

Zmienność sygnału klimatycznego w przyrostach radialnych na różnych wysokościach pnia jesionu wyniosłego (*Fraxinus excelsior* L.) rosnącego w dolinie Pilicy

Longina Chojnacka-Ożga, Tomasz Jerczyński, Wojciech Ożga, Jacek Zakrzewski

Abstrakt. Badania prezentowane w niniejszej pracy dotyczą zróżnicowania reakcji przyrostowej i sygnału klimatycznego na różnych wysokościach pnia jesionu wyniosłego. Z 11 drzew rosnących w dolinie Pilicy na terenie Nadleśnictwa Gidle pobrano próby w postaci krążków wg następującego schematu: w okolicy podstawy pnia (na wysokości około 10 cm), na wysokości pierśnicy (1,3 m), a następnie co 2 m, począwszy od wysokości 2 m do najwyższej położonych partii pnia. Dla każdej analizowanej wysokości pnia złożono chronologie średnie, obliczono podstawowe statystyki oraz metodą funkcji odpowiedzi określono relacje klimat-przyrost. Stwierdzono niewielkie zróżnicowanie reakcji przyrostowej wraz z wysokością pnia, jedynie w obrębie korony wzór przyrostowy był odmienny niż w pozostałej części pnia. Czynniki determinującymi przyrost radialny jesionu były opady atmosferyczne w okresie wiosennej aktywacji kambium (kwiecień) oraz warunki termiczno-pluwialne w czasie najintensywniejszych podziałów komórkowych (czerwiec). Relacje te były widoczne w przyrostach na każdej wysokości pnia poniżej korony. W obrębie korony reakcja przyrostowa na czynniki klimatyczne była odmienna.

Słowa kluczowe: wzór przyrostowy, *Fraxinus excelsior* L., dendroklimatologia, zmienność wzdłuż pnia

Abstract. Variability of radial growth reaction and climatic signal on different heights of stem of European ash (*Fraxinus excelsior* L.) growing in Pilica Valley. The research presented in this study concerns the variability of radial growth reaction and climatic signal at different heights of stem of European ash. Samples were collected from 11 trees growing in the Pilica Valley in the Gidle Forest District, they were taken in the form of discs from the base of the stem (at a height of about 10 cm), at breast height (1.3 m), at 2 m height and later at the distance of 2 m up to the top. Tree-ring chronologies, basic statistics and relations climate-growth were developed for each height. It was found slight variability of radial growth reaction on different heights along trunk, only in the tree crown it was different. The factors determining the radial growth of ash were precipitation during the activation of cambium at spring (April) and thermo-pluvial conditions during the most intensive cellular fissions (June). These relations were similar at each height of stem below the crown. Response to climatic factors within the crown was different.

Key words: increment pattern, *Fraxinus excelsior* L., dendroclimatology, variability along trunk

Wstęp

Jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.) jest gatunkiem występującym na terenie całej Polski, charakterystycznym dla żyznych, wielogatunkowych lasów liściastych i mieszanych (Boratyńska 1995). Rzadko tworzy lite drzewostany, najczęściej współtworzy grądy, żyzne buczyny i lasy łęgowe w dolinach dużych i małych rzek (Faliński i Pawlaczyk 1995). Rośnie na siedliskach mezotroficznych i eutroficznych, świeżych i wilgotnych, na glebach próchnicznych. Jest mrozoodporny, ale bardzo wrażliwy na przymrozki wiosenne, podczas których jego liście szybko przemarzają (Faliński i Pawlaczyk 1995). Jest również wrażliwy na niedobór wody w glebie i niską wilgotność powietrza (Karolewski 1995). Okres aktywności kambium u jesionu wyniosłego trwa około 4 miesiące, zwykle od przełomu kwietnia i maja do pierwszej dekady września (Hejnowicz 1995). Aktywacja podziałów komórkowych następuje po kilkunastu dniach ze średnią temperaturą powietrza 7-9°C, przed pękaniem pąków kwiatowych i liściowych (Kureczyńska 1995). Największą aktywność kambium osiąga w czerwcu i w lipcu, kiedy odkłada się 60-70% drewna. W sierpniu aktywność kambium gwałtownie maleje (Hejnowicz 1995).

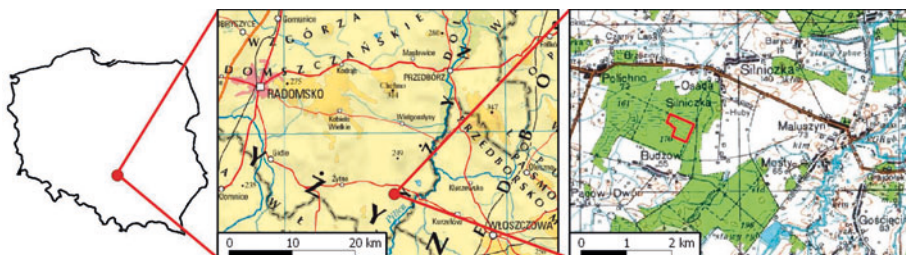
Badania dynamiki przyrostu radialnego jesionu dotyczyły m.in. czynników kształtujących jego wzrost (Kerr i Cahalan 2004, Juodvalkis i Kairiukstis 2005, Dobrowolska i in. 2011), żywotności, uszkodzeń i zamierania (Dmyterko i in. 2005, Borowski 2008, Tulik 2009, Kowalski i Bednarz 2012). Zależności klimat–przyrost radialny jesionu badano m. in. w Szwecji (Bochenek i Eriksen 2005), Słowenii (Cufar i Levanic 1999), Irlandii (García-Suárez i in. 2009) i na Litwie (Karpavicius i Vitas 2006). Na terenie Polski wpływ warunków klimatycznych określono dla jesionów rosnących w dolinie Warty (Okoński i Koprowski 2012, Okoński i in. 2014), w Polsce środkowej (Wojtan i Tomusiak 2014) oraz w Sudetach (Karbownik i in. 2012).

Nieliczne prace dotyczą natomiast zróżnicowania reakcji przyrostowej i sygnału klimatycznego na różnych wysokościach pnia. Dla rodzaju *Fraxinus* badania takie wykonano dla północnoamerykańskiego *Fraxinus americana* (Hiller 1968). Częściej podejmowano tematykę kształtowania się szerokości słoju wzdłuż pnia dla innych gatunków (Krause 1992, Schweingruber 1996). W Polsce zróżnicowanie wzoru przyrostowego w różnych częściach drzewa, w tym w gałęziach i korzeniach badano u sosny zwyczajnej (Błaszowski 2002).

W niniejszej pracy podjęto próbę określenia wzoru przyrostowego jesionu wyniosłego na różnych wysokościach pnia i zbadania sygnału klimatycznego na tych wysokościach.

Teren badań

Badania przeprowadzono w dolinie Pilicy w południowo-wschodniej części Nadleśnictwa Gidle w pododdziale 229a (Ryc. 1). Badane jesiony rosły w wielogatunkowym drzewostanie, w płacie reprezentującym zespół łągu jesionowo-olszowego (*Fraxino-Alnetum*), na siedlisku lasu wilgotnego w wariancie silnie wilgotnym. Drzewostan cechował się strukturą dwupiętrową. Pierwsze piętro tworzyły w kępowej formie zmieszania: sosna w wieku 92 lat (30%), brzoza w wieku 92 lat (20%), olsza czarna w wieku 82 (20%) i 67 lat (10%), jesion w wieku 67 lat (10%) i brzoza w wieku 67 lat (10%). Miejscami, oprócz 8 innych gatunków domieszkowych, występował także jesion w wieku 82 lat. Drugie piętro tworzył głównie grab (60%) oraz w grupowej formie zmieszania: lipa (20%), dęby szypułkowy i czerwony (po 10%) w wieku 42 lat (Grzesiczak 2008).

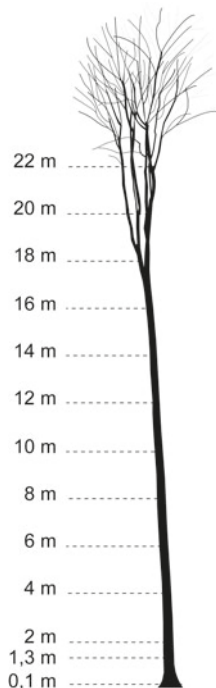


Ryc. 1. Lokalizacja terenu badań
Fig. 1. Study area

Material i metody

Do badań wytypowano 11 jesionów z pierwszego piętra drzewostanu, należących do I i II klasy Krafta. Wszystkie drzewa wykazywały symptomy zamierania w postaci silnej defoliacji. Z każdego drzewa po ścięciu pobrano 13 krążków: z podstawy pnia (około 0,1 m nad ziemią), z pierśnicy (1,3 m) oraz z kolejnych wysokości oddalonych od siebie o 2 m, począwszy od wysokości 2 m nad ziemią (Ryc. 2). Drzewa ścięto zimą 2013/14 r.

Z każdego krążka wzdłuż promienia wycięto po 2 próbki, które oszlifowano i zeskanowano w rozdzielczości 2400 DPI. Pomiar szerokości przyrostów rocznych wykonano w programie Coorecorder 7.8 (www.cybis.se), a następnie dla każdej wysokości pnia utworzono sekwencje pomiarowe (program CDendro 7.8 (www.cybis.se)). Ciągi pomiarowe pochodzące z prób z tej samej wysokości poddano weryfikacji: sprawdzono poprawność datowania oraz homogeniczność sekwencji (program COFECHA z pakietu DPL (Holmes 1999)). Dla wszystkich 13 wysokości pnia złożono chronologie: rzeczywistą, standardową oraz rezydualną (program ARSTAN z pakietu DPL (Holmes 1999)). Chronologie reprezentujące poszczególne wysokości poddano analizie wzajemnego podobieństwa, obliczono współczynnik zgodności GL, wartość t oraz współczynnik korelacji ($\alpha=0,05$). Wpływ warunków klimatycznych na przyrost radialny na każdej wyróżnionej wysokości pnia określono metodą funkcji odpowiedzi (program RESPO (Holmes 1999)). Do analiz wykorzystano chronologie rezydualne oraz średnie miesięczne wartości temperatury powietrza i miesięczne sumy opadów ze stacji meteorologicznej IMGW Siłniczka, oddalonej o około 1,5 km od terenu badań. Zakres zmiennych klimatycznych obejmował 16 miesięcy: od czerwca roku poprzedzającego formowanie się słoja do września roku bieżącego. Analizę przeprowadzono dla wspólnego dla wszystkich wysokości okresu 1972-2013. Dla każdej wysokości obliczono również współczynniki korelacji między wartościami chronologii rezydualnych a wskaźnikiem hydrotermicznym Sielianiowa.

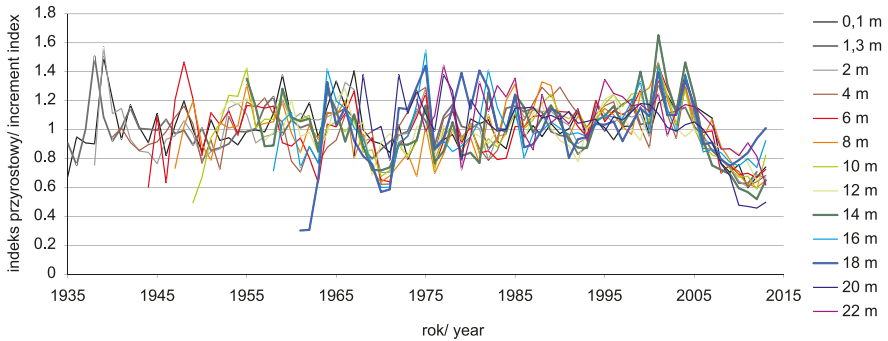


Ryc. 2. Schemat lokalizacji miejsc poboru krążków z pnia jesionu
Fig. 2. Positions from which wood discs were taken

Wyniki

Średnia szerokość słoików rocznych badanych jesionów zmniejszała wraz ze wzrostem wysokości pnia. U podstawy pnia wynosiła ona 1,98 mm, a na wysokości 22 m – 1,17 mm. Dyspersja tej cechy, mierzona współczynnikiem zmienności była podobna na każdej wysokości i przyjmowała wartość ok. 30%. Stabilna była również wartość autokorelacji, która niezależnie od wysokości wynosiła około 0,72. Zmieniała się natomiast wartość średniej wrażliwości, która wzrastała wraz z wysokością pnia. Najmniejszą wartość tej cechy (0,197) stwierdzono na wysokości pierśnicy, największą (0,234) na wysokości 16 m.

Wzór przyrostowy jesionu cechował się dużym podobieństwem na wszystkich wysokościach pnia (Ryc. 3) aż do podstawy korony (16 m). Począwszy od tej wysokości wzór przyrostowy był odmienny. Na każdej wysokości od 2005 roku wystąpiło gwałtowne zmniejszenie się szerokości słoików rocznych, będące skutkiem zamierania jesionu. W ostatnich 3 latach w wierzchołkowej części drzewa, w przeciwieństwie do reszty pnia, stwierdzono niewielkie zwiększenie szerokości przyrostów rocznych.



Ryc. 3. Chronologie rezydualne na różnych wysokościach pnia
Fig. 3. Residual chronologies on different heights on stem

Reakcja przyrostowa jesionu wyniosłego na warunki klimatyczne zależała od wysokości od podstawy pnia. W obrębie korony była ona odmienna i słabsza niż w pozostałej części pnia (Tab.1). Spośród czynników klimatycznych większy wpływ na kształtowanie się przyrostu radialnego jesionu miały warunki pluwialne w roku odkładania się słoja. Wzdłuż całego pnia zaznacza się pozytywny wpływ opadów atmosferycznych w kwietniu (Tab. 1). Jedynie na wysokości 22 m od podstawy pnia (w koronie drzewa) wpływ ten nie jest istotny. Pozytywnie na przyrosty radialne wpływały także duże sumy opadów w czerwcu, przy czym tej zależności również nie stwierdzono w obrębie korony drzewa. Negatywnie na przyrost wpływały natomiast wysokie opady w okresie od lipca roku poprzedzającego wytworzenie się słoja do stycznia roku bieżącego. Wyjątek stanowiły jedynie opady w grudniu, których zwiększona suma stymulowała przyrost. Nieco odmienny był wpływ opadów tego okresu na szerokość przyrostów w wierzchołkowej części pnia. W obrębie korony wysokie opady jesienią pozytywnie

wpływały na przyrost w roku następnym. Tylko w górnej połowie pnia zaznacza się negatywny wpływ wysokich sum opadów w marcu i w maju.

Tab. 1. Wpływ opadów atmosferycznych na przyrost radialny jesionu na różnych wysokościach pnia określony funkcją odpowiedzi. Kolorem czerwonym oznaczono dodatnią wartość współczynnika regresji; kolorem niebieskim wartość ujemną. Zaznaczono tylko wartości istotne statystycznie

Table 1. Influence of precipitation on tree ring width of ash on different heights on ash's stem. Red marker - positive response function coefficient, blue marker - negative response function coefficient. Only significant values were marked

wysokość/ height [m]	r	miesiąc/ month															
		VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
0,1	0,68		■	■		■	■	■		■	■	■		■			
1,3	0,80			■	■	■	■					■			■		■
2	0,72	■		■		■	■			■	■	■					
4	0,81						■		■	■	■	■			■	■	
6	0,61			■		■			■			■					■
8	0,68								■			■		■			
10	0,86		■	■					■	■	■	■		■		■	■
12	0,59		■					■	■			■		■			
14	0,74			■				■	■			■	■	■		■	
16	0,84			■				■				■	■	■		■	
18	0,85		■	■				■				■	■				
20	0,64			■		■						■	■			■	
22	0,51				■							■					■

Na większości analizowanych wysokości stwierdzono istotną statystycznie ujemną korelację między średnimi miesięcznymi wartościami temperatury miesięcy letnich a szerokością słoju (Tab. 2). Wysoka temperatura w czerwcu i lipcu zarówno w roku bieżącym, jak i w roku poprzedzającym wytworzenie się danego słoja wpływała niekorzystnie na przyrost radialny jesionu. Podobny negatywny wpływ miała wysoka temperatura w kwietniu. Pozytywny wpływ temperatury powietrza zaznaczał się na wszystkich wysokościach w miesiącach zimowych (głównie luty). Wpływ warunków termicznych pozostałych miesięcy był zróżnicowany zależnie od wysokości pnia (Tab. 2). W środkowej części pnia zaznaczył się pozytywny wpływ ciepłego końca jesieni i początku zimy, natomiast u podstawy pnia, jak i w koronie drzewa był on negatywny. Na niektórych wysokościach pnia zaznaczył się pozytywny wpływ temperatury powietrza pod koniec lata w roku poprzedzającym przyrost.

Współczynnik korelacji wskaźnika hydrotermicznego Sielianinowa dla okresu od kwietnia do sierpnia (okres tworzenia się większości drewna u jesionu) z szerokością przyrostu rocznego zmienił się wraz z wysokością pnia. Najwyższe wartości, istotne statystycznie (od 0,41 do 0,47) były charakterystyczne dla wysokości pierśnicy i malały wraz ze wzrostem wysokości od podstawy pnia.

Tab. 2. Wpływ temperatury powietrza na przyrost radialny jesionu na różnych wysokościach pnia określony funkcją odpowiedzi; kolorem czerwonym oznaczono dodatnią wartość współczynnika regresji; kolorem niebieskim wartość ujemną. Zaznaczono tylko wartości istotne statystycznie

Table 2. Influence of air temperature on tree ring width on different heights on ash's stem. Red marker - positive response function coefficient, blue marker - negative response function coefficient. Only significant values were marked

wysokość height [m]	r	miesiąc/ month																
		VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
0,1	0,68																	
1,3	0,80																	
2	0,72																	
4	0,81																	
6	0,61																	
8	0,68																	
10	0,86																	
12	0,59																	
14	0,74																	
16	0,84																	
18	0,85																	
20	0,64																	
22	0,51																	

Dyskusja

Analiza reakcji przyrostowej jesionu na różnych wysokościach pnia wykazała odmienność wzoru przyrostowego w obrębie korony w porównaniu ze znajdującym się poniżej pniem. W pniu poniżej korony zmienność reakcji przyrostowej była niewielka. Może to wynikać ze specyficznej dla gatunków pierścieniowonaczyniowych bardzo szybkiej wiosennej aktywacji kambium na całej wysokości drzewa. U jesionu wyniosłego aktywność kambium rozpoczyna się w wierzchołkowej części drzewa i już po kilku dniach zaznacza się u podstawy pnia. Wynika to z faktu, że auksyna, która jest niezbędna do pobudzenia podziałów komórkowych w kambium jest transportowana w sposób oscylacyjno-falowy, który jest kilkukrotnie szybszy niż przemieszczanie się poszczególnych cząsteczek. Ponadto kambium jesionu zawiera tryptofan, który w momencie wiosennej aktywacji jest przekształcany w auksynę, a samo kambium jesionu jest bardzo czułe na ten regulator wzrostu (Kurczyńska 1995). Powoduje to, że podziały komórkowe w kambium, różnicowanie się i dojrzewanie komórek ksylemu zachodzi w całym drzewie mniej więcej w tym samym czasie, a więc czynniki zewnętrzne oddziałują na całej wysokości drzewa na komórki znajdujące się w podobnym stanie fizjologicznym. Warunki

pogodowe poniżej podstawy korony również cechują się małą zmiennością, stąd niewielka zmienność sygnału klimatycznego w przyrostach tej części pnia. Stefa koron stanowi specyficzną dla lasu warstwę wymiany energii i materii, co powoduje odmiennosć warunków klimatycznych w koronach drzew. Korony stanowią najczęściej najcieplejszą strefę drzewostanu, cechującą się zarazem dużymi wahaniami temperatury. Zatrzymują one część opadów atmosferycznych, jak również wodę pochodzącą z osadów. Opady podkoronowe są mniejsze od opadów bezpośrednich od 20% do 30% w skali roku. Można w tym dopatrywać się przyczyny słabszej i mniej czytelnej reakcji przyrostowej jesionu w koronie niż w dolnej części pnia.

Podobne spostrzeżenia poczynił Błaszczkowski (2002) dla sosny. Stwierdził on, że wzór przyrostowy w obrębie korony różnił się od wzoru przyrostowego w pniu poniżej korony. Również sygnał klimatyczny w dolnej części pnia był odmienny niż w obrębie korony. Reakcja sosny na czynniki klimatyczne była jednak silniejsza w koronie niż w dolnej części pnia, gdzie kambium było fizjologicznie starsze.

Sygnał klimatyczny zaobserwowany w przyrostach radialnych jesionu na wysokości pierściny znajduje częściowe potwierdzenie w innych badaniach prowadzonych zarówno na terenie Polski, jak i w innych regionach Europy (Bochenek i Eriksen 2005, Karpavicius i Vitas 2006, García-Suárez i in. 2009, Okoński i Koprowski 2012, Okoński i in. 2014). Badania te wskazywały na istotne znaczenie opadów atmosferycznych, mniejsze znaczenie miały warunki termiczne. Podobne wyniki uzyskano w niniejszej pracy. Opady atmosferyczne cechują się dużą zmiennością przestrzenną i czasową, stąd można się spodziewać, że nawet na stanowiskach położonych stosunkowo niedaleko, różniących się reżimem wodnym, relacje klimat–przyrost mogą układać się odmiennie. Przyrosty promieniowe jesionu rosnącego w dolinie Warty zależą przede wszystkim od opadów występujących w okresie ciepłym (IV–X), ze szczególnym uwzględnieniem maja i czerwca bieżącego roku, zaznacza się także wpływ opadów we wrześniu roku poprzedniego (Okoński i Koprowski 2012). W przypadku jesionu w dolinie Pilicy istotny jest wpływ opadów w kwietniu i czerwcu, ale także opadów końca zimy (luty), co można tłumaczyć różnymi warunkami hydrologicznymi. Wpływ opadów kwietnia i czerwca na przyrost radialny jesionu w dolinie Pilicy zaznacza się na całej długości pnia i związany jest z aktywnością kambium. Wysokie opady w okresie bezpośrednio poprzedzającym aktywnosć kambium (kwiecień) jak i w okresie jego największej aktywności (czerwiec–lipiec) są czynnikiem determinującym szerokość powstającego słoja. W tym czasie pozytywnie oddziałują także niższe od przeciętnych średnie miesięczne wartości temperatury powietrza. W następnych miesiącach, gdy aktywnosć kambium spada, wpływ opadów na przyrosty w różnych częściach pnia jest niejednoznaczny. Opady występujące pod koniec zimy kształtują reżim wodny zbiorowisk leśnych z udziałem jesionu. Umożliwiają one nagromadzenie się wilgoci w glebie, okresowe podtapianie wodami roztopowymi i podsiąkanie wód gruntowych, co w połączeniu z opadami letnimi stwarza korzystne warunki dla wzrostu jesionu. Warunki pluwialne sierpnia kształtują przyrost radialny jesionu przede wszystkim w następnym roku. Mniejsze opady w tym okresie nie wpływają już negatywnie na aktywnosć kambium w danym roku, natomiast sprzyjają powstawaniu przyszłorocznych pąków i odkładaniu substancji zapasowych. Wpływ warunków termicznych na przyrost jesionu na grubosć jest mniej wyraźny. Gorące lato jest czynnikiem ograniczającym przyrost radialny jesionów w całej Europie, natomiast ciepła zima sprzyja lepszej kondycji drzew na wiosnę. Podobne zależności wystąpiły u jesionu w dolinie Pilicy.

Uzyskane wyniki, zwłaszcza w zakresie pionowej zmienności reakcji przyrostowej i sygnału klimatycznego w przyrostach jesionu należy traktować tylko wstępnie, jako przyczynek do dalszych badań w tym zakresie.

Wnioski

- Jesion rosnący w dolinie Pilicy cechuje się niewielkim zróżnicowaniem reakcji przyrostowej wraz z wysokością pnia, jedynie w obrębie korony wzór przyrostowy był odmienny niż w pozostałej części pnia.
- Czynniki determinującymi przyrost radialny jesionu były opady atmosferyczne w okresie wiosennej aktywności kambium (kwiecień) oraz warunki termiczno-pluwalne w czasie najintensywniejszych podziałów komórkowych (czerwiec). Relacje te były widoczne na każdej wysokości pnia poniżej korony. W obrębie korony reakcja na czynniki klimatyczne była słabsza i odmienna.

Literatura

- Błaszowski A. 2002. Dendrochronologiczne zróżnicowanie wzoru przyrostowego w obrębie sporofitu sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. UMK Toruń, rozprawa doktorska.
- Bochenek G., Eriksen B. 2010. Annual growth of male and female individuals of the Common Ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Plant Ecology & Diversity* 3: 47-57.
- Boratyńska K. 1995. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie W: Bugała W. (red.) 1995 Jesion wyniosły *Fraxinus excelsior* L. Nasze drzewa leśne t. 17. Instytut Dendrologii PAN, Poznań-Kórnik: 19-54
- Borowski J. 2008. Wzrost rodzimych gatunków drzew przy ulicach Warszawy. *Rozprawy Naukowe i Monografie*. Wyd. SGGW Warszawa.
- Cufar K., Levanić T. 1999. Tree-Ring Investigations in Oak and Ash from Different Sites in Slovenia. *Plant Physiology* 39: 113-116.
- Dmyterko E., Tomusiak R., Wojtan R., Bruchwald A. 2005. Analiza porównawcza uszkodzenia jesionu wyniosłego (*Fraxinus excelsior* L.) i olszy czarnej (*Alnus glutinosa* (L.) rosnących w zmieszaniu lub bliskim sąsiedztwie. *Sylvan* 149(2): 3-11.
- Dobrowolska D., Hein S., Oosterbann A., Wagner S. Clark., Skovsgaard J. 2011. A review of European ash (*Fraxinus excelsior* L.): implications for silviculture. *Forestry* 84 (2): 133-148.
- Faliński J. B., Pawlaczyk P. 1995: Zarys ekologii W: Bugała W. (red.) Jesion wyniosły *Fraxinus excelsior* L. Nasze drzewa leśne t. 17. Instytut Dendrologii PAN, Poznań-Kórnik: 217-305.
- García-Suárez A., Butler C., Baillieb M. 2009. Climate signal in tree-ring chronologies in a temperate climate: A multi-species approach. *Dendrochronologia* 27: 183-198.
- Grzesiczak S. 2008. Plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Gidle na okres od 1 stycznia 2008 r. do 31 grudnia 2017 r. BULiGL Oddział w Brzegu, Brzeg.
- Hejnowicz A. 1995. Anatomia i embriologia W: Bugała W. (red.) Jesion wyniosły *Fraxinus excelsior* L. Nasze drzewa leśne t. 17. Instytut Dendrologii PAN, Poznań-Kórnik: 55-65.
- Hiller C. 1968. Trends on fibril angle variation in white ash. U.S.D.A. Forest Service Research Paper. Forest Product Laboratory 99.
- Holmes R. 1999. RESPO, Laboratory of Tree Ring Research, Univ. of Arizona, USA.
- Juodvalkis A., Kairiukstis L. 2005. Effects of thinning on growth of six tree species in north-temperate forests of Lithuania. *Eur. J. For. Res.* 124 (3): 187-192.
- Karbownik O., Wojtan R., Tomusiak R. 2012. Porównanie reakcji przyrostowej jesionu wyniosłego (*Fraxinus Excelsior* L.) i świerka pospolitego (*Picea abies* L.) w Sudetach Zachodnich. *Studia i Materiały CEPL* 30: 98-105.
- Karolewski P. 1995. Odporność na czynniki abiotyczne W: Bugała W. (red.) Jesion wyniosły *Fraxinus excelsior* L. Nasze drzewa leśne t. 17. Instytut Dendrologii PAN, Poznań-Kórnik: 443-468.

- Karpavičius J., Vitas A. 2006. Influence of environmental and climatic factors on the radial growth of European ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Ekologija* 1: 1-9.
- Kerr G., Cahalan Ch. 2004. A review of site factors affecting the early growth of ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Forest Ecology & Management*. 188: 225-234.
- Kowalski F., Bednarz B. 2012. Chronologie słoów rocznych jesionów wyniosłych (*Fraxinus excelsior* L.) z objawami defoliacji spowodowanej przez grzyb *Chalara fraxinea* w nadleśnictwie Białowieża. *Episteme* 15: 337-344.
- Krause C. 1992. Ganzbaumanalyse von Eiche, Buche, Kiefer und Fichte mit dendroökologischen Methoden. Diss. Univ. Hamburg.
- Kurczyńska E. U. 1995. Regulacja procesów wzrostu i rozwoju W: Bugała W. (red.) *Jesion wyniosły Fraxinus excelsior* L. Nasze drzewa leśne t. 17. Instytut Dendrologii PAN, Poznań-Kórnik: 107-135.
- Okoński B., Koprowski M. 2012. Zależność przyrostów promieniowych dębu szypułkowego oraz jesionu wyniosłego od opadów atmosferycznych na stanowisku położonym na terasie zalewowej doliny rzecznej Warty. *Studia i Materiały CEPL* 30: 47-54.
- Okoński B., Koprowski M., Danielewicz W., Miler A. T., Kasztelan A. 2014: Wykorzystanie lat wskaźnikowych do oceny wpływu reżimu rzecznego na warunki wzrostu drzew w dolinie Warty. *Studia i Materiały CEPL* 40: 156-164.
- Schweingruber F.H. 1996. Tree rings and environment dendroecology. Swiss Federal Institute for Forest and Landscape Research. WSL/FNP Birmensdorf
- Tulik M. 2009. Struktura drewna jesiona wyniosłego (*Fraxinus excelsior* L) a proces zamierania drzewostanów jesionowych. *Sylwan* 153(10): 662-667.
- Wojtan R., Tomusiak R. 2014. Porównanie sekwencji przyrostowych jesionu wyniosłego i osły czarnej rosnących w bliskim sąsiedztwie. *Studia i Materiały CEPL* 40: 99-104.

¹Longina Chojnacka-Ożga, ¹Tomasz Jerczyński, ¹Wojciech Ożga, ²Jacek Zakrzewski

¹ SGGW w Warszawie, Katedra Hodowli Lasu

²SGGW w Warszawie, Samodzielny Zakład Botaniki Leśnej

longina_chojnacka_ozga@sggw.pl

tomek.jerczynski@wp.pl

wojciech_ozga@sggw.pl

j.zakrzewski@wl.sggw.pl