

Zależność przyrostów promieniowych dębu szypułkowego oraz jesionu wyniosłego od opadów atmosferycznych na stanowisku położonym na terasie zalewowej doliny rzecznej Warty

Bernard Okoński, Marcin Koprowski

Abstrakt. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących zależności między opadami atmosferycznymi a przyrostami promieniowymi dębu szypułkowego oraz jesionu wyniosłego ze stanowiska położonego na terasie zalewowej środkowego odcinka doliny Warty w kompleksie leśnym „Lasy Czeszewskie” w przeszło 130-letnim drzewostanie. Ustalono, że w przypadku opadów zależności pozytywne wystąpiły dla maja i czerwca roku bieżącego dla obu gatunków oraz września (jesion) i sierpnia (dąb) roku poprzedniego. W przypadku tzw. okresu ciepłego (kwiecień–październik) dla jesionu zależności dodatnie wystąpiły w roku bieżącym i pierwszym roku poprzednim, zaś w przypadku dębu wyłącznie w roku bieżącym. Z kolei przypadku okresu ciepłego dla wieloletnich średnich opadów liczonych w przedziałach o górnej granicy położonej w roku bieżącego przyrostu oraz zmiennej dolnej granicy ustalono, że dla dębu zależności wystąpiły wyłącznie dla średnich 2- i 3-letnich, zaś dla jesionu dla średnich 2- do 13-letnich. Zależności między opadami oraz przyrostami promieniowymi w przypadku jesionu były silniejsze niż w przypadku dębu. Ponadto jesion może być bardziej wrażliwy w reakcji przyrostowej na przebieg warunków opadowych panujących nawet w stosunkowo odległej przeszłości, zaś reakcja przyrostowa silniej zaznacza się, jako wypadkowa oddziaływania wieloletniego okresu opadów.

Słowa kluczowe: dąb szypułkowy, jesion wniosły, przyrost promieniowy, opady, dolina rzeczna

Abstract. The paper presents the results of research on relationships between precipitation and radial growth of pedunculate oak and common ash from a site located on a flood terrace of a flood plain in Lasy Czeszewskie Forest, middle stage of the river Warta course. The forest stand older than 130-year was examined. Positive relationships were identified between radial growth and precipitation in May and June in current year (both species); September (ash) and August (oak) in previous year. Positive relationships between precipitation in so called warm period (April-October) of the current, the 1st previous year and radial growth of ash were also identified; as far as oak is concerned positive relationships for precipitation of warm period were indicated only for the current year. The relationships between mean backward 2- to 13-year precipitation and radial growth of ash were identified and for oak relationship between mean backward 2-, 3-year precipitation and radial growth were identified. The relationships between precipitation and radial growth for ash were stronger than for oak. Ash seems to respond in the current radial increment to precipitation of more distant past than oak and the radial growth reaction appear to be the effect of interaction of multi-year precipitation.

Key words: pedunculate oak, common ash, radial increment, precipitation, river valley

Wstęp

Doliny wielkich rzek są wyjątkowym środowiskiem wzrostu drzew. Specyfika warunków wodnych stanowiąca o trwałości ekosystemów leśnych dolin rzecznych, jest kształtowana przez układ zmiennych w czasie przebiegów warunków hydrologicznych związanych z oddziaływaniem wód rzecznych i elementów klimatu. Powszechnie wiadomo, że dostępność wody jest jednym z głównych czynników sprawczych modulujących przyrosty drzew i drzewostanów, a także kształtujących procesy siedliskowe i przemiany szaty roślinnej (m.in. Czarnowski 1989; Puchalski, Prusinkiewicz 1990; Chang 2003; Andressian 2004). Jednak interakcje między wzrostem drzew oraz przebiegiem elementów klimatu i zjawisk hydrologicznych w rzece nie zostały dotychczas dostatecznie rozpoznane w przypadku lasów dolinnych Polski i Europy. Stąd podjęto temat badawczy wykorzystujący m.in. metodę dendrochronologiczną, którego celem stanowi objaśnienie procesów kształtujących przyrosty drzew w ekosystemach leśnych dolin rzecznych. Niniejsza praca prezentuje wstępne wyniki badań dotyczące zależności dendroklimatologicznych dla opadów atmosferycznych.

Celem pracy jest przedstawienie różnic i podobieństw dla zależności między opadami oraz przyrostami promieniowymi dębu szypułkowego oraz jesionu wyniosłego wzrastających na tym samym stanowisku na terasie zalewowej doliny Warty.

Material i metody

Stanowisko badawcze zlokalizowane zostało w dolinie środkowej Warty na obszarze Kotliny Śremskiej w Nadleśnictwie Jarocin w kompleksie leśnym zwyczajowo zwanym „Lasy Czeszewskie”. Obszar ten porastają starodrzewie z dominującym udziałem dębu i jesionu. Zbiorowiska reprezentują łągi dębowo-wiązowo-jesionowe, grądy oraz zbiorowiska o charakterze pośrednim między łągami i grądami (Kamiński et al. 2011). Wybrano drzewostan położony na terasie zalewowej w strefie doliny o epizodycznym występowaniu zalewów wodami rzeczными (ryc. 1). Typ siedliskowy lasu to las łągowy na madach brunatnych. Zbiorowisko roślinne w miejscu poboru próbek miało charakter pośredni między łągiem dębowo-wiązowo-jesionowym oraz grądem. W drzewostanie według ewidencji leśnej w wieku 132 lat dominował dąb szypułkowy (udział 70%), jesion wyniosły (udział 30 %) oraz pojedynczo występował grab. Zwarcie drzewostanu było umiarkowane miejscami przerywane. Ponadto w drzewostanie miejscami występował wiąz, klon, lipa, grab w wieku 82 lata, zaś, jako podrost głównie grab, lipa w wieku 52 lata oraz dąb, jesion w wieku 12-15 lat; warstwy podrostu łącznie pokrywały ok. 20% powierzchni. W warstwie podsztytu był obecny grab i jesion na ok. 20% powierzchni (Plan... 2008).

Próbki przyrostowe pobrano z 12 osobników dębu i jesionu — wybranych losowo, drzew panujących bez objawów chorobowych. Wykonano łącznie po 24 wywierty. Zazwyczaj do analiz dendroklimatycznych z jednego stanowiska pobiera się, co najmniej 10-30 drzew. Liczba drzew 12 szt. na stanowisku wpisuje się w podany wyżej zakres niemniej stanowi relatywnie niewielką liczbę opróbkowanych drzew. Analizy dendrochronologiczne wykonano w Pracowni Dendrochronologicznej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Chronologię rzeczywistą złożono z uśrednionych wartości szerokości przyrostów rocznych. Chronologię rezydualną otrzymano po zastosowaniu pakietu *dp1R* ze środowiska R (Bunn 2008). Analizy dendroklimatologiczne prowadzono z wykorzystaniem programu *DendroClim2002* (Biondi, Waikul 2004). Wykorzystano wyłącznie opady zgodnie z zamysłem by porównać różnicę w reakcji przyrostowej obu gatunków drzew wzrastających na tym samym stanowisku na tle czynnika klimatycznego kształtującego przychody wody dla ekosystemów leśnych. Przyrosty promieniowe drzew są współkształtowane przez wiele czynników m.in. temperaturę powietrza. Jednak dla potrzeb wynikających z celu pracy zrezygnowano z analizy zależności temperatura-przyrosty. Zmienne objaśniające stanowiły sumy opadów atmosferycznych dla poszczególnych miesięcy roku bieżącego (I-IX) i poprzedniego (IV-XII), sumy opadów okresu ciepłego IV-X, a także średnie wieloletnie opady okresu ciepłego.



Ryc. 1. Położenie obszaru badań oraz stanowiska badawczego (czerwony punkt)
Fig. 1. Location of research area and research site (red dot)

Za wyborem opadów okresu ciepłego jako zmiennej objaśniającej przemawia fakt, że głównie dla miesięcy okresu ciepłego zidentyfikowano zależności dotyczące przyrostów na rozpatrywanym stanowisku. Okres ciepły może być wykorzystywany do oceny warunków klimatycznych panujących w okresie wegetacyjnym, decydującym o wzroście drzew (Czarnowski 1989; Koźmiński, Michalska 2001). Ma to uzasadnienie wówczas, gdy początek i koniec okresu ciepłego jest w przybliżeniu zbliżony z początkiem i końcem okresu wegetacyjnego. Taka sytuacja wystąpiła w przypadku lokalizacji stanowiska badawczego (Farat 2004). Analizowano związki między sumami opadów okresu ciepłego oraz przyrostami promieniowymi dla roku bieżącego i 11 lat poprzednich tj. dla 12 okresów. Wykorzystanie wielomiesięcznych okresów, jako zmiennych objaśniających jest ugruntowane w badaniach dendroklimatycznych (Biondi 1997). Analizowano również związki między kilkuletnimi opadami okresów ciepłych oraz przyrostami promieniowymi. Kilkuletnie opady obliczono na podstawie średnich o zmiennej dolnej granicy przedziału zaś górnej granicy ustalonej na rok bieżącego przyrostu uzyskując w ten sposób średnie od 2- do 13-letnich (łącznie 12 średnich). Zastosowanie wyżej opisanej nieskomplikowanej procedury przygotowania zmiennych, ze względu na cel pracy było wystarczające. Zdecydowano, że analiza związków między przebiegiem opadów oraz przyrostami promieniowymi dla obu gatunków drzew zostanie przedstawiona dla najdłuższego wspólnego okresu obejmującego chronologię rezydualne, tj. od 1880 do 2010 roku. Na wykresach przedstawiono wyłącznie istotne statystycznie wartości współczynników korelacji i funkcji odpowiedzi.

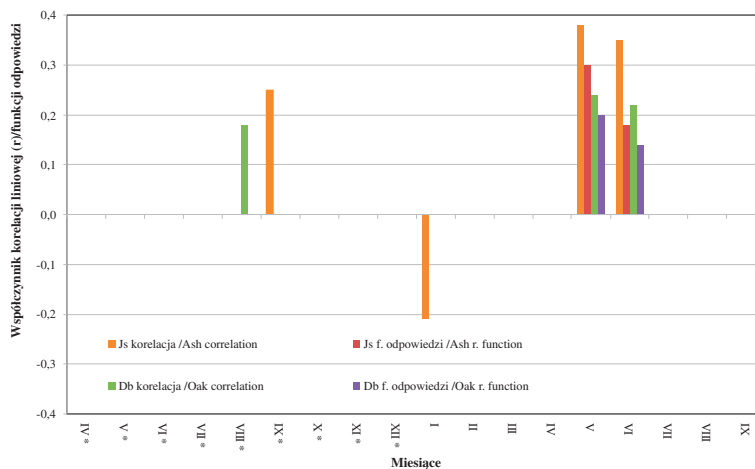
Dane termiczno-opadowe za okres 1951-2010 pochodziły ze stacji klimatologicznej IMGW Kórnik położonej 30 km od stanowiska badawczego. Wartości temperatury i opadów dla lat 1872-1950 obliczono na podstawie prostoliniowych związków regresyjnych. Do obliczeń tych wykorzystano pomiary miesięczne ze stacji klimatologicznej IMGW w Kórniku i stacji meteorologicznej IMGW w Poznaniu za okres od 1951 do 2010 roku. Niewielka zmienność typów pogody

oraz warunków meteorologicznych wynikająca ze stosunkowo małej odległości między obiema stacjami meteorologicznymi (27 km w linii prostej) została potwierdzona przez wysokie wartości współczynnika korelacji liniowej (r), który dla miesięcznych wartości temperatury wyniósł 0,9992, zaś dla miesięcznych sum opadów 0,8833. Na obszarze centralnej Wielkopolski, na której zlokalizowany jest obiekt badawczy oraz wymienione wyżej stacje stwierdzono niewielką zmienność temperatury i opadów. Stąd zastosowana procedura wydłużania szeregów termiczno-opadowych wydaje się zasadna. Wszystkie analizy statystyczne prowadzono dla poziomu istotności 0,05.

Wyniki

Chronologia rzeczywista złożona dla jesionu obejmuje lata od 1872 do 2010, średnia szerokość słoja to 1,58 mm, wartość EPS, tzw. „wyrażony sygnał populacji” (ang. expressed population signal) wynosi 0,915. Wartość ta, większa niż 0,85, wskazuje na jednorodny sygnał reprezentowany przez poszczególne próby (McCarroll, Loader 2004). W przypadku dębu długość chronologii obejmuje 133 lata (1878-2010), średnia szerokość wynosi 1,95 mm, a wartość EPS to 0,934.

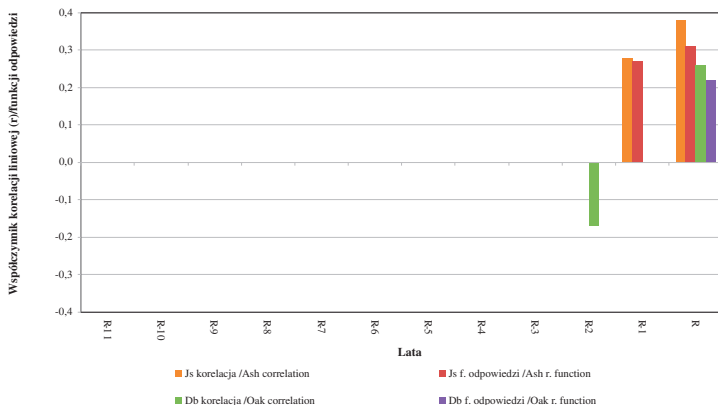
Wartości współczynników korelacji między opadami miesięcznymi i przyrostami promieniowymi w przypadku dębu wynosiły dla maja, czerwca roku bieżącego 0,22; 0,24, zaś dla sierpnia roku poprzedniego 0,18 (ryc. 2). Wartości współczynników funkcji odpowiedzi dla zależności między opadami miesięcznymi oraz przyrostami promieniowymi w przypadku dębu wynosiły dla maja, czerwca roku bieżącego odpowiednio 0,20 oraz 0,14. Z kolei wartości współczynników korelacji dla zależności między opadami miesięcznymi oraz przyrostami promieniowymi w przypadku jesionu wynosiły dla maja, czerwca roku bieżącego 0,38; 0,35, zaś dla września roku poprzedniego 0,25. Wystąpiła również zależność negatywna - współczynnik -0,21 dla stycznia roku bieżącego. Wartości współczynników funkcji odpowiedzi dla zależności między opadami miesięcznymi oraz przyrostami promieniowymi w przypadku jesionu wynosiły dla maja, czerwca roku bieżącego odpowiednio 0,30 oraz 0,18.



Ryc. 2. Współczynniki korelacji oraz funkcji odpowiedzi dla jesionu oraz dębu w przypadku zależności między sumami opadów miesięcznych oraz rocznymi przyrostami promieniowymi, wartości istotne statystycznie dla $p=0,05$

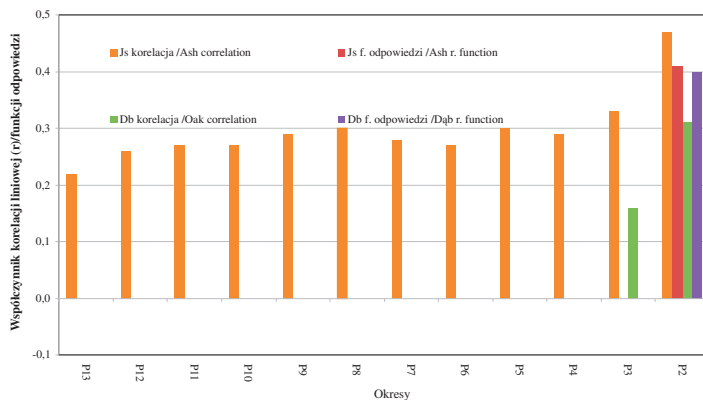
Fig. 2 Indexes of correlation and response function for the relationship between monthly precipitation and annual radial growth of ash and oak, significant values $p=0,05$

Wartości współczynników korelacji dla zależności między opadem w okresie ciepłym roku bieżącego oraz przyrostem promieniowym dębu wynosił 0,26 zaś dla 2-giego roku poprzedniego -0,17 (ryc. 3). Natomiast wartość współczynnika funkcji odpowiedzi dla zależności między opadem w okresie ciepłym roku bieżącego oraz przyrostem promieniowym dębu wynosił 0,22. Wartości współczynników korelacji dla zależności między opadem w okresie ciepłym roku bieżącego i 1-szego poprzedniego oraz przyrostem promieniowym jesionu wynosiły odpowiednio 0,38 i 0,28. Wartości współczynników funkcji odpowiedzi dla zależności między opadem w okresie ciepłym roku bieżącego i 1-szego poprzedniego oraz przyrostem promieniowym jesionu wynosiły 0,31 i 0,27.



Ryc. 3. Współczynniki korelacji liniowej i funkcji odpowiedzi dla jesionu i dębu w przypadku zależności między opadami w okresie ciepłym (IV-X) w roku bieżącym i 11 latach poprzednich oraz rocznymi przyrostami promieniowymi, wartości istotne statystycznie dla $p=0,05$

Fig. 3. Indexes of correlation and response function for the relationship between precipitation of warm period (IV-X) and annual radial growth of ash and oak for the current year and 11 previous years, significant values $p=0.05$



Ryc. 4. Współczynniki korelacji liniowej i funkcji odpowiedzi dla jesionu i dębu w przypadku zależności między opadami średnimi 2-,3-,4-,5-,6-,7-,8-, 9-, 10-, 11-,12- 13-letnimi oraz rocznymi przyrostami promieniowymi w okresie ciepłym (IV-X), wartości istotne statystycznie dla $p=0,05$

Fig. 4. Indexes of correlation and response function for the relationship between mean backward 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7-, 8-, 9-, 10-, 11-,12- 13-year average precipitation of warm period (IV-X) and annual radial growth of Ash and Oak, significant values $p=0.05$

Wartości współczynników korelacji dla zależności między średnim opadem 2- i 3-letnim okresu ciepłego oraz przyrostem promieniowym dębu wynosiły odpowiednio 0,31 i 0,18. Wartość współczynnika funkcji odpowiedzi dla zależności między średnim opadem 2-letnim oraz przyrostem promieniowym dębu wynosiła 0,40 (ryc. 4). Z kolei wartości współczynników korelacji dla zależności między średnim opadem 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7-, 8-, 9-, 10-, 11-, 12- 13-letnim oraz przyrostem promieniowym jesionu wynosiły 0,47; 0,33; 0,29; 0,30; 0,27; 0,28; 0,30; 0,29; 0,27; 0,27; 0,26; 0,22. Wartość współczynnika funkcji odpowiedzi dla zależności między średnim opadem 2-letnim okresu ciepłego oraz przyrostem promieniowym jesionu wynosiła 0,41.

Dyskusja

Analizowano wyłącznie wpływ czynnika opadowego na przyrosty promieniowe dębu i jesionu pomijając czynnik hydrologiczny. Oba gatunki drzew wzrastały razem, tworzyły równoległą najwyższą oraz najstarszą warstwę drzew o równomiernym rozmieszczeniu drzew na stanowisku występując w jednostkowej formie zmieszania według kryteriów urządzania lasu. Oddziaływanie wód rzecznych dotyczyło jednocześnie obu gatunków. Podobnie, inne czynniki środowiska również oddziaływały na badany drzewostan dębowo-jesionowy jednocześnie. Ze względu na inny zakres wymagań ekologicznych dębu i jesionu efekt oddziaływania różnych czynników na przyrost może być inny dla każdego z nich. Niemniej zastanawia fakt, że przyrosty promieniowe jesionu wykazywały silniejszą zależność pozytywną od przebiegu opadów niż przyrosty dębu, a ponadto zależności ta dla jesionu dotyczyła dłuższych okresów przeszłych. Manifestuje się to szczególnie wyraźnie w przypadku opadów okresów przeszłych rozpatrywanych łącznie na podstawie średnich o ziemnej dolnej granicy okresu. Ustalono, że przyrosty promieniowe jesionu zależą od łącznych opadów występujących w okresie ciepłym (kwiecień–październik) nawet przez 13-lat, zaś przyrosty dębu przez 3-lata. Większe wymagania wodne jesionu niż dębu oraz większą podatność na stres hydrologiczny mogą potwierdzać silniejsze oraz obejmujące dłuższe okresy związki między opadami i przyrostami w przypadku jesionu niż dębu.

W przypadku dębu dla zależności dotyczących opadów miesięcznych wyniki niniejszych badań nie odbiegają do rezultatów uzyskanych przez innych badaczy z różnych stanowisk położonych na obszarze Polski (Ważny 2006). W przypadku jesionu brak analogicznych danych porównawczych. Uważa się, że jesion wyniosły jest bardziej wymagającym gatunkiem odnośnie uwilgotnienia siedliska w porównaniu z dębem szypułkowym i jego prawidłowy wzrost silniej może zależeć od wpływów wód rzecznych (Puchalski, Prusinkiewicz 1990; Faliński, Pawełczyk 1995; Modrzyński et al. 2006; Danielewicz 2008). Jednak jesion słabiej toleruje, w odróżnieniu od dębu, stanowiska w dolinach z wodą stagnującą oraz epizody powodziowe pociągające za sobą długotrwałe stagnowanie wody w dolinie rzecznej (m.in. Faliński, Pawełczyk 1995; Ubysz 2001; Modrzyński et al. 2006; Jaeger 2008). Niemniej niektórzy badacze twierdzą, że jesion może być odporny na suszę (Marigo et al. 2000; Köcher 2009). W dolinach rzecznych dobry wzrost i witalność drzewostanów jesionowych uzależnione są od wody przemieszczającej się w profilu gruntowym, przede wszystkim poziomo (Faliński, Pawełczyk 1995; Ubysz 2001; Kerr, Cahalan 2004). Jesion w dużych dolinach rzecznych preferuje stanowiska położone nieco wyżej niżeli dąb w stosunku do rzeki (Jaeger 2008). Można postawić tezę, że w przypadku analizowanej w pracy lokalizacji opady nie tylko bezpośrednio dostarczają wodę dla drzewostanów i kompensują ewentualny brak oddziaływania wód zalewowych, lecz również, mogą stanowić czynnik promienisty uruchamiający preferowane przez jesion procesy przemieszczania się wody w gruncie, szczególnie w przypadku dłuższych i intensywnych epizodów opadowych przy znacznej saturacji gruntu. Przemawiają za tym lokalne uwarunkowania hydrologiczne i hydrogeologiczne tj. płytkie zaleganie zwierciadła wody gruntowej, interakcja wody gruntowej z wodami rzecznyymi oraz wodami sąsiadującej wysoczyzny (Kamiński et al. 2011). Stąd można przypuszczać, że wyniki planowanego modelowania hydrolo-

gicznego i hydrogeologicznego, w szczególności analiza przebiegu zjawisk hydrologicznych w rzece Warcie, dynamiki rozkładu obszarów zalewowych oraz zmienności zalegania wody gruntowej w obszarze doliny dadzą podstawę do pełniejszego objaśnienia wpływu warunków wodnych na przyrosty drzew dla rozpatrywanego stanowiska i innych stanowisk w obszarze doliny Warty objętej projektem badawczym. Wyjaśnienia wymaga również występowanie negatywnych związków między opadami oraz przyrostami promieniowymi dębu i jesionu w niektórych okresach. Weryfikacji wymaga również przypuszczenie, że jesion jest bardziej wrażliwy w reakcji przyrostowej na przebieg warunków opadowych panujących nawet w stosunkowo odległej przeszłości niż dąb, a ponadto reakcja przyrostowa silniej zaznacza się, jako wypadkowa oddziaływania wieloletniego okresu opadów. Jeśli przypuszczenie to zostanie potwierdzone, może stanowić kolejny przyczynek do objaśniania podnoszonego często w badaniach problemu obniżenia się vitalności drzewostanów jesionowych i zamierania jesionu (Dmyterko et al. 2005; Kowalski 2009; Tulik 2009). Relatywnie niewielka liczebność drzew pochodzących wyłącznie z jednego stanowiska, wykorzystanych w analizach mogła wpływać na rezultat opisanych wyżej badań. Stąd wyniki badań należy traktować jako wstępne. Można oczekiwać, że sposobność stawiania bardziej pewnych konkluzji będzie wynikać z kontynuacji badań i realizacji tematu badawczego.

Wnioski

- Pozytywne zależności między opadem miesięcznym oraz przyrostami promieniowymi wystąpiły w maju i czerwcu roku bieżącego dla obu gatunków drzew oraz sierpniu roku poprzedniego dla dębu i wrześniu roku poprzedniego dla jesionu.
- Pozytywne zależności między opadem okresu ciepłego (kwiecień-październik) oraz przyrostem promieniowym jesionu wystąpiły dla roku bieżącego i pierwszego roku poprzedniego. Pozytywne zależności między opadem okresu ciepłego oraz przyrostem promieniowym dębu wystąpiły wyłącznie dla roku bieżącego.
- Zidentyfikowano pozytywne zależności między średnim opadem 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7-, 8-, 9-, 10-, 11-, 12- 13-letnim okresu ciepłego oraz przyrostem promieniowym jesionu oraz między średnim opadem 2-, 3-letnim okresu ciepłego oraz przyrostem dębu.
- Siła związków między opadami oraz przyrostami promieniowymi we wszystkich analizowanych okresach w przypadku jesionu jest większa niżeli w przypadku dębu. Można postawić tezę, że jesion jest bardziej wrażliwy w reakcji przyrostowej na przebieg warunków opadowych panujących nawet w stosunkowo odległej przeszłości niż dąb, a ponadto reakcja przyrostowa silniej zaznacza się jako wypadkowa oddziaływania wieloletniego okresu opadów w przypadku jesionu.

Literatura

- Andressian V. 2004. *Waters and forests: from historical controversy to scientific debate*. Journal of Hydrology 291: 1-27.
- Biondi F. 1997. *Evolutionary and moving response function in dendroclimatology*. Dendrochronologia 15: 139-150.
- Biondi F., Waikul K. 2004. *DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies*. Computers & Geosciences 30: 303-311.
- Bunn A. G. 2008. *A dendrochronology program library in R (dplR)*. Dendrochronologia 26: 115-124.
- Chang M. 2003. *Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests*. CRC Press. Baton Rouge. New York. London. Washington DC.
- Czarnowski M. S. 1989. *Zarys ekologii roślin lądowych*. PWN. Warszawa.
- Danielewicz W. *Ekologiczne uwarunkowania zasięgów drzew i krzewów na aluwialnych obszarach doliny Odry*. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego. Poznań.

- Dmyterko E., Tomusiak R., Wojtan R., Bruchwald A. 2005. *Analiza porównawcza stopnia uszkodzenia jesionu wyniosłego (Fraxinus Excelsior L.) i olszy czarnej (Alnus glutinosa (L.) Gaertn.), rosnących w zmieszaniu lub bliskim sąsiedztwie*. Sylwan 149 (2): 3-11.
- Faliński J. B., Pawełczyk P. 1995. *Zarys ekologii*. W: Bugała W. (red.) 1995. *Jesion wyniosły*. T 17. Wyd. Sorus. Poznań-Kórnik. 217-307.
- Farat R. 2004. *Atlas klimatu województwa wielkopolskiego*. Wyd. IMGW. Poznań.
- Jaeger C. 2008. *Ecophysiological studies on the flood tolerance of common ash (Fraxinus excelsior L.) - impact of root-zone hypoxia on central parameters C metabolism*. Albert-Ludwigs-Universität. Freiburg im Breisgau. Ph.D. Thesis.
- Kamiński B., Miler A. T., Okoński B., Grajewski S., Schwartz K. 2011. *Floodplain Forest Technical and Monitoring Solutions for Protection of the Uroczysko Warta Floodplain Forest*. Pol. J. Environ. Stud. 20 (5): 1993-1201.
- Kerr G., Cahalan C. 2004. *A review of site factors affecting the early growth of ash (Fraxinus excelsior L.)*. Forest Ecology and Management 188: 225-234.
- Köcher P., Gebauer T., Horna V., Leuschner Ch. 2009. *Leaf water status and stem xylem flux in relation to soil drought in five temperate broadleaved tree species with contrasting water use strategies*. Annales of Forest Science 66: 101-111.
- Kowalski T. 2009. *Rozprzestrzenienie grzyba Chalara fraxinea w aspekcie procesu chorobowego jesionu w Polsce*. Sylwan 153 (10): 668-674.
- Koźmiński C., Michalska B. 2001. *Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce*. Wyd. AR. Szczecin.
- Marigo G., Peltier J. P., Girel J., Pautou G. 2000. *Success in the demographic expansion of Fraxinus excelsior L.* Trees 15: 1-13.
- McCarroll D., Loader N. J. 2004. *Stable isotopes in tree rings*. Quaternary Science Reviews 23: 771-801.
- Modrzyński J., Robakowski P., Zientarski J. 2006. *Zarys ekologii*. W: Bugała W. (red.) Dęby. T 11. Wyd. Nauk. Bogucki. Poznań-Kórnik. 411-473.
- Plan Urządzenia Lasu Nadleśnictwa Jarocin na okres od 1 stycznia 2009 r. do 31 grudnia 2018 r. 2008. BULiGL. Poznań. Maszynopis.
- Puchalski T., Prusinkiewicz Z. 1990. *Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa*. PWRiL. Warszawa.
- Tulik M. 2009. *Struktura drewna jesionu wyniosłego (Fraxinus excelsior L.) a proces zamierania drzewostanów jesionowych*. Sylwan 153 (10): 662-667.
- Ubysz B. 2001. *Ocena stanu żywotności jesionu wyniosłego (Fraxinus excelsior L.) w drzewostanach po powodzi w 1997 roku na terenie Nadleśnictwa Przytok*. Sylwan 145 (4): 57-65.
- Ważny T. 2006. *Dendrochronologia dębu* W: Bugała W. (red.) Dęby. T 11. Wyd. Nauk. Bogucki. Poznań-Kórnik. 39-61.

Bernard Okoński^{1*}, Marcin Koprowski²

*okonski@up.poznan.pl

¹Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

²Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu