

DENDROKLIMATOLOGICZNA CHARAKTERYSTYKA DAGLEZJI ZIELONEJ (*PSEUDOTSUGA MENZIESII* (MIRB.) FRANCO) WYSTĘPUJĄCEJ W KARPATACH POLSKICH*

Edward Feliksik, Sławomir Wilczyński, Grzegorz Durło
Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie. Celem pracy było poznanie termiczno-pluwialnych uwarunkowań przyrostu radialnego populacji cząstkowych daglezi zielonej, rosnących na obszarze polskich Karpat. Badane daglezie pochodziły z 12 stanowisk usytuowanych od Beskidu Śląskiego po Bieszczady oraz we wschodniej części Pogórza Karpackiego. Na każdym stanowisku pobierano wywierty z 25 zdrowych drzew, na których następnie mierzono szerokości słoików. Do analiz związków między szerokością słoików a temperaturą powietrza oraz opadami atmosferycznymi wykorzystano metodę regresji wielorakiej – response function [Fritts 1976] oraz korelacji liniowej. Stwierdzono, że mimo podobieństw w przebiegu chronologii oraz związków klimat-przyrost badanych populacji drzew jest zauważalna odmienność ich wrażliwości na warunki termiczno-pluwialne panujące w poszczególnych regionach Karpat. Związana jest ona nie tylko ze specyfiką klimatu danego obszaru, ale także innymi warunkami siedliskowymi miejsca ich wzrostu. Czynnikiem mającym najsilniejszy i podobny wpływ na reakcje przyrostowe daglezi była temperatura powietrza zimą (styczeń-marzec). Natomiast głównym czynnikiem różnicującym rytm przyrostowy daglezi była temperatura powietrza oraz opady atmosferyczne w lecie (lipiec-sierpień). Aktualny stan badanych drzewostanów wskazuje, że daglezie z powodzeniem zaadaptowała się do warunków klimatycznych panujących w Karpatach, mimo że nawet w wieku dojrzałym cierpi z powodu mrozów zimowych, suchego okresu wegetacji oraz niedoboru ciepła latem.

Słowa kluczowe: *Pseudotsuga menziesii*, dendroklimatologia, dendroekologia, Karpaty

WSTĘP

Daglezie występowała na obszarze Europy już przed ostatnim zlodowaceniem [Herman i Ching 1973]. Obecnie jej istnienie w lasach naszego kontynentu jest efektem

* Badania finansowane były przez Komitet Badań Naukowych. Grant nr: 6PO6H09620, realizowany w latach 2001-2004.

zapoczątkowanego w połowie XIX wieku procesu introdukcji. Na bazie sprowadzonych z Ameryki Północnej nasion, naukowcy z Niemiec opracowali program aklimatyzacji obcych gatunków drzew w lasach Europy, wśród których dagleżja zielona zajmowała poczesne miejsce [Schwappach 1896, Cieślar 1901].

W Polsce idea ta także znalazła zwolenników [Tyniecki 1891]. Powstały powierzchnie doświadczalne z dagleżą, między innymi w lasach Karpackich. Proces jej adaptacji był obserwowany i analizowany na różnych etapach wzrostu drzew [Suchocki 1926, Maciejowski 1950, Białobok 1959, Białobok i Mejnartowicz 1965, Tumiłowicz 1967, Bellon 1969, Mejnartowicz 1976, Chylarecki 1976, Burzyński 1990, Feliksik i Wilczyński 1998, 2000, 2002, 2003 a, b].

Obecnie około stuletnie dagleżje, które przeszły okres naturalnej selekcji, obradzają, a z ich nasion tworzą się nowe pokolenia drzew. Szczególnie dorodne osobniki uznane zostały za drzewa nasienne. Stanowią wartościową kolekcję genotypów przystosowanych do życia w nowych warunkach siedliskowych. Są one też cennym materiałem do badań dendroklimatologicznych, których celem jest między innymi pogłębianie wiedzy o wymaganiach klimatycznych różnych gatunków drzew.

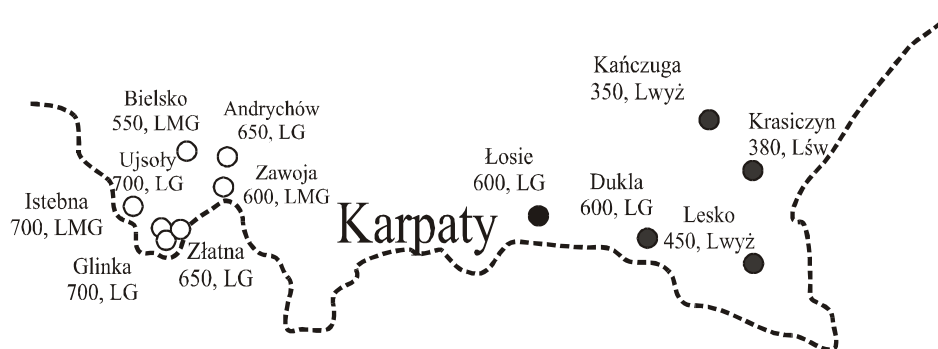
Badania dendroklimatologiczne analizują periodyczną aktywność podziałową kambium waskularnego drzew pod wpływem rytmów endogennych regulowanych rytmami przyrody. Jest ona wynikiem adaptatywnej selekcji w obrębie określonej populacji osobników do lokalnych warunków siedliskowych. Najbardziej dynamicznym i zarazem stresogennym elementem środowiska są zmieniające się z roku na rok warunki meteorologiczne. Najistotniejszym czynnikiem wpływającym na przebieg procesów metabolicznych prowadzących do wytworzenia tkanki drzewnej jest konfiguracja warunków termiczno-pluwialnych [Fritts 1976], czego konsekwencją jest charakterystyczna, niepowtarzalna sekwencja szerokości słoików drewna.

W pracy założono, że na rozległym obszarze Karpat panują na tyle zróżnicowane warunki klimatyczne, że powinno to znaleźć swoje odzwierciedlenie w reakcjach przyrostowych drzew rosnących w różnych częściach tego regionu.

Celem niniejszej pracy było poznanie klimatycznych uwarunkowań wielkości przyrostów radialnych drzew dagleżji zielonej, rosnących w różnych częściach polskich Karpat. Podjęto próbę oceny zróżnicowania wrażliwości drzew tego gatunku na warunki termiczno-pluwialne, poszukując jednocześnie odpowiedzi na pytanie, na ile panujący w Karpatach klimat umożliwi dalszą egzystencję tego gatunku i czy warto zatem popierać go w zbiorowiskach leśnych tego regionu.

MATERIAŁ BADAWCZY I METODY

Dagleżje pochodziły z 12 stanowisk położonych na różnych wysokościach i siedliskach w Beskidzie Śląskim, Żywieckim, Niskim, w Bieszczadach oraz we wschodniej części Pogórza Karpackiego (rys. 1). Na każdym stanowisku pobierano z 25 zdrowych drzew po jednym wywiercie, z wysokości 130 cm nad gruntem. Na wywiertach pomierzono szerokości słoików rocznych drewna, uzyskując w ten sposób chronologiczne sekwencje danych (dendroskale).



Rys. 1. Położenie stanowisk badawczych dąglezji na obszarze Karpat z podaną wysokością nad poziomem morza oraz siedliskiem

Fig. 1. Locations of the stands of Douglas fir on the Carpathian area with elevations and site type

Do oceny poprawności pomiarów oraz synchronizacji czasowej dendroskal użyto programu komputerowego COFECHA [Holmes 1986]. Zweryfikowane dendroskale poddano indeksacji, wykorzystując program komputerowy ARSTAN [Cook i Holmes 1986]. W ten sposób wyeliminowano z dendroskal długookresowe fluktuacje wielkości słoików, zachowując kierunek ich zmian z roku na rok, determinowany głównie przez warunki meteorologiczne [Fritts 1976]. Na podstawie dendroskal indeksowanych opracowano dla każdego z 12 stanowisk chronologię indeksowaną, będącą chronologicznym ciągiem średnich indeksów przyrostowych drzew z danego stanowiska. Następnie na ich podstawie obliczono dwie regionalne chronologie indeksowane.

Do oceny podobieństwa chronologii wykorzystano metodę korelacji liniowej oraz zbieżności, pozwalającą za pomocą współczynnika zbieżności GL (Gleichläufigkeit-procent) porównać zgodność ich przebiegu [Eckstein i Bauch 1969].

$$GL = 100 \cdot m \cdot (n - 1)^{-1}, \%$$

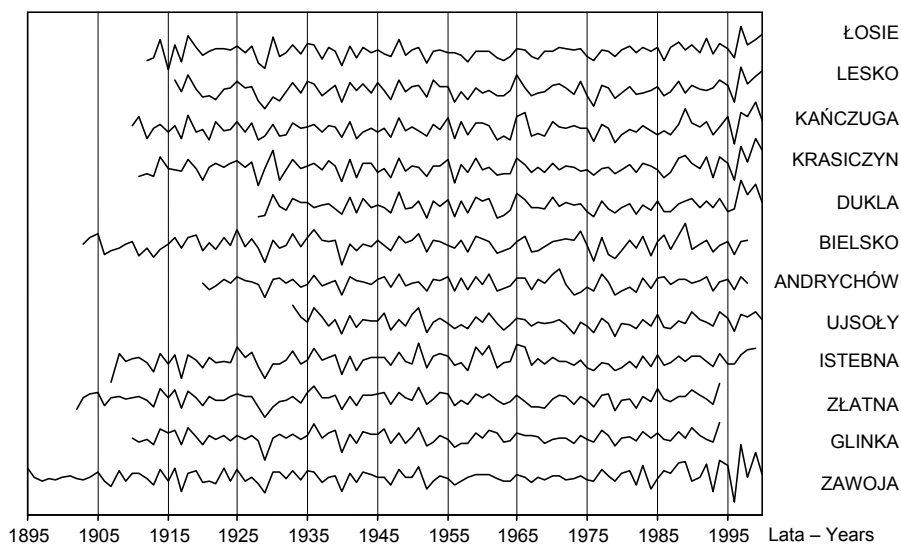
gdzie: m – liczba zbieżnych co do kierunku odcinków porównywanych krzywych,
 n – liczba analizowanych lat.

W celu redukcji liczby obiektów (słoików) opisujących poszczególne chronologie oraz umożliwienia oceny podobieństwa chronologii, wpływu różnych czynników na ich zmienność, a także identyfikację tych czynników zastosowano analizę głównych składowych [Holmes 1995] oraz ponownie metodę korelacji oraz zbieżności.

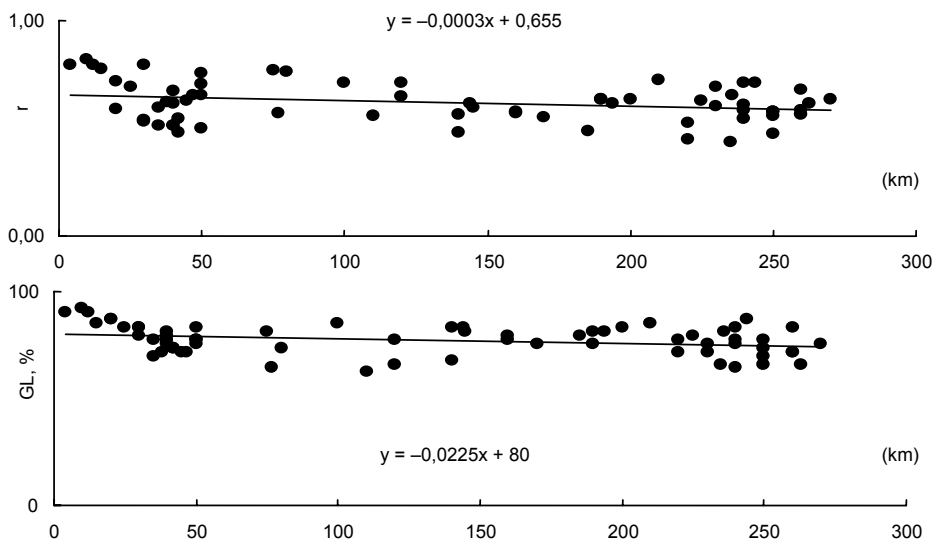
Do poszukiwania związków między poszczególnymi elementami klimatycznymi a szerokością słoików zastosowano metodę korelacji liniowej oraz regresji wielorakiej – response function [Fritts 1976]. Zmiennymi zależnymi były wartości indeksów przyrostowych regionalnych chronologii indeksowanych, natomiast zmiennymi niezależnymi – standaryzowane miesięczne wartości temperatury powietrza oraz opadów atmosferycznych. Do analiz wykorzystano dane meteorologiczne stacji IMiGW w Żywcu (zachodnia część Karpat) oraz w Lesku (wschodnia część Karpat).

WYNIKI

Chronologie stanowisk wykazują w swoim przebiegu bardzo duże podobieństwo (rys. 2). Potwierdzeniem tego są wysoce istotne wartości współczynników korelacji oraz zbieżności poszczególnych chronologii (tab. 1).



Rys. 2. Indeksowane chronologie 12 stanowisk
Fig. 2. Indexed chronologies of 12 sites



Rys. 3. Współczynniki korelacji oraz zbieżności 12 chronologii a odległość między stanowiskami
Fig. 3. Correlation coefficients and coefficients of convergence of 12 site tree-ring chronologies and distance between sites

Tabela 1. Współczynniki korelacji chronologii rzeczywistych oraz współczynniki zbieżności (GL, %) (pogrubione) chronologii indeksowanych dla okresu 1933-1994
 Table 1. Correlation coefficients of tree-ring chronologies and coefficients of convergence (GL, %) (bold) of indexed chronologies for the period 1933-1994

Kod stanowiska Site code	BIE	AND	IST	GLI	ZŁA	UJS	ZAW	ŁOS	DUK	LES	KRA	KAŃ
BIE	X	0,587	0,612	0,475	0,590	0,508	0,672	0,577	0,640	0,554	0,562	0,710
AND	86,8	X	0,625	0,542	0,617	0,649	0,531	0,479	0,637	0,603	0,583	0,630
IST	77,4	71,7	X	0,691	0,717	0,778	0,499	0,574	0,735	0,673	0,633	0,615
GLI	73,6	73,6	83,0	X	0,796	0,828	0,546	0,573	0,505	0,605	0,578	0,437
ZŁA	69,8	71,7	86,8	90,6	X	0,791	0,516	0,600	0,644	0,653	0,573	0,542
UJS	75,5	77,4	84,9	92,5	90,6	X	0,516	0,616	0,624	0,709	0,582	0,475
ZAW	81,1	79,2	77,4	83,0	77,4	79,2	X	0,644	0,550	0,449	0,690	0,524
ŁOS	77,4	67,9	79,2	83,0	81,1	83,0	77,4	X	0,705	0,714	0,709	0,555
DUK	83,0	81,1	84,9	79,2	75,5	81,1	75,5	75,5	X	0,767	0,776	0,765
LES	77,4	75,5	83,0	83,0	81,1	86,8	71,7	84,9	83,0	X	0,653	0,570
KRA	71,7	77,4	75,5	73,6	69,8	71,7	71,7	66,0	81,1	71,7	X	0,795
KAŃ	75,5	79,2	66,0	66,0	64,2	66,0	77,4	62,3	73,6	64,2	83,0	X

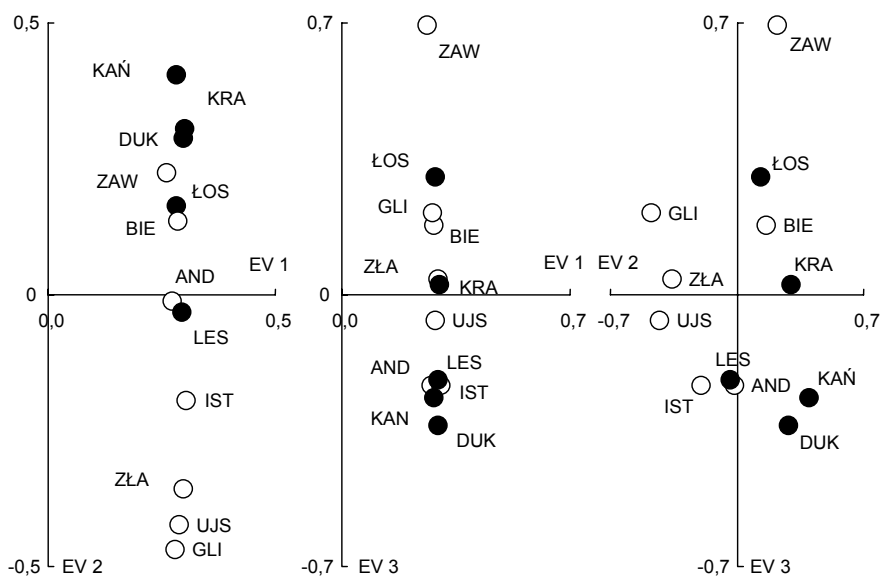
Kodem stanowiska (chronologii) są pierwsze litery nazwy stanowiska (rys. 1). Wartości progowe współczynnika korelacji oraz zbieżności (pogrubione) dla $p = 0,05$ ($r = 0,25$, $GL = 62,5\%$), $p = 0,01$ ($r = 0,32$, $GL = 66,4\%$), $p = 0,001$ ($r = 0,40$, $GL = 69,0\%$)

The site code (chronology) are first letters of site names (Fig. 1). The values of correlation coefficients and coefficients of convergence (bold) for $p = 0.05$ ($r = 0.25$, $GL = 62.5\%$), $p = 0.01$ ($r = 0.32$, $GL = 66.4\%$), $p = 0.001$ ($r = 0.40$, $GL = 69.0\%$)

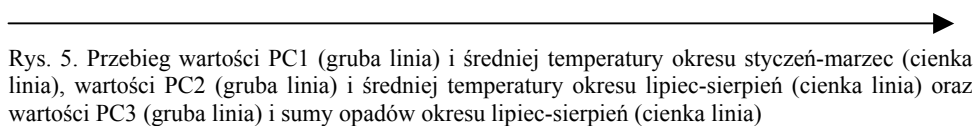
W miarę wzrostu odległości pomiędzy stanowiskami wartości obu współczynników stopniowo maleją, jednak nie obniżają się nigdy poniżej wartości istotnej dla $p = 0,05$ (tab. 1, rys. 3). Bardzo podobny rytm przyrostowy dąglezji na wszystkich stanowiskach świadczy o istnieniu ponadlokalnego czynnika, który wywiera silny wpływ na procesy formowania przez nie słoju drewna.

W wyniku analizy głównych składowych, w której zmiennymi były chronologie indeksowane (12), wyodrębniono trzy pierwsze główne składowe: PC1, PC2, PC3. Opisują one łącznie aż 80% całkowitej zmienności chronologii, przy czym pierwsza składowa opisuje 65%, druga 9%, a trzecia 6%. Grupowanie chronologii względem wektorów własnych (EV) wskazuje, że pierwsza składowa główna integruje chronologie, natomiast druga składowa grupuje je w dwa oddzielne zbiory (rys. 4). Jeden zbiór tworzą chronologie drzew ze stanowisk usytuowanych w Beskidzie Śląskim i Żywieckim, natomiast drugi chronologie stanowisk ze wschodniej części obszaru badań (Beskid Niski, Bieszczady, wschodnia część pogórza Karpat) (rys. 4). Chronologie różnicuje również trzecia główna składowa, lecz już niezgodnie z ich położeniem geograficznym (rys. 4).

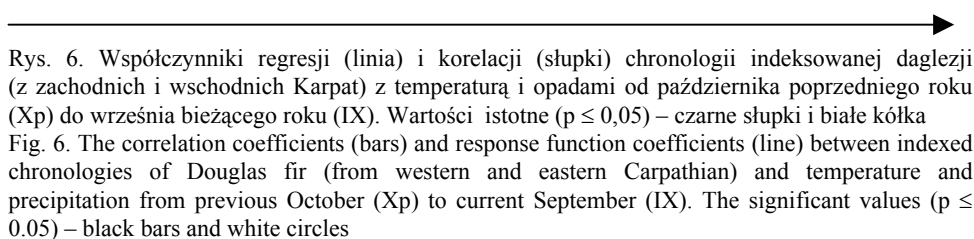
Identyfikację czynników determinujących zmienność chronologii przeprowadzono porównując wartości trzech pierwszych składowych głównych z wartościami różnych wskaźników klimatycznych. Stwierdzono, że składowa pierwsza wykazuje istotną korelację



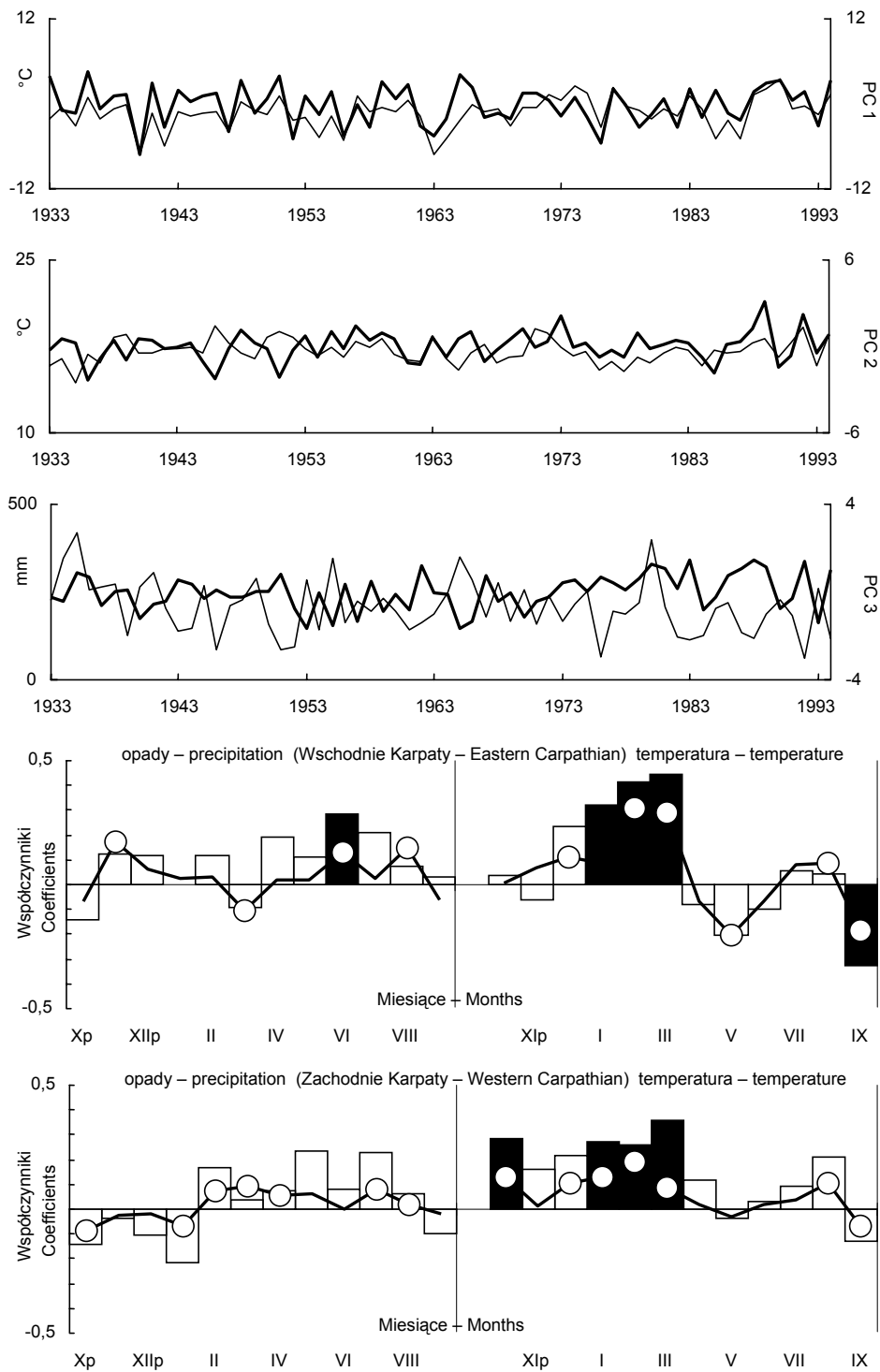
Rys. 4. Rozrzut chronologii indeksowanych względem wartości wektorów własnych pierwszej (EV1), drugiej (EV2) i trzeciej (EV3) składowej głównej 12 indeksowanych chronologii stanowisk
 Fig. 4. Comparison of the eigenvectors (EV) of the first (PC1), second (PC2) and third (PC3) principal components of the 12 site index chronologies



Rys. 5. Przebieg wartości PC1 (gruba linia) i średniej temperatury okresu styczeń-marzec (cienka linia), wartości PC2 (gruba linia) i średniej temperatury okresu lipiec-sierpień (cienka linia) oraz wartości PC3 (gruba linia) i sumy opadów okresu lipiec-sierpień (cienka linia)
 Fig. 5. Comparison of PC1 scores (thick line) with mean air temperature for January-March period (thin line), PC2 scores (thick line) with mean air temperature for July-August period (thin line), and PC3 scores (thick line) with total precipitations for July-August period (thin line)



Rys. 6. Współczynniki regresji (linia) i korelacji (słupki) chronologii indeksowanej daglezi (z zachodnich i wschodnich Karpat) z temperaturą i opadami od października poprzedniego roku (Xp) do września bieżącego roku (IX). Wartości istotne ($p \leq 0,05$) – czarne słupki i białe kółka
 Fig. 6. The correlation coefficients (bars) and response function coefficients (line) between indexed chronologies of Douglas fir (from western and eastern Carpathian) and temperature and precipitation from previous October (Xp) to current September (IX). The significant values ($p \leq 0.05$) – black bars and white circles



oraz zbieżność jedynie ze średnią temperaturą okresu styczeń-marzec ($r = 0,621$, $p < 0,001$; $GL = 88,5\%$, $p < 0,001$). Druga składowa istotnie koreluje oraz jest zbieżna jedynie ze średnią temperaturą okresu lipiec-sierpień ($r = 0,341$, $p < 0,01$; $GL = 67,2\%$, $p < 0,01$). Natomiast trzecia główna składowa wykazuje wysoką ujemną korelację oraz zbieżność z sumami opadów okresu lipiec-sierpień ($r = -0,383$, $p < 0,01$; $GL = -23\%$, $p < 0,01$) (rys. 5).

Potwierdzeniem istotnego wpływu powyższych elementów klimatu na zmienność wielkości przyrostów radialnych daglezi są wyniki analizy response function, przeprowadzone dla dwóch chronologii regionalnych reprezentujących drzewa ze wschodniej oraz zachodniej części badanego obszaru (rys. 1, rys. 6). Wartości współczynników regresji oraz korelacji wskazują, że ważnym czynnikiem pozytywnie wpływającym na szerokość słoju drzew z obu regionów była wysoka temperatura powietrza miesięcy zimowych (grudzień-marzec), a także latem (sierpień) oraz niska temperatura we wrześniu. Istotny, dodatni wpływ na przyrost daglezi z zachodniej części Karpat miała ponadto wysoka temperatura panująca w październiku poprzedniego roku. Na wschodzie drzewa wymagały z kolei chłódów w maju, w roku, w którym tworzyły słoje (rys. 6).

Wpływ opadów atmosferycznych na przyrost radialny daglezi był bardziej zróżnicowany. Wysokie opady zimą i wiosną (luty-kwiecień) oraz latem (lipiec-sierpień) stymulowały przyrost drzew z zachodniej części Karpat. We wschodniej ich części istotny, dodatni wpływ na przyrost drzew miały niskie opady w marcu oraz wysokie opady w czerwcu i sierpniu danego roku (rys. 6).

DYSKUSJA

Wyniki przeprowadzonych badań oraz informacje zawarte w literaturze wskazują, że dagleza zielona jest dostatecznie plastycznym gatunkiem drzewa, zdolnym przystosować się do zróżnicowanych warunków klimatycznych [Maciejowski 1951, Chylarecki 1976, Fabijanowski i in. 1980, Burzyński 1990]. Świadczą o tym również zdrowe, naturalne odnowienia spotykane na niektórych stanowiskach. Wieloletni proces interakcyjnego funkcjonowania genotypów i elementów biotopu wyselekcjonował w aklimatyzowanych populacjach osobniki przystosowane do lokalnych warunków – ekotypy przydatne do kontynuacji zasiedlania daglezi zielonej w lasach górskich. Z ekologicznego punktu widzenia wydaje się, że gatunek ten wszedł w stadium renaturalizacji na siedliskach górskich w Karpatach oraz Sudetach [Feliksik i Wilczyński 2000, 2002, 2003 b].

Na obszarze Polski nie ma zbyt wielu naturalnych, groźnych szkodników daglezi [Dominik i Grzywacz 1998]. Jest to prawdopodobnie związane z małym zagęszczeniem populacji oraz niewielką liczebnością osobników na istniejących obecnie stanowiskach. Zagrożenie z tego powodu może jednak wzrosnąć w uprawach plantacyjnych. Istotnym argumentem przemawiającym za dalszym wprowadzaniem daglezi zielonej do lasów górskich są względy ekonomiczne. Przeciętna wydajność drzew dagleziowych na siedliskach regla dolnego Karpat przewyższa znacznie wydajność rodzimych taksonów drzew [Chylarecki 1976, Bellon i in. 1977]. Wprawdzie postulat ten, jak pisze Chylarecki [1976], pozostaje w sprzeczności z tendencją do kształtowania naturalnych zbiorowisk

roślinnych w gospodarstwie leśnym, to jednak odstępianie od tych założeń może być przydatne w wypadku gwałtownie narastającego zagrożenia beskidzkich świerczyn.

Ważnym elementem środowiska mającym wpływ na kondycję badanych daglezi są niewątpliwie warunki klimatyczne, daleko odmienne od tych, które panują na jej rodzimych terenach w Ameryce Północnej. Uzyskane w pracy wyniki wskazują, że elementem o najsilniejszym i podobnym wpływie na przyrost radialny daglezi karpackich była temperatura powietrza miesięcy zimowych. Mrozy zimowe negatywnie wpływały na wielkość tworzonych przez nie słoju drewna. Drzewa wykazywały natomiast, w zależności od położenia geograficznego, różną wrażliwość na temperaturę powietrza w okresie lata. Różnicujący wpływ na reakcje przyrostowe badanych populacji miały także opady letnie. Element ten miał jednak charakter bardziej lokalny.

WNIOSKI

1. Dla procesów drewnotwórczych daglezi ważne są warunki pogodowe panujące nie tylko w roku tworzenia słoju, ale i w roku poprzednim.

2. Dla efektywnego przebiegu procesów metabolicznych warunkujących optymalny przyrost, październik poprzedniego roku powinien być ciepły i suchy, zima i przedwiośnie łagodne pod względem termicznym, a miesiące letnie ciepłe i obfitujące w opady. Niekorzystne warunki pogodowe w tych okresach powodowały wprawdzie spadek wielkości przyrostów, lecz nie były przyczyną obumierania dorosłych drzew.

3. Mimo podobieństw w przebiegu chronologii badanych populacji drzew oraz w modelach związków klimat-przyrost, we wschodniej i zachodniej części Karpat zauważalna jest odmienność wrażliwości drzew z obu regionów głównie na warunki termiczno-pluwialne panujące w lecie.

4. Czynnikiem mającym najsilniejszy, a przy tym podobny wpływ na reakcje przyrostowe daglezi, bez względu na ich położenie, była temperatura powietrza miesięcy zimowych.

5. Mimo że w górach daglezi w wieku dojrzałym cierpi z powodu mroźnych zim, niedoboru opadów i ciepła latem wydaje się, że jest gatunkiem, który z powodzeniem zaadaptował się do warunków klimatycznych panujących w Karpatach.

PIŚMIENNICTWO

- Bellon S., 1969. Introdukcja obcych gatunków drzew leśnych. W: *Odnowienie i pielęgnacja lasu. Introdukcja obcych gatunków drzew leśnych. Studium podyplomowe hodowli lasu.* Wyd. SGGW Warszawa.
- Bellon S., Tumiłowicz J., Król S., 1977. *Obce gatunki drzew w gospodarstwie leśnym.* PWRiL Warszawa.
- Białobok S., 1959. *Ausländer Holzarten auf Versuchsfächen in Polen.* Arch. f. Forstwesen 8, 10.
- Białobok S., Mejnartowicz L., 1965. *Badania nad uprawą drzew obcego pochodzenia w Polsce w warunkach siedliska leśnego.* Arbor. Kórnickie 10.
- Burzyński G., 1990. *Wrażliwość jedlicy na mrozy zimowe w latach 1975-1980 na powierzchniach proweniencyjnych Instytutu Badawczego Leśnictwa.* Sylwan 124, 4, 37-49.
- Chylarecki H., 1976. *Badania nad daglezią w Polsce w różnych warunkach ekologicznych.* Arbor. Kórnickie 21: 15-123.

- Cieślak A., 1901. Über Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten in Österreich. C.G.F. 26.
- Cook E.R., Holmes R.L., 1986. Users manual for computer programs ARSTAN. W: Holmes R.L., Adams R.K., Fritts H.C. (wyd.). Tree rings chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Chronology Series 6, Univ. Arizona, Tucson, 50-56.
- Dominik J., Grzywacz A., 1998. Zagrożenie obcych gatunków drzew iglastych ze strony rodzimej entomofauny oraz mykoflory. Fund. Rozw. SGGW Warszawa.
- Eckstein D., Bauch J., 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. Forstw. Cbl. 88, 4, 230-250.
- Fabijanowski J., Jaworski A., Jezutek S., 1980. Ocena hodowlana gatunków rodzimych i obcych wprowadzonych na powierzchniach doświadczalnych w Zawoi. Acta Agr. Silv. Ser. Silv., 19, 3-22.
- Feliksik E., Wilczyński S., 1998. Dendroclimatological research on the Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) from northeastern Poland. Zesz. Nauk. AR Krak. 344, Ser. Leśnictwo 27, 49-57.
- Feliksik E., Wilczyński S., 2000. Wpływ warunków klimatycznych na przyrost grubości jedlicy zielonej (*Pseudotsuga menziesii* Franco) z Beskidu Średniego. Probl. Zagosp. Ziem Gór. 46, 87-96.
- Feliksik E., Wilczyński S., 2002. The climatological signal in tree-rings of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) from the Sudety Mts. Acta Agr. Silv., Ser. Silv. 40, 14-23.
- Feliksik E., Wilczyński S., 2003 a. Dendroclimatological characterization of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) from the Wielkopolska region. EJPAU 6, 1, ser. Forestry.
- Feliksik E., Wilczyński S., 2003 b. Diversification of increment reactions of the Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) from the mountainous regions of southern Poland. J. For. Sci. 49 (12), 552-558.
- Fritts H.C., 1976. Tree-Rings and Climate. Acad. Press New York.
- Herman R.K., Ching K.K., 1973. Paleohistory of the genus *Pseudotsuga*. JUFRO, S2-05, Göttingen, 13-16.
- Holmes R.L., 1986. Quality control of crossdating and measuring. Users manual for computer program COFECHA. W: Holmes R.L., Adams R.K., Fritts H.C. [red.]. Tree rings chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Chronology Series 6, Univ. Arizona, Tucson, 41- 49.
- Holmes R.L., 1995. Principal component analysis – users manual. W: Dendrochronology Program Library. Red. R.L. Holmes. Univ. Arizona, Tucson, 51.
- Maciejowski K., 1950. O przydatności daglezji dla lasów polskich i o jej roli w gospodarstwie leśnym. Sylwan 94, 1, 2: 33-34, 58-75.
- Maciejowski K., 1951. Egzoty naszych lasów. PWRiL Warszawa.
- Mejnartowicz L., 1976. Genetic investigations on Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) populations. Arbor. Kórnickie 21, 126-179.
- Schwappach A., 1896. Ergebnisse der Anbauversuche mit japanischen und einigen neueren amerikanischen Holzarten in Preussen. ZfFJ.
- Schwappach A., 1914. Einfluss der Herkunft des Samens von *Pseudotsuga Douglasii* auf Wachstum der Pflanzen. Mitt. d. DDG.
- Suchocki S., 1926. *Pseudotsuga Douglasii* i dotychczasowe wyniki jej aklimatyzacji w Poznańskiem. Roczn. Nauk Roln. Leśn. 15, 1, 150-202.
- Szymanowski T., 1959. Zagadnienie aklimatyzacji obcych drzew w Polsce. Ochr. Przyr. 26.
- Tumiłowicz J., 1967. Ocena wyników wprowadzenia niektórych obcych gatunków drzew w lasach Krainy Mazursko-Podlaskiej. Roczn. Sekcji Dendrol. 20, 136-169.
- Tyniecki W., 1891. Wyniki dotychczasowych prób aklimatyzacji obcych drzew w Europie ze szczególnym uwzględnieniem naszego kraju. Sylwan, 383-390.

**DENDROCLIMATOLOGICAL CHARACTERISATION OF DOUGLAS-FIR
(*PSEUDOTSUGA MENZIESII* (MIRB.) FRANCO) OCCURRING
IN THE POLISH CARPATHIANS**

Abstract. The purpose of this study was to recognize the thermic and pluvial factors affecting the radial increment of partial populations of Douglas-fir growing in the Polish Carpathians. The investigated trees were growing in 12 localities situated in the area from the Silesian Beskid to Bieszczady and the eastern part of the Carpathian foot-hills (Fig. 1). In each locality increment cores were taken from 25 healthy trees. The relationship between the tree-ring width and temperature, as well as precipitation, were analyzed by a linear correlation and multiple regression – *response function* [Fritts 1976]. It was found that in spite of similarities in the course of chronologies (Fig. 2, 3, Tab. 1), as well as in the models of associations climate-increment (Fig. 6), of different populations of trees there are differences in their susceptibility to thermic and pluvial conditions prevailing in respective regions of the Carpathians. These differences are connected not only with the specific climate associated with the geographic location, but also with microclimatic conditions of the place of their growth. The air temperature of winter (January-March) is the factor having the strongest influence (Fig. 4, 5). While the air temperature and precipitation of summer (July-August) is the main factor differentiating the increment rhythm of Douglas-fir (Fig. 4, 5). However, Douglas-fir seems to be the species which has been well adapted to climatic conditions of the Carpathians, in spite of the fact that even when mature it is susceptible to winter frosts, dry growing season, and deficiency of warmth in summer (Fig. 6).

Key words: Douglas-fir, dendroclimatology, dendroecology, the Polish Carpathian

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 1.02.2005 r.