

BARTŁOMIEJ BEDNARZ, MARCIN SCHEFFLER

## Wpływ żeru szrotówka kasztanowcowiaczka (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic) na szerokość słoju rocznych kasztanowca białego (*Aesculus hippocastanum* L.)

Effect of horse-chestnut leaf-miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic) outbreak on tree-ring widths of white horse-chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.)

### ABSTRACT

Bednarz B., Scheffler M. 2008. Wpływ żeru szrotówka kasztanowcowiaczka (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic) na szerokość słoju rocznych kasztanowca białego (*Aesculus hippocastanum* L.). Sylwan 7: 53-66.

Tree-ring chronologies were created for infested by the horse chestnut leaf-miner horse chestnut trees from Kleparski Park and Rakowicki Cemetery in Kraków. Radial growth depression was observed during the outbreak. Statistically significant differences in tree-ring widths during and before an outbreak were found only for chestnut trees from Kleparski Park. The different resistance to chestnut leaf-miner feeding was observed on trees originated from distinct urban growth condition of Krakow.

### KEY WORDS

tree-ring widths, horse chestnut leaf-miner, outbreak, dendrochronology

### ADDRESSES

Bartłomiej Bednarz – Katedra Ochrony Lasu i Klimatologii Leśnej, Uniwersytet Rolniczy; Al. 29. Listopada 46; 31-425 Kraków; e-mail: rlbednar@cyf-kr.edu.pl

Marcin Scheffler – Nadleśnictwo Złotoryja; ul. Staszica 18; 59-500 Złotoryja; e-mail: postimpresja@interia.pl

### Wstęp

Jednym z drzew najczęściej wysadzanych w parkach, ogrodach i zieleni miejskiej jest kasztanowiec biały (*Aesculus hippocastanum* L.), pochodzący z wilgotnych dolin górskich obszaru Bałkanów [Xiang i in. 1998; Bichta, Kozakiewicz 2002]. Mimo obcego pochodzenia, drzewo to od dawna stanowi stały element naszej dendroflory [Seneta 1994]. Kasztanowce białe rosnące na obszarach aglomeracji miejskich osiągają wiek od 60 do 80 lat, a w warunkach naturalnych 150-300 lat [Rokosza 1988; Balder i in. 1997]. Drzewa te, osłabione czynnikami abiotycznymi (wiatry) oraz antropogenicznymi (zasolenie gleby, zanieczyszczenia powietrza) stają się podatne na ataki patogenów grzybowych (*Guignardia aesculi* Peck) oraz szkodników owadzych, z których najgroźniejszym w ostatnich latach stał się szrotówek kasztanowcowiaczek (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic), powodujący nawet całkowitą defoliację kasztanowców [Łabanowski 2004].

Na szerokość słoju rocznych drzew silny wpływ mają elementy klimatyczne [Fritts 1976; Zielski, Krąpiec 2004; Bednarz, Niedźwiedź 2006] oraz szkodliwe owady [Bednarz, Kochanowski 2008]. Intensywne żery foliofagów zapisują się w postaci depresji przyrostowych, które, w odróżnieniu od zmian spowodowanych czynnikami abiotycznymi, mogą utrzymywać się dłużej i mieć specyficzny przebieg. Badając szerokość słoju rocznych można określić początek

gradacji, która miała miejsce w przeszłości, jej przebieg i koniec oraz opisać reakcje drzew na zaistniałą sytuację. Można również określić straty w przyroście masy drzew [Swetnam, Lynch 1989; Conway i in. 1999; Speer, Holmes 2004].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu żeru szrotówka kasztanowcowiaczka na szerokość słoików rocznych kasztanowców białych rosnących na terenie Krakowa na przykładzie populacji drzew z Parku Kleparskiego oraz Cmentarza Rakowickiego.

## Material i metody

Wywierty do badań pobrano z kasztanowców białych (*Aesculus hippocastanum* L.) rosnących w Parku Kleparskim i na Cmentarzu Rakowickim w Krakowie. Wybrano drzewa bez widocznych zewnętrznych zniekształceń i oznak chorobowych. Kasztanowce nawiercano świdrem przyrostowym Presslera na wysokości pierśnicy (1,3 m od powierzchni gruntu), z dwóch stron, wzdłuż prostopadłych do siebie promieni. Próby pobrano z 13 drzew rosnących w Parku Kleparskim i z 13 drzew z Cmentarza Rakowickiego. Zebrany materiał posłużył do pomiarów szerokości słoików rocznych, wykonanych z dokładnością 0,01 mm za pomocą przyrostomierza typu SGM firmy BIOTronik. W celu weryfikacji poprawności wykonania pomiarów szerokości słoików rocznych, poszczególne sekwencje przeanalizowano programem Coffecha w wersji 6.06P [Holmes 1986]. Weryfikacja polegała na określeniu korelacji każdej pojedynczej sekwencji z chronologią wzorcową, utworzoną przez program na podstawie wszystkich chronologii osobniczych. Wskazane przez program Coffecha błędnie pomierzone wywierty pomierzono ponownie. W efekcie uzyskano sekwencje przyrostowe (chronologie rzeczywiste), które następnie poddano standaryzacji przy użyciu programu Arstan [Cook, Holmes 1986]. Równocześnie, za pomocą tego samego programu, rzeczywiste chronologie poddano wygładzeniu metodą najmniejszych kwadratów.

Celem przeprowadzonej standaryzacji było wyeliminowanie trendów przyrostowych związanych z juvenilnym i senilnym okresem życia drzew. Równocześnie standaryzacja wyeliminowała wywołaną przez czynniki klimatyczne zmienność krótkookresową (roczną). Następnie obliczono średnią standaryzowaną chronologię słoików rocznych podzieloną na przyjęte sześciu- i siedmioletnie okresy przyrostowe dla całego dotychczasowego okresu życia drzew. Podział na okresy dokonano w ten sposób, aby ostatni okres zarówno sześciu-, jak i siedmioletni obejmował lata gradacji szrotówka kasztanowcowiaczka. Po otrzymaniu średnich wartości przyrostu w wymienionych okresach, posługując się programem Statistica 6.1, standaryzowane wskaźniki szerokości słoików rocznych poddano jednoczynnikowej analizie wariancji, aby zbadać istotność różnic pomiędzy poszczególnymi okresami przyrostowymi [Łomnicki 1995; Statistica... 1997]. W przypadku stwierdzenia statystycznie istotnych różnic między średnimi standaryzowanymi wartościami przyrostu w badanych okresach, w dalszym etapie prac wartości przyrostu z okresów 6-7 letnich poddano testowi „post hoc” testem najmniejszych istotnych różnic Fishera [Statistica... 1997].

Standaryzowane szerokości słoików rocznych kasztanowców poddano analizie statystycznej, określającej wartości współczynników ich korelacji ze średnimi miesięcznymi wartościami temperatury powietrza oraz miesięcznymi sumami opadów atmosferycznych w Krakowie. Obliczenia, do których wykorzystano program Dendroclim 2002 [Bondi, Waikul 2004], przeprowadzono na dwa sposoby. W pierwszym skorelowano przyrost ze zmiennymi klimatycznymi dla całego badanego okresu życia drzew (bootstrapowa funkcja pojedynczych interwałów czasowych), a w drugim – z danymi dla ruchomych, 34-letnich interwałów czasowych (bootstrapowa funkcja ruchomych interwałów czasowych). Dane dotyczące ciepłoty powietrza obejmowały lata

1903-2005, a opadów – okres 1903-1998 i pochodziły ze stacji meteorologicznej Ogrodu Botanicznego UJ w Krakowie.

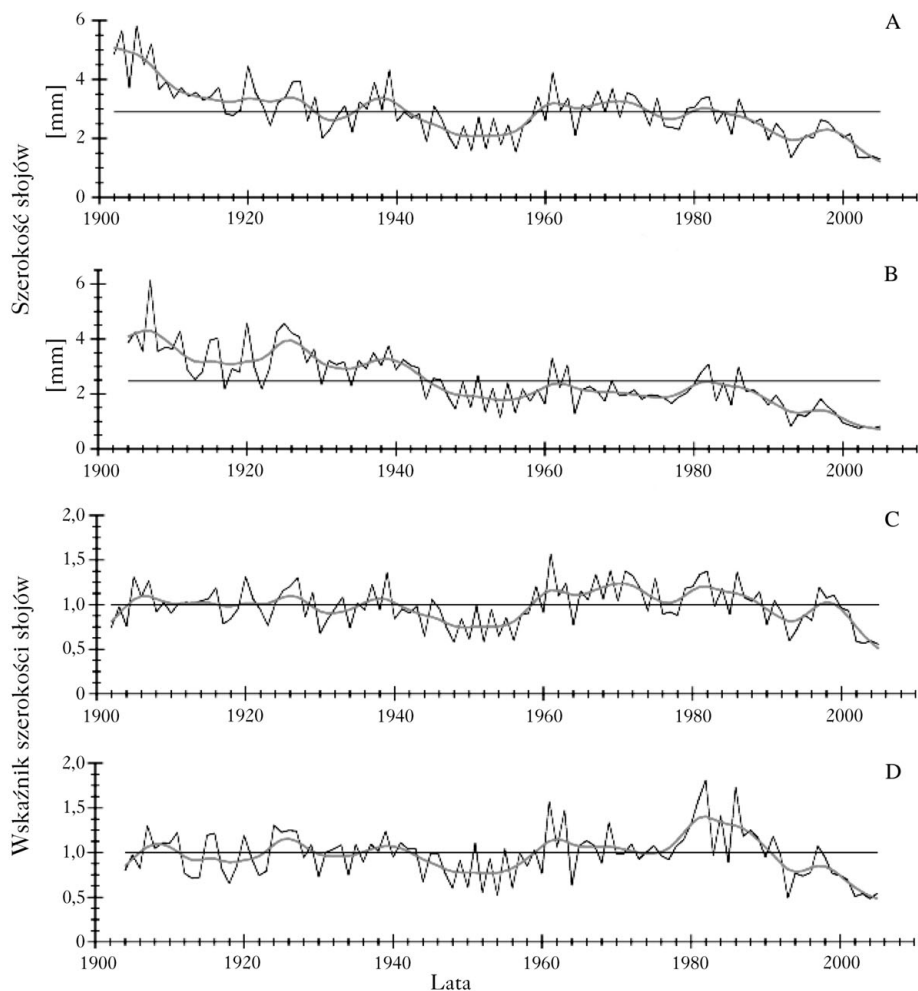
## Wyniki

CHRONOLOGIE RZECZYWISTE I STANDARYZOWANE. Na podstawie przeprowadzonych badań skonstruowano chronologie rzeczywiste oraz standaryzowane kasztanowca białego, które obejmują 112 i 119 lat (odpowiednio: Cmentarz Rakowicki oraz Park Kleparski). Rzeczywiste i standaryzowane chronologie słoju rocznych obu populacji kasztanowców cechował zbliżony przebieg, w którym zanotowano trzy minima przyrostowe. Pierwsze wystąpiło w roku 1950. Od drugiej połowy lat pięćdziesiątych do początku lat sześćdziesiątych systematycznie obserwowano zwiększanie się szerokości słoju rocznych. Lata osiemdziesiąte i dziewięćdziesiąte ubiegłego wieku to okres spadku przyrostu na grubość, który utrzymał się do 1993 roku. Następnie do roku 1997, czyli początku gradacji szrotówka kasztanowcowiaczka w Krakowie, odnotowywano wzrost szerokości słoju rocznych. W następnych latach (okres gradacji) następował ciągły spadek szerokości przyrostów rocznych, które w ostatnich latach (2005) osiągnęły minima przyrostowe o najniższych wartościach z całego okresu życia drzew. Stwierdzono, że przyrosty na grubość kasztanowców z Cmentarza Rakowickiego cechowały wyższe wartości niż u drzew z Parku Kleparskiego. Trend ten utrzymywał się aż do końca okresu objętego badaniami, czyli do 2005 roku włącznie (ryc. 1A, B). Z przebiegu krzywych standaryzowanych wynika, że między rokiem 1964 a 1976 wskaźniki szerokości słoju rocznych drzew z Cmentarza Rakowickiego były większe, a w latach 1976-1988 mniejsze niż u drzew z Parku Kleparskiego. Od roku 1988 wyższe indeksowane wartości zanotowano u drzew z Cmentarza Rakowickiego. W czasie gradacji szrotówka najbardziej spektakularny spadek przyrostu u obu populacji wystąpił w ostatnich latach (ryc. 1C, D).

ZWIĄZEK SZEROKOŚCI SŁOJÓW ROCZNYCH KASZTANOWCA BIAŁEGO Z TEMPERATURĄ I OPADAMI. *Bootstrapowa funkcja korelacji i odpowiedzi obliczona dla pojedynczych interwałów czasowych.* Dla drzew z Cmentarza Rakowickiego decydujący i statystycznie istotny ( $p=0,05$ ) wpływ na szerokość słoju rocznych wywierała ciepłota powietrza lipca, sierpnia i września roku poprzedzającego przyrost. Współczynniki korelacji były negatywne i wynosiły odpowiednio  $-0,230$ ,  $-0,280$  oraz  $-0,215$  ( $n=103$ ). Przyrost na grubość kasztanowców z Cmentarza Rakowickiego wykazywał pozytywną istotną ( $p=0,05$ ) statystycznie korelację z miesięczną sumą opadów sierpnia roku poprzedzającego przyrost ( $r=0,433$ ;  $n=96$ ). Podobna zależność wystąpiła dla czerwca roku formowania się przyrostu ( $r=0,306$ ). W roku formowania się przyrostu w listopadzie korelacja przyrostu radialnego z opadem była negatywna ( $r=-0,246$ ) i istotna statystycznie ( $p=0,05$ ).

Dla kasztanowców z Parku Kleparskiego wykazano, że szerokość słoju rocznych negatywnie korelowała ze średnią temperaturą lipca i sierpnia roku poprzedzającego okres formowania się przyrostu,  $r$  odpowiednio  $-0,278$  i  $-0,338$  ( $p=0,05$ ;  $n=100$ ). Stwierdzono pozytywny wpływ na aktywność kambium podwyższonych opadów w sierpniu roku poprzedzającego przyrost ( $r=0,267$ ;  $p=0,05$ ;  $n=94$ ). Pozytywny wpływ wywierały także opady maja roku tworzenia się przyrostów ( $r=0,245$ ), a negatywną korelację uzyskano natomiast dla listopada roku tworzenia się przyrostów ( $r=-0,229$ ).

*Bootstrapowa funkcja korelacji i odpowiedzi obliczona dla 34 letnich ruchomych interwałów czasowych.* Na przyrost radialny drzew rosnących na Cmentarzu Rakowickim w środkowym okresie ich życia pozytywny i statystycznie istotny wpływ miała głównie wysoka temperatura powietrza października roku poprzedzającego oraz lutego roku jego formowania się. Natomiast w okresie



Ryc. 1.

Chronologie szerokości słoju rocznych kasztanowca białego z Cmentarza Rakowickiego (A) i Parku Kleparskiego (B) oraz standaryzowane chronologie słoju rocznych kasztanowca białego z Cmentarza Rakowickiego (C) i Parku Kleparskiego (D) w Krakowie z naniesionymi krzywymi wygładzającymi

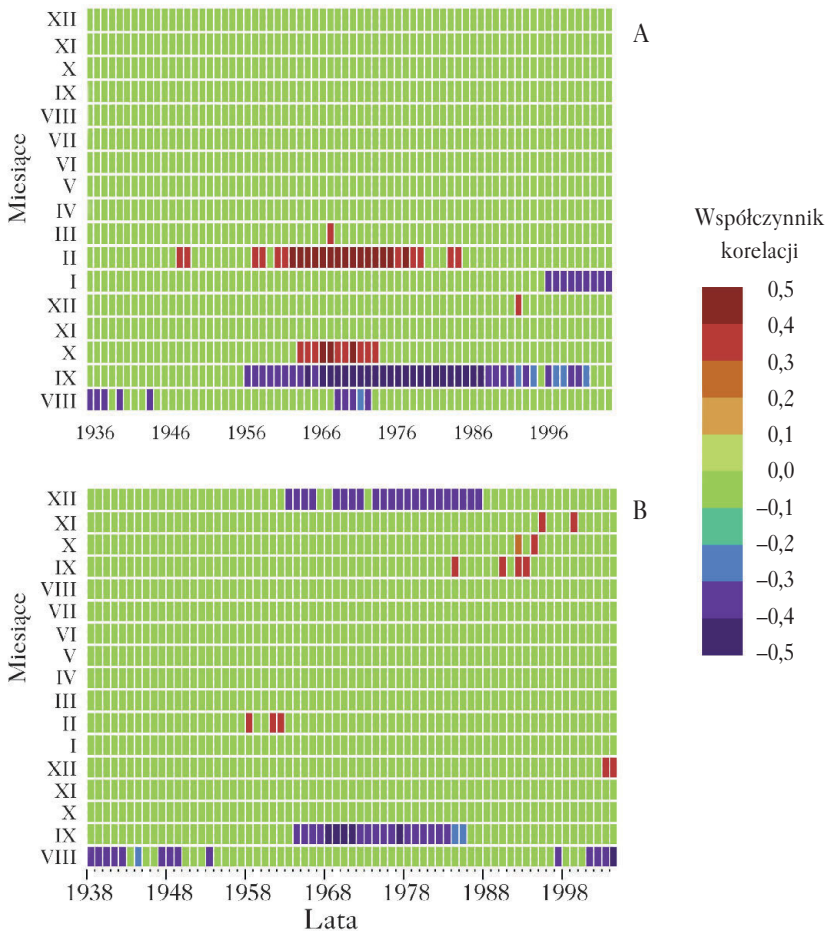
Tree-ring widths chronologies of white horse chestnut from Rakowicki Cemetery (A) and Kleparski Park (B) and standardised tree ring chronologies of white horse chestnut from Rakowicki Cemetery (C) and Kleparski Park (D) in Krakow with smoothing curves

senilnym wysoka temperatura stycznia roku kształtowania się przyrostu miała wpływ negatywny. Również negatywnie oddziaływała w środkowym okresie życia drzew wysoka temperatura września roku kształtowania się przyrostu, a w fazie juwenilnej i pędzenia – wysoka temperatura sierpnia roku poprzedzającego okres formowania się słoju (ryc. 2A).

Odmiennej wpływ temperatury na przyrost radialny zaobserwowano u drzew rosnących w Parku Kleparskim. Wysoka temperatura okresu wegetacji, a w pojedynczych latach także i lutego, września, października oraz listopada, wpływała pozytywnie na aktywności kambium. Podobną relację w senilnej fazie życia drzew zaobserwowano w przypadku grudnia roku poprzedzającego formowanie się przyrostu. W fazie środkowej życia kasztanowców zbyt wyso-

ka temperatura w grudniu roku kształtowania się przyrostu oraz wrześniu roku poprzedzającego ten proces negatywnie wpływała na szerokość powstających słoików rocznych. Podobnie negatywnie wpływały ciepłe okresy sierpnia dla lat młodocianych i w wieku starszym (ryc. 2B).

Na wielkość przyrostów badanych kasztanowców miały również wpływ miesięczne sumy opadów. Dla populacji kasztanowców pochodzących z Cmentarza Rakowickiego wykazano pozytywną korelację wysokość opadu – szerokość słoików rocznych w średnim i starszym wieku drzew dla maja, zaś w początkowych i końcowych latach życia – czerwca. Wielkość opadu w lipcu była istotnie skorelowana z przyrostami tylko w pojedynczych latach, natomiast opady sierpnia wpływały pozytywnie na przyrost podczas niemal całego okresu życia drzew. Opady grudnia były istotnie pozytywnie skorelowane z szerokością słoików rocznych w starszym okresie życia kasztanowców. W październiku roku poprzedzającego formowanie się przyrostu, na przełomie kilku lat również otrzymano pozytywne i istotne statystycznie współczynniki korelacji



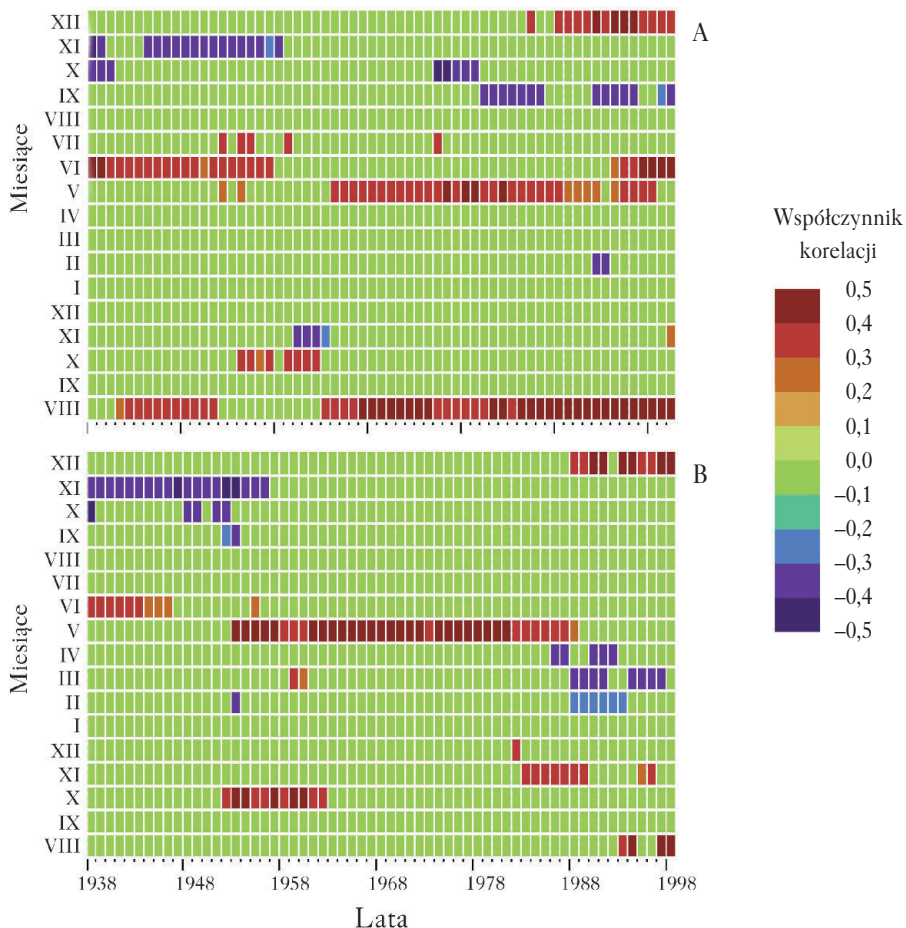
Ryc. 2.

Wpływ średniej miesięcznej temperatury powietrza na szerokość słoików rocznych kasztanowca białego z Cmentarza Rakowickiego (A) i Parku Kleparskiego (B) w Krakowie  
 Influence of mean monthly temperature on tree-ring widths of white horse chestnut from Rakowicki Cemetery (A) and Kleparski Park (B) in Krakow

(ryc. 3A). Opady we wrześniu, październiku i listopadzie powodowały u kasztanowców w średnim i starszym wieku spadek aktywności kambium. Podobna sytuacja miała miejsce w listopadzie roku poprzedzającego formowanie się słoja u drzew w środkowym okresie ich życia.

Aktywności kambium drzew z Parku Kleparskiego w środkowej fazie życia sprzyjały wysokie sumy opadów w maju, w początkowej fazie – w czerwcu, a w końcowym okresie życia drzew – grudniu. W roku poprzedzającym przyrost pozytywny wpływ opadów zaznaczył się w sierpniu i listopadzie u drzew w wieku starszym, a w wieku młodocianym – w październiku. Wysokie sumy opadów w okresie wrzesień-listopad w początkowym okresie życia, a także opady lutego, marca oraz kwietnia w końcowym okresie życia drzew negatywnie wpływały na szerokości słoików rocznych (ryc. 3B).

ŚREDNI SZEŚCIO- I SIĘDmioLETNI STANDARYZOWANY PRZYROST SŁOJÓW ROCZNYCH. Za pomocą testu NIR Fishera wykazano brak istotnych statystycznie różnic w obrębie średnich sześci-



Ryc. 3.

Wpływ średniej miesięcznej sumy opadów na szerokość słoików rocznych kasztanowca białego z Cmentarza Rakowickiego (A) i z Parku Kleparskiego (B) w Krakowie

Influence of monthly sums of precipitation on tree-ring widths of white horse chestnut from Rakowicki Cemetery (A) and Kleparski Park (B) in Krakow



i siedmioletnich standaryzowanych przyrostów słoju rocznych u kasztanowców pochodzących z Cmentarza Rakowickiego. Średnie wartości standaryzowane szerokości słoju rocznych w poszczególnych okresach przyrostowych były do siebie bardzo zbliżone i nie różniły się istotnie statystycznie między sobą, dotyczyło to także okresów z gradacją szrotówka (dla okresów sześciolletnich  $F=1,379$ ;  $p=0,172$ , dla siedmioletnich  $F=1,318$ ;  $p=0,218$ ).

U populacji kasztanowców z Parku Kleparskiego istotne statystycznie różnice wystąpiły dla średnich wartości standaryzowanego przyrostu słoju rocznych z poszczególnych okresów sześciolletnich ( $F=2,204$ ;  $p=0,010$ ) i siedmioletnich ( $F=3,497$ ;  $p=0,000$ ). Tylko w trzech przypadkach, zarówno przy podziale na sześciolletni, jak i siedmioletnie okresy przyrostowe, występowały nieistotne statystycznie różnice w przyroście (tab. 1 i 2; ryc. 4A i 4B). Różnice w przyroście pomiędzy okresem obejmującym gradację szrotówka kasztanowcowiaczka (1998-2005) a poprzednimi okresami przyrostu na grubość, bez gradacji, były istotne statystycznie dla większości okresów, z wyjątkiem lat 1946-1951, 1952-1957 i 1994-1999 oraz 1943-1949, 1950-1956 i 1992-1998. Należy jednak zaznaczyć, iż lata 1994-1999 i 1992-1998 bezpośrednio poprzedzały okres gradacji szrotówka kasztanowcowiaczka i w obu wymienionych przypadkach w okresach przyrostowych zawarty był pierwszy rok gradacji tego foliofaga (tab. 1 i 2).

## Dyskusja

Stopniowe ocieplenie się klimatu powoduje zmiany obserwowane również w naszym kraju. Należą do nich, między innymi, masowe pojawy szkodników, dawniej niewystępujących lub występujących w nieznacznym nasileniu. Jednym z takich niekorzystnych zjawisk, bardzo groźnych dla kasztanowca białego, jest gradacja szrotówka kasztanowcowiaczka (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic). Szkodnik ten pochodzi prawdopodobnie z terenu Bałkanów. Za jego sprawą pod znakiem zapytania stoi przyszłość kasztanowców białych w całej Europie [Freemers 1997; Krehan 1997]. Dla kasztanowca białego optymalnymi są stanowiska z udziałem żyznych gleb świeżych lub wilgotnych. Ponadto kasztanowiec lubi miejsca słoneczne lub półcieniste [Adamczewski 1973; Seneta 1994]. Te wymagania zdają się być spełnione w przypadku populacji kasztanowca białego z Cmentarza Rakowickiego. W Parku Kleparskim warunki siedliskowe nie były dla kasztanowców tak korzystne, a porażenie przez szrotówka kasztanowcowiaczka powodujące, że drzewa w sezonie wegetacyjnym powtórnie rozwijały liście i zawiązywały kwiaty, wpływało niekorzystnie na ich kondycję i formowanie się przyrostów drewna [Salleo i in. 2003]. Zdecydowanie sprzyjającym czynnikiem dla rozwoju szrotówka oraz stopnia opanowania kasztanowców przez niego wydaje się być wysoka temperatura miesięcy końca okresu wegetacyjnego oraz jesieni, bowiem w sprzyjających warunkach klimatycznych szrotówek kasztanowcowiaczek może wyprowadzić nawet 5 pokoleń [Balder i in. 2004; Girardoz i in. 2004].

Temperatura i opady wywierają ogromny wpływ na przebieg procesów wzrostu i rozwoju drzew [Karpavichius i in. 1996; Jacoby i in. 1996; Zielski 1997; Wilczyński 1999; Feliksik, Wilczyński 2003, 2004; Zielski, Krąpiec 2004]. Zależność przyrostów rocznych drzew od temperatury i opadów nie ogranicza się wyłącznie do aktualnego sezonu funkcjonowania kambium. Czynniki te, również dla drzew w stanie spoczynkowym, mają wpływ na szerokość słoju rocznych formowanych w następnych sezonach wegetacyjnych [Fritts 1976; Straw 1996; Feliksik i in. 2000; Zielski, Krąpiec 2004; Zielski, Koprowski 2001; Chojnacka-Ożga 2002; Bednarz, Niedźwiedz 2006]. Ponadto na siedliskach korzystnych dla drzew, czynniki klimatyczne mogą nie ograniczać przyrostu w każdym roku kalendarzowym, lecz tylko w niektórych, ekstremalnych latach [Zielski, Krąpiec 2004]. Podobne spostrzeżenia poczyniono w niniejszej pracy.

Tabela 1.

Wartości współczynnika prawdopodobieństwa odwziewierciedlające poziom istotności różnic między średnimi standaryzowanymi szerokościami słoików rocznych kasztanowców z Parku Kleparskiego w kolejnych okresach sześciolatkich

Values of probability coefficient reflected significance level of differences between mean standardised tree-ring widths of white horse-chestnut from Kleparski Park in subsequent six-year-long periods

Nr podkl.	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}
1	1904-1909	0,7426	0,6441	0,8267	0,8725	0,7658	0,7111	0,2796	0,1432	0,2986	0,8386	0,9401	0,4726	0,0486*	0,6197	0,2454	0,0074*
2	1910-1915	0,7426	0,8936	0,5844	0,8665	0,9756	0,9665	0,4502	0,2542	0,1726	0,5949	0,8000	0,2962	0,0221*	0,8665	0,4031	0,0178*
3	1916-1921	0,6441	0,8936	0,4963	0,7629	0,8695	0,9270	0,5340	0,3135	0,1349	0,5060	0,6988	0,2393	0,0157*	0,9726	0,4820	0,0250*
4	1922-1927	0,8267	0,5844	0,4963	0,7045	0,6055	0,5559	0,1945	0,0933	0,4110	0,9878	0,7687	0,6170	0,0784	0,4749	0,1683	0,0039*
5	1928-1933	0,8725	0,8665	0,7629	0,7045	0,8906	0,8336	0,3565	0,1915	0,2308	0,7158	0,9320	0,3800	0,0334*	0,7368	0,3159	0,0115*
6	1934-1939	0,7658	0,9756	0,8695	0,6055	0,8906	0,9421	0,4322	0,2418	0,1823	0,6162	0,8237	0,3104	0,0239*	0,8426	0,3862	0,0165*
7	1940-1945	0,7111	0,9665	0,9270	0,5559	0,8336	0,9421	0,4757	0,2719	0,1600	0,5662	0,7677	0,2774	0,0199*	0,8997	0,4270	0,0198*
8	1946-1951	0,2796	0,4502	0,5340	0,1945	0,3565	0,4322	0,4757	0,6979	0,0357*	0,1997	0,3141	0,0739	0,0027*	0,5568	0,9351	0,1011
9	1952-1957	0,1432	0,2542	0,3135	0,0933	0,1915	0,2418	0,2719	0,6979	0,0135*	0,0963	0,1645	0,0306*	0,0008*	0,3301	0,7590	0,2082
10	1958-1963	0,2986	0,1726	0,1349	0,4110	0,2308	0,1823	0,1600	0,0357*	0,0135*	0,4024	0,2653	0,7465	0,3422	0,1263	0,0294*	0,0003*
11	1964-1969	0,8386	0,5949	0,5060	0,9878	0,7158	0,6162	0,5662	0,1997	0,0963	0,4024	0,7804	0,6064	0,0759	0,4844	0,1730	0,0041*
12	1970-1975	0,9401	0,8000	0,6988	0,7687	0,9320	0,8237	0,7677	0,3141	0,1645	0,2653	0,7804	0,4277	0,0409*	0,6736	0,2769	0,0091*
13	1976-1981	0,4726	0,2962	0,2393	0,6170	0,3800	0,3104	0,2774	0,0739	0,0306*	0,7465	0,6064	0,4277	0,2042	0,2260	0,0620	0,0008*
14	1982-1987	0,0486*	0,0221*	0,0157*	0,0784	0,0334*	0,0239*	0,0199*	0,0027*	0,0008*	0,3422	0,0759	0,0409*	0,2042	0,0144*	0,0021*	0,0000*
15	1988-1993	0,6197	0,8665	0,9726	0,4749	0,7368	0,8426	0,8997	0,5568	0,3301	0,1263	0,4844	0,6736	0,2260	0,0144*	0,5036	0,0272*
16	1994-1999	0,2454	0,4031	0,4820	0,1683	0,3159	0,3862	0,4270	0,9351	0,7590	0,0294*	0,1730	0,2769	0,0620	0,0021*	0,5036	0,1188
17	2000-2005	0,0074*	0,0178*	0,0250*	0,0039*	0,0115*	0,0165*	0,0198*	0,1011	0,2082	0,0003*	0,0041*	0,0008*	0,0000*	0,0272*	0,1188	

\* wartości istotne statystycznie – statistically significant values

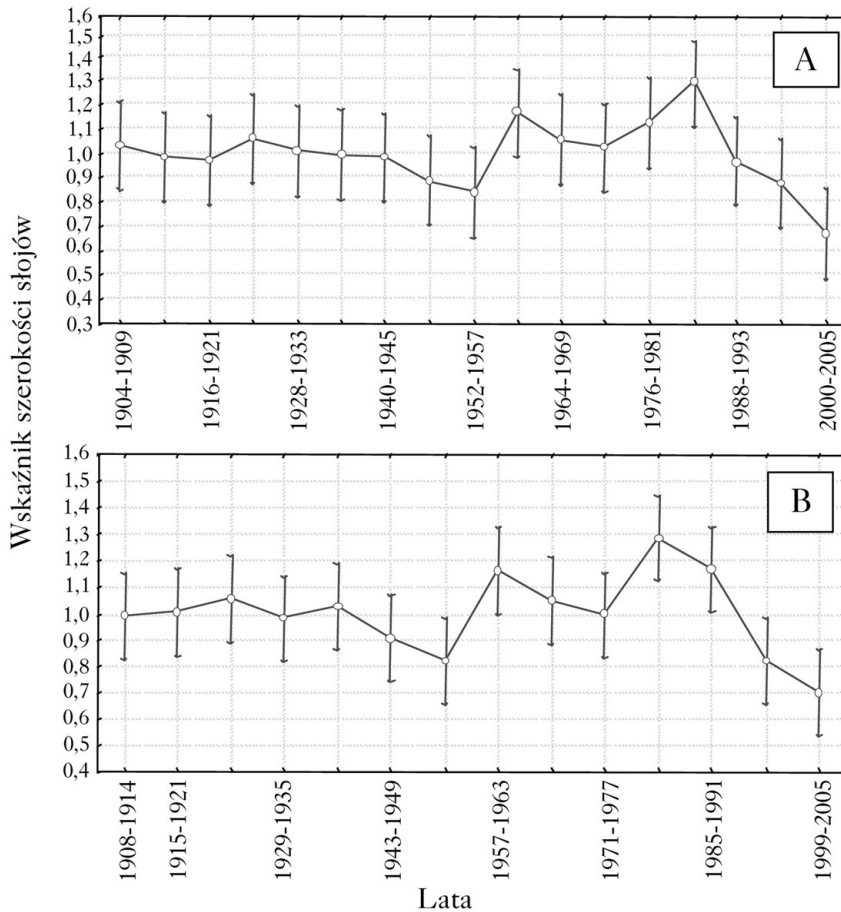


**Tabela 2.**

Wartości współczynnika prawdopodobieństwa odzwierciedlające poziom istotności różnic między średnimi standaryzowanymi szerokościami słoików rocznych kasztanowców z Parku Kleparskiego w kolejnych okresach siedmioletnich  
 Values of probability coefficient reflected significance level of differences between mean standardised tree-ring widths of white horse-chestnut from Kleparski Park in subsequent seven-year-long periods

Nr podkl.	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}
1	1908-1914	0,9095	0,5854	0,9340	0,7538	0,4668	0,1471	0,1448	0,6320	0,9655	0,0125*	0,1331	0,1418	0,0143*
2	1915-1921	0,9095	0,6656	0,8443	0,8414	0,4005	0,1185	0,1781	0,7147	0,9439	0,0168*	0,1644	0,1140	0,0106*
3	1922-1928	0,5854	0,6656	0,5300	0,8164	0,2045	0,0475*	0,3580	0,9468	0,6154	0,0481*	0,3354	0,0454*	0,0031*
4	1929-1935	0,9340	0,8443	0,5300	0,6918	0,5187	0,1712	0,1237	0,5744	0,8997	0,0100*	0,1134	0,1652	0,0177*
5	1936-1942	0,7538	0,8414	0,8164	0,6918	0,2987	0,0790	0,2505	0,8685	0,7868	0,0278*	0,2328	0,0758	0,0061*
6	1943-1949	0,4668	0,4005	0,2045	0,5187	0,2987	0,4660	0,0303*	0,2290	0,4409	0,0015*	0,0272*	0,4541	0,0803
7	1950-1956	0,1471	0,1185	0,0475*	0,1712	0,0790	0,4660	0,0043*	0,0552	0,1357	0,0001*	0,0038*	0,9842	0,3021
8	1957-1963	0,1448	0,1781	0,3580	0,1237	0,2505	0,0303*	0,0043*	0,3244	0,1568	0,2825	0,9645	0,0041*	0,0001*
9	1964-1970	0,6320	0,7147	0,9468	0,5744	0,8685	0,2290	0,0552	0,3244	0,6630	0,0412*	0,3033	0,0529	0,0037*
10	1971-1977	0,9655	0,9439	0,6154	0,8997	0,7868	0,4409	0,1357	0,1568	0,6630	0,0140*	0,1444	0,1306	0,0128*
11	1978-1984	0,0125*	0,0168*	0,0481*	0,0100*	0,0278*	0,0015*	0,0001*	0,2825	0,0412*	0,0140*	0,3027	0,0001*	0,0000*
12	1985-1991	0,1331	0,1644	0,3354	0,1134	0,2328	0,0272*	0,0038*	0,9645	0,3033	0,1444	0,3027	0,0036*	0,0001*
13	1992-1998	0,1418	0,1140	0,0454*	0,1652	0,0758	0,4541	0,0041*	0,0529	0,1306	0,0001*	0,0036*	0,3114	
14	1999-2005	0,0143*	0,0106*	0,0031*	0,0177*	0,0061*	0,0803	0,3021	0,0001*	0,0037*	0,0128*	0,0000*	0,0001*	0,3114

\* wartości istotne statystycznie – statistically significant values



Ryc. 4.

Przebieg zmian różnic poziomów istotności z zaznaczonymi 0,95 przedziałami ufności w badanych sześciolletnich (A) i siedmioletnich (B) przedziałach czasowych (wartości średnie z przedziału czasowego) dla standaryzowanej chronologii kasztanowca białego z Parku Kleparskiego w Krakowie. Oczekiwane średnie brzegowe. Bieżący efekt dla A:  $F(13, 85)=2,2037$ ,  $p=0,01057$  i dla B:  $F(13, 84)=3,4968$ ,  $p=0,00023$  rozkład efektywnych hipotez

Changes course graph of significance level with 0.95 confidence intervals marked at investigated six- (A) and seven-year (B) temporary section (mean values as period range) for standardised tree ring chronology of white horse-chestnut from Kleparski Park in Krakow. Expected means edge. Current effect for A:  $F(13, 85)=2.2037$ ,  $p=0.01057$  and for B:  $F(13, 84)=3.4968$ ,  $p=0.00023$  decomposition of effective hypothesis

Obserwowane różnice w przyrostach drzew rosnących na różnych stanowiskach mogły wynikać także z lokalnych uwarunkowań mikroklimatycznych oraz glebowych. Wysoka temperatura miesięcy zimowych mogła sprzyjać zwiększonej przeżywalności larw szrotówka, a co za tym idzie zwiększonej jego liczebności po przezimowaniu [Balder i in. 2004]. Prawdopodobnie miało to miejsce w przypadku populacji kasztanowców pochodzących z Cmentarza Rakowickiego, stąd wysoka temperatura stycznia miała wpływ negatywny na formowania się przyrostu (ryc. 2A). Istotnym negatywnym czynnikiem kształtującym przyrost u drzew pochodzących z Parku Kleparskiego była wysoka temperatura sierpnia roku poprzedzającego okres tworzenia się przyrostu (ryc. 2B). Z kolei obfite opady w tym miesiącu mogły decydować o ilości zgroma-

dzonych materiałów zapasowych, które mogły być wykorzystywane do formowania się przyrostu w roku następnym (ryc. 3A). Było to czynnikiem sprzyjającym lepszej kondycji drzew, zwłaszcza w okresie ograniczenia aparatu asymilacyjnego spowodowanego przez gradację szrotówka kasztanowcowiaczka. Należy zwrócić uwagę, że zarówno w analizie pojedynczych interwałów czasowych, jak również w ruchomych interwałach czasowych potwierdzono istotność pozytywnego wpływu miesięcznych sum opadów oraz średniej miesięcznej temperatury powietrza na wielkość przyrostu radialnego kasztanowców z Cmentarza Rakowickiego. Rola tych czynników wydaje się wzrastać wraz z wiekiem drzew. Natomiast negatywna korelacja opadów z przyrostem na grubość w lutym, marcu i kwietniu populacji kasztanowców z Parku Kleparskiego może wynikać ze zwiększonej infiltracji stosowanej do odładzania ulic solanki z wierzchnich warstw gleby w głąb jej profilu i uszkodzenia systemów korzeniowych drzew (ryc. 3B).

Interesującym jest, iż przebieg chronologii u kasztanowców z Parku Kleparskiego cechowało większe wahanie szerokości przyrostów rocznych w wieku juwenilnym niż u kasztanowców z Cmentarza Rakowickiego. Trend ten utrzymywał się do początku lat sześćdziesiątych ubiegłego stulecia. Po tym okresie sytuacja odwróciła się i przyrost radialny drzew z Parku Kleparskiego był zdecydowanie słabszy, a krzywa przyrostu słoju rocznych ulegała mniejszym fluktuacjom.

W niniejszej pracy stwierdzono występowanie istotnych statystycznie różnic pomiędzy przyrostem z okresu gradacji a okresami wcześniejszymi. Te zależności wyjątkowo silnie zaznaczyły się w przypadku drzew rosnących w Parku Kleparskim. Dla populacji kasztanowców z Cmentarza Rakowickiego, pomimo depresji przyrostowej w okresie gradacji szrotówka, analiza wariancji nie wykazała istotnych statystycznie różnic pomiędzy przyrostem z okresu gradacji a okresami wcześniejszymi. Zauważone odmienności pomiędzy dwoma populacjami drzew spowodowane były prawdopodobnie lepszymi warunkami wzrostu, a co za tym idzie lepszą kondycją zdrowotną drzew z Cmentarza Rakowickiego niż z Parku Kleparskiego. Podobne wnioski o lepszej odporności na stresujące czynniki biotyczne drzew z żyzniejszych siedlisk wysunuli również inni autorzy [Straw 1996; Mason i in. 1997; Krause, Morin 1999; Jaworski 2004]. Brak statystycznie istotnych różnic między ostatnim sześć- i siedmioletnim okresem przyrostowym (odpowiednio 2000-2005 i 1999-2005) i okresem wcześniejszym (1994-1999 i 1992-1998) wskazuje na fakt wystąpienia depresji przyrostowej już podczas drugiego roku gradacji szrotówka w Parku Kleparskim (tab. 1 i 2). Zauważona opóźniona o rok reakcja drzew, charakteryzująca się zmniejszeniem szerokości słoju drewna dopiero w drugim roku masowego żerowania owadów, zaznaczyła się również w przebiegu chronologii słoju rocznych (ryc. 1B, 1D). Podobne zjawisko opóźnienia reakcji przyrostowej na gradację brudnicy mniszki w lasach północnej Polski zanotowali Bednarz i Kochanowski [2008].

W niniejszej pracy potwierdzono istnienie negatywnego wpływu gradacji szrotówka kasztanowcowiaczka na przyrost radialny kasztanowców białych rosnących zarówno na ubogich siedliskach Parku Kleparskiego, jak i żyzniejszych Cmentarza Rakowickiego. Natomiast brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy średnimi przyrostami z okresu przedgradacyjnego i gradacyjnym u drzew z Cmentarza Rakowickiego i statystycznie istotne różnice u drzew z Parku Kleparskiego wyraźnie świadczą o różnej tolerancji drzew na biotyczne czynniki stresujące w zależności od warunków siedliskowych.

## Wnioski

- ✦ Silne depresje przyrostowe w latach 1997-2005 u kasztanowców białych z Parku Kleparskiego i Cmentarza Rakowickiego w Krakowie były spowodowane gradacją szrotówka kasztanowcowiaczka.

- ✚ U populacji kasztanowca białego z Parku Kleparskiego średnie standaryzowane szerokości słoików rocznych z sześć- i siedmioletniego okresu obejmującego gradację szrotówka były istotnie statystycznie niższe od średnich przyrostów analogicznie przyjętych okresów lat wcześniejszych.
- ✚ Pomimo wyraźnej depresji przyrostowej zaobserwowanej w przebiegu chronologii szerokości słoików rocznych u kasztanowców z Cmentarza Rakowickiego, spowodowanej okresem gradacji *Cameraria ohridella* analizy statystyczne nie wykazały, w odróżnieniu od kasztanowców z Parku Kleparskiego, istotnych różnic pomiędzy przyrostami okresu z gradacją i analogicznie przyjętymi okresami lat wcześniejszych. Było to wynikiem lepszych warunków siedliskowych na Cmentarzu Rakowickim niż w Parku Kleparskim.
- ✚ Wysoka temperatura miesięcy zimowych może przyczynić się do spadku przyrostu radialnego w wyniku zwiększonej przeżywalności szrotówka kasztanowcowiaczka.
- ✚ W końcowym okresie życia drzew z Parku Kleparskiego, wysoka temperatura sierpnia roku poprzedzającego okres formowania się przyrostu w statystycznie istotny negatywny sposób wpływała na szerokość słoików rocznych.
- ✚ Wysokie opady sierpnia roku poprzedzającego kształtowanie się przyrostu u kasztanowca białego mogą być czynnikiem wpływającym pozytywnie na kondycję drzew podczas gradacji szrotówka kasztanowcowiaczka.
- ✚ Wysokie sumy opadów w miesiącach intensywnego przyrostu na grubość (maj-czerwiec) kasztanowców opianowanych przez szrotówka kasztanowcowiaczka wpływały pozytywnie na szerokość odkładanych przyrostów rocznych u drzew rosnących w warunkach miejskich.

## Literatura

- Adameczewski J. 1973. Jesteśmy w Krakowie. Wydawnictwo Interpress, Warszawa.
- Balder H., Ehlebraht K., Mahler E. 1997. Strassen Bäume – Planen – Pflanzen – Pflegen am Beispiel Berlin. Patzer Verlag.
- Balder H., Jäckel B., Schmolling S. 2004. Effects of the horse chestnut leaf – miner *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic on the forest hardness of *Aesculus hippocastanum* L. W: 1<sup>st</sup> International Cameraria Symposium. Cameraria ohridella and other invasive leaf – miners in Europe. IOCB Prague, March 24-27, 2004.
- Bednarz Z., Niedźwiedź T. 2006. Dendrochronologia świerka (*Picea abies* (L.) Karst.) z Parku Narodowego Wysokie Taury (Austria). W: Trepińska J, Olecki Z. [red.]. Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego – Instytut Geografii i Gospodarki przestrzennej UJ, Kraków, 231-246.
- Bednarz B., Kochanowski D. 2008. Wpływ zera brudnicy mniszki (*Lymantria monacha* L.) na przyrosty radialne sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), sosny czarnej (*P. nigra* Arnold) oraz olszy czarnej (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.) ze Słowińskiego Parku Narodowego i Ndleśnictwa Damnica (Polska północna). EJPAU. (w druku).
- Bichta P., Kozakiewicz P. 2002. Kasztanowce wołają o ratunek. Przyroda Polska 3: 36-37.
- Bondi F., Waikul K. 2004. Dendroklm 2002: ACtt program for statistical calibration at climate signals in tree – ring chronologies. Computers & Geosciences 30: 303-311.
- Chojnacka-Ożga L. 2002. Wpływ warunków termiczno-pluwialnych na wielkość przyrostów radialnych buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) rosnącego w Polsce północnej. Sylwan 6: 75-87.
- Conway B. E., Leefers L. A., McCullough D. G. 1999. Yield and financial losses associated with jack pine budworm outbreak in Michigan and the imolications for management. Canadian Journal of Forest Research 29: 382-392.
- Cook E. R., Holmes R. L. 1986. Quality control of crossdating and measuring. A users manual for program ARSTAN W: Holmes R. L., Adams R. K., Fritts H. C. Tree-ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Chronology Series VI, Univ. of Arizona, Tuscon, 50-56.
- Feliksik E., Wileczyński S., Podlaski R. 2000. Wpływ warunków termiczno-pluwialnych na wielkość przyrostów radialnych sosny (*Pinus sylvestris* L.), jodły (*Abies alba* Mill.) i buka (*Fagus sylvatica* L.) ze Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Sylwan 9: 53-63.
- Feliksik E., Wileczyński S. 2003. Termiczne uwarunkowania przyrostu tkanki drzewnej świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) w reglu dolnym Beskidu Żywieckiego. Acta Agraria et Silvestria 40: 15-24.
- Feliksik E., Wileczyński S. 2004. Klimatyczne uwarunkowania przyrostu radialnego daglezi zielonej (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) rosnącej na obszarze Polski. Sylwan 12: 31-38.

- Freemers M. 1997. Versuche zur Bekämpfung von *Cameraria ohridella* Desch.&Dim. mittels Stamminjektion. Forstschutz Aktuell 21: 24-25.
- Fritts H. C. 1976. Tree rings and climate. Academic Press.
- Girardoz S., Kenis M., Quicke D. 2004. Mortality factors affecting the different developmental stages of *Cameraria ohridella* Deschka&Dimic in Switzerland. W: 1<sup>st</sup> International Cameraria Symposium. *Cameraria ohridella* and other invasive leaf – miners in Europe. IOCB Prague, March 24-27, 2004.
- Jacoby G. C., D'Arrigo R. D., Tsvetyn D. 1996. Mongolian tree rings and 20<sup>th</sup>-century warming. Science 9: 771-773.
- Jaworski A. 2004. Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania oraz pielęgnacji drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Karpavichius J., Yadav R. R., Karaitis J. 1996. Radial growth response of pine (*Pinus sylvestris* L.) and spruce (*Picea abies* L.) to climate and geohydrological factors. Paleobotanist 45: 148-151.
- Krause C., Morin H. 1999. Tree-ring patterns in stems and root system of black spruce (*Picea mariana*) caused by spruce budworms. Canadian Journal of Forest Research 29: 1583-1591.
- Krehan H. 1997. Horse chestnut miteing month – a comparison of control methods. Forstschutz Aktuell 19-20: 2-7.
- Łabanowski G. 2004. Szrotówek kasztanowcowiaczek i możliwości jego zwalczania. Biuletyn Polskiego Stowarzyszenia Pracowników Dezynfekcji, Dezynsekcji i Deratyzacji. 36 (1): 12-15.
- Łomnicki A. 1995. Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników. PWN, Warszawa.
- Mason R. R., Wickman B. E., Paul H. G. 1997. Radial growth response of Douglas fir and grand fir to larval densities of the Douglas fir tussock moth and western spruce budworm. Forest Science 42 (2): 194-205.
- Rokosza J. 1988. Metody waloryzacji ekologicznej w zabytkowych parkach wiejskich. Problemy Architektury Krajobrazu. Tom I, SGGW, Warszawa.
- Seneta W. 1994. Drzewa i krzewy liściaste. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. 171-173.
- Salleo S., Nardini A., Raimondo F., Assunta Lo Gullo M., Pace F., Giacomich P. 2003. Effects of defoliation caused by the leaf miner *Cameraria ohridella* on wood production and efficiency in *Aesculus hippocastanum* growing in north-eastern Italy. Trees 17: 367-375.
- Speer J. H., Holmes R. L. 2004. Effects of pandora moth outbreaks on ponderosa pine wood volume. Tree-Ring Research 60 (2): 69-76.
- STATISTICA for Windows – computer program manual 1997 StatSoft Inc. Tulsa.
- Straw N. A. 1996. The impact of pine looper moth, *Bupalus piniaria* L. (*Lepidoptera*; *Geometridae*) on the growth of Scots pine in Tentsmuir Forest, Scotland. Forest Ecology and Management 87: 209-232.
- Swetnam T. W., Lynch A. M. 1989. A tree-ring reconstruction of western spruce budworm history in the Southern Rocky Mountains. Forest Science 35 (4): 962-986.
- Wilczyński S. 1999. Dendroklimatologia sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z wybranych stanowisk w Polsce. Rozprawa doktorska, Zakład Klimatologii Leśnej, AR Kraków.
- Xiang Q. Y., Crawford D. J., Wolfe A. D., Tang, Y-C., DePamphilus D. 1998. Origin and biogeography of *Aesculus* L. (*Hippocastanaceae*): A molecular phylogenetic perspective. Evolution 52 (4): 988-997
- Zielski A. 1997. Uwarunkowania środowiskowe przyrostów radialnych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Polsce północnej na podstawie wielowiekowej chronologii. Praca habilitacyjna, Wydawnictwa UMK, Toruń.
- Zielski A., Koprowski M. 2001. Dendrochronologiczna analiza przyrostów rocznych świerka pospolitego na Pojezierzu Olsztyńskim. Sylwan 7: 65-73
- Zielski A., Krapiec M. 2004. Dendrochronologia. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

## SUMMARY

### Effect of horse-chestnut leaf-miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic) outbreak on tree-ring widths of white horse-chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.)

Tree-ring widths chronologies of white horse-chestnuts (*Aesculus hippocastanum* L.) from Rakowicki Cemetery and Kleparski Park in Krakow (Poland) were elaborated. In the end of XX and at the beginning of XXI centuries the trees were under attack of horse-chestnut leaf-miner. It was distinctly marked in chronologies as a significant decrease in tree-ring widths. The climate elements such mean monthly temperature and precipitation were statistically significantly correlated with tree-ring widths. The highest values of correlation coefficients appeared in the middle period of tree life for temperature in October of the year prior to the growth and

February of current growth year. The correlation coefficients for precipitation were the highest for May and August of the current growth year. Statistically significant differences in growth between tree-ring widths at the period preceding of chestnut leaf-miner outbreak and for outbreak period itself were found only for white horse-chestnut originated from Kleparski Park. Differences for trees from Rakowicki Cemetery were statistically insignificant. The differences between condition and sensibility to leaf-miner outbreak of white horse-chestnuts growing on two growth-sites in Kraków were stated.