

Perspektywy badań przyrostów rocznych winorośli (*Vitis* spp.) w Polsce — zastosowanie metody dendrochronologicznej w agroklimatologii

Monika Białobrzaska, Magdalena Opała

Abstrakt. Wpływ ekstremalnych warunków meteorologicznych na przyrosty roczne winorośli może być obserwowany na różne sposoby. Przymrozki czy bardzo niskie temperatury w okresie zimowym mogą ograniczać aktywność kambialną i prowadzić do odkładania wąskich przyrostów, mogą również powodować zmiany w budowie anatomicznej drewna. Celem rozpoczętych pilotażowych badań jest określenie wpływu warunków meteorologicznych na szerokość przyrostów rocznych winorośli oraz na budowę anatomiczną drewna. Analizowane krzewy osiągnęły wiek 19 lat (Wrocław) i 15 lat (Chorzów). Z uśrednionych pomiarów utworzono krzywe przyrostowe dla Wrocławia (1992-2011) i Chorzowa (1996-2011). Szerokość przyrostów radialnych wynosiła od 7 do 270 μm . Część przyrostów nie była w pełni wykształcona na całym obwodzie pnia. We wszystkich analizowanych próbach w 2010 roku pojawiły się uszkodzenia spowodowane działaniem bardzo niskich temperatur. Przyrosty winorośli porównano z przyrostami wybranych drzew owocowych.

Słowa kluczowe: winorośl, przyrosty roczne, anatomia drewna, dendroklimatologia

Abstract. Impact of extreme meteorological conditions on an annual vine growth can be observed in different ways. Frost or very cold temperatures in winter may limit the cambial activity and lead to deposition of very narrow increments and may also cause changes in the wood anatomy. The aim of the undertaken preliminary studies is to determine the effect of meteorological conditions on the width of annual rings and the anatomical structure of wood of the vine. The analyzed plants had reached the age of 19 years (Wrocław) and 15 years (Chorzow). From the average measurement of growth rings the incremental curves were created for Wrocław (1992-2011) and Chorzów (1996-2011). The width of the analyzed radial rings of *Vitis* shrubs varied from 7 to 270 microns. Some growth rings were not fully created in the entire circumference of the trunk. In all of analyzed samples the damage caused by very low temperatures in 2010 was observed. Growth rings of vines were compared with ones of selected fruit trees.

Key words: vines, tree rings, wood anatomy, dendroclimatology

Wstęp

Winorośl to gatunek pierścieniowonaczyniowy, twardzielowy (Schweingruber 1990). Jest to roślina ciepłolubna, u której bezpośrednio narażone na działanie niekorzystnych warunków atmosferycznych są przede wszystkim nadziemne części krzewu, dzielące się na: zdrewniałe (pnie, ramiona wieloletnie, węzły krzewienia, pędy jednoroczne), pąki oraz wyrastające z nich elementy zielone (latorośle, liście, kwiatostany i owoce) (Kaszuba 1987).

Intensywność oraz czas trwania niekorzystnych warunków wpływa na lokalizację uszkodzeń,

które mogą pojawiać się tylko w pąkach i pędach lub również w zdrewniałych częściach krzewów. Wielkość zniszczeń zależy zarówno od odmiany winorośli, jak również stadium rozwojowego, w trakcie którego nastąpił spadek temperatury (po rozpoczęciu wegetacji czy w trakcie spoczynku zimowego). Zarówno dla winorośli, jak i większości roślin sadowniczych, najbardziej niebezpieczne są późne, wiosenne przymrozki, pojawiające się po rozpoczęciu wegetacji. Straty w płonach będą tym większe, im bardziej rośliny są zaawansowane w rozwoju. Natomiast pierwsze jesienne przymrozki niszczą liście winorośli i przerywają proces asymilacji. Wywiera to wpływ na sposób, w jaki roślina przygotowuje się do zimy. Bez większych szkód dla krzewu winorośl potrafi w fazie głębokiego spoczynku zimowego przetrzymać bardzo niską temperaturę. Należy wziąć pod uwagę także wiek winorośli, gdyż stare oraz zdrewniałe części krzewu są zdecydowanie bardziej odporne na mróz niż jednoroczne pędy czy zimujące oczka (Keller 2010; Moyer et al. 2001). Każda odmiana posiada swoją całkowitą mrozooporność (CM). Winorośl właściwa znosi spadek temperatury w okresie spoczynku zimowego na poziomie od -15°C do -23°C , a czasem nawet do -28°C , natomiast krzyżówki wytrzymują od -25°C do -35°C (Kaszuba 1987).

Nieliczne badania dendrochronologiczne winorośli ze Stanów Zjednoczonych wskazują na możliwość identyfikacji uszkodzeń mrozowych w zdrewniałej tkance tego gatunku (Goffinet 2000, 2004; Wolfe 2000) oraz w pąkach (Zabadał et al. 2007). Z badań anatomii drewna różnych gatunków drzew wiadomo, iż niska temperatura może oddziaływać na kambium, powodując odkładanie kilku warstw nieprawidłowo wykształconych komórek, które pojawiają się jako ciemniejsze pasmo zdeorganizowanych komórek, wewnątrz regularnego przyrostu. Deformacja cewek oraz rozwój tkanki kalusowej są cechami wyróżniającymi przyrosty mrozowe (Glock 1951; Glerum, Farrar 1966).

W Polsce mimo intensywnego rozwoju upraw winorośli brak jest badań dotyczących wpływu klimatu na przyrosty roczne tego gatunku, jak również oceny zniszczeń na winnicach po wyjątkowo mroźnych zimach oraz bardzo późnych przymrozkach wiosennych. Pierwsze próby oceny uszkodzeń mrozowych w polskich winnicach wykonywane były jedynie w oparciu o pięciostopniową skalę procentowych strat w pąkach (Sierpiński 2006).

Zastosowania metody dendrochronologicznej w agroklimatologii są nieliczne. Analiza przyrostowa wykorzystana została do wykrywania reakcji wzrostowej kambium u jabłoni *Malus domestica* z obszaru zachodnich Niemiec, dotkniętych suszą w roku 2003 (Burkhard et al. 2007). Przedmiotem badań były również przyrosty roczne wiśni ze Szwajcarii, gdzie uwzględniono wpływ warunków klimatycznych i fenologii na formowanie się naczyn (Obrecht 2008).

Celem prezentowanych wstępnych badań jest określenie wpływu warunków klimatycznych na formowanie się przyrostów winorośli oraz budowę anatomiczną drewna.

Material i metody

Material pochodzi z krzewów zlokalizowanych we Wrocławiu i Chorzowie. Pobrano krawki z pięciu krzewów, z różnych fragmentów rośliny, w tym z najstarszych fragmentów pni oraz kilkuletnich zdrewniałych pędów. Pomiary szerokości przyrostów rocznych wykonano na preparatach mikroskopowych z cienkich skrawków drewna. W celach porównawczych pobrano także odwierty z drzew owocowych (śliwa, jabłoni) zlokalizowanych we Wrocławiu. Poprawność pomiarów sprawdzono w programie COFECHA (Grissino-Mayer 2001), natomiast indeksację i uśrednienie krzywych osobniczych przeprowadzono w programie ARSTAN (Holmes 1999). Dane meteorologiczne pochodzą ze stacji pomiarowej Zakładu Klimatologii i Ochrony Atmosfery IGIRR UW r oraz z bazy Global Summary of the Day (dane dla Katowic). Dla obu stacji brano pod uwagę następujące parametry klimatyczne (mierzone na wysokości 2 m nad poziomem gruntu): średnia miesięczna temperatura powietrza, średnia minimalna miesięczna temperatura powietrza, miesięczne sumy opadów atmosferycznych, indeks przymrozkowy Gladstones'a obliczany według formuły (Stafne 2007):

$$SFIg = [(AT_{max} + AT_{min})/2] - T_{min_abs}$$

AT_{max} - średnia miesięczna maksymalna temperatura powietrza, AT_{min} - średnia miesięczna minimalna temperatura powietrza, T_{min_abs} - absolutna minimalna miesięczna temperatura powietrza (dla kwietnia, maja oraz kwietnia i maja łącznie).

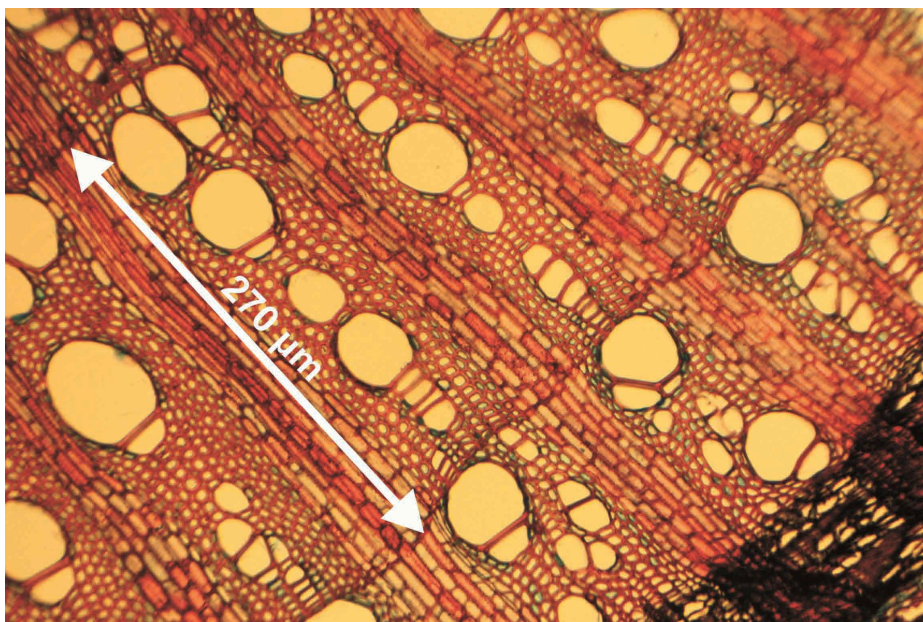
Ponadto tylko dla Wrocławia wykonano analizy uzupełniające uwzględniające wpływ temperatury powietrza średniej minimalnej mierzonej na różnych wysokościach (5 cm i 2 m).

Zależność pomiędzy warunkami meteorologicznymi i wielkością rocznego przyrostu analizowano za pomocą współczynnika korelacji liniowej Pearsona obliczanych dla „roku dendroklimatycznego” tzn. od maja roku poprzedzającego powstanie przyrostu do września roku bieżącego (Fritts 1976). Ze względu na stosunkowo krótkie serie czasowe (1991-2011) w interpretacji wyników przyjęto 90% przedział ufności.

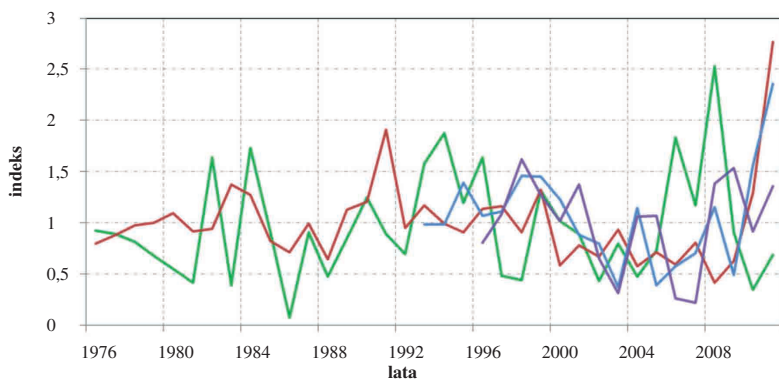
Wyniki i dyskusja

Przyrosty roczne winorośli

Przyrosty roczne winorośli charakteryzują się dobrze widocznymi granicami słojów o falistym przebiegu oraz stopniowym zmniejszaniem się wielkości naczyń od drewna wczesnego do późnego (Schweingruber 1990). Analizowane krzewy osiągnęły wiek 19 i 15 lat. Z uśrednionych pomiarów utworzono krzywe przyrostowe dla Wrocławia (1992-2011) i Chorzowa (1996-2011), które porównano także z krzywymi wzrostu innych gatunków drzew owocowych (Ryc. 1). Szerokość przyrostów radialnych analizowanych krzewów wynosiła od 7 do 270 μm (Fot. 1). Część przyrostów nie była w pełni wykształcona na całym obwodzie pnia. Brakujące przyrosty odnotowano m.in. w 2007 roku. Wyjątkowo wąskie przyrosty obserwowano w 2003, 2006 i 2007, natomiast szerokie w 1998, 2010 i 2011.



Fot. 1. Wyjątkowo szeroki przyrost z 2010 roku
Photo 1. Extremely wide ring from 2010



Ryc. 1. Standaryzowane serie przyrostowe winorośli (linia niebieska — Wrocław; fioletowa — Chorzów), śliwy (linia zielona) i jabłoni (linia czerwona)

Fig. 1. Standardized series of rings width of grapes (blue line for Wrocław; violet - for Chorzów), plum (green line) and apple (red line) trees

Wartość współczynnika korelacji między sekwencjami przyrostowymi winorośli wahała się od 0,36 do 0,82 (Tab. 1). Najwyższe wartości korelacji odnotowano między próbami pochodzącymi z różnych wysokości tego samego pnia oraz między pędami w obrębie tego samego krzewu. Jednakże do analiz dendroklimatycznych uśredniono najdłuższe serie pomiarowe pochodzące z różnych krzewów (wrA i wrB). Porównanie krzywych przyrostowych winorośli z wybranymi gatunkami drzew owocowych, wykazało największe podobieństwo z krzywą wzrostu jabłoni ($r=0,7$).

Tab. 1. Charakterystyka sekwencji przyrostowych winorośli z Wrocławia
Table 1. Characteristics of an incremental sequences of vines from Wrocław

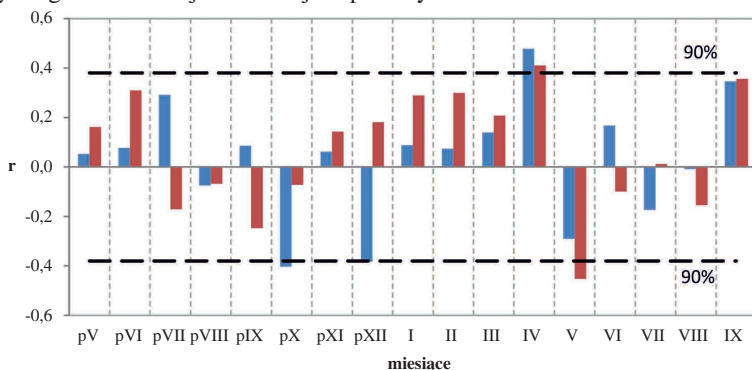
| kod próby | zasięg czasowy (liczba przyrostów) | współczynnik korelacji ze średnią | średnia szerokość przyrostu rocznego [mm] | średnia wrażliwość |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------|
| wrB08 | 1997-2011 (15) | 0,82 | 0,13 | 0,70 |
| wrB07 | 1997-2011 (15) | 0,64 | 0,13 | 0,67 |
| wrB06 | 1999-2010 (12) | 0,79 | 0,08 | 0,72 |
| wrB05 | 1998-2011 (14) | 0,72 | 0,14 | 0,73 |
| wrA04 | 2000-2011 (12) | 0,56 | 0,09 | 0,54 |
| wrA02 | 1993-2011 (19) | 0,58 | 0,08 | 0,73 |
| wrA01 | 1992-2011 (20) | 0,36 | 0,08 | 0,84 |
| kl02 | 2004-2009 (6) | 0,69 | 0,06 | 0,74 |

Wpływ warunków meteorologicznych na szerokość przyrostów

Przeprowadzone badania dendroklimatyczne potwierdzają, że winorośl jest rośliną wrażliwą na późne wiosenne i wczesne jesienne przymrozki oraz bardzo niskie temperatury w okresie spoczynku zimowego. Wyniki analizy dendroklimatycznej wskazują na istnienie istotnego związku pomiędzy termiką początku i końca okresu wegetacyjnego a szerokością rocznego przyrostu winorośli (Ryc. 2). W obu analizowanych lokalizacjach najwyższe wartości współczynnika korelacji otrzymano pomiędzy szerokością przyrostu rocznego a średnią miesięczną temperaturą kwietnia ($r=0,38$) oraz średnią minimalną temperaturą kwietnia i września (Ryc. 2). Generalnie otrzymano wyższe wartości zależności w obliczeniach uwzględniających temperaturę średnią minimalną niż temperaturę średnią. O wyjątkowo wysokiej wrażliwości winorośli na niskie temperatury świadczy ujemna

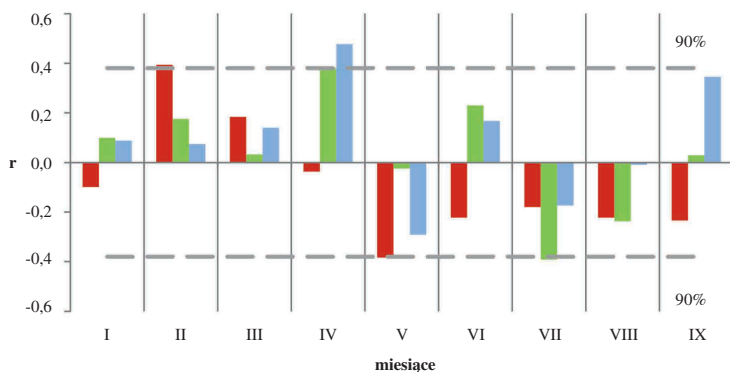
korelacja przyrostu radialnego ze wskaźnikiem zagrożenia przymrozkowego SFIg. Największe zależności uzyskano dla SFIg obliczanego dla absolutnej minimalnej temperatury powietrza kwietnia i maja ($r = -0,6$ dla Wrocławia oraz $r = -0,45$ dla Chorzowa). Stwierdzono także negatywny wpływ wysokich temperatur w maju na szerokość przyrostu (Ryc. 2), co wiąże się z wrażliwością winorośli na niedobór opadów w tym miesiącu.

Obliczenia wykonane dla krzewów z Wrocławia uwzględniające pomiary temperatury na różnych wysokościach (5 cm oraz 200 cm), wykazały pewne różnice (Ryc. 3). Zmiany temperatury na wysokości 5 cm są bardziej istotne dla rozwoju winorośli w miesiącach kwietniu oraz lipcu. Najwyższe korelacje dla temperatury mierzonej na 2 metrach uzyskano dla średniej miesięcznej temperatury lutego oraz średniej minimalnej temperatury kwietnia i września.



Ryc. 2. Zależność szerokości przyrostów rocznych winorośli z dwóch lokalizacji (Wrocław — niebieskie słupki, Chorzów — czerwone słupki) od średniej minimalnej temperatury powietrza (200 cm) w miesiącach roku poprzedzającego powstanie przyrostu (p) oraz roku bieżącego

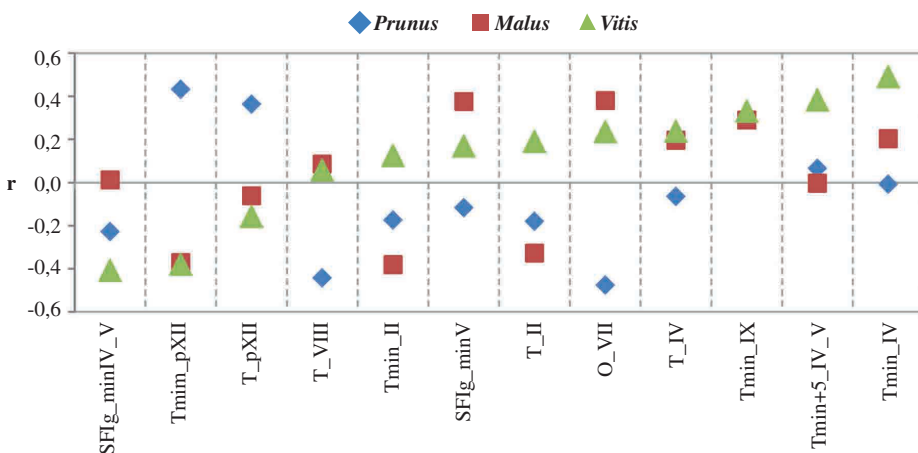
Fig. 2. Dependence of the width of annual rings of vine from two locations (Wrocław - blue bars, Chorzów - red bars) on mean minimum air temperature in months of the year preceding the creation of growth (p) and the current year



Ryc. 3. Zależność szerokości przyrostów rocznych winorośli z Wrocławia od temperatury powietrza: średniej miesięcznej mierzonej na 200 cm (czerwone słupki), średniej minimalnej mierzonej na 200 cm (niebieskie słupki) oraz średniej minimalnej mierzonej na wysokości 5 cm (zielone słupki)

Fig. 3. Dependence of the width of annual rings of vine shrubs from Wrocław on the air temperature: monthly mean measured at a height of 200 cm (red bars), mean minimum measured at a height of 200 cm (blue bars) and mean minimum measured at a height of 5 cm (green bars)

Na rycinie 4 przedstawiono analizy korelacyjne wykonane dla wybranych parametrów meteorologicznych (zestawiono parametry o największym wpływie na aktywność kambium analizowanych gatunków). Porównanie reakcji dendroklimatycznej winorośli z innymi gatunkami drzew owocowych wskazuje na pewne podobieństwo do reakcji przyrostowej jabłoni (Ryc. 4). U obu gatunków zanotowano pozytywny wpływ opadów lipca oraz średniej temperatury kwietnia i temperatury minimalnej września oraz negatywny wpływ temperatury minimalnej grudnia na formowanie się kambium i tworzenie się drewna wtórnego. Reakcja dendroklimatyczna śliwy jest odmienna. Gatunek ten jest najbardziej wrażliwy na niskie temperatury średnie i średnie minimalne w okresie spoczynku (grudzień) oraz nadmierne opady w lipcu.



Ryc. 4. Zależność szerokości przyrостów rocznych winorośli (*Vitis*), śliwy (*Prunus*) i jabłoni (*Malus*) ze stanowiąc we Wrocławiu od wybranych parametrów meteorologicznych

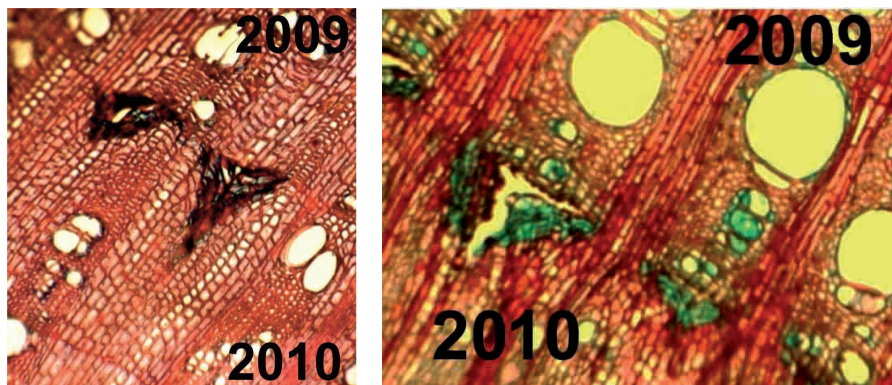
SFIg_minIV_V - współczynnik zagrożenia przymrozkowego obliczany z uwzględnieniem absolutnej minimalnej temperatury powietrza kwietnia i maja, Tmin_pXII - średnia miesięczna temperatura sierpnia, Tmin_II - średnia miesięczna temperatura minimalna lutego, SFIg_minIV - współczynnik zagrożenia przymrozkowego obliczany z uwzględnieniem absolutnej minimalnej temperatury powietrza kwietnia, T_II - średnia miesięczna temperatura lutego, O_VII - miesięczna suma opadów atmosferycznych lipca, T_IV - średnia miesięczna temperatura kwietnia, Tmin_IX - średnia miesięczna temperatura minimalna września, Tmin+5_IV_V - średnia miesięczna temperatura minimalna kwietnia i maja mierzona na wysokości 5 cm, Tmin_IV - średnia miesięczna temperatura minimalna kwietnia. Wszystkie pomiary pochodzą z 200 cm, chyba że zaznaczono inaczej.

*Fig. 4. Dependence of the width of annual rings of vine (*Vitis*), plum (*Prunus*) and apple (*Malus*) trees from Wrocław on selected meteorological parameters*

SFIg_minIV_V - spring frost index calculated including lowest monthly temperature of April and May, Tmin_pXII - average monthly minimum temperature of previous year December; T_pXII - average monthly temperature of previous year December, T_VIII - average monthly temperature of August, Tmin_II - average monthly minimum temperature of February, SFIg_minIV - spring frost index calculated including lowest monthly temperature of April, T_II - average monthly temperature of February, O_VII - monthly total precipitation of July, T_IV - average monthly temperature of April, Tmin_IX - average monthly minimum temperature of September, Tmin+5_IV_V - average monthly minimum temperature of April and May measured at a height of 5cm, Tmin_IV - average monthly minimum temperature of April. All measurements are derived from 200 cm, unless noted otherwise.

Uszkodzenia tkanki drzewnej

O negatywnym wpływie ekstremalnych warunków meteorologicznych (niskie temperatury okresu spoczynku oraz przymrozki wiosenne) na przyrosty roczne krzewów świadczy tkanka kalusowa widoczna na przekroju poprzecznym, zmiany anatomiczne tkanki drzewnej oraz zniszczenia pąków głównych i zapasowych. Przykłady uszkodzeń mrozowych widocznych w przekroju poprzecznym próbek drewna winorośli prezentuje fotografia 2. We wszystkich lokalizacjach w próbach pobranych z różnych części krzewów uszkodzenie mrozowe tkanek drewna wystąpiło w 2010 roku. W roku tym charakterystyczne było występowanie przez kilka kolejnych dni silnych mrozów w styczniu.



Fot. 2. Tkanki kalusowe widoczne w przekroju poprzecznym stojów datowanych na rok 2010, świadczące o wystąpieniu ekstremalnych warunków meteorologicznych w okresie życia winorośli *Photo 2. Callus tissue visible in the cross-section of rings dated to the year 2010, showing the occurrence of extreme weather conditions during the life of vines*
lewo/left – Wrocław, prawo/right – Chorzów

Podsumowanie

Wpływ ekstremalnych warunków meteorologicznych na wzrost winorośli może być określony za pomocą metod dendrochronologicznych. Bardzo wąskie przyrosty formują się w latach, w których notowano niskie temperatury oraz przymrozki w miesiącach wiosennych. Zdarzenia te zapisują się także w zmianach anatomicznych tkanki drzewnej. Każda odmiana posiada swoją całkowitą mrozoodporność, dlatego pojedyncze spadki temperatury powietrza i gleby poniżej jej progu prowadzą jedynie do niewielkich zniszczeń krzewu. Nie wszystkie drastyczne spadki temperatury będą uwidaczniały się w tkance drzewnej najstarszych fragmentów krzewów, a jedynie w jedno - trzyletnich pędach winorośli lub samych pąkach. Jednakże zgromadzony do tej pory niewielki materiał obserwacyjny nie pozwala na skonkretyzowanie wyników, tzn. określenia zakresów temperatur, intensywności lub długości trwania przymrozków.

Większa replikacja stanowisk pozwoli na uszczegółowienie wniosków dotyczących wpływu warunków klimatycznych na szerokość przyrostów *Vitis* spp. oraz pojawianie się uszkodzeń. Planuje się także znalezienie związku między równoczesnymi uszkodzeniami mrozowymi u winorośli i u wybranych gatunków drzew, co pozwoli na ocenę potencjalnego siedliska pod planowaną uprawę winorośli w sytuacji braku stacji meteorologicznej.

Jednym z kolejnych celów badań jest stworzenie metodologii do oceny wpływu warunków klimatycznych (głównie zjawisk mrozowych, przymrozkowych i susz) na wzrost i rozwój krzewów winorośli w potencjalnych i istniejących lokalizacjach (ocena zagrożenia siedliska). Jeśli po wykonaniu większej liczby prób oraz analiz potwierdzone zostaną zależności między reakcją drewna oraz pąków winorośli a wybranymi drzewami możliwe będzie wykonanie oceny potencjalnego siedliska pod kątem uprawy winorośli na

podstawie badań dendroklimatycznych okolicznych drzew, co może przyczynić się do lepszej lokalizacji winnic, a co za tym idzie, zmniejszania strat spowodowanych przez niekorzystne warunki topoklimatyczne.

Podziękowania

Badania prowadzone są w ramach stypendium programu „Przedsiębiorczy Doktorant”, współfinansowanego przez UE w ramach EFS oraz budżet Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego (Monika Białobrzaska) oraz w ramach stypendium projektu UPGOW „Uniwersytet Partnerem Gospodarki Opartej na Wiedzy” (Magdalena Opała). Autorki dziękują również mgr. Michałowi Godkowi (Uniwersytet Wrocławski) za pomoc podczas poboru prób.

Literatura

- Burkhard N., Johann S., Lankes Ch. 2007. *Growth/drought responses in tree rings of cultures apple trees*. Trace 2007 Tree ring in Archeology, Climatology and Ecology, Book of Abstract: 41.
- Dittmar Ch., Zech W., Elling W. 2003. *Growth variations of Common beech (Fagus sylvatica L.) under different climatic and environmental conditions in Europe a dendroecological study*. Forest Ecology and Management 173 (1-3): 63-78.
- Fritts H. C. 1976. *Tree rings and climate*. Academic Press, London-New York, San Francisco.
- Glerum C., Farrar J. L. 1966. *Frost ring formation in the stems of some coniferous species*, Can. J. Bot. 44: 879-886, doi:10.1139/b66-103.
- Glock W. S. 1951. *Cambial frost injuries and multiple growth layers at Lubbock, Texas*, Ecology 32: 28-36, doi:10.2307/1930970.
- Goffinet M. C. 2000. *The anatomy of low-temperature injury of grapevines*. Proceedings of the ASEV 50th Anniversary Meeting, Seattle, Washington, 19-23.06.2000. 94-100.
- Goffinet M. C. 2004. *Anatomy of Grapevine Winter Injury and Recovery*. Cornell University Extension Publication.
- Grissino-Mayer H. D. 2001. *Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA*. Tree-Ring Research 57: 205-221.
- Holmes R. L. 1999. *Dendrochronology program library. Users manual*. University of Arizona Press, Tucson.
- Kaszuba M. 1987. *Winorośl*. PWRiL. Warszawa.
- Keller M. 2010. *The Science of Grapevines - Anatomy and Physiology*. Elsevier: Academic Press, Burlington, MA.
- Moyer M., Mills L., Hoheisel G., Keller M. 2011. *Assessing and Managing Cold Damage in Washington Vineyards*. Washington State University Extension Publication.
- Obrecht A. 2008. *Wood Anatomy and Phenology: Vessel formation of beech, oak and cherry trees in relation to phenological observations*; Diplomarbeit an der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern.
- Schweingruber F. H. 1990. *Microscopic Wood Anatomy; Structural variability of stems and twigs in recent and subfossil woods from Central Europe*. 3rd edition 1990. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL.
- Sierpiński M. 2006. http://www.winnicpolskie.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=88&Itemid=80 dostęp 20.02.2012.
- Stafie E. T. 2007. *Indices for Assessing Site and Winegrape Cultivar Risk for Spring Frost*, International Journal of Fruit Science 7 (4): 121-132.
- van der Werf G. W., Sass-Klaassen U. G. W., Mohren G. M. J. 2007. *The impact of the 2003 summer drought on the intra-annual growth pattern of beech (Fagus sylvatica L.) and oak (Quercus robur L.) on a dry site in the Netherlands*, Dendrochronologia 25: 103-112.
- Wolfe W. 2000. *Vine and Vineyard Management Following Low Temperature Injury*. Proceedings of the ASEV 50th Anniversary Annual Meeting, Seattle, Washington, 19-23.06.2000.
- Zabadał T. J., Dami I. E., Goffinet M. C., Martinson T. E., Chien M. L. 2007. *Winter Injury to Grapevines and Methods of Protection*, E2930, Michigan State University Extension Publication.

Monika Białobrzaska^{1*}, Magdalena Opała²

*monika.bialobrzaska@uni.wroc.pl

¹Zakład Klimatologii i Ochrony Atmosfery,

Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Uniwersytet Wrocławski

²Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski