

Wpływ czynników klimatycznych na przyrost radialny dębu szypułkowego i czerwonego w LZD Rogów

Szymon Bijak, Agnieszka Bronisz, Karol Bronisz

Abstrakt. Celem pracy było poznanie i porównanie odpowiedzi rodzimego oraz obcego gatunku dęba rosnących w tych samych warunkach w środkowej Polsce na oddziaływanie czynników klimatycznych. Materiał badawczy zebrano na terenie Arboretum oraz LZD SGGW w Rogowie (51°49' N, 19°53' E) ze zdrowych i dominujących okazów dębu szypułkowego (*Quercus robur*) i dębu czerwonego (*Quercus rubra*). Dla każdego gatunku zebrano po 15 wywierćów, na podstawie których opracowano chronologie gatunkowe. Następnie porównano uzyskane sekwencje z warunkami klimatycznymi, które charakteryzowane były przez średnią miesięczną temperaturę powietrza i sumę opadów na stacji meteorologicznej LZD Rogów. Badane gatunki cechuje odmienny charakter relacji przyrost na grubość - warunki klimatyczne.

Słowa kluczowe: dendroklimatologia, dąb czerwony, dąb szypułkowy, Rogów

Abstract. The objective of the study was to investigate the response of native and alien oak species growing in central Poland to climate conditions. Research material was collected in Rogów Forest Research Station (51°49' N, 19°53' E) from 15 pedunculate oaks (*Quercus robur*) and 15 red oaks (*Quercus rubra*). Dendroclimatological analysis was performed by correlating tree-ring width indices with mean monthly temperature and precipitation. Analysed species showed different response to climate conditions.

Key words: dendroklimatology, *Quercus rubra*, *Quercus robur*, central Poland

Wstęp

Warunki środowiskowe Polski nie sprzyjają bogatemu rozwojowi dendroflory, co znajduje odzwierciedlenie w stosunkowo małym jej bogactwie gatunkowym. Próby wprowadzenia obcych gatunków do gospodarki leśnej Polski sięgają XIX wieku, a obecność egzotów w parkach czy założeniach krajobrazowych ma jeszcze dłuższą tradycję. Dążenie do wzbogacania składu gatunkowego naszych lasów o gatunki obce było jednym z elementów polskiej polityki leśnej w drugiej połowie XX wieku i uważane było wówczas za uzasadnione (Bellon et al. 1977). Obecnie odchodzi się od ich wprowadzania do lasów na szerszą skalę, szczególnie jeżeli zostaną uznane za gatunki inwazyjne (Kozakiewicz 2002). Jednak w szczególnych okolicznościach takie działania mogą być celowe. Zawsze należy jednak posiadać możliwie dokładną i szeroką wiedzę o uwarunkowaniach wzrostu i możliwościach adaptacyjnych wybranych gatunków.

Wiedza odnośnie wpływu środowiska naturalnego, w tym klimatu, na funkcjonowanie różnych gatunków drzew jest jednym z głównych wymagań prowadzenia właściwej gospodarki leśnej. Wiąże się to z podstawową rolą, jaką warunki klimatyczne odgrywają w formowaniu przyrostu rocznego drzew (Fritts 1976; Schweingruber 1996). Szczególne znaczenie odgrywa dynamika warunków meteorologicznych, charakteryzująca się znacznymi wahaniami zarówno z miesiąca na miesiąc, a także z roku na rok. Te zmienne warunki powodują zakłócenia we wzroście i rozwoju roślin, prowadząc często do ich poważnego uszkodzenia (Tumiłowicz 2000). Zagadnienie adaptacji

obcych gatunków drzew do miejscowych warunków środowiskowych stanowi cały czas aktualny problem badawczy zarówno w Polsce (Janyszek et al. 2008; Knight et al. 2008), jak i w Europie (Battipaglia et al. 2009). Dotychczasowe polskie badania nad obcymi gatunkami drzew koncentrowały się przede wszystkim na dynamice wzrostu i zasobności drzewostanów, czyli na korzyściach gospodarczych, użyteczności produkowanego drewna, odporności drzew gatunków obcych na zanieczyszczenie środowiska oraz na właściwościach hodowlanych (Białobok, Chylarecki 1965; Belon et al. 1977; Tumiłowicz 2000). Zagadnienia związane z aklimatyzacją i adaptacją obcych gatunków do nowych warunków siedliskowych oraz wpływem lokalnego środowiska na ich wzrost były najczęściej podejmowane w odniesieniu do pojedynczych gatunków. W przypadku gatunków introdukowanych do polskich lasów najobszerniej poznane zostały relacje klimat-wzrost dąglezji zielonej *Pseudotsuga menziesii* (Feliksik, Wilczyński 2004; Cedro 2004).

Dąb czerwony (*Quercus rubra*) jest najliczniej występującym w Polsce obcym gatunkiem liściastym zarówno pod względem zajmowanego obszaru, jak i miejsc introdukcji (Bellon et al. 1977; Danielewicz, Pawlaczyk 2006). Występuje w postaci drzewostanów litych oraz jako domieszka w drzewostanach mieszanych. Aktualnie dąb czerwony w Polsce obecny jest na całym niżu i w niższych położeniach górskich. Hereźniak (1992) uważa, że jest to jedyny obcy gatunek, który w pełni zaaklimatyzował się do warunków siedliskowych w ekosystemach leśnych naszego kraju.

Celem pracy jest poznanie przebiegu przyrostu radialnego dębu szypułkowego (*Quercus robur*) i dębu czerwonego (*Quercus rubra*) rosnących w tych samych warunkach w środkowej Polsce oraz porównanie ich odpowiedzi na oddziaływanie czynników klimatycznych.

Material i metody

Material badawczy zebrano na terenie Arboretum oraz LZD SGGW w Rogowie (51°49' N, 19°53' E). Z pierśnicy zdrowych i dominujących okazów dębu szypułkowego i dębu czerwonego pobrano świdrem Presslera po jednym wywiercie dordzeniowym. Dla każdego gatunku powiercono 15 drzew. Po przesuszeniu i wyszlifowaniu powierzchni w celu zwiększenia kontrastu między poszczególnymi słojami, zebrane wywierty zostały zeskanowane. Szerokości słojów rocznych zmierzono za pomocą programu Coorecorder (www.cybis.se). Na podstawie tych pomiarów opracowano osobnicze sekwencje szerokości słojów rocznych. Następnie w programie CDdendro (www.cybis.se) sprawdzono poprawność wykonanych datowania i oceniono podobieństwo chronologii z poszczególnych drzew. Sekwencje najmniej podobne do pozostałych wyłączono z dalszej analizy. W efekcie na podstawie 13 sekwencji osobniczych dębu szypułkowego i 14 dębu czerwonego opracowano chronologie gatunkowe. Stosując program CRONOL z pakietu DPL (Holmes 1999) uzyskano chronologię rzeczywistą, będącą średnią arytmetyczną serii przyrostów rocznych, chronologię standardową, zawierającą pozbawione trendu wiekowego indeksy przyrostów rocznych, oraz chronologię rezydualną, która powstała z chronologii standardowej po usunięciu autokorelacji z serii indeksów przyrostowych.

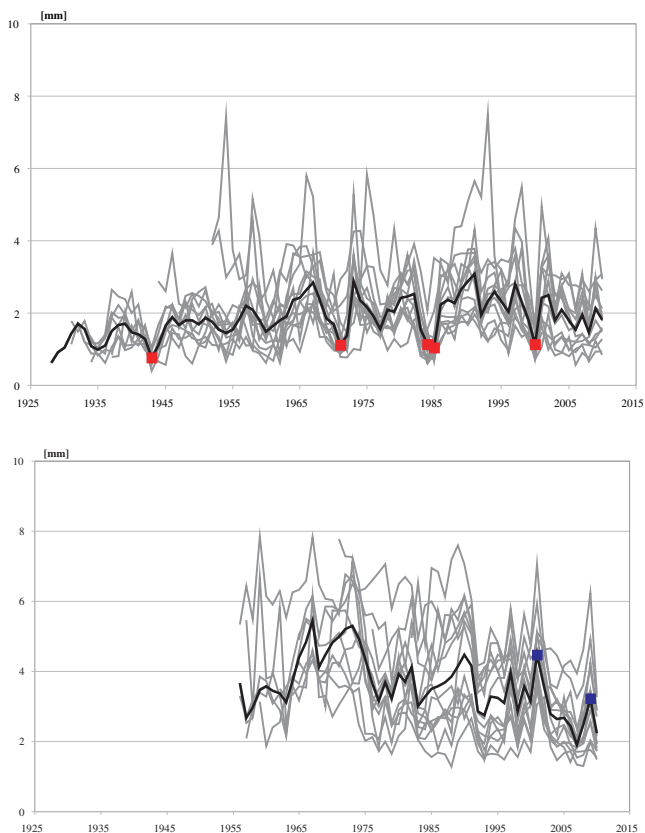
Wpływ warunków klimatycznych na przyrost badanych gatunków dębu na grubość określono na podstawie tzw. funkcji odpowiedzi (ang. *response function*; Fritts 1976), która w modelu regresji i korelacji wielorakiej wiąże szerokość słoja (zmienna zależna) z parametrami klimatycznymi (zmiennie wyjaśniające). Jako dane wejściowe wykorzystano chronologie rezydualne oraz średnie miesięczne wartości temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych od kwietnia roku poprzedzającego formowanie się słoja do września roku tworzenia przyrostu (18 miesięcy). Analizę przeprowadzono dla lat 1956-2010, czyli okresu wspólnego dla obu gatunków. Dane klimatyczne pochodziły z prowadzonej przez Katedrę Hodowli Lasu SGGW stacji meteorologicznej w Rogowie.

Dla analizowanych gatunków wyznaczono również lata wskaźnikowe, czyli takie, w których badane drzewa odłożyły szczególnie szeroki bądź wąski słoje przyrostu rocznego. Zastosowano metodę normalizacji w ruchomym oknie (ang. *normalisation in a moving window*; Cropper 1979),

a obliczenia wykonano w programie WEISER (Gonzalez 2001). Jeżeli przynajmniej 80% drzew z jednego gatunku wykazywało w danym roku ten sam trend przyrostowy (zarówno pozytywny, jak i negatywny), to taki rok określano jako rok wskaźnikowy. W celu wyjaśnienia przyczyn wystąpienia poszczególnych lat wskaźnikowych przeanalizowano warunki klimatyczne, które wówczas panowały.

Wyniki

Opracowane chronologie dębów z LZD Rogów obejmują okres 1928-2010 (dąb szypułkowy) i 1956-2010 (dąb czerwony) (ryc. 1). Zestawione chronologie należy uznać za reprezentatywne, gdyż wartości współczynnika wyrażonego sygnału populacji (ang. *expressed population signal*; EPS) były wysokie i wynosiły 0,907 (dąb szypułkowy) oraz 0,897 (dąb czerwony). Przebieg zmian przyrostu obu gatunków na grubość w czasie cechował się jednak niskim stopniem podobieństwa (GLK = 61%, $t = 2,6$).



Ryc. 1. Chronologie rzeczywiste dębu szypułkowego (lewo) i dębu czerwonego (pravo) oraz pozytywne (niebieski) i negatywne (czerwony) lata wskaźnikowe
Fig. 1. Tree-ring width chronologies of pedunculate (left) and red (right) oaks with positive (blue) and negative (red) pointer years

Średni roczny przyrost dębu szypułkowego w okresie, który obejmuje zestawiona chronologia, wynosił 2,05 mm. W przypadku poszczególnych sekwencji osobniczych wartość ta wahała się od 1,56 do 3,43 mm. Średnie odchylenie standardowe szerokości słoja przyrostu rocznego w chronologiach indywidualnych wyniosło 0,77 mm, zmieniając się w zakresie 0,45-1,35 mm. Przeciętna szerokość słoja dębu czerwonego była znacznie większa niż u gatunku rodzimego i wyniosła 3,75 mm. Większy był także zakres zmienności średniego przyrostu rocznego odkładanego przez poszczególne dęby czerwone (2,46-4,95 mm). Średnie odchylenie standardowe przyrostu rocznego w sekwencjach osobniczych wyniosło 1,22 mm, zmieniając się w zakresie 0,72-1,85 mm. Chronologie dębu szypułkowego cechowały się też większą średnią wrażliwością niż sekwencje dębu czerwonego (0,268 vs. 0,187).

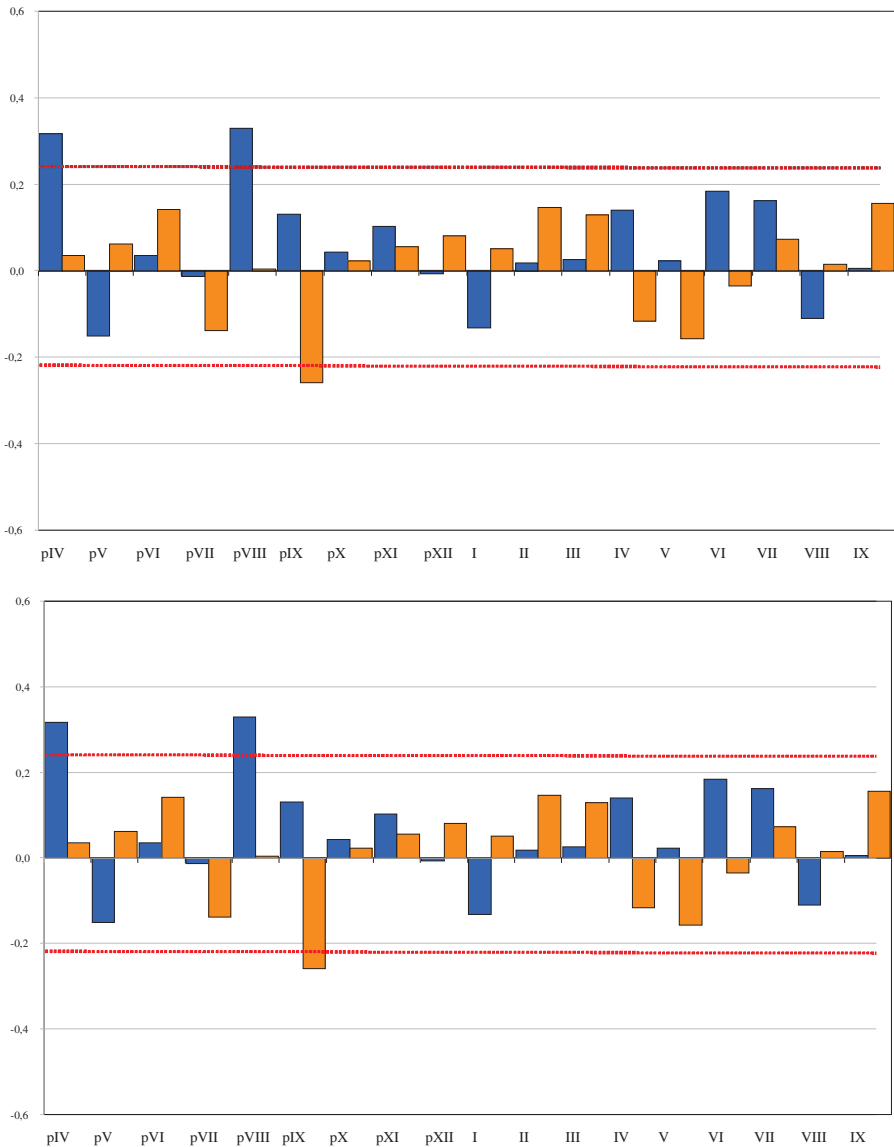
Analizowane gatunki dębu cechowały się zróżnicowaną odpowiedzią przyrostu radialnego na warunki klimatyczne (ryc. 2). W przypadku dębu czerwonego największy wpływ na proces formowania słoja przyrostu rocznego mają warunki termiczne końca lata i początku jesieni roku poprzedniego oraz czerwca roku, w którym tworzył się przyrost. Również rosnące w Rogowie dęby szypułkowe są wrażliwe na termikę zakończenia poprzedniego sezonu wegetacyjnego oraz łagodne zimy. Warunki pluwalne odgrywają istotną rolę w kształtowaniu przyrostu rocznego badanych drzew w zbliżonym stopniu do ciepłota powietrza (ryc. 2). Między analizowanymi gatunkami można zaobserwować znaczne podobieństwo pod względem charakteru/kierunku korelacji opadów z indeksami przyrostowymi. W przypadku dębu szypułkowego istotnie statystycznie wartości stwierdzono na początku i końcu poprzedniego okresu wegetacyjnego, a w przypadku dębu czerwonego - w styczniu, kwietniu i czerwcu roku odkładania słoja przyrostu rocznego.

Wyznaczono 7 lat wskaźnikowych — 2 pozytywne i 5 negatywnych (ryc. 1). Lata spełniające kryteria lat wskaźnikowych pozytywnych (2001, 2009) stwierdzono jedynie u dębu czerwonego, natomiast lata spełniające kryteria lat wskaźnikowych negatywnych (1941, 1971, 1984, 1985, 2000) — tylko u dębu szypułkowego. Wyjątkowo szerokie przyrosty dębu czerwonego spowodowane były wilgotnym i raczej chłodnym okresem wegetacyjnym. Przyczyny wytworzenia przez dęby szypułkowe niezwykle wąskich słoików są bardziej zróżnicowane. Szczególne znaczenie w tych przypadkach miała termika końca okresu wegetacyjnego. W większości przypadków temperatura w sierpniu i wrześniu była zdecydowanie niższa niż średnia wieloletnia, chociaż w roku 2000 sytuacja była odwrotna.

Dyskusja

Rozległy obszar naturalnego występowania dębów dowodzi przystosowania tego rodzaju do szerokiej skali warunków edaficznych. Sugerować to może introdukcję obcych gatunków dębu do miejscowych drzewostanów w celu zwiększenia ich różnorodności i produktywności. Zapewne takimi przesłankami kierowano się na początku XIX wieku, gdy rozpoczęto wprowadzanie dębu czerwonego do gospodarki leśnej. Mimo długiej obecności tego gatunku w lasach na terenach dzisiejszej Polski badania nad jego adaptacją do warunków środowiskowych nie były zbyt często prowadzone. Brak jest chociażby podstawowej oceny wpływu warunków klimatycznych na przyrost tego gatunku. Natomiast kwestia ta jest dość dobrze poznana w przypadku rodzimych gatunków dębu (Ufnalski 2001; Cedro 2004; Ważny 2006).

Różnica w średniej wartości przyrostu rocznego oraz w zakresie zmienności szerokości słoja odkładanego przez oba analizowane gatunki dębu wynika przede wszystkim ze znacznej dysproporcji wieku badanych drzew (ryc. 1). Nie można jednak wykluczyć, że dąb czerwony w warunkach lasów rogowskich po prostu lepiej przyrasta. Jak podają Bellon et al. (1977), porównanie pierśnicy równowiekowych (45-90 lat) drzewostanów dębu rodzimego i czerwonego wykazało 30% przewagę gatunku obcego.



Ryc. 2. Wartości współczynnika korelacji między średnią miesięczną temperaturą powietrza (pomarańczowy) oraz sumą opadów atmosferycznych (niebieski) a chronologią rezydualną dębu szypułkowego (góra) i dębu czerwonego (dół); poziome czerwone linie oznaczają próg istotności na poziomie 0,05; pIV, ..., pXII - miesiące roku poprzedzającego odłożenie słoja

Fig. 2. Coefficients of correlation between mean monthly temperature (orange) and precipitation (blue) and tree-ring width index for pedunculate (top) and red (bottom) oaks; horizontal red lines – significance level at $p=0.05$; pIV, ... pXII - months in year prior to tree-ring formation

Analiza sekwencji przyrostowych obu badanych gatunków wskazuje na niewielkie ich podobieństwo. Obraz ten nie ulega zmianie nawet po usunięciu wpływu wieku na szerokość formowanego słoja. Sugeruje to zupełnie odmienny sposób wykorzystywania zbliżonych warunków siedliskowych przez oba gatunki dębu, a także rozbieżnej reakcji na czynniki kształtujące wzrost, czego szczególnym przykładem są wyznaczone lata wskaźnikowe (ryc. 1). Obserwacje te stoją w sprzeczności ze stwierdzeniem Hereźniaka (1992), który uważa, że dąb czerwony to jedyny gatunek obcy w pełni zaaklimatyzowany do warunków w ekosystemach leśnych naszego kraju. Co ciekawe, charakter relacji przyrostu obu gatunków i warunków klimatycznych jest podobny (ryc. 2).

Zależności między warunkami klimatycznymi w Polsce a przyrostem dębu szypułkowego są dość dobrze poznane (np. Ufnalski 2001; Cedro 2004, 2007; Ważny 2006). Ogólną ich cechą jest niewielki i raczej negatywny wpływ warunków termicznych na kształtowanie się przyrostu rocznego rodzimych dębów, co tylko częściowo jest widoczne w prezentowanych badaniach. W przypadku analizowanych drzew wpływ temperatury powietrza na przyrost jest nieznaczny i na ogół ma jednak charakter pozytywny. Szczególnie wyróżnia się relacja w okresie zimowym. Jednakże pod koniec poprzedniego sezonu wegetacyjnego rogowskie dęby szypułkowe preferują chłodniejsze warunki. Według dotychczasowych badań dendroklimatologicznych zdecydowanie większe znaczenie w kształtowaniu przyrostu dębów szypułkowych ma dostawa wilgoci, szczególnie w czasie miesięcy letnich (Bednarz 1994; Ufnalski 2001; Cedro 2004, Ważny 2006). Dęby szypułkowe rosnące w Rogowie nie wykazują istotnej zależności od opadów w tym okresie. Może to być związane z wystarczająco wilgotnym i żyznym siedliskiem, na którym rosną. Co więcej, wyznaczone dla tego gatunku negatywne lata wskaźnikowe należy wiązać raczej z warunkami termicznymi drugiej połowy okresu wegetacyjnego niż z opadami. Obserwacje te stoją w opozycji do dotychczasowych doniesień w tym zakresie zarówno z Polski (Bednarz 1994; Ufnalski 2001; Cedro 2004, 2007), jak i zagranicą (Weber i in. 2005; Eilmann et al. 2006).

W przypadku dębu czerwonego wpływ temperatury powietrza na przyrost jest istotny pod koniec okresu wegetacyjnego i na początku jesieni w roku poprzedzającym odłożenie słoja oraz w czerwcu roku tworzenia przyrostu. W badaniach związku przyrostu dębu czerwonego z klimatem prowadzonych w Ameryce Północnej, w naturalnym zasięgu tego gatunku, najczęściej wskazuje się na negatywną zależność szerokości słoja przyrostu rocznego od warunków termicznych. Takie wyniki uzyskano dla dębów z południowej Kanady (Tardiff et al. 2006) i z górskich rejonów wschodniej części Stanów Zjednoczonych (Pan et al. 1997; Fekedulegn et al. 2003; Speer et al. 2009; Haavik et al. 2011). Za najistotniejszy czynnik kształtujący przyrost dębu czerwonego uznaje się jednak powszechnie warunki wilgotnościowe, szczególnie w początkowej fazie sezonu wegetacyjnego. Pozytywna istotna korelacja opadów w czerwcu i szerokości słoja przyrostu rocznego była obserwowana w całym zasięgu występowania dębu czerwonego w Ameryce Północnej (Pan et al. 1997; Tardiff et al. 2006; Speer et al. 2009; Haavik et al. 2011). Na znaczenie bilansu wodnego w tym okresie uwagę zwracają także Tarrel i Le Blanc (2002 za Tardiff et al. 2006). Także i w przypadku dębów rosnących w Rogowie stwierdza się pozytywną korelację między indeksami przyrostowymi a opadami w kwietniu i czerwcu. Jednakże obserwowana jest niewielka ogólna zależność przyrostu badanych dębów czerwonych od warunków wilgotnościowych, która może, podobnie jak w przypadku dębu szypułkowego, wynikać z wpływu siedliska. Jak zauważają Fekedulegn et al. (2003) dąb czerwony rosnący na siedliskach wilgotnych nie zapisuje oddziaływania warunków klimatycznych w sposób wystarczająco wyraźny.

Podsumowanie

Rosnące w LZD Rogów dąb szypułkowy i dąb czerwony cechują się odmiennym przebiegiem zmian przyrostu na grubość w czasie oraz wykazują różny charakter zależności między warunkami klimatycznymi a wzrostem. W obu przypadkach istotny wpływ na kształtowanie się słoja przyrostu

rocznego mają warunki termiczne pod koniec okresu wegetacyjnego poprzedzającego wykształcenie słoja przyrostu rocznego. Warunki wilgotnościowe większą rolę odgrywają w przypadku dębu czerwonego, szczególnie w kwietniu i czerwcu podczas gdy drzewa zaczynają oraz intensyfikują aktywność kambialną.

Podziękowania

Praca zrealizowana w ramach grantu MNiSW nr N N309 170639 pt. „Wpływ warunków klimatycznych na przyrost oraz aktywność kambialną rodzimych i obcych gatunków drzew w LZD Rogów”.

Literatura

- Battipaglia G., Saurer M., Cherubini P., Siegwolf R., Cotrufo M. 2009. *Tree rings indicate different drought resistance of a native (Abies alba Mill.) and a nonnative (Picea abies (L.) Karst.) species co-occurring at a dry site in Southern Italy*. Forest Ecology and Management 257: 820-828.
- Bednarz Z. 1994. *Niedobory wody przyczyną depresji przyrostowych u dębu (Quercus robur L.) w Puszczy Niepołomickiej*. Sylwan 138 (10): 29-39.
- Bellon S., Tumiłowicz J., Król S. 1977. *Obce gatunki drzew w gospodarstwie leśnym*. PWRiL, Warszawa.
- Białobok S., Chylarecki L. 1965. *Badania nad uprawą drzew obcego pochodzenia w Polsce w warunkach siedliska leśnego*. Arbor. Kórnickie 10.
- Cedro A. 2004. *Zmiany klimatyczne na Pomorzu Zachodnim w świetle analizy sekwencji przyrostów rocznych sosny zwyczajnej, daglezi zielonej i rodzimych gatunków dębów*. Oficyna IN PLUS.
- Cedro A. 2007. *Tree-ring chronologies of downy oak (Quercus pubescens) pedunculate oak (Q. robur) and sessile oak (Q. petraea) in the Bielinek Nature Reserve: comparison of the climatic determinants of tree-ring width*. Geochronometria 26: 29-45.
- Cropper J. P. 1979. *Tree-ring skeleton plotting by computer*. Tree-ring Bulletin 39: 47-59.
- Danielewicz W., Pawlaczyk P. 2006. *Rola dębów w strukturze i funkcjonowaniu fitocenoz*. W: Bugała W. (red.). *Dęby. Nasze drzewa leśne* 11. Instytut Dendrologii PAN, Poznań-Kórnik. 475-590.
- Eilmann B., Weber P., Rigling A., Eckstein D. 2006. *Growth reaction to drought years of Pinus sylvestris L. and Quercus pubescens Willd. on a dry site in the Valais, Switzerland*. Dendrochronologia 23: 121-132.
- Fekedulegn D., Hicks R. R. jr., Colbert J. J. 2003. *Influence of topographic aspect, precipitation and drought on radial growth of four major tree species in an Appalachian watershed*. Forest Ecology and Management 177: 409-425.
- Feliksik E., Wilczyński S. 2004. *Klimatyczne uwarunkowania przyrostu radialnego daglezi zielonej (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco) rosnącej na obszarze Polski*. Sylwan 148 (12): 31-38.
- Fritts H. C. 1976. *Tree rings and climate*. Academic Press, London-New York- San Francisco.
- Gonzalez I. G. 2001. *Weiser: a computer program to identify event and pointer years in dendrochronological series*. Dendrochronologia 19 (2): 239-244.
- Haavik L. J., Stahle D. W., Stephen F. M. 2011. *Temporal aspects of Quercus rubra decline and relationship to climate in the Ozark and Ouachita Mountains, Arkansas*. Can. J. For. Res. 41: 773-781.
- Hereźniak J. 1992. *Amerykańskie drzewa i krzewy na ziemiach polskich*. W: *Rośliny pochodzenia amerykańskiego zadomowione w Polsce*. W: Ławrynowicz M., Warcholińska A.Ū. (red.). ŁTN, Szlakami Nauki 19: 97-150.
- Holmes R. L. 1999. *Dendrochronology Program Library (DPL)*. LTRR University of Arizona, Tucson.
- Janyszek M., Jagodzinski A.M., Janyszek S., Wronska-Pilarek D. 2008. *Morphological variability of Carex spicata Huds. utricles among plant communities*. Flora 203 (5): 386-395.
- Knight K. S., Oleksyn J., Jagodzinski A. M., Reich P. B., Kasprzewicz M. 2008. *Overstory tree species regulate colonization by native and exotic plants: a source of positive relationships between understory diversity and invasibility*. Diversity and Distributions 14 (4): 666-675.
- Kozakiewicz P. 2002. *Obce drzewa w naszym lesie*. Przyroda Polska 5.
- Pan C., Tajchman S. J., Kochenderfer J. N. 1997. *Dendroclimatological analysis of major forest*

- species of the central Appalachians*. Forest Ecology and Management 98: 77-88.
- Schweingruber F. H. 1996. *Tree Rings and Environment — Dendroecology*. WSL FNP.
- Speer J. H., Grissino-Mayer H. D., Orvis K. H., Greenberg C. H. 2009. *Climate response of five oak species in the eastern deciduous forest of the southern Appalachian Mountains, USA*. Can. J. For. Res. 39 (3): 507-518.
- Tardif J., Conciatori F., Nantel P., Gagnon, D. 2006. *Radial growth and climate responses of white oak (Quercus alba) and northern red oak (Quercus rubra) at the northern distribution limit of white oak in Quebec, Canada*. Journal of Biogeography 33 (9): 1657-1669.
- Tumiłowicz J. 2000. *Strefy klimatyczne dla uprawy drzew i krzewów w Polsce*. Szkółkarstwo 4.
- Ufnalski K. 2001. *Porównanie dynamiki przyrostu dębu szypułkowego i bezszypułkowego ze szczególnym uwzględnieniem okresów zamierania*. Praca doktorska. ID PAN, Kórnik.
- Ważny T. 2006. *Dendrochronologia dębu*. W: Bugała W. (red.). *Dęby. Nasze drzewa leśne* 11. Instytut Dendrologii PAN, Poznań-Kórnik. 39-61.
- Weber P., Rigling A., Bugmann H. 2005. *Differences in drought response of Pinus sylvestris L. and Quercus pubescens Willd. in the Swiss Rhone valley*. W: Jansma E., Brauning A., Gartner H., Schleser G. (red.). TRACE 2: 48-52.

Szymon Bijak*, Agnieszka Bronisz, Karol Bronisz

*szymon.bijak@wl.sggw.pl

Samodzielny Zakład Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu, Wydział Leśny SGGW
w Warszawie