

Dendrochronologia lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.) z południowej Polski

Joanna Barniak, Sławomir Wilczyński, Marek Krąpiec

Abstrakt. Analizę dendrochronologiczną lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.) przeprowadzono na 5 stanowiskach zlokalizowanych w południowej Polsce. Dotychczas badania dendrochronologiczne drewna lipowego wykonywano nielicznie zarówno w Polsce, jak i Europie. Stosunkowo wysoka telekoneksja chronologii lokalnych umożliwiła zestawienie chronologii regionalnej obejmującej lata 1913–2006. W celu zbadania relacji klimat–przyrost radialny wykorzystano metodę kroczących w przód interwałów (DENDROCLIM2002) oraz analizę składowych głównych (PCA). Istotny wpływ na przyrost radialny lipy w roku bieżącym ma ciepłe lato roku poprzedniego. Podobnie korzystny wpływ ma mroźna zima i wcześniej rozpoczynający się sezon wegetacyjny. Chłodna i wilgotna wiosna oraz słoneczne lato dodatnio odzwierciedlają się w przyroście rocznym lipy. Warunki mikrosiedliskowe różnicują reakcje przyrostowe lip na niektóre elementy meteorologiczne.

Słowa kluczowe: lipa drobnolistna, dendroklimatologia, Polska południowa

Abstract. Dendrochronology of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) in southern Poland. Tree-ring analysis of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) was conducted on five sites in southern Poland. Up to now, dendrochronological researches on lime were not common in Poland and Europe. Relatively high teleconnection between the site chronologies allowed to construct regional dendrochronological standard, covering a period of 1913–2006. The relationship between climate and radial growth of lime was analysed with a help of bootstrapped correlations method (variant of forward evolutionary intervals was used; DENDROCLIM2002) and principal component analysis. Warm summer of the previous year positively affected the radial growth of limes. Similarly, severe winter and early initiated spring had a favourable effect on tree-ring width. The cambium activity was also favoured by lower air temperature and higher precipitations in the spring and by sunny summer in the given growing season. The relation between tree-ring widths of limes growing in different micro-site conditions and several meteorological components was observed.

Key words: *Tilia cordata* Mill., dendroclimatology, southern Poland

Wstęp

Drzewa z rodzaju *Tilia* występują pospolicie na terytorium Polski, jednak ich rola jako składnika lasotwórczego jest niewielka i zwykle stanowią domieszczę w lasach liściastych w postaci pojedynczych osobników lub grup (Boratyńska i Dolatowski 1991, Matuszkiewicz

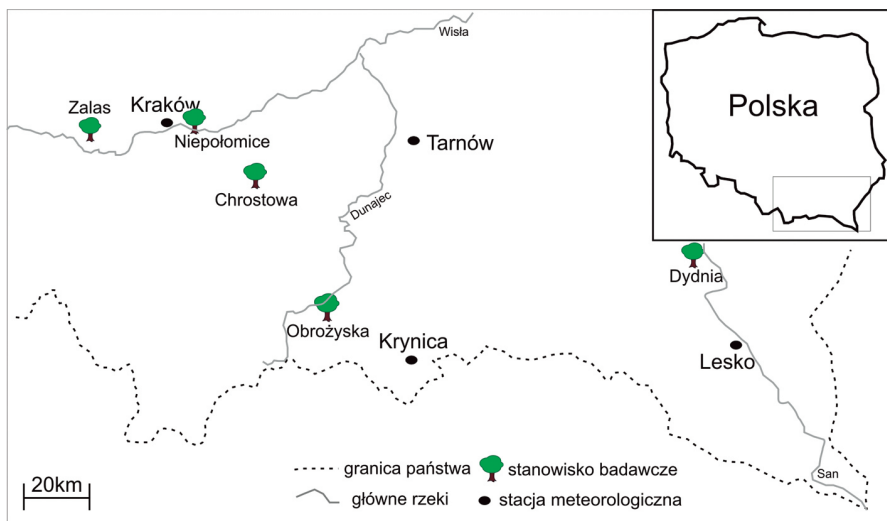
2001). Skupiska lipy drobnolistnej o szczególnych walorach przyrodniczych znane są m.in. ze środkowej i południowej Polski. Lipa, występująca do 65° szerokości geograficznej północnej (Pigott 1991), uważana jest za gatunek o dużych wymaganiach cieplnych, ale jednocześnie mrozoodporny i wrażliwy na suszę (Środoń 1991).

Dotychczas badania dendrochronologiczne i dendroklimatyczne nad lipami przeprowadzane były nielicznie zarówno w Polsce, jak i Europie. Ocenę stanu zdrowotnego lip oraz wpływ zanieczyszczenia powietrza na przyrost badano na Litwie (Stravinskienė i Dičiūnaitė 1999), natomiast wpływ czynników klimatycznych na szerokość przyrostów rocznych lip oraz ich przydatność w dendrochronologii analizowano w Wielkiej Brytanii (Moir i Leroy 2013).

Celem pracy było zestawienie chronologii lokalnych oraz konstrukcja chronologii regionalnej lipy drobnolistnej z terenów podgórskich w południowej Polsce. Zbadano również telekorelację między zestawionymi chronologiami lokalnymi. Dokonano oceny wpływu temperatury powietrza oraz opadów atmosferycznych na kształtowanie się wielkości przyrostów rocznych tego gatunku. Przeprowadzono także ocenę wrażliwości lipy na czynniki klimatyczne oraz ocenę wpływu siedliska na szerokość przyrostu rocznego. Zestawione chronologie lokalne mogą posłużyć do dalszych porównawczych badań dendroklimatycznych, jak również do badań zmierzających do wydłużenia zestawionego standardu regionalnego.

Material i metody

Zbadano lipy z pięciu stanowisk zlokalizowanych w południowej Polsce: Zalas, Niepołomice, Chrostowa, Obrożyska oraz Dydnia (ryc. 1). Na każdym stanowisku badawczym pobrano po 25 próbek, nawiercając pień badanego drzewa jednokrotnie w sektorze południowym, na wysokości 1,3 m.



Ryc. 1. Lokalizacja stanowisk badawczych
Fig. 1. Location of study sites

Do pomiaru szerokości słoju rocznych z dokładnością 0,01 mm wykorzystano zestaw DENDROLAB 1.0. Skonstruowano chronologie dla poszczególnych powierzchni badawczych, a poprawność datowania słoju sprawdzono za pomocą programu COFECHA (Holmes 1986). Podobieństwo zestawionych chronologii określono za pomocą współczynnika zgodności *GL* (*Gleichlaufigkeit*; Eckstein i Bauch 1969). Obliczono również wskaźnik EPS (*Expressed Population Signal*) oraz SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) (Briffa 1984; Wigley i in. 1984). Wykonano analizę składowych głównych (PCA). Ocenę wpływu elementów klimatycznych opisywanych przez składowe główne dokonano przy pomocy metody bootstrapowej w programie DENDROCLIM2002 (Biondi i Waikul 2004). Program umożliwia korelację wartości składowych głównych z parametrami opisującymi warunki termiczno-pluwialne, wykorzystując metodę kroczących w przód interwałów (*forward evolutionary intervals*) (Biondi i Waikul 2004). W badaniach wzięto pod uwagę temperaturę i opady z okresu od lipca roku poprzedzającego wzrost do września roku bieżącego, w którym drzewo wykształciło słuź. Za początek analizy przyjęto rok 1934, zaś za długość interwału – okres 35-letni. W kolejnych krokach analiza rozpoczynała się rok później aż do 1993 roku. Uwzględniono średnie miesięczne wartości temperatury powietrza i miesięczne sumy opadów ze stacji pomiarowych w Krakowie, Krynicy i Lesku opublikowane w Rocznikach Meteorologicznych IMGW.

Wyniki

Z otrzymanych ciągów przyrostów rocznych dla poszczególnych drzew zestawiono 5 chronologii lokalnych (tab. 1). Widoczne jest wyraźne podobieństwo pomiędzy chronologiami pod względem reakcji przyrostowych (ryc. 2). Największe podobieństwo wykazują chronologie z Niepołomic (NIE) i Obrożysk (OBR) oraz Chrostowej (LCS) i Dydni (LIP). Słabsze korelacje ($p < 0,05$) wystąpiły pomiędzy chronologiami OBR i Zalas (ZAL) oraz OBR i LIP (tab. 2). Wysokie wartości współczynników korelacji na poziomie istotności $p < 0,001$ dały podstawę do zestawienia chronologii regionalnej obejmujące lata 1913–2006.

Tab. 1. Charakterystyka powierzchni badawczych oraz lokalnych chronologii rezydualnych
Table 1. Characteristic of investigated sites and local residual chronologies

Stanowisko/ wysokość m n.p.m.	Współrzędne	Kod chronologii	Zakres chronologii	R_{bt}	SNR	EPS
Zalas/ 400	50°4'49"N 19°37'16"E	ZAL	1913–2006	0,60	37,5	0,97
Niepołomice/ 200	50°01'23"N 20°19'54"E	NIE	1934–1997	0,56	31,8	0,97
Chrostowa/ 280	49°54'33"N 20°18'35"E	LCS	1919–2005	0,55	30,9	0,97
Obrożyska/ 500	49°21'12"N 20°52'41"E	OBR	1934–1993	0,52	27,1	0,96
Dydnia/ 270	49°41'29"N 22°13'2"E	LIP	1919–2005	0,50	25,0	0,96

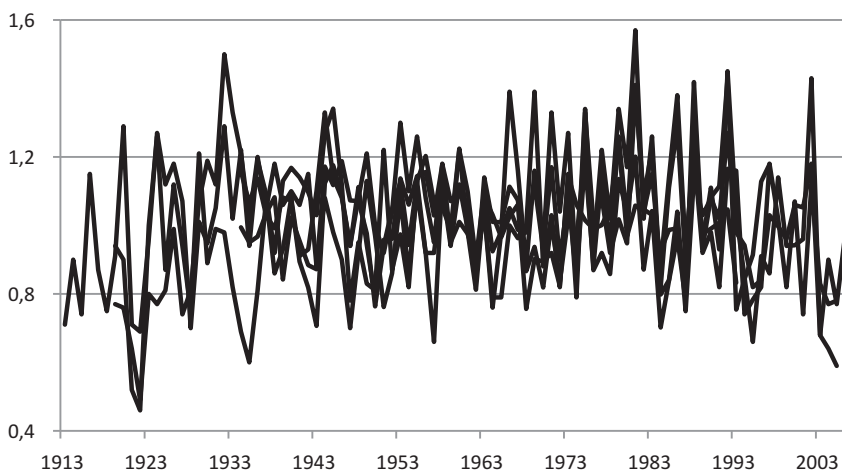
R_{bt} – średni współczynnik korelacji pomiędzy seriami rezydualnymi drzew, SNR – stosunek sygnału do szumów, EPS – wskaźnik ekspresji sygnału populacji

R_{bt} – mean correlation among residual chronologies, SNR – *Signal-to-Noise Ratio*, EPS – *Expressed Population Signal*

Tab. 2. Współczynniki korelacji Pearsona (r) oraz zbieżności (GL%) chronologii lokalnych dla lat 1934–1993 ($n = 60$)

Table 2. Pearson correlation coefficient (r) and convergence coefficient (GL%) between local chronologies calculated for period 1934–1993 ($n = 60$)

r/GL	ZAL	LCS	LIP	NIE	OBR
ZAL	X	88,1	86,4	94,9	81,3
LCS	0,435	X	91,5	88,1	77,9
LIP	0,473	0,474	X	93,2	83,0
NIE	0,508	0,450	0,359	X	86,4
OBR	0,273	0,428	0,241	0,670	X



Ryc. 2. Chronologie rezydualne lipy drobnolistnej z poszczególnych stanowisk

Fig. 2. Residual chronologies of small-leaved lime from investigated sites

Analiza składowych głównych pozwala stwierdzić, iż dwa pierwsze czynniki wpływają na zmienność osobniczą badanych lip w 73,15%, przy czym czynnik PC1 odgrywa istotniejszą rolę (54,74%). Wszystkie chronologie silnie dodatnio korelują z PC1, a więc składowa ta integruje chronologie. Druga składowa różnicuje badane stanowiska na dwie grupy: populacje NIE i OBR oraz populacje ZAL, LCS i LIP. Podział na dwie grupy wiąże się zapewne z odmiennymi warunkami siedliskowymi panującymi w poszczególnych stanowiskach. Populacje NIE i OBR rosły na glebach świeżych i zasobnych, natomiast LCS i LIP na glebach zasobnych o dużej pojemności wodnej. Stosunkowo suche siedlisko zajmowały lipy ZAL.

PC1 istotnie ($\alpha = 0,05$) ujemnie korelowała z temperaturą grudnia roku poprzedniego oraz temperaturą maja roku bieżącego, dodatnie zaś z temperaturą września roku poprzedzającego oraz kwietnią roku bieżącego. Istotną ujemną korelację PC1 z opadami atmosferycznymi zaobserwowano dla lipca roku poprzedzającego, natomiast dodatnią – dla maja i września roku bieżącego. Istotnie ujemną korelację PC2 odnotowano z temperaturą powietrza w lutym i maju roku bieżącego, dodatnią zaś z temperaturą lipca i sierpnia roku poprzedzającego. W przypadku opadów atmosferycznych ujemna korelacja z PC2 wystąpiła w sierpniu roku poprzedzającego wzrost.

Dyskusja

Przeprowadzone badania wskazują na przydatność lip w analizach dendrochronologicznych i dendroklimatycznych. Istotne korelacje między sekwencjami osobniczymi oraz chronologiami lokalnymi pozwoliły na zestawienie standardu regionalnego dla południowej Polski. Licząca 94 lata chronologia regionalna stanowić może podstawę do konstrukcji dłuższego standardu w oparciu m.in. o próby ze starych drzew parkowych i alei lipowych. Trudności w wydłużeniu standardu lipowego mogą wiązać się ze stanem zdrowotnym starych drzew, które są zazwyczaj puste w środku (Pigott 1989). Ponadto identyfikacja granic przyrostów rocznych w przypadku wąskich słoików jest utrudniona. Często obserwowane są również słoje wyklinowujące i zanikające na obwodzie pnia wąskie przyrosty (Pigott 1989) oraz tzw. słoje fałszywe (Moir i Leroy 2013).

Wyodrębniono czynniki meteorologiczne, które w istotny sposób wpływają na zmienność szerokości przyrostów rocznych badanych lip. Okazuje się, że przyrost lipy uwarunkowany jest w dużej mierze przez warunki pogodowe panujące poprzedniego lata oraz jesieni. Pozytywny wpływ na przyrost lipy ma ciepły i suchy lipiec. Korzystniejsze są opady gwałtowne i ulewne, z szybko mijającym zachmurzeniem niż pogoda z przewlekłymi opadami i trwającym zachmurzeniem (Kieliszewska-Rokicka 1991). Zwiększone i maksymalne zapotrzebowanie na wodę przypada na lipiec, który jest miesiącem najintensywniejszego wzrostu (Antipov 1971). Opady tego miesiąca przestają być znaczącym czynnikiem wpływającym na wzrost starszych drzew (Moir i Leroy 2013). Wyniki niniejszych badań wskazują, iż opady lipca oraz warunki termiczno-płuwialne sierpnia miały odmienny wpływ na przyrost lip w zależności od wilgotności zajmowanych przez nie siedlisk. Korzystny wpływ na wzrost lipy ma wysoka temperatura września roku poprzedzającego wzrost, które wydłużają okres wegetacji i pozwalają na dalsze magazynowanie substancji przed okresem zimowym. Wynika stąd, iż lipę pod względem typu wzrostu można zaliczyć do tzw. typu dębowego. Najistotniejsze dla drzew tego typu są warunki pogodowe od lipca do września roku poprzedzającego wzrost (Assmann 1968). Należy zaznaczyć, że typ wzrostu zależy od wielu czynników, głównie jednak od substancji zapasowych zgromadzonych w roku poprzednim.

Lipy reagują pozytywnie na niską temperaturę grudnia roku poprzedzającego formowanie słoja, co wskazywałoby na jej przynależność do gatunków, dla których ważny jest proces hartowania zimowego. Pozytywnie na potencjał wzrostowy lipy wpływa również niższa temperatura lutego roku bieżącego. Podobne spostrzeżenia dotyczące termiki miesięcy zimowych odnotowali Stravinskienė i Dičiūnaitė (1999). Lipa drobnolistna uważana jest za gatunek odporny na mrozy zimowe (Pigott 1991).

Istotnym dla wielkości przyrostu na grubość lipy jest ciepły kwiecień roku bieżącego. Wcześniej zainicjowany proces wzrostu skutkuje bowiem wykształceniem szerszego przyrostu

rocznego. Spostrzeżenia te nie potwierdzają badań prowadzonych przez Frazer (1962). Według autora lipa późno rozpoczyna vegetację i cechuje się krótkim okresem przyrostu na grubość. Prezentowane wyniki badań wskazują, że chłodny i wilgotny maj sprzyja przyrostowi wrażliwej na przymrozki lipy. Skutkuje to zmniejszeniem liczby owoców i formowaniem szerszych przyrostów rocznych. Podkreślić należy, iż opady mają okazują się być czynnikiem integrującym i różnicującym badane populacje w zależności od zajmowanego przez nie siedliska. Istotne są również warunki pluwialne panujące we wrześniu w roku wykształcania słoja. Obfite opady w tym miesiącu dodatkowo odzwierciedlają się w przyroście lipy i pozwalają kontynuować formowanie się drewna późnego.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania dendroklimatyczne lipy drobnolistnej z obszaru południowej Polski są pierwszą tak obszerną analizą dotyczącą tego gatunku w naszym kraju. Podobieństwo pomiędzy chronologiami lokalnymi umożliwiło zestawienie regionalnego standardu mogącego wnieść istotny wkład w konstrukcję dłuższego standardu dendrochronologicznego lipy drobnolistnej. Przeprowadzona analiza klimat–przyrost radialny pozwoliła na wskazanie elementów meteorologicznych wpływających znacząco na rytm przyrostowy wszystkich badanych populacji lip. Główną rolę odgrywają warunki termiczno-pluwialne poprzedniego lata i jesieni, kiedy drzewa magazynują substancje zapasowe. Istotny dla wzrostu lipy jest również proces hartowania zimowego, zaś w bieżącym sezonie vegetacyjnym dużą rolę odgrywają warunki pogodowe panujące wiosną. Okres wzrostu lipy przy sprzyjających warunkach może być długi i trwać od kwietnia do września.

Podziękowania

Praca powstała w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.140.173 oraz badań statutowych UR nr DS/3416.

Literatura

- Antipov N.I. 1971. O sootnošeni mieždu kutukuljarnoj i ustičnoj transpiracii u drevesnych i kustarnikovyh rastenij. *Fizjologia rastenij*, 18 (6): 1207–1212.
- Assmann E. 1968. *Nauka o produktywności lasu*. Warszawa, PWRiL.
- Biondi F., Waikul K. 2004. DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences*, 30: 303–311.
- Boratyńska K., Dolatowski J. 1991. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. W: *Lipy. Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop. Białobok S. (red.). *Nasze drzewa leśne*. Monografie popularnonaukowe t. 15. PAN, Poznań: 21–55.
- Briffa K.R. 1984. Tree climate relationships and dendroclimatological reconstruction in the British Isles. Diss., Univ. of East Anglia, Norwich, UK.
- Eckstein D., Bauch J. 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 88 (4): 230–250, DOI 10.1007/BF02741777.

- Frazer D. 1962. Tree growth in relation to soil moisture. W: Kozłowski T.T. (red.). Tree growth. The Roland Press Company, New York: 191–199.
- 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 6, University of Arizona, Tuscon: 41–49.
- Kieliszewska-Rokicka B. 1991. Fizjologia wzrostu i rozwoju. W: Lipy. *Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop. Białobok S. (red.). Nasze drzewa leśne. Monografie popularnonaukowe t. 15. PAN, Poznań: 85–105.
- Matuszkiewicz J.M. 2001. Zespoły leśne Polski. PWN.
- Moir A.K., Leroy S.A.G. 2013. Dendrochronological potential of lime (*Tilia* spp.) from trees at Hampton Court Palace, UK. *Arboricultural Journal: The International Journal of Urban Forestry*, DOI: 10.1080/03071375.2013.783173
- Pigott C.D. 1989. Estimation of the age of lime trees (*Tilia* spp.) in parklands from stem diameter and ring counts. *Arboricultural Journal*, 13: 289–302.
- Pigott C.D. 1991. Biological flora of the British Isles: *Tilia cordata* Miller. *Journal of Ecology*, 79: 1147–1207.
- Stravinskienė V., Dičiūnaitė B. 1999. Health condition and dendrochronological study of the lime trees in Kaunas City. *Baltic Forestry*, 2: 37–44.
- Środoń A. 1991. Lipa w minionych krajobrazach Polski. W: Lipy. *Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop. Białobok S. (red.). Nasze drzewa leśne. Monografie popularnonaukowe t.15. PAN, Poznań: 9–19.
- Wigley T.M.L., Briffa K.R., Jones P.D. 1984. On the Average Value of Correlated Time Series, with Applications in Dendroclimatology and Hydrometeorology. *J. Clim. App. Meteor.* 23: 201–213.

Joanna Barniak¹, Sławomir Wilczyński², Marek Krąpiec¹

¹Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geologii,
Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Geologii Ogólnej i Geoturystyki
barniak@geol.agh.edu.pl
mkrapiec@agh.edu.pl

²Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Leśny,
Zakład Ochrony Lasu, Entomologii i Klimatologii Leśnej
rlwilczy@cyf-kr.edu.pl