

WPŁYW RAKA JODŁY (*MELAMPSORELLA CARYOPHYLLACEARUM* (DC.) SCHRÖT.) NA SZEROKOŚĆ PIERŚCIENI DREWNA JODŁY POSPOLITEJ *ABIES ALBA* MILL.

Bartłomiej Bednarz¹✉, Mariusz Drożdż²

¹Institut Ochrony Ekosystemów Leśnych, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

²Leśnictwo Łodyna, Nadleśnictwo Ustrzyki Dolne
ul. Rynek 6, 38-700 Ustrzyki Dolne

ABSTRAKT

Wpływ rdzy jodły i goździkowatych (*Melampsorella caryophyllacearum* (DC.) Schröt.) na przyrosty roczne jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) z leśnictwa Bandrów w Nadleśnictwie Ustrzyki Dolne analizowano z zastosowaniem metod dendrochronologicznych. Chronologie badanych drzew z obecnością czarcich miotel oraz jodeł zdrowych podzielono na sześć dwunastoletnich odcinków czasowych. Wykazano, że w pierwszych czterech okresach, obejmujących 48 lat życia drzew, rak jodły nie miał istotnego wpływu na szerokość przyrostów radialnych. W późniejszym okresie u drzew dojrzałych obserwowano stopniowe zmniejszanie się szerokości pierścieni drewna. Odkładane przyrosty roczne jodeł z rakiem (5 i 6 okres przyrostowy) były istotnie mniejsze oraz o 4,0 mm (12%) i 9,8 mm (24%) w porównaniu z drzewami zdrowymi.

Słowa kluczowe: rdza jodły i goździkowatych, chronologia słoju rocznych, *Abies alba*, depresja przyrostów rocznych, czarcia miotła

WSTĘP

Obserwowane zróżnicowanie szerokości przyrostów rocznych drzew jest spowodowane zmienną aktywnością kambium, zależną głównie od temperatury, opadów, oświetlenia, zasobności środowiska w substancje biogenne oraz wodę (Jaworski, 2004; Schweingruber, 1988; Zielski i Krąpiec, 2004). Zależności te dotyczą nie tylko tegorocznych elementów klimatycznych, lecz także panujących w roku poprzednim, a nawet dwa i trzy lata wcześniej (Schweingruber, 1988). Do czynników wpływających na wielkość przyrostu radialnego drzew można zaliczyć, poza klimatycznymi, czynniki biotyczne, a więc działalność ssaków leśnych, owadów, bakterii i grzybów (Białobok, 1983).

Patogeny grzybowe bywają sprawcami wielu groźnych chorób drzew, powodując osłabienie ich odporności na niedobory wody, wysokie temperatury oraz czynniki biotyczne, jak na przykład gradacje owadów, wpływając zakłócająco na gospodarkę asymilatami, wodną i enzymologiczną. Grzyby mogą niszczyć strukturę komórkową i tkankową, a w konsekwencji powodować zaburzenia we wzroście i rozwoju drzew, co przekłada się na vitalność i stan zdrowotny lasu (Białobok, 1983; Jaworski, 2004).

Wśród patogenicznych grzybów występujących na jodle na uwagę zasługuje rdza jodły i goździkowatych (*Melampsorella caryophyllacearum* (DC.) Schröt.), zwana też rakiem jodły lub czarcią miotłą. Żywicielem

✉rlbednar@cyf-kr.edu.pl

pośrednim tego gatunku są rośliny runa leśnego z rodziny goździkowatych (Caryophyllaceae). Rak jodły jest groźną chorobą, atakującą gałęzie i pnie *Abies alba* we wszystkich klasach wieku. Objawem infekcji jest wytwarzanie czarcich mioteł, które powstają na skutek zahamowania rozwoju pędu głównego i patologicznego rozwoju wszystkich pączków bocznych. U zaatakowanych jodeł pojawiają się charakterystyczne wyrośla, będące gęstym skupieniem silnie rozgałęzionych, nienormalnie rozwiniętych pędów płonnych. Na jednym drzewie może występować więcej niż jedna czarcia miotła. Przy licznych ich pojawie dochodzić może do obumierania drzew (Eshenaur i Lamb, 2013; Greń, 2010). Powstanie raka pnia jest następstwem wrastania w pień „czarciej miotły” obecnej na pędzie zlokalizowanym blisko pnia. Pień, powiększając swe rozmiary na skutek przyrostu na grubość, wchłania zakażoną gałąź, która z biegiem czasu tworzy na pniu stale powiększającą się ranę o spękanej korze (Mańka, 1998). Rdza jodły i goździkowatych rozpowszechniona jest na całym obszarze podalpejskim, a w Polsce szczególnie na Podkarpaciu (Zieliński, 1952). *Melampsorella caryophyllacearum* rokrocznie powoduje znaczne straty gospodarcze w zakażonych drzewostanach.

Jodła pospolita stanowi jeden z głównych gatunków lasotwórczych Nadleśnictwa Ustrzyki Dolne, a co za tym idzie jest bardzo ważnym elementem w sortymentowej sprzedaży drewna (Plan..., 2009). Drewno drzew opianowanych przez raka jodły ma niską jakość i nadaje się tylko na opał (Krzysik, 1957).

Z tego względu oraz dla celów poznawczych podjęto badania zmierzające do określenia wpływu *Melampsorella caryophyllacearum* na szerokość słojeł jodły pospolitej. Zagadnienie jest ważne z punktu widzenia zarówno fitosanitarne, jak i ekonomiczne.

MATERIAŁ I METODY

Jodła stanowi 75% udziału składu gatunkowego drzewostanów i 81% zapasu drewna w leśnictwie Bandrów Nadleśnictwa Ustrzyki Dolne (Plan..., 2009). Drzewostany tego leśnictwa we wszystkich klasach wieku wykazują częste objawy infekcji rdzą jodły i goździkowatych.

Badania przeprowadzono w oddziale 189c o powierzchni 12,31 ha, w którym drzewostan wykazywał liczne charakterystyczne objawy choroby grzybowej

powodującej powstawanie czarcich mioteł na pniach drzew. Omawiany drzewostan jodłowy, w wieku 70–100 lat, o charakterze naturalnym i zwarciu przerywanym, porasta stromy stok górski o wystawie WS. Drzewostan jest wykształcony na siedlisku LGśw, na glebach brunatnych kwaśnych (Plan..., 2009). Według klasyfikacji fitosocjologicznej jest to buczyna karpacka (*Dentario glandulosae-Fagetum*).

Do badań dendrochronologicznych, za pomocą świdra przyrostowego Presslera, pobrano po dwa wywierty z losowo wybranych 30 drzew zdrowych i z takiej samej liczby osobników z rakiem jodły na pniu. Z jodeł z rakami wybrano drzewa, na których rak obejmował co najmniej $\frac{3}{4}$ obwodu pnia i występował pomiędzy koroną drzewa a wysokością pierśnicy, czyli powyżej 1,3 m od powierzchni gruntu. Wywierty pobierano z drzew na wysokości pierśnicy, wzdłuż prostopadłych do siebie promieni, z kierunków N i E.

Zebrane próby posłużyły do wykonania pomiarów szerokości słojeł, z wykorzystaniem komputerowego przyrostomierza PRZYROST WP SGM ver. 2.01 firmy Biotronik. Słojeł przyrostów pomierzono z dokładnością do 0,052 mm. W celu określenia poprawności datowania słojeł oraz homogeniczności badanej grupy drzew, surowe dane pomiarowe poddano analizie matematyczno-statystycznej z użyciem programu COFECHA (Holmes, 1986). Zweryfikowane pod względem prawidłowości przeprowadzenia pomiarów, oznaczone szerokości słojeł rocznych posłużyły do sporządzenia bezwzględnie datowanych chronologii dla każdego drzewa, a następnie do utworzenia średniej chronologii słojeł rocznych każdej grupy drzew: kontrolnej oraz z rakiem jodły. Bezwzględnie datowane chronologie standaryzowano w celu wyeliminowania z sekwencji fluktuacji długookresowych oraz trendów juvenilnych i senilnych. Standaryzację słojeł rocznych wykonano za pomocą programu ARSTAN (Cook i Holmes, 1986).

Uzyskane średnie chronologie jodły poddano analizom statystycznym w celu stwierdzenia istotności różnic w przyroście radialnym drzew zdrowych i drzew z objawami raka jodły. Następnie sekwencje słojeł rocznych obydwu grup drzew podzielono na sześć części obejmujących 12-letnie okresy przyrostowe. Okresy te zostały poddane analizom statystycznym za pomocą programu Statistica 9 PL (StatSoft, Inc.). Stwierdzano istotność różnic pomiędzy szerokościami

słojów w poszczególnych okresach życia badanych drzew. Aby sprawdzić czy rozkład przyrostów rzeczywistych i standaryzowanych jest zgodny z rozkładem normalnym, przeprowadzono testy Shapiro-Wilka. Ponieważ odrzucono hipotezę o zgodności przyrostów obu populacji jodeł z rozkładem normalnym, w dalszym wnioskowaniu statystycznym zastosowano nieparametryczny test U Manna-Whitneya na istotność różnic. W analizie testowano różnicę pomiędzy średnimi z dwóch grup jodeł, by sprawdzić czy w całym okresie życia drzew różnią się istotnie od siebie średnie rzeczywiste szerokości słojów rocznych jodeł zdrowych i drzew z rakiem. Istotność różnic dotyczących średnich szerokości słojów rocznych w wyróżnionych sześciu okresach 12-letnich pomiędzy obiema grupami jodeł – kontrolnej i z rakiem – zbadano za pomocą nieparametrycznego testu rangowej analizy wariancji Kruskala-Wallisa (1952) dla zmiennych niezależnych, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

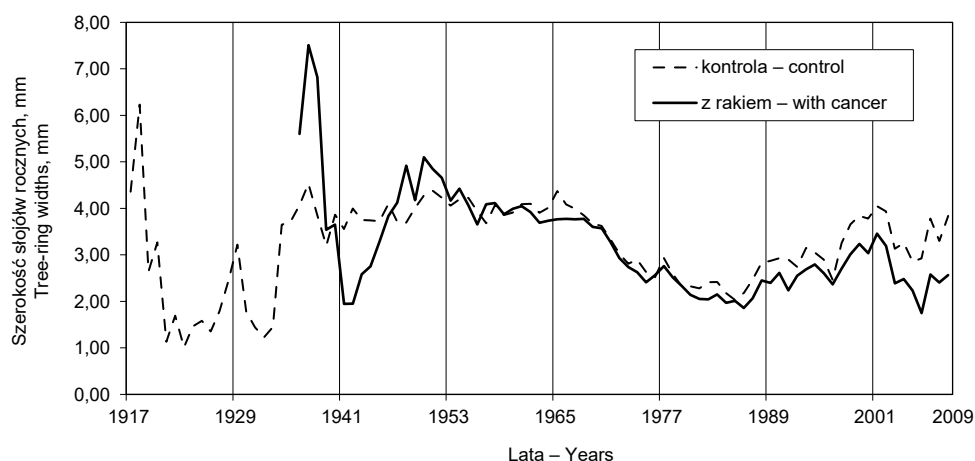
WYNIKI

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów 120 wywiertów opracowano 97-letnią bezwzględnie datowaną chronologię rzeczywistą dla drzew zdrowych oraz

72-letnią dla drzew zaatakowanych przez rdzę jodły i goździkowatych. Uzyskano również odpowiednie chronologie standaryzowane.

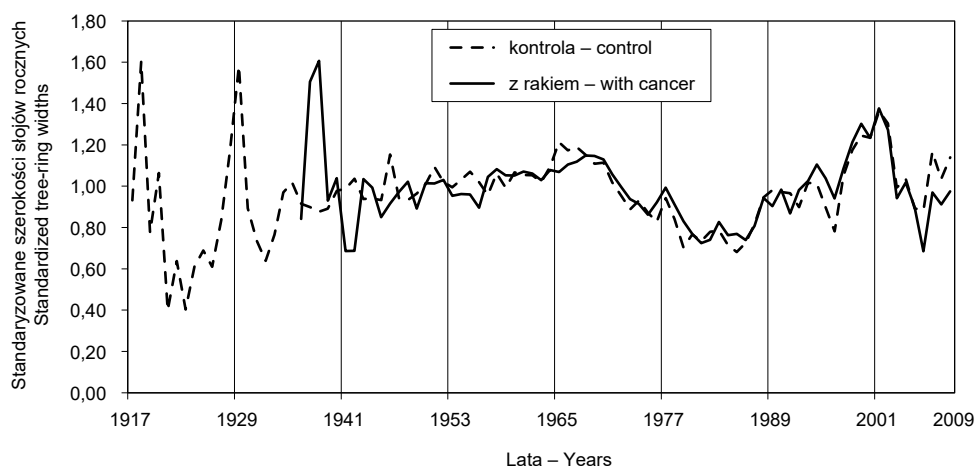
Przebieg chronologii w obydwu grupach analizowanych drzew nie wykazywał większych różnic do wieku około 50 lat, natomiast w okresie późniejszym wystąpiły pogłębiające się różnice pomiędzy drzewami zdrowymi i jodłami opanowanymi przez grzyba *Melampsorella caryophyllacearum* (rys. 1, 2).

Analizy rozkładu zmiennych z użyciem testu Shapiro-Wilka, dotyczących rzeczywistych szerokości słojów rocznych oraz przyrostów standaryzowanych w ciągu całego okresu życia drzew, wykazały, że nie zostały spełnione założenia dla testów parametrycznych. Wartość rozkładu średnich rzeczywistych wyniosła odpowiednio dla drzew zdrowych $p = 0,000824$ przy $N = 74$ ($\alpha = 0,05$) i dla drzew z objawami raka jodły $p = 0,000009$ przy $N = 74$ ($\alpha = 0,05$). Zatem zaistniały podstawy do odrzucenia hipotezy o zgodności rozkładu przyrostu rzeczywistego obu populacji z rozkładem normalnym. Dla średnich przyrostów standaryzowanych drzew zdrowych również zaistniały podstawy do odrzucenia hipotezy o rozkładzie zgodnym z rozkładem normalnym, gdyż wartości te wyniosły $p = 0,001314$ przy $N = 74$ ($\alpha = 0,05$). Natomiast nie



Rys. 1. Średnie bezwzględnie datowane chronologie słojów rocznych utworzone dla drzew zdrowych i zaatakowanych rakiem jodły pochodzących z drzewostanu jodłowego leśnictwa Bandrów, Nadleśnictwo Ustrzyki Dolne. Pionowymi liniami zaznaczono podział chronologii na okresy 12-letnie

Fig. 1. The average absolute dated chronologies of tree-ring widths created for healthy trees and infested by fir broom rust originated from stand of Bandrów Forest Division, Ustrzyki Dolne Forest District. The vertical lines indicate the division of chronology into 12-year periods



Rys. 2. Standaryzowane chronologie słoju rocznych utworzone dla drzew zdrowych i zaatakowanych rakiem jodły, pochodzących z drzewostanu jodłowego leśnictwa Bandrów, Nadleśnictwo Ustrzyki Dolne. Pionowymi liniami zaznaczono podział chronologii na okresy 12-letnie
Fig. 2. The standardised chronologies of tree-ring widths created for healthy trees and infested by fir broom rust originated from stand of Bandrów Forest Division, Ustrzyki Dolne Forest District. The vertical lines indicate the division of chronology into 12-year periods

zaistniały podstawy do odrzucenia hipotezy o rozkładzie normalnym dla drzew z objawami raka jodły, gdyż $p = 0,760356$ przy $N = 74$ ($\alpha = 0,05$).

W dalszym wnioskowaniu statystycznym, po zastosowaniu nieparametrycznego testu U Manna-Whitneya, uzyskano istotne różnice pomiędzy analizowanymi dwoma grupami jodeł (zdrowych i z objawami raka jodły), zarówno w rzeczywistych szerokościach słoju rocznych, jak i standaryzowanych. Dla rzeczywistych szerokości słoju rocznych wartości testu wynosiły $p = 0,032828$ i $N = 74$ przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. W przypadku standaryzowanych słoju rocznych $p = 0,970937$ dla $N = 74$ przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, co wskazuje na brak podstaw do odrzucenia hipotezy o równości średnich rocznych przyrostów jodeł zdrowych i drzew z objawami raka jodły.

Porównując średnie szerokości słoju rocznych w sześciu wyznaczonych 12-letnich okresach przyrostowych populacji jodeł zdrowych i porażonych rakiem jodły, stosując test rang Kruskala-Wallisa, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ (tab. 1), wykazano brak statystycznie istotnych różnic w średnim przyroście rzeczywistym w okresach 1–4 ($p > 0,05$), obejmujących w sumie 48 lat. Istotne różnice wystąpiły natomiast

Tabela 1. Porównanie sześciu 12-letnich odcinków chronologii jodły z rakiem i drzew zdrowych za pomocą testu rang Kruskala-Wallisa

Table 1. The comparison of six-12 year periods chronologies of Silver fir with cancer and healthy fir by means test range of Kruskal-Wallis

Numer okresu Period no.	Lata Years	Wyniki testu Test results	Wartość p Value p
1	1938–1949	$H = 1,021772, N = 74,$ $p = 0,3121$	$p > 0,05$
2	1950–1961	$H = 0,563333, N = 74,$ $p = 0,4529$	$p > 0,05$
3	1962–1973	$H = 1,101443, N = 74,$ $p = 0,2365$	$p > 0,05$
4	1974–1985	$H = 2,803332, N = 74,$ $p = 0,0941$	$p > 0,05$
5	1986–1997*	$H = 6,752936, N = 74,$ $p = 0,0094^*$	$p < 0,05^*$
6	1998–2009*	$H = 10,08333, N = 24,$ $p = 0,0015^*$	$p < 0,05^*$

*Poziom istotności $\alpha = 0,05$.

*Level of significance $\alpha = 0.05$.

w okresach 5 i 6, w latach 1986–1997 i 1998–2009 ($p \leq 0,05$).

U drzew zdrowych wartość średniej rzeczywistej szerokości słoju rocznych w okresie 5 wyniosła 2,680 mm/rok i w okresie 6 3,431 mm/rok. U drzew z objawami raka jodły wartości te wyniosły odpowiednio 2,350 mm/rok i 2,611 mm/rok. Różnice pomiędzy badanymi grupami jodeł w okresie 5 (1986–1997) były istotne i wyniosły 0,330 mm/rok na korzyść drzew zdrowych, a w okresie 6 (1998–2009) wzrosły do 0,820 mm/rok. Zmniejszenie szerokości słoju rocznych jodeł porażonych rdzą jodły i goździkowatych względem drzew kontrolnych stanowiło odpowiednio 12% i 24% średniej rzeczywistej szerokości słoju rocznych.

DYSKUSJA

Obecność raka jodły w dolnoreglowych drzewostanach jodłowych Nadleśnictwa Ustrzyki Dolne pozostaje w ścisłym związku z istnieniem materiału infekcyjnego w niepielęgnowanych drzewostanach. Wydaje się, że w Bieszczadach patogen grzybowy wywołujący raka jodły znalazł szczególnie sprzyjające warunki do wzrostu i rozwoju, co w połączeniu z zaniedbaniami pielęgnacyjnymi spowodowało jego masowe pojawy w jedlinach niemal wszystkich klas wieku.

O ile obecność objawów raka jodły na pniu drzew może sygnalizować straty przyrodnicze i gospodarcze związane z jakością drewna, o tyle do tej pory nie został zbadany szczegółowo jego wpływ na witalność oraz ogólny wzrost i rozwój jodły. W literaturze polskojęzycznej trudno jest znaleźć prace poruszające podobną tematykę. Nieliczne publikacje o charakterze fitopatologicznym dotyczyły głównie etiologii patogenu. Skupiały się na warunkach przyczyniających się do występowania raka jodły, częstości ataków i wpływie infekcji *Melampsorella caryophyllacearum* na wygląd drzew oraz jakość drewna (Greń, 2010; Mańka, 1998). Podobną tematyką zajmowali się także zagraniczni autorzy: Nicolotti i in. (1995), Solla i Camarero (2006), Irimia (2010), Eshenaur i Lamb (2013).

Prace Solla i in. (2006), prowadzone w Pirenejach nad jodłą opanowaną przez rdzę jodły i goździkowatych, wskazują na 20-procentową redukcję przyrostu

na grubość drzew w latach 1983–2002. W tym czasie w ksylemie drzew porażonych zanotowano częste występowanie traumatycznych przewodów żywicznych.

Jak wykazano w prezentowanych badaniach, długookresowa obecność raka jodły na pniach wywierała negatywny wpływ na szerokość odkładanych słoju przez starsze drzewa. Różnice w średnich rzeczywistych szerokościach pierścieni drewna w ciągu pierwszych 50 lat życia drzew, tj. w okresach juvenilnym i intensywnego przyrostu analizowanej grupy jodeł z rakiem, nie różniły się istotnie od drzew zdrowych (kontrola). Jednak różnice te stały się istotne u drzew wieku dojrzałego. Przedstawione stwierdzenie potwierdzono przez podział chronologii słoju rocznych jodeł na sześć 12-letnich okresów. Porównując grupę kontrolną drzew zdrowych i drzew z rakiem jodły, wykazano brak istotnych różnic w szerokościach słoju rocznych pomiędzy czterema pierwszymi okresami ich życia oraz wystąpienie istotnych różnic w dwóch końcowych odcinkach chronologii (5 i 6). Rak jodły u drzew dojrzałych (lata 1986–1997 i 1998–2009) powodował 12-procentową i 24-procentową redukcję szerokości słoju rocznych. Spostrzeżenie Solla i in. (2006), mówiące o zmniejszeniu szerokości odkładanych przyrostów rocznych, dotyczyło chronologii jodeł z okresu 1983–2002, czyli drzew w wieku podobnym do jodeł badanych.

WNIOSKI

Nie odnotowano istotnego wpływu infekcji jodeł przez *Melampsorella caryophyllacearum* na przyrost radialny drzew w okresie młodości, natomiast negatywny wpływ wystąpił w okresie dojrzałości drzew.

Istotna różnica w szerokości pierścieni drewna wystąpiła w ostatnich dwóch wyróżnionych okresach życia drzew (1986–1997 i 1998–2009). Wyniosła odpowiednio 12% oraz 24% na korzyść drzew wolnych od raka.

Uzyskane wyniki wskazują na pilną potrzebę zmiany podejścia leśników do sposobu przeprowadzania czyszczeń i trzebieży w jedlinach, albowiem pozostawianie młodych drzew z objawami raka jodły skutkuje przyszłymi wymiernymi stratami przyrodniczymi i gospodarczymi.

PIŚMIENICTWO

- Białobok, S. (1983). Jodła pospolita. Warszawa–Poznań: PWN.
- Cook, E. R., Holmes, R. L. (1986). Quality control of cross-dating and measuring. A users manual for program ARSTAN. W: R. L. Holmes, R. K. Adams, H. C. Fritts (red.), Tree – ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin (s. 50–56). Chronology Series VI. Tuscon: University of Arizona.
- Eshenaur, B., Lamb, E. (2013). Fir broom rust *Melampsorella caryophyllacearum* (Schröt.). New York State Integrated Pest Management Program, Cornell University, NYSAES, Geneva, NY. Ornamentals. www.nysipm.cornell.edu/factsheets/n_gh/fbr.pdf
- Greń, C. (2010). Roślinne potworki. Wiedza i Życie, 5, 30–33.
- Holmes, R. L. (1986). Quality control of crossdating and measuring. A users manual for program COFECHA. W: R. L. Holmes, R. K. Adams, H. C. Fritts (red.), Tree – ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin (s. 41–49). Chronology Series VI. Tuscon: University of Arizona.
- Irimia, R. (2010). Chorology and ecology of *Melampsorella caryophyllacearum* (Schröt). species (Fungi, Basidiomycota) in Oituz river Basin. Anal. Științ. Univ. Al. I. Cuza Iași, Biologie Vegetală, 56(2), 61–68.
- Jaworski, A. (2004). Charakterystyka hodowlana drzew leśnych (s. 52–76). Kraków: Gutenberg.
- Krzysik, F. (1957). Nauka o drewnie. Warszawa: PWRiL.
- Kruskal, W. H., Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. J. Am. Stat. Assoc., 47(260), 583–621.
- Mańka, K. (1998). Fitopatologia leśna. Warszawa: PWRiL.
- Nicolotti, G., Cellerino, G. P., Anselmi, N. (1995). Distribution and damage caused by *Melampsorella caryophyllacearum* in Italy. W: P. Capretti, U. Heiniger, R. Stephan (red.), Shoot and foliage diseases in forest trees. Proc. IUFRO (s. 289–291). Vallombrosa, Italy.
- Plan urzędzenia lasu Nadleśnictwa Ustrzyki Dolne na lata 2009–2018 (2009).
- Schweingruber, F. H. (1988). Tree rings. Basics and applications of dendrochronology. Dordrecht, Holland: Kluwer Acad. Publ.
- Solla, A., Camarero, J. J. (2006). Spatial patterns and environmental factors affecting the presence of *Melampsorella caryophyllacearum* infections in an *Abies alba* forest in NE Spain. Forest Pathol., 36(3), 165–175.
- Solla, A., Sánchez-Miranda, A., Camarero, J. J. (2006). Radial-growth and wood anatomical changes in *Abies alba* infected by *Melampsorella caryophyllacearum*: a dendroecological assessment of fungal damage. Ann. For. Sci., 63, 293–300.
- Zieliński, T. (1952). Jodła pospolita. Warszawa: PWRiL.
- Zielski, A., Krąpiec, M. (2004). Dendrochronologia. Warszawa: Wyd. Nauk. PWN.

THE EFFECT OF FIR CANCER (*MELAMPSORELLA CARYOPHYLLACEARUM* (DC.) SCHRÖT.) ON THE SILVER FIR TREE-RING WIDTHS

ABSTRACT

The effect of fir broom rust (*Melampsorella caryophyllacearum* (DC.) Schröt.) on the tree-ring widths of *Abies alba* Mill. originated from Bandrów Forest District, Ustrzyki Dolne Forest Division have been investigated with used of dendrochronological methods. The chronologies of the both trees with witches' brooms and healthy firs were divided into 6 eleven years old time periods. It has been proved that in the first 4 periods of life, covering 48 years of the tree's life, the fir cancer did not significantly affect the width of tree-rings. Later the mature trees (5 and 6 section of chronology) with fir broom rust had displayed a significant, gradual decrease in the widths of the annual tree-rings by 4.0 mm (12%) and 9.8 mm (24%) to compare to healthy trees.

Keywords: fir broom rust, tree-rings chronology, *Abies alba*, radial growth decrease, witches' broom