadto zastosowana w pracy analiza warunków klimatycznych lat wskaźnikowych nie dotyczyła poszczególnych stanowisk, lecz lat wskaźnikowych strefowych.

Wyniki

W pierwszej, niższej położonej strefie stanowiskowe lata wskaźnikowe stanowiły łącznie 22% analizowanych lat, natomiast w drugiej, wyższej strefie 26%. Zatem w obu strefach w około trzech czwartych badanych lat roczna dynamika przyrostowa drzew była stosunkowo niska. Więcej stanowiskowych lat wskaźnikowych negatywnych oraz pozytywnych stwierdzono w drugiej strefie, jednak średnie liczby lat wskaźnikowych obu rodzajów oraz łącznie na stanowisku nie różniły się istotnie ($\alpha=0,05$) pomiędzy strefami (tab. 1). Także w poszczególnych strefach średnie liczby lat wskaźnikowych pozytywnych oraz negatywnych nie różniły się istotnie ($\alpha=0,05$). Jednak rozrzut liczby lat wskaźnikowych wyrażony za pomocą ilorazu maksymalnej do minimalnej ich

Tabela 1.

Wybrane statystyki stanowiskowych lat wskaźnikowych
Selected statistics of the site pointer years

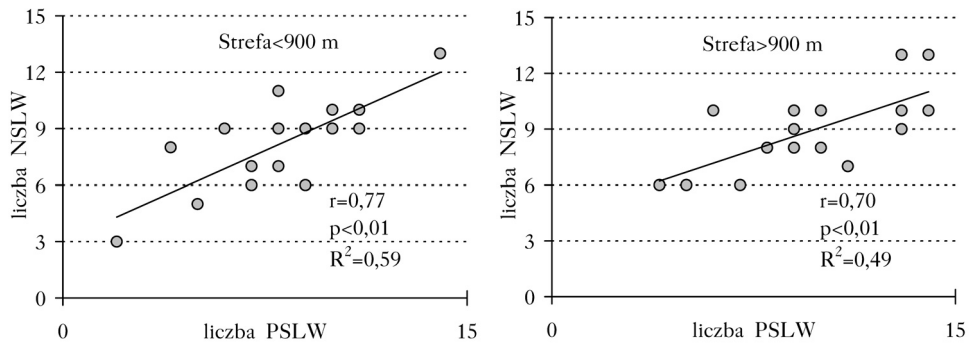
Strefa wysokościowa		Lata pozytywne	Lata negatywne	Łącznie
<900 m n.p.m.	suma	129	130	259
	średnia (SE)	8,1 ($\pm 1,57$)	8,1 ($\pm 1,38$)	16,2 ($\pm 2,67$)
	maks.	14	13	27
	min.	2	3	5
	maks./min.	7,0	4,3	5,4
	średnie C (SE)	0,28 ($\pm 0,05$)	-0,29 ($\pm 0,06$)	×
>900 m n.p.m.	suma	156	143	299
	średnia (SE)	9,8 ($\pm 1,68$)	8,9 ($\pm 1,16$)	18,7 ($\pm 2,41$)
	maks.	14	13	27
	min.	4	6	10
	maks./min.	3,5	2,2	2,7
	średnie C (SE)	0,30 ($\pm 0,05$)	-0,29 ($\pm 0,06$)	×

SE – błąd standardowy dla średniej ($\alpha=0,05$); standard error of the mean ($\alpha=0,05$)

liczby był dwukrotnie większy w pierwszej strefie. Z kolei średnie bezwzględne wartości czułości rocznej lat pozytywnych oraz negatywnych w danej strefie nie różniły się (tab. 1).

Populacje świerków w obu strefach nie różniły się pod względem przeciętnej czułości (dynamiki przyrostowej). Średnia wartość wskaźnika MS 16 chronologii wyniosła w pierwszej strefie 0,13, natomiast w drugiej 0,14. W pierwszej strefie tylko raz na wszystkich stanowiskach wystąpił ten sam rok wskaźnikowy negatywny (w 1980 roku), natomiast w drugiej strefie takich przypadków nie zanotowano. Ponadto w pierwszej strefie rok wskaźnikowy negatywny (1962) wystąpił u 14 populacji, natomiast w drugiej strefie dwa lata negatywne (1947, 1980) wystąpiły u 15 populacji. W obu strefach wraz ze wzrostem liczby lat pozytywnych na stanowisku rosła także liczba lat negatywnych. Współmienność liczby obu rodzajów lat stanowiskowych była istotna statystycznie (ryc. 1). Co ciekawe, w pierwszej strefie wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. malała liczba lat wskaźnikowych na stanowisku, natomiast rosła ona w drugiej strefie (ryc. 2).

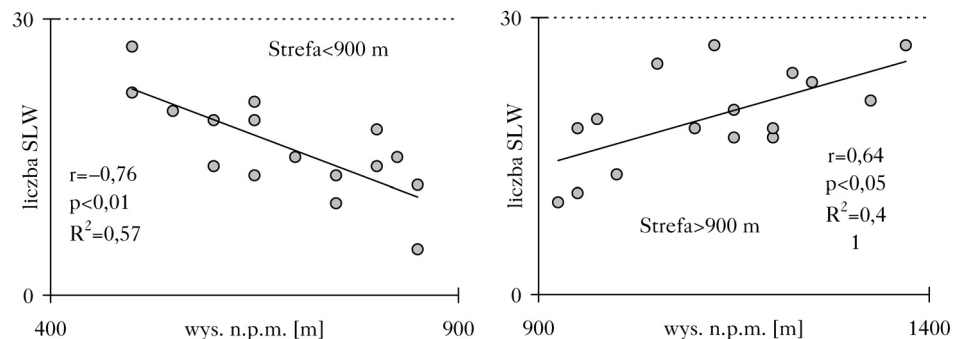
W pierwszej strefie stwierdzono 4 strefowe lata wskaźnikowe pozytywne oraz 6 negatywnych, w sumie 10 (tab. 2). W drugiej strefie takich lat było 13, a relacje pomiędzy liczbą obu ich rodzajów były odwrócone: lat pozytywnych było 7, natomiast negatywnych 6. Ten sam strefowy rok wskaźnikowy wystąpił jednocześnie w obu strefach wysokościowych jedynie w 1947, 1980 oraz 1981 roku (tab. 2). Należy dodać, że poszczególne lata strefowe występowały w większości popu-



Ryc. 1.

Zależność między liczbą pozytywnych (PSLW) i negatywnych (NSLW) stanowiskowych lat wskaźnikowych w obu strefach wysokościowych

Relationship between number of positive (PSLW) and negative (NSLW) site pointer years in both altitudinal zones



Ryc. 2.

Zależność między liczbą stanowiskowych lat wskaźnikowych (SLW) a wysokością n.p.m.

Relationship between number of site pointer years (SLW) and altitude

lacji drzewostanowych danej strefy, lecz żaden z nich nie wystąpił jednocześnie we wszystkich populacjach.

Warunki klimatyczne, które panowały w latach wskaźnikowych oraz w roku bezpośrednio je poprzedzającym, przedstawiono w formie zmodyfikowanych diagramów klimatycznych (ryc. 3). Wynika z nich, że w pierwszej strefie lata pozytywne, w stosunku do lat negatywnych, charakteryzowały się krótszą zimą, wczesnym i bardzo ciepłym przedwiośniem (marzec, kwiecień) oraz obfitymi opadami w pierwszej połowie roku (czerwiec, lipiec) i w październiku poprzedniego roku. W drugiej strefie lata wskaźnikowe pozytywne, w stosunku do negatywnych, charakteryzowały się krótszą zimą oraz cieplejszym okresem wegetacyjnym (marzec – sierpień). Ilość opadów atmosferycznych nie miała wpływu na powstawanie lat wskaźnikowych w tej strefie wysokościowej (ryc. 3).

Dyskusja

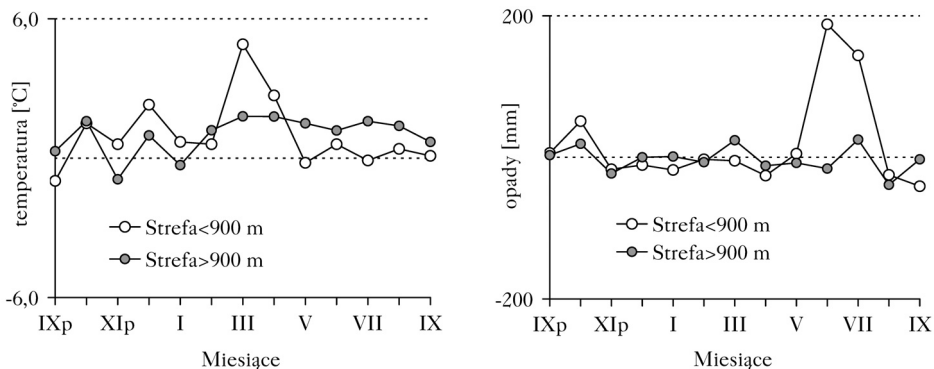
Drzewa rosnące na różnych wysokościach n.p.m. charakteryzują się odmiennym rytmem przyrostowym, który kształtowany jest przez specyficzne dla danej wysokości warunki klimatyczne. Wskazują na to wyniki wielu badań dendroklimatycznych [LaMarche 1974; Feliksik, Wilczyń-

Tabela 2.

Strefowe lata wskaźnikowe
The zonal pointer years

Negatywne ($C \leq 0,2$)		Pozytywne ($C \geq 0,2$)	
Strefa <900 m	Strefa >900 m	Strefa <900 m	Strefa >900 m
1938	1947*	1959	1950
1947*	1948	1961	1966
1958	1969	1981*	1975
1962	1974	1997	1981*
1976	1978		1983
1980*	1980*		1985
			2002

* lata wspólne dla obu stref; the years common for both zones



Ryc. 3.

Różnica między średnią miesięczną temperaturą powietrza oraz sumą opadów atmosferycznych pozytywnych i negatywnych strefowych lat wskaźnikowych

Difference between average monthly temperatures and total monthly precipitation of the positive and negative zonal pointer years

IXp – wrzesień roku poprzedniego roku; IX – wrzesień roku wskaźnikowego

IXp – previous year September; IX – September in the pointer year

ski 2002; Piovesan i in. 2005; Savva i in. 2006; Chen i in. 2010; Wu i in. 2013; Wilczyński, Szymański 2014]. Fakt ten znalazł odbicie w przestrzennej zmienności liczby lat wskaźnikowych występujących u świerka w Beskidach, jednak w zależności od strefy wysokościowej, w której rosły drzewa, różne elementy klimatu były przyczyną ich wystąpienia. Ogółem populacje drzew rosnące powyżej 900 m n.p.m. wytworzyły więcej lat wskaźnikowych niż populacje niżej położone. Świerki, które rosły w surowszych warunkach klimatycznych, wykazywały zatem większą wrażliwość na zmieniające się z roku na rok warunki pogodowe. Pomimo że stosunek liczby lat wskaźnikowych pozytywnych do negatywnych na stanowisku był na podobnym poziomie, to jednak liczby lat wskaźnikowych znacznie się różniły pomiędzy populacjami. Zatem drzewa na każdym niemal stanowisku wykazywały stabilność w swoich reakcjach na negatywne oraz pozytywne impulsy pogodowe, lecz przestrzenne zróżnicowanie tej wrażliwości było bardzo duże. Niektóre populacje cechowały się słabą wrażliwością, tworząc niewielką liczbę lat wskaźnikowych, natomiast u innych liczba lat wskaźnikowych była kilkukrotnie większa. Liczby stanowiskowych lat pozytywnych oraz negatywnych były ze sobą silnie skorelowane. Jednak o ich wystąpieniu decydowały często odmienne warunki klimatyczne. Populacje położone powyżej 900 m n.p.m. charakteryzowały się mniejszym zróżnicowaniem liczby stanowiskowych lat wskaźnikowych. Wynikało to zapewne z mniejszego zróżnicowania przestrzennego warunków siedliskowych oraz rzadszej ingerencji człowieka związanej z użytkowaniem drzewostanów. Czynniki te mają wpływ na powstawanie lat wskaźnikowych. Średnia czułość lat wskaźnikowych obu rodzajów, w odróżnieniu od ich liczby, była niemal identyczna w obu strefach wysokościowych. Ponadto świerki z pierwszej i drugiej strefy cechowały się podobną przeciętną dynamiką przyrostową. Zatem wrażliwość świerków na negatywne oraz pozytywne impulsy, w tym także na te, które były przyczyną powstania lat wskaźnikowych, była podobna w obu strefach.

Główna różnica pomiędzy strefami dotyczyła zmiany częstości występowania stanowiskowych lat wskaźnikowych wraz z wysokością n.p.m. Powyżej 900 m wraz z wysokością rosła liczba lat wskaźnikowych na stanowisku, natomiast w strefie od 400 do 900 m ich liczba malała. Wytlumaczenie tego zjawiska jest trudne. Świadczy o odmiennych warunkach klimatycznych obu stref wysokościowych oraz o zmieniającej się w nich w odmienny sposób wrażliwości przyrostowej rosnących tam drzew.

Brak wspólnych dla wszystkich populacji stanowiskowych lat wskaźnikowych był skutkiem silnego przestrzennego zróżnicowania reakcji przyrostowych drzew. Mogło to na przykład wynikać ze zróżnicowania warunków mikrosiedliskowych oraz czasu cięć wykonywanych w poszczególnych drzewostanach, które „zakłócały” odpowiedź drzew na czynnik klimatyczny. Potwierdzają to m.in. badania Wilczyńskiego i Gołąba [2001]. Przyczyną mógł być także brak odpowiednio silnych bodźców klimatycznych, ewentualnie zróżnicowana wrażliwość na nie poszczególnych populacji drzew. Dotyczyło to także wskaźnikowych lat strefowych, które nie wystąpiły u wszystkich populacji, a ponadto zaobserwowano brak zgodności czasu ich występowania w obu strefach.

Okazuje się, że także poza górami wspólne dla wielu populacji stanowiskowe lata wskaźnikowe należą do rzadkości [Wilczyński 2010]. Świadczy to o silnym przestrzennym zróżnicowaniu wrażliwości drzew na impulsy płynące ze strony środowiska i wynikających stąd trudnościach w synchronizacji czasowej słoju drewna. Z kolei cytowane przez Schweingrubera i in. [1990] badania wskazują, że lata wskaźnikowe lub ich sekwencje (tzw. sygnatury) można wykorzystywać do datowania słoju drzew rosnących na obszarze jednorodnym pod względem klimatycznym. Datowanie słoju drewna w oparciu o ustalone dla danego gatunku lata wskaźnikowe jest skuteczne, gdy chociaż część z nich występuje u wszystkich badanych populacji drzew. Ponadto powinny one występować w szerokim zakresie czasowym. Stąd też w przypadku świerka w górach datowanie słoju w oparciu o lata wskaźnikowe może być znacznie utrudnione.

Badania dotyczące lat wskaźnikowych prowadzono w różnych częściach świata. Desplanque i in. [1999] stwierdzili, że u świerków z francuskiej części Alp, pomiędzy 1450 a 1950 m n.p.m., wraz z wysokością spadała liczba stanowiskowych lat wskaźnikowych. Zmniejszała się tam głównie liczba lat pozytywnych w stosunku do utrzymującej się na względnie stałym poziomie liczby lat negatywnych. Powyższych zależności nie wykryto u świerków ze wschodniej części Wyżyny Tybetańskiej, rosnących pomiędzy 3100 a 4550 m n.p.m. [Bräuning 1994]. Liczba oraz siła lat wskaźnikowych była tam bardzo zróżnicowana. Inaczej zachowywały się świerki ze szwajcarskiej części Alp w strefie od 1550 do 2020 m n.p.m. Tam lata wskaźnikowe były silniejsze na wyżej położonych stanowiskach [Neuwirth i in. 2004]. Z kolei we francuskich Alpach lata negatywne były silniejsze od pozytywnych niezależnie od wysokości, na której rósł drzewostan [Desplanque i in. 1999]. Większa czułość świerków na czynnik klimatyczny w Karpatach Zachodnich w porównaniu z Alpami tłumaczona jest ostrzejszym klimatem Karpat [Bednarz i in. 1998-1999]. Na kontynencie amerykańskim, w Nevadzie (2960-3380 m n.p.m.), drzewostany położone w niższej, cieplejszej i suchszej strefie wysokościowej cechowały się większą czułością w stosunku do położonych w wyższej, bardziej wilgotnej strefie [LaMarche 1974]. Natomiast w Chinach, w górach Luliang Shan (1670-2450 m n.p.m.), odnotowano większą przeciętną czułość świerków rosnących w wyższej strefie – chłodnej i wilgotnej niż w niższej – cieplej i suchej [Cai, Liu 2013]. Badania świerków w Finlandii wzdłuż osi północ-południe wykazały, że średnia czułość chronologii świerkowych w cieplejszych oraz chłodniejszych regionach znacznie się różni [Mäkinen i in. 2000]. Z badań Neuwirtha i in. [2007] wynika, że ponadgatunkowe, regionalne lata wskaźnikowe negatywne na obszarze centralnej Europy są silniejsze, to znaczy wykazują ekstremalnie niskie wartości wskaźnika przyrostowego, w strefie powyżej 1000 m n.p.m. Przyczyną różnic pomiędzy wynikami naszych badań a wyżej cytowanymi mogą być odmienne warunki klimatyczne, inne strefy wysokościowe, w których rosły drzewa, a także stosowane przez poszczególnych badaczy różne sposoby wyznaczania lat wskaźnikowych. Okazuje się zatem, że szeroko rozumiana analiza lat wskaźnikowych powinna być prowadzona osobno dla każdego regionu oraz piętra geograficzno-klimatycznego.

Wykonana w niniejszych badaniach analiza warunków klimatycznych lat wskaźnikowych wykazała, że do wysokości 900 m n.p.m. pozytywne lata wskaźnikowe pojawiały się, gdy zima przychodziła późno, trwała krótko, a po niej szybko nadchodziła bardzo ciepła wiosna, natomiast w czerwcu i lipcu, czyli w okresie intensywnych podziałów kambium, występowały obfite opady deszczu. W przypadku lat negatywnych było na odwrót. Z kolei powyżej 900 m n.p.m. głównym czynnikiem sprzyjającym wystąpieniu roku negatywnego był krótki i chłodny okres wegetacyjny w roku formowania słoja – od marca do sierpnia. Spostrzeżenia te są zgodne z dotychczasową wiedzą. Wielu badaczy podkreśla bowiem, że w zimnych piętrach oraz strefach klimatycznych to głównie niedobór ciepła w okresie wegetacji ogranicza aktywność przyrostową drzew, natomiast w cieplejszych oraz suchszych czynnikiem tym jest zwykle niedobór opadów atmosferycznych [Ermich 1955; Mikola 1962; Bednarz 1976; Villalba i in. 1994; Dittmar, Elling 1999; Wilson, Hopfmüller 2001; Feliksik, Wilczyński 2002; Pederson i in. 2004; Frank, Esper 2005; Savva i in. 2006]. Okazuje się jednak, że bez względu na strefę wysokościową przyrost drzew ogranicza także długa i mroźna zima, która skracza okres wegetacyjny.

Wnioski

- ✦ Analiza lat wskaźnikowych oraz klimatycznych przyczyn ich występowania na obszarze Beskidów Zachodnich powinna być prowadzona oddzielnie dla dwóch stref wysokościowych: do 900 m n.p.m i powyżej tej wysokości. Wynika to z faktu, że w każdej z nich wraz ze

wzrostem wysokości w odmienny sposób zmienia się liczba stanowiskowych lat wskaźnikowych, różne są też lata wskaźnikowe strefowe oraz inne elementy klimatu powodują ich występowanie.

- ✚ Analiza warunków klimatycznych panujących w latach wskaźnikowych pozwala wskazać elementy klimatyczne, na które drzewa wykazują szczególnie silną wrażliwość. Powyżej 900 m n.p.m. potencjał przyrostowy świerków osłabia głównie niedobór ciepła w całym okresie wegetacji, natomiast poniżej 900 m niedostatek opadów w pierwszej połowie lata. Początek okresu wegetacji, który decyduje o jego długości, kształtowany przez temperaturę powietrza pod koniec zimy, decyduje o wielkości tworzonych przez świerki przyrostów radialnych w całym profilu pionowym Beskidów. Silniejszą wrażliwość na ten czynnik wykazują jednak drzewa z niższych położeń.
- ✚ W przypadku zróżnicowanych pod względem orografii regionów górskich twierdzenie, że lata wskaźnikowe są pomocne w datowaniu prób drewna, nie jest w pełni uzasadnione. Wynika to z dużej przestrzennej oraz czasowej zmienności występowania lat wskaźnikowych.

Literatura

- Bednarz Z. 1976. Wpływ klimatu na zmienność szerokości stajów rocznych limby (*Pinus cembra* L.) w Tatrach. Acta Agraria Silvestria Series Silvestris 16: 3-33.
- Bednarz Z., Jaroszewicz B., Ptak J., Szwagrzyk J. 1998-1999. Dendrochronology of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Babia Góra National Park. Dendrochronologia 16-17: 45-55.
- Bräuning A. 1994. Dendrochronology of the last 1400 years in Eastern Tibet. Geojournal 34 (1): 75-95.
- Büntgen U., Esper J., Frank D. C., Nicolussi K., Schmidhalter M. 2005. A 1052-year tree-ring proxy of Alpine summer temperatures. Climate Dynamics 25: 141-153.
- Büntgen U., Frank C. D., Nievergelt D., Esper J. 2006. Summer Temperature Variations in the European Alps, A. D. 755-2004. Journal of Climate 19: 5606-5623.
- Cai Q., Liu Y. 2013. Climatic response of three tree species growing at different elevations in the Lüliang Mountains of Northern China. Dendrochronologia 31: 311-317.
- Chałupka W. 1977. Zagadnienia wzrostu i rozwoju. W: Białobok S. [red.]. Świerk pospolity – *Picea abies* (L.) Karst. Polska Akademia Nauk. Instytut Dendrologii. PWN, Warszawa – Poznań. 152-198.
- Chałupka W., Giertych M., Królikowski Z. 1975. The effect of cone crops on growth in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Arboretum Kórnickie 20: 201-212.
- Chen F., Yuan Y., Wei W., Yu S., Li Y., Zhang R., Zhang T., Shang H. 2010. Chronology development and climate response analysis of Schrenk spruce (*Picea schrenkiana*) tree-ring parameters in the Urumqi River Basin, China. Geochronometria 36: 17-22.
- Cook E. R., Pederson N. 2011. Uncertainty, Emergence, and Statistics in Dendrochronology. W: Hughes M. K., Swetnam T. W., Diaz H. F. [red.]. Dendroclimatology. Progress and Prospects. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York. 77-112.
- Desplanque C. 1997. Dendroecologie compare du sapin et de l'épicéa dans les Alpes intrénes franco-italiennes. Rôles des facteurs climatique et anthropique. Thèse Laboratoire des Ecosystèmes Alpains. Université Joseph Fourier. Grenoble.
- Desplanque C., Rolland C., Schweingruber F. H. 1999. Influence of species and abiotic factors on extreme tree ring modulation: *Picea abies* and *Abies alba* in Tarentaise and Maurienne (French Alps). Trees 13: 218-227.
- Dittmar C., Elling W. 1999. Jahringbreite von Fichte und Buche in Abhängigkeit von Witterung und Höhe. Forstwissenschaftliches Centralblatt 118: 251-270.
- Douglass A. E. 1920. Evidence of climate effects in the annual rings of trees. Ecology 1: 24-32.
- Esper J., Treyde K., Gärtner H., Neuwirth B. 2001. A tree ring reconstruction of climatic extreme years since AD 1427 for Western Central Asia. Palaeobotanist 50: 141-152.
- Ermich K. 1955. Zależność przyrostu drzew w Tatrach od wahań klimatycznych. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 24 (2): 245-273.
- Feliksik E., Wilczyński S. 2002. Variability of tree-ring sizes of the Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) growing at different altitudes. Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry 44: 87-96.
- 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: 107-121.
- Fritts H. C. 1976. Tree Rings and Climate. Academic Press, London.
- Grissino-Mayer H. D. 2001. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. Tree-Ring Research 57: 205-221.

- Haldórsson G., Benedikt T., Eggertsson Ó., Oddsdóttir E. S., Óskarsson H. 2002. The impact of the green spruce aphid *Elatobium abietinum* (Walker) on long-term growth of Sitka spruce in Iceland. *Forest Ecology and Management* 181: 281-287.
- Holmes R. L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69-78.
- Kelly P. M., Munro M. A. R., Hughes M. K., Goodess C. M. 1989. Climate and signature years in west European oaks. *Nature* 340 (6228): 57-60.
- Kienast F. 1985. Dendroökologische Untersuchungen an Höhenprofilen aus verschiedenen Klimabereichen. Eine radiodensitometrische Studie über den Einfluß der Witterung, der Höhenlage und der Standorteigenschaften auf das Jahrringwachstum von Nadelbäumen. Juris Druck und Verlag, Zürich.
- Kienast F., Schweingruber F. H., Bräker O. U., Schär E. 1987. Tree-ring studies on conifers along ecological gradients and the potential of single-year analysis. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 683-696.
- LaMarche V. C. 1974. Frequency-dependent relationships between tree-ring series along an ecological gradient and some dendroclimatic implications. *Tree-Ring Bulletin* 34: 1-20.
- Lingg W. 1986. Dendroökologische Studien an Nadelbäumen im alpinen Trockental Wallis (Schweiz). Ber. EAFV 289.
- Liu J., Qin Ch., Kang S. 2013. Growth response of *Sabina tibetica* to climate factors along an elevation gradient in South Tibet. *Dendrochronologia* 31: 255-265.
- Mäkinen H., Nöjd P., Mielikäinen K. 2000. Climatic signal annual growth variation of Norway spruce (*Picea abies*) along a transect from central Finland to the Arctic timberline. *Canadian Journal of Forest Research* 30: 769-777.
- Meyer F. D. 1998-1999. Pointer years analysis in dendroecology: a comparison of methods. *Dendrochronologia* 16-17: 193-204.
- Mikola P. 1962. Temperature and tree growth near the northern timber line. W: Kozłowski T. T. [red.]. *Tree growth*. Roland Press Company, New York. 265-274.
- Neuwirth B., Esper J., Schweingruber F. H., Winiger M. 2004. Site ecological differences to the climatic forcing of spruce pointer years from the Lötschental, Switzerland. *Dendrochronologia* 21: 69-78.
- Neuwirth B., Schweingruber F. H., Winiger M. 2007. Spatial patterns of central European pointer years from 1901 to 1971. *Dendrochronologia* 24: 79-89.
- Pederson N., Cook E. R., Jacoby G. C., Peteet D. M., Griffin K. L. 2004. The influence of winter temperatures on the annual radial growth of six northern range margin tree species. *Dendrochronologia* 22: 7-29.
- Piovesan G., Biondi F., Bernabei M., Di Filippo A., Schirone B. 2005. Spatial and altitudinal bioclimatic zones of the Italian peninsula identified from a beech (*Fagus sylvatica* L.) tree-ring network. *Acta Oecologica* 27: 197-210.
- Rolland C., Desplanque C., Michalet R., Schweingruber F. H. 2000. Extreme tree rings in Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Fir (*Abies alba* Mill.) stands in relation to climate, site, and space in the southern French and Italian Alps. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 32 (1): 1-13.
- Savva Y., Oleksyn J., Reich P., Tjoelker M., Vaganov E., Modrzyński J. 2006. Interannual growth response of Norway spruce to climate along an altitudinal gradient in the Tatra Mountains, Poland. *Trees* 20: 735-746.
- Schweingruber F. H., Eckstein D., Serre-Bachet F., Bräker O. U. 1990. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia* 8: 9-38.
- Shiyatov S. G. 1986. Dendrochronology of the higher timber line on the Urals. Nauka Publishing House, Moscow.
- Szymański N., Łukasiewicz K., Pasięka D., Wilczyński S. 2014. Analiza porównawcza wyników dwóch metod wyznaczania lat wskaźnikowych. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 16 (40): 299-306.
- Villalba R., Veblen T. T., Ogden J. 1994. Climatic influences on the growth of subalpine trees in the Colorado Front Range. *Ecology* 75 (5): 1450-1462.
- Wilczyński S. 2006. The variation of tree-ring widths of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) affected by air pollution. *European Journal of Forest Research* 125(3): 213-219.
- Wilczyński S. 2010. Uwarunkowania przyrostu radialnego wybranych gatunków drzew z Wyżyny Kieleckiej w świetle analiz dendroklimatologicznych. *Zeszyty Naukowe UR w Krakowie, Rozprawy* 464 (341).
- Wilczyński S., Gołąb J. 2001. Sygnał klimatyczny w słojach drewna buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) z Beskidu Wyspowego. *Sylvan* 145 (10): 61-72.
- Wilczyński S., Kacprzyk M., Wertz B. 2013. Klimatyczny wskaźnik wzrostu liczebności owadów kambiofagicznych w drzewostanach świerkowych Beskidów Zachodnich. W: Ząbecki W. [red.]. *Rola i udział owadów w funkcjonowaniu ekosystemów leśnych*. Wydawnictwo UR, Kraków. 153-166.
- Wilczyński S., Szymański N. 2014. Pionowe strefy oraz piętra dendroklimatyczne w Beskidach Zachodnich. *Sylvan* 158 (6): 463-472.
- Wilson R. J. S., Hopfmüller M. 2001. Dendrochronological investigations of Norway spruce along an elevational transect in the Bavarian Forest, Germany. *Dendrochronologia* 19: 67-79.
- Wu G., Xu G., Chen T., Liu X., Zhang Y., An W., Wang W., Fang Z., Yu S. 2013. Age-dependent tree-ring growth responses of Schrenk spruce (*Picea schrenkiana*) to climate – A case study in the Tianshan Mountain, China. *Dendrochronologia* 31: 318-326.

SUMMARY**Pointer years of Norway spruce in the Western Beskidy Mountains (southern Poland)**

In 32 Norway spruce stands growing in the Western Beskidy Mountains (southern Poland) at the elevation 500-1370 m a.s.l. we analysed the number of pointer years in the period 1930-2002. The pointer years were determined using the annual sensitivity method. Climatic causes of the pointer years were identified. There was more pointer years in the zone above 900 m a. s. l. than below that elevation (tab. 1). Mean number of pointer years on site, proportion between number of positive and negative pointer years, value of mean sensitivity in pointer years and average mean sensitivity of site chronologies were similar in both altitudinal zones (tab. 1). In both zones, the number of negative pointer years on site increased along with increase of the number of positive pointer years (fig. 1). In the upper zone, the number of site pointer years increased along with an altitude, while in the lower zone their number decreased along with the altitude (fig. 2). There were not common pointer years of all populations. In the upper zone were 13 zonal pointer years, while in the lower zone – 10 (tab. 2). In the lower zone short winter, early and very warm spring, high precipitation in June and July caused the pointer years. In the upper zone positive pointer years occurred after warm autumn and in years with the warm growing season (fig. 3).