

Wpływ ekstremalnych wartości temperatury powietrza na rytmikę przyrostów radialnych buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) rosnącego na terenie LZD w Rogowie

Longina Chojnacka-Ożga, Wojciech Ożga

Abstrakt. Praca dotyczy wpływu temperatury minimalnej i maksymalnej na szerokość słoja rocznego buka rosnącego na wschodniej granicy zasięgu, na terenie LZD w Rogowie. Stwierdzono, że w latach, w których wartości średniej miesięcznej temperatury minimalnej wynosiły poniżej -15°C występowało znaczne zmniejszenie szerokości słoja rocznego w nadchodzącym okresie wegetacyjnym (od 20 do 50% w stosunku do roku poprzedniego). Redukcja przyrostu była związana z długością okresu nieprzerwanego trwania temperatury poniżej przyjętych progów: była istotna statystycznie gdy okres z $t_{\min} < -15^{\circ}\text{C}$ trwał dłużej niż 15 dni i równocześnie okres z $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ ponad 30 dni.

Słowa kluczowe: ekstremalne wartości temperatury powietrza, buk zwyczajny, przyrost radialny

Abstract. The paper deals with the impact of temperature extremes: the minimum and maximum width of the annual ring of beech growing on the eastern edge of their range, in the LZD in Rogow. It was found that in years in which the average monthly minimum temperatures were below -15°C , occurred a significant reduction in the width of the annual ring in the coming growing season (from 20 to 50% over the previous year). Reduction in radial growth was related with duration of permanent temperatures below adopted thresholds. It was statistically significant when $t_{\min} < -15^{\circ}\text{C}$, duration > 15 days, $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$, duration > 30 days.

Keywords: air temperature extremes, beech, radial growth

Wstęp

Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica*) zajmuje w Polsce około 5% powierzchni leśnej. Na terenie Polski osiąga on północno-wschodnią granicę zasięgu gromadnego występowania. Z szeroko zakrojonych badań dotyczących zasięgu buka w Polsce wynika, że wschodnią granicę występowania buka wyznacza między innymi izoterma stycznia -3°C , przebieg izochory $6,5^{\circ}\text{C}$ przez 235 dni lub izochory 5°C przez 245 dni (Dzwonko 1990). Według Jedlińskiego zasięg buka determinowany jest przez długość okresu temperatur dobowych poniżej 0°C (maksymalnie 3 miesiące) oraz brak dużych fluktuacji temperatury w ciągu doby (Dzwonko 1990). Istotny wpływ na przebieg granicy, zwłaszcza w środkowej Polsce ma także suma opadów (minimalna roczna suma opadów 500 mm). Buk rosnący na granicy zasięgu odzwierciedla warunki siedliskowe, a zwłaszcza warunki klimatyczne w odkładanych corocznie słojach drewna. Dotychczasowe badania dendroklimatyczne buka w Polsce (Feliksik et al. 2000; Wilczyński, Gołąb 2001; Chojnacka-Ożga 2002; Koprowski 2006; Opała 2009) wskazują, że jednym z czynników determinujących przyrost radialny tego gatunku są warunki termiczne miesięcy zimowych oraz początku okresu wegetacji. Biorąc pod uwagę zarówno czynniki determinujące zasięg buka jak i wyniki badań dendroklimatycznych tego gatunku, podjęto badania wpływu ekstremalnej temperatury powietrza na szerokość słoja rocznego buka rosnącego na wschodniej granicy zasięgu.

Celem badań było określenie wpływu minimalnych i maksymalnych wartości temperatury powietrza na rytmikę przyrostów radialnych buka rosnącego na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego (LZD) w Rogowie.

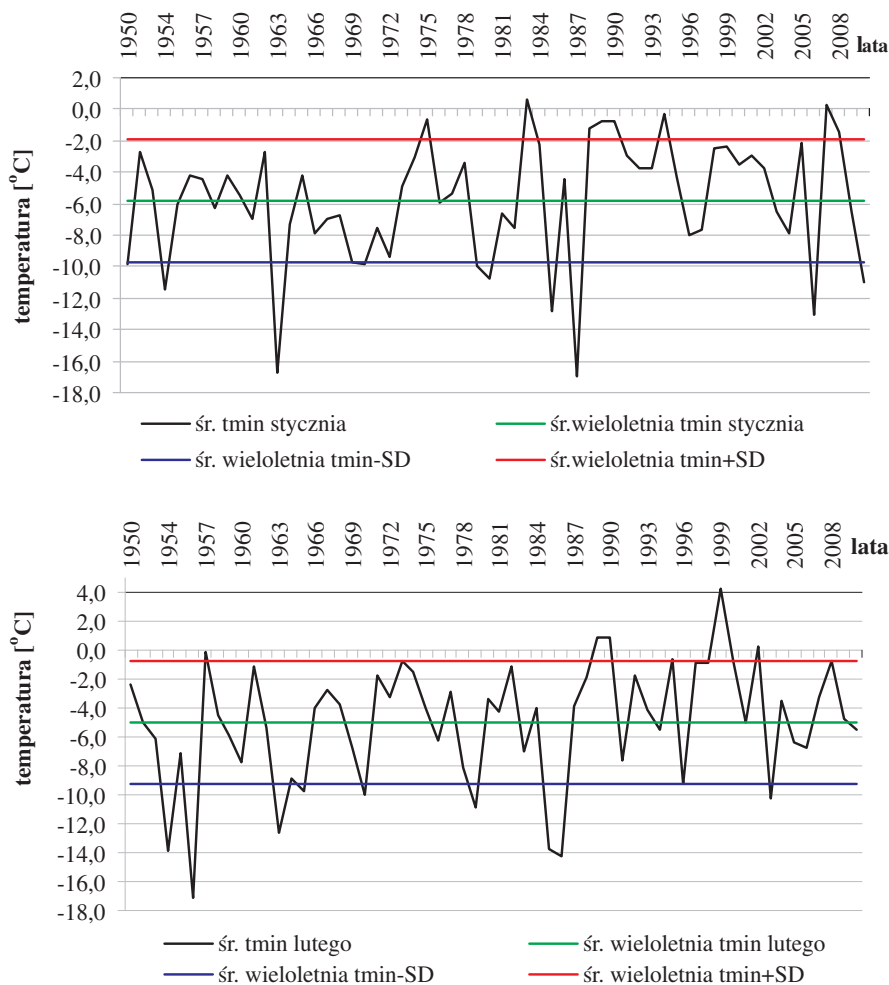
Material i metody

Badania przeprowadzono na terenie LZD w Rogowie, na trzech powierzchniach badawczych położonych w obrębie Rezerwatu Bukowiec (pow. 1 - oddział 20d, pow. 2 - oddział 21d) oraz Rezerwatu Kwaśna Buczyna (oddział 40d). Warunki siedliskowe powierzchni badawczych były podobne: teren równinny na wysokości 180-185 m. n.p.m., siedlisko Lasu świeżego. Badania prowadzono w starych drzewostanach bukowych: w Rezerwacie Bukowiec buczyny miały około 170-200 lat (oddz. 20d), oraz około 150-160 lat (oddz. 21d), natomiast w rezerwacie Kwaśna Buczyna 140-150 lat.

Material do badań stanowiły wywierty dordzeniowe pobrane z powierzchni badawczych w 2011 r. Badania terenowe przeprowadzono zgodnie ze strategią EKO. Wywierty pobrano za pomocą świdra Presslera ze 120 drzew (40 z każdej powierzchni) z wysokości 1,3 m. Zebrany material poddano standardowej preparacji dendrochronologicznej, pomierzono szerokości słoju rocznych (program CDendro), a następnie dla ciągów pomiarowych z każdej powierzchni sprawdzono poprawność datowania słoju drewna oraz homogeniczność sekwencji (program COFECHA). W dalszej kolejności dla każdej powierzchni zbudowano chronologie: rzeczywistą, standaryzowaną i rezydualną (program ARSTAN), a następnie oceniono wzajemną zgodność przebiegu chronologii z wszystkich powierzchni. Do oceny wykorzystano współczynnik zgodności GL oraz współczynnik korelacji. Wartości współczynników GL oraz współczynników korelacji ($\alpha = 0,05$) wskazały dużą zgodność przebiegu analizowanych krzywych, co dało podstawę do budowy chronologii lokalnej. Lokalna chronologia rezydualna (pozbawiona autokorelacji) stanowiła bazę wyjściową do analiz klimatycznych.

Analizy klimatyczne przeprowadzono w oparciu o następujące dane meteorologiczne: średnie miesięczne wartości temperatury minimalnej i maksymalnej oraz absolutne minimum i maksimum temperatury powietrza w wybranych miesiącach. Dane pochodziły ze stacji meteorologicznej KHL SGGW w Rogowie z lat 1926-2010. Dla tego okresu wyznaczono lata, w których występowały zimy bardzo mroźne oraz późne przymrozki wiosenne. Zimy bardzo mroźne w pierwszej kolejności wyznaczono zgodnie z klasyfikacją termiczną Lorenc (2000), a następnie porównano z latami, w których średnia miesięczna minimalna temperatura powietrza miesięcy zimowych wynosiła poniżej -10°C (ryc. 1). Przyjęty próg termiczny ($t_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$) pokrywa się ze średnią miesięczną minimalną temperaturą powietrza stycznia i lutego pomniejszoną o jedno odchylenie standardowe. Właściwości ekologiczne buka wskazują, że średnia miesięczna temperatura minimalne powietrza może być w tym przypadku lepszym kryterium. Zimą buk wytrzymuje przez krótki okres temperaturę do -30°C . Słabsze (od -10°C do -20°C), ale za to długotrwałe mrozy, mogą powodować u niego uszkodzenia (Dzwonko 1990). Dla wyznaczonych objętości metodami zim obliczono długość trwania nieprzerwanego okresu występowania dni z minimalną dobową temperaturą powietrza: $t_{\min} < -15^{\circ}\text{C}$ i $t_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$ oraz długość okresu ciągłego trwania mrozów ($t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$).

Wpływ przymrozków wiosennych na szerokość słoja przeanalizowano w oparciu o dobowe wartości temperatury minimalnej. Ponieważ przymrozki wiosenne w Rogowie występują średnio do 11 maja (Chojnacka-Ożga, Ożga 2005) do analiz wybrano tylko te lata, w których w ostatniej dekadzie kwietnia oraz w maju występowały dni z $t_{\min} < -3,0^{\circ}\text{C}$. Przyjęty próg termiczny koresponduje ze wcześniejszymi badaniami wpływu przymrozków na przyrost grubości buka (Dittmar et al. 2006). Dla okresu 1950-2010 przeanalizowano wpływ średnich miesięcznych oraz absolutnych wartości temperatury ekstremalnej wybranych miesięcy (stycznia, lutego, kwietnia i maja) na szerokość słoja. Do analiz wykorzystano program STATISTICA.



Ryc. 1 Wyznaczenie zim bardzo mroźnych na podstawie średniej minimalnej temperatury powietrza stycznia i lutego

Fig. 1 Designation of very cold winters on the basis of average minimum temperature in January and February

Wyniki

W okresie 1926-2010 wystąpiło w Rogowie 9 bardzo mroźnych zim. Stwierdzono, że lata wystąpienia wszystkich bardzo mroźnych zim wyznaczonych na podstawie progu termicznego $t_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$ (ryc. 1) były identyczne z latami wyznaczonymi metodą klasyfikacji termicznej. Były to lata: 1929, 1940, 1947, 1954, 1956, 1963, 1979, 1985 i 1987. Charakteryzowały się one długim okresem nieprzerwanego trwania mrozów, w tym długim okresem trwania minimalnej temperatury dobowej poniżej -10°C i poniżej -15°C oraz bardzo długim okresem trwania maksymalnej dobowej temperatury powietrza poniżej 0°C (tab. 1). W latach tych, w większości przypadków, słoń roczny

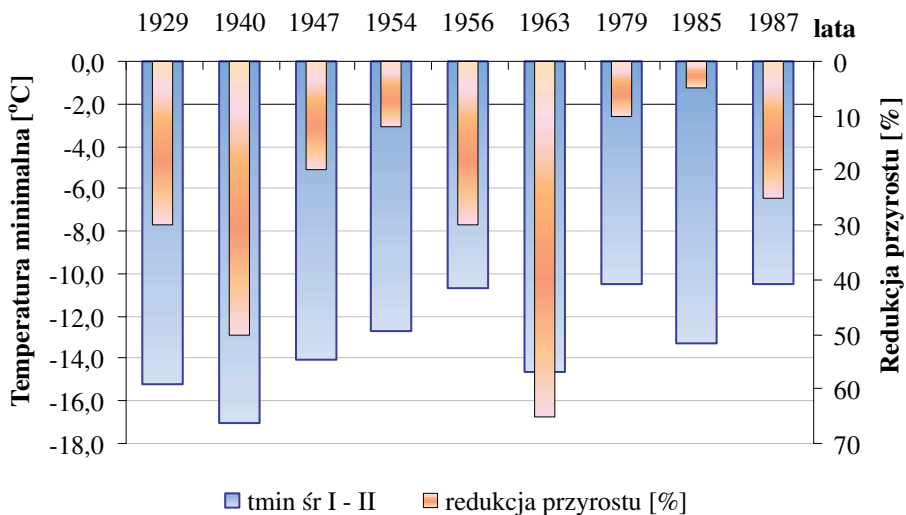
powstający w nadchodzącym okresie wegetacyjnym był znacznie węższy niż w roku poprzednim (ryc. 2). Zmniejszenie to wahało się od 10% w 1979 do 65% w 1963. Było ono w dużym stopniu powiązane z długością trwania nieprzerwanego okresu występowania temperatury minimalnej poniżej -15°C . Wartością progową był okres 15 dni.

Tab. 1. Długość okresu nieprzerwanego trwania mrozów

Table 1. The length of the period of permanent frost

Rok	Średnia min. temp. powietrza [$^{\circ}\text{C}$]		Długość trwania nieprzerwanego okresu mrozów		
	I	II	liczba kolejnych dni z $t_{\min} < -15^{\circ}\text{C}$	liczba kolejnych dni z $t_{\min} < -10^{\circ}\text{C}$	liczba kolejnych dni z $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$
1929	-10,5	-19,3	26	34	55
1940*	-13,5	-16,7	27	36	57
1947	-12,3	-15,8	15	36	37
1954	-12,7	-13,9	16;	19	32
1956	-10,6	-17,1	19	29	33
1963	-14,6	-12,6	24	32	56
1979	-10,5	-10,9	11	11	23
1985	-13,3	-13,8	12	20 i 17	2 x po 21 dni
1987	-10,4	-14,3	15	18	28

*Dane ze stacji Łódź



Ryc. 2. Redukcja przyrostów rocznych (w stosunku do roku poprzedniego) w latach z bardzo mroźnymi zimami

Fig. 2. Tree - ring reduction (compared to the previous year) in years with very cold winters

Relacje te, w różnym stopniu wystąpiły na wszystkich powierzchniach (tab.2). Odsetek drzew z negatywną reakcją przyrostową był zróżnicowany w poszczególnych latach, od 40% w 1987 do 83% w 1940 i 1963. W przypadku wystąpienia silnych mrozów ($t_{\min} < -15^{\circ}\text{C}$) i bardzo niskiej temperatury absolutnej ($t_{\min.\text{abs.}} < -25^{\circ}\text{C}$), ale utrzymującej się przez kilka dni (poniżej 10) wpływ był nieznaczny.

Tab. 2. Redukcja przyrostu radialnego buka (w stosunku do roku poprzedniego) w latach z bardzo różnymi zimami na badanych powierzchniach [w %]

Tab. 2. Tree-ring reduction compared to the previous year) in years with very cold winters on studied sampling sites [in %]

Powierzchnia	Rok								
	1929	1940	1947	1954	1956	1963	1979	1985	1987
Bukowiec 1	27	43	18	13	25	47	15	nie wystąpiło	
Bukowiec 2	45	58	10	10	20	42	15	nie wystąpiło	
Kwaśna Buczyna	20	43	18	13	26	15	17	18	10

W okresie 1924-2010 stwierdzono występowanie w niektórych latach przymrozków wiosennych w maju z $t_{\min} < -3,0^{\circ}\text{C}$ (tab. 3). W latach tych w większości przypadków nastąpiła redukcja przyrostu w porównaniu z rokiem poprzednim.

Tab. 3. Występowanie późnych przymrozków wiosennych $t_{\min} < -3,0^{\circ}\text{C}$

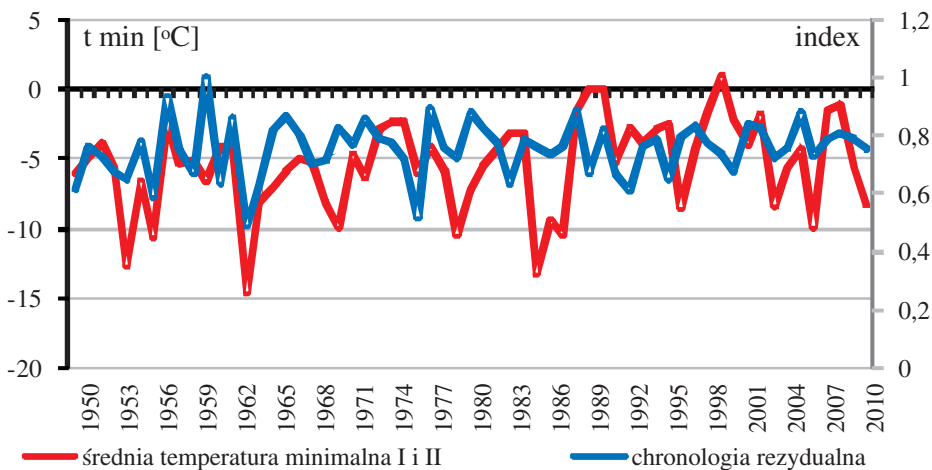
Tab. 3. The occurrence of late frost events ($t_{\min} < -3,0^{\circ}\text{C}$)

Rok	Intensywność przymrozków (t_{\min})			data ostatniego przymrozku	Redukcja przyrostu *
	od $-3,0^{\circ}\text{C}$ do $-3,9^{\circ}$	od $-4,0^{\circ}\text{C}$ do $-4,9^{\circ}\text{C}$	$< -5,0^{\circ}\text{C}$		
1935	2	1	-	4.V	21%
1953	-	1	-	10.V	15%
1965	-	1	-	4.V	nie wystąpiła
1970	1	-	-	1.V	17%
1980	1	-	-	4.V	11%
1981	1	-	-	4.V	14%
2007	-	1	-	4.V	15%

* Redukcja przyrostu w stosunku do przyrostu z roku poprzedniego. Dla okresu 1950-2010 przeanalizowano wpływ średnich temperatur minimalnych oraz maksymalnych na szerokość słoja. Stwierdzono występowanie zależności między tymi parametrami.

Zgodność przebiegu chronologii rezydualnej buka z wybranymi wartościami temperatury ekstremalnej była największa w przypadku średniej minimalnej temperatury powietrza ze stycznia i lutego. Wartość współczynnika GL wynosiła 65%, a współczynnika korelacji - 0,26 (ryc. 3). Dla kwietnia wartość GL wynosiła 61%, a dla maja 55%. Współczynniki korelacji były nieistotne statystycznie.

Wpływ średnich miesięcznych wartości temperatur maksymalnych był mniejszy niż temperatur minimalnych. Zaznaczył się on pozytywnie w lutym, natomiast negatywnie w kwietniu, maju i lipcu, ale był nieistotny statystycznie. Wpływ absolutnych wartości temperatur minimalnych i maksymalnych zaznaczył się tylko w maju ale był nieistotny statystycznie.



Ryc. 3 Porównanie chronologii buka i średniej minimalnej temperatury stycznia i lutego
Fig. 3 Comparison the chronology of beech and average minimum temperature in January and February

Dyskusja

Przyrost radialny buka kształtowany jest przez kompleksowe oddziaływanie czynników klimatycznych w czasie poprzedzającym przyrost radialny (miesiące późnoletnie i zimowe) oraz w ciągu okresu wegetacyjnego. Przeprowadzone badania wskazują, że ekstremalne wartości temperatury powietrza, zwłaszcza minimalna, mogą być czynnikiem kształtującym przyrost radialny buka rosnącego na terenie LZD Rogów.

Wpływ minimalnych wartości temperatury powietrza zaznacza się przede wszystkim w miesiącach zimowych. Długotrwałe mrozy ($t_{\min} < -15^{\circ}\text{C}$, czas trwania >15 dni) mogą powodować znaczne zmniejszenie się szerokości słoja. Wpływ ten jednak jest modyfikowany przez warunki pogodowe panujące w czasie następných miesięcy. W przypadku wystąpienia wówczas niekorzystnych dla wzrostu buka warunków (przymrozki w maju oraz długotrwała susza) wpływ warunków zimowych będzie potęgowany. Takie warunki wystąpiły m.in. w 1940 i 1963 roku. W przypadku wystąpienia korzystnych dla wzrostu buka warunków (ciepły i deszczowy okres wegetacyjny) wpływ niekorzystnych warunków zimowych może być zminimalizowany, co miało miejsce w 1985 i 1987. Wpływ średnich miesięcznych temperatur minimalnych widoczny jest jeszcze na początku wiosny, natomiast w pozostałych porach roku jest mało istotny

Wpływ temperatury maksymalnej na przyrosty buka w Rogowie jest znacznie mniejszy i trudno go jednoznacznie określić. Z badań prowadzonych przez Garcia-Suares (2009) na terenie Północnej Irlandii wynika, że przyrosty grubości rosnącego tam buka są negatywnie skorelowane z temperaturą maksymalną w okresie maj-lipiec, natomiast pozytywnie z temperaturą maksymalną w okresie sierpień-październik bieżącego roku. Krzywe obrazujące zmiany w czasie współczynnika korelacji między przyrostem a temperaturą maksymalną w wyróżnionych okresach są jednak mało stabilne, znak zależności ulega również zmianom. Zależności przyrost-temperatura maksymalna zaobserwowane w Rogowie były podobne, jednak nieistotne statystycznie. Może to wynikać zarówno z różnych czynników środowiskowych, występujących na odległych od siebie obszarach, jak i krótszego okresu badań w Rogowie. Dalsze badania tych zależności należałoby rozszerzyć w kierunku analiz jeszcze dłuższych serii danych, umożliwiających określenie zmian w czasie.

Stwierdzono zmniejszenie szerokości słoików rocznych buka w latach, w których wystąpiły przymrozki majowe z $t_{\min} < -3^{\circ}\text{C}$. Trudno jednoznacznie stwierdzić, że był to wpływ przymrozków, ponieważ ich występowanie w Rogowie w większości przypadków pokryło się z wystąpieniem innych czynników pogodowych ograniczających przyrost buka (niskie opady w okresie wegetacyjnym). Prawdopodobnie były one głównym czynnikiem ograniczającym przyrost w 1953 i 1980 roku. Zagadnienie wpływu przymrozków wymaga dalszych szczegółowych badań powiązanych z obserwacjami fenologicznymi, dotyczącymi uszkodzeń pąków po wystąpieniu przymrozku.

Literatura

- Chojnacka -Oźga L. 2002. *Wpływ warunków termiczno-pluwialnych na wielkość przyrostów radialnych buka zwyczajnego rosnącego w Polsce północnej*. Sylwan 146 (6): 75-87.
- Chojnacka-Oźga L., Oźga W. 2005. *Występowanie dni przymrozkowych na leśnej stacji meteorologicznej w Rogowie w latach 1961-1990*. Funkcjonowanie geosystemów Polski w warunkach zmian klimatu i różnokierunkowej antropopresji, Poznań. 419-424.
- Dittmar Ch., Fricke W., Elling W. 2006. *Impact of late frost events on radial growth of common beech in Southern Germany*. Eur. J. Forest Reseach 125: 249-259.
- Dzwonko Z. 1990. *Ekologia*. W: *Buk zwyczajny*. PWN, Warszawa. 237-338.
- Feliksik E., Wilczyński S., Podlaski R., 2000. *Wpływ warunków termiczno-pluwialnych na wielkość przyrostów radialnych sosny, jodły i buka ze Świętokrzyskiego Parku Narodowego*. Sylwan 144 (9): 53-63.
- Garcia-Suares A. M., Butler C. J., Baillie M. G. L. 2009. *Climate signal in tree-ring chronologies in a temperate climate: A multi-species approach*. Dendrochronologia 27: 183-198.
- Koprowski M. 2006. *Dendrochronologiczna analiza przyrostów rocznych buka zwyczajnego (Fagus sylvatica L.) w Nadleśnictwie Hawa*. Sylwan 150 (5): 44-50.
- Lorenc H. 2000. *Studia nad 220-letnią (1779-1998) serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji*. Mat. Bad. IMGiW 31.
- Opala M.. 2009. *Wpływ warunków klimatycznych na kształtowanie się szerokości przyrostu rocznego Fagus sylvatica, Pinus silvestris i Abies alba z Ojcowskiego Parku Narodowego, Prądnik*. Prace Muz. Szafera 19: 231-230.
- Wilczyński S., Gołąb J. 2001. *Sygnal klimatyczny w słoikach drewna buka zwyczajnego (Fagus sylvatica L.) z Beskidu Wyspowego*. Sylwan 145, 1 0:61-72
- Zielski A., Krapiec M. 2004. *Dendrochronologia*, wyd. PWN, Warszawa.

Longina Chojnacka-Oźga*, Wojciech Oźga

*longina_chojnacka_ozga@sggw.pl

Katedra Hodowli Lasu, Wydział Leśny SGGW w Warszawie