

SEBASTIAN PILICHOWSKI, RAFAŁ FILIP, ADRIANNA KOŚCIELSKA, GABRIELA ŻAROFFE, AGATA ŻYŻNIEWSKA, GRZEGORZ ISZKUŁO

Wpływ *Viscum album* ssp. *austriacum* (Wiesb.) Vollm. na przyrost radialny *Pinus sylvestris* L.

Influence of *Viscum album* ssp. *austriacum* (Wiesb.) Vollm. on tree radial growth of *Pinus sylvestris* L.

ABSTRACT

Pilichowski S., Filip R., Kościelska A., Żaroffe G., Żyżniewska A., Iszkuło G. 2018. Wpływ *Viscum album* ssp. *austriacum* (Wiesb.) Vollm. na przyrost radialny *Pinus sylvestris* L. Sylwan 162 (6): 452-459.

European mistletoe (*Viscum album* L.) is a semi-parasitic plant attacking selected tree species. It adversely affects the functioning of its hosts especially at water management level. Scots pine infestation by mistletoe subspecies *Viscum album* ssp. *austriacum* becomes more and more common. Mistletoe has been proven to have a negative impact on Scots pine cones, seedlings and seeds quality. Thus, we decided to analyze the influence of this parasite on the radial growth of the Scots pine. The following hypotheses were tested: 1) mistletoe has negative effects on the radial growth of trees, and 2) trees infested with mistletoe are more sensitive to climatic factors, especially to low precipitation. The study was performed in western Poland, in the Scots pine excluded seed stand in the Bolewice Forest District (52°23'54"N, 16°05'01"E). We determined the association between pine radial growth and climatic factors (precipitation and temperature). Wood samples (cores) were taken from 15 infested and 15 non-infested trees and subjected to the standard procedure of dendrochronological dating. The study showed that radial growth rate decreased more intensively in trees infested by mistletoes, but it did not show the different climatic response of trees infested and non-infested, probably due to a short time of infestation. Scots pine is the main economic forest species in Poland and mistletoe can significantly affect the growth and development of pines. It is necessary to investigate the impact of mistletoe on stands and ecosystems, as well as to determine the methods of prevention and management of mistletoe tree stands.

KEY WORDS

mistletoe, Scots pine, infestation, dendroclimatology

ADDRESSES

Sebastian Pilichowski ⁽¹⁾ – e-mail: s.pilichowski@wnb.uz.zgora.pl

Rafał Filip ⁽¹⁾ – e-mail: rafalfilip1988@o2.pl

Adrianna Kościelska ⁽¹⁾ – e-mail: a.koscielska89@gmail.com

Gabriela Żaroffe ⁽¹⁾ – e-mail: gzaroffe@gmail.com

Agata Żyżniewska ⁽¹⁾ – e-mail: agaw0606@gmail.com

Grzegorz Iszkuło ^(1, 2) – e-mail: iszkulo@man.poznan.pl

⁽¹⁾ Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Zielonogórski; ul. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra

⁽²⁾ Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk; ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik

Wstęp

Jemioła pospolita (*Viscum album* L.) to półpasożytnicza roślina atakująca wybrane gatunki drzewiaste. Charakter nie w pełni pasożytniczy wynika z jej zdolności do fotosyntezy. Gospodarz stanowi źródło wody i soli mineralnych [Glatzel, Geils 2009], których pobieranie przez jemiołę prowadzi do obniżenia ich lokalnego stężenia [Lamont, Southall 1982; Koppers 1992]. Wysoka akumulacja składników mineralnych powoduje powstanie znacznej różnicy stężeń między tkankami gospodarza i jemioły pospolitej, czego skutkiem jest silne przenikanie wody do pasożyta [Mutlu i in. 2016]. Dlatego nawet podczas suszy jemioła potrafi transpirować, pomimo zamkniętych aparatów szparkowych gospodarza. Powoduje to zwiększanie niedoboru wody oraz zmniejszanie ilości pobieranego węgla gospodarza [Zweifel i in. 2012]. Jednak jemioła oprócz wody i soli mineralnych pobiera z porażonej rośliny również węglowodany. Oszacowano, że od 22 do 43% węgla w jemiole pochodzi od rośliny-gospodarza [Richter, Popp 1992; Popp, Richter 1998]. W konsekwencji często obserwowany jest negatywny wpływ jemioły na porażone rośliny, które mają mniejszy aparat asymilacyjny [Rigling i in. 2010] oraz mniejsze szyszki i nasiona [Jasiczek i in. 2017]. Porażone drzewa gorzej kwitną i obradzają, są podatniejsze na ataki szkodników, a w skrajnych przypadkach porażenie prowadzi do śmierci gospodarza [Tsopelas i in. 2004; Dobbertin, Rigling 2006; Mutlu i in. 2016; Jasiczek i in. 2017].

Obserwowana jest również redukcja przyrostu na grubość porażonych drzew. Spadek tempa przyrostu radialnego u porażonych przez jemiołę drzew zaobserwowano u *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe [Kanat i in. 2010] oraz północnoamerykańskich jodeł porażonych przez *Arceuthobium abietinum* Engelmann ex Munz Murray [Mehl i in. 2013]. Badania na temat wpływu jemioły na przyrosty radialne sosny zwyczajnej ograniczają się do jednej populacji w Niemczech [Kollas i in. 2017] i Szwajcarii [Yan i in. 2016] oraz wykonywane były na południowym krańcu występowania sosny na Półwyspie Iberyjskim [Sanguessa-Barreda i in. 2012]. W przypadku badań w Niemczech i Hiszpanii wykazano istotny negatywny wpływ jemioły na redukcję słoju rocznych, jednak na Półwyspie Iberyjskim był on notowany jedynie w okresach suszy [Sanguessa-Barreda in. 2012; Kollas i in. 2017]. Badania prowadzone w Szwajcarii wykazały, że usuwanie jemioły rozpięchłej z sosny zwyczajnej prowadzi do zwiększenia przyrostów na grubość i wysokość [Yan i in. 2016].

Problem z występowaniem jemioły na sosnie zwyczajnej staje się coraz poważniejszy w gospodarce leśnej. W Brandenburgii (wschodnie Niemcy) wskaźnik porażenia sosen jemiołą wzrósł z 1% w 2009 roku do 11% w 2015 roku [Kollas i in. 2017]. Jednocześnie górna granica występowania jemioły przesunęła się w Alpach o 200 m [Dobbertin i in. 2005]. Tak dynamiczne tempo porażania jemiołą terenów chłodniejszych związane jest z obserwowanym ociepleniem klimatu [Dobbertin i in. 2005]. Skala problemu porażenia sosen jemiołą w Polsce dotychczas jest nieznaną. Pilotażowe badania w Nadleśnictwie Turek (wschodnia Wielkopolska) wykazały, że 46% z ponad 300 analizowanych osobników porażonych było jemiołą [Kołodziejek, Kołodziejek 2013]. Ponieważ sosna zwyczajna jest dominującym gatunkiem lasotwórczym w Polsce, potencjalnie negatywny wpływ jemioły może spowodować wymierne straty ekonomiczne.

Celem niniejszej pracy było zbadanie: a) wpływu jemioły na przyrost radialny sosen oraz b) reakcji klimatycznej drzew porażonych przez tego pasożyta. W związku z tym postawiono następujące hipotezy badawcze: 1) jemioła negatywnie wpływa na przyrosty radialne drzew oraz 2) drzewa porażone przez jemiołę będą wrażliwsze na czynniki klimatyczne, szczególnie na niski poziom opadów.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono w drzewostanie nasiennym sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) (52°23'54"N, 16°05'01"E) w Nadleśnictwie Bolewice (RDLP w Szczecinie), oddział leśny 601g, na siedlisku lasu mieszanego świeżego rosnącego na glebie rdzawej właściwej na piaskach i żwirach sandrowych. W drzewostanie tym obserwuje się w ostatnich latach powszechne występowanie jemioli popielitej rozpierzchłej (*V. album* ssp. *austriacum*). Pierwsze piętro drzewostanu stanowiły sosny oraz pojedyncze buki i brzozy.

Do badań zostało wybranych 15 dominujących drzew wolnych od jemioli oraz 15 drzew porażonych. Zmierzono obwód drzew na wysokości 1,3 m od poziomu gruntu oraz wysokość drzew za pomocą wysokościomierza Suunto. Ponadto świdrem Presslera pobrano po dwa wywierunki na wysokości 1,3 m (z kierunku południowego i zachodniego). Wywierunki przyklejono do wyprofilowanych listewek i oszlifowano, a następnie zeskanowano przy użyciu skanera marki Epson Perfection V700. W programie WinDendro (Regent Inc.) zmierzono szerokość słoju przyrostu rocznego i otrzymano chronologie rzeczywiste dla drzew porażonych i nieporażonych. Poprawność datowania słoju drewna sprawdzono programem Cofecha. W celu usunięcia fluktuacji oraz trendów długookresowych i wyrównania wariancji chronologie rzeczywiste (oddzielnie dla drzew porażonych i nieporażonych) poddano standaryzacji w programie Arstan [Holmes 1994]. Zestawione chronologie rezidualne były podstawą analiz dendroklimatologicznych za pomocą oprogramowania DendroClim 2002 [Biondi, Waikul 2004]. Stosując metodę bootstrap ($p=0,05$), sprawdzono związek badanych czynników klimatycznych (średnia temperatura miesięczna, miesięczna suma opadów atmosferycznych) i przyrostów rocznych sosen. Dane klimatyczne dla obszaru badań pobrano dla stacji meteorologicznej Poznań (<https://climexp.knmi.nl>) dla lat 1952-2014. Analizę wpływu jemioli na średnią szerokość słoju rocznych wykonano dla lat 1930-2015. Porównano tempo przyrostu na grubość drzew porażonych i nieporażonych przez jemiolę, wykorzystując szerokości przyrostów rocznych (chronologia rzeczywista) oraz odchylenia od średniej szerokości słoju rocznych. Odchylenia od średniej szerokości słoju rocznych powstały jako różnica szerokości przyrostu rocznego w danym roku i średniego przyrostu rocznego drzewa. Analiza posłużyła do zobrazowania tempa przyrostu na grubość w ostatnich latach (czyli tych, w których nastąpiło porażenie jemiolą). Analiza statystyczna rzeczywistej szerokości słoju rocznych, wysokości oraz obwodu na wysokości 1,3 m drzew zostały przeprowadzone za pomocą testu t-Studenta (dane spełniały założenie rozkładu normalnego).

Wyniki

Drzewa porażone były średnio istotnie wyższe, miały większy obwód pnia oraz szerokość słoju rocznych (tab.). Średnia szerokość słoju rocznych drzew porażonych była wyższa przez cały okres wzrostu drzew (ryc. 1a), jednak w latach 2008-2015 wartości odchylenia od średniej szerokości słoju rocznych były niższe u drzew porażonych w porównaniu do drzew wolnych od porażenia, a różnice między tymi dwiema kategoriami pogłębiały się w ostatnich latach (ryc. 1b).

Zidentyfikowano dodatni wpływ średniej wartości temperatury miesięcznej w okresie grudzień-marzec na przyrost drzew bez jemioli i w okresie styczeń-marzec na przyrost drzew porażonych (ryc. 2). Ponadto wykazano ujemny wpływ temperatury lipca na drzewa porażone (ryc. 2). Na przyrost drzew miały wpływ również opady w lutym i czerwcu – zarówno w przypadku drzew porażonych, jak i osobników bez jemioli (ryc. 3).

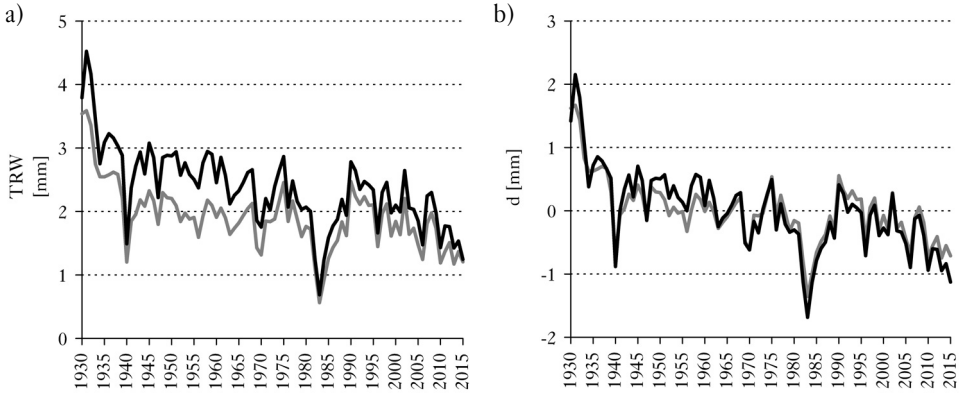
Tabela.

Średnia (i błąd standardowy) wysokość (H [m]), obwód (O [cm]) i szerokość przyrostów rocznych (TRW [mm]) sosen z jemiolą (Jemiola) i bez jemioli (Kontrola)

Mean (and standard error) height (H [m]), girth (O [cm]) and tree-ring width (TRW [mm]) of *P. sylvestris* with (Jemiola) and without (Kontrola) mistletoe

	H	O	TRW
Jemiola	35,47 (0,689) a	142,7 (3,960) a	2,318 (0,105) a
Kontrola	32,20 (0,545) b	129,9 (3,243) b	1,892 (0,074) b

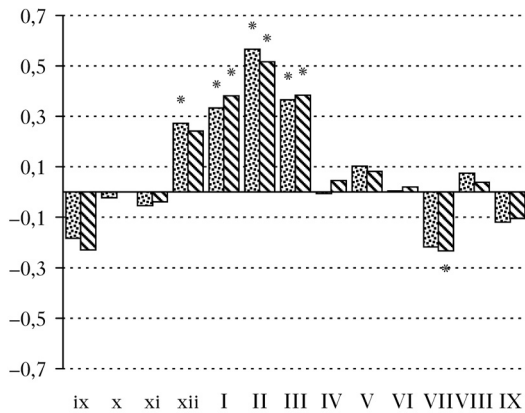
Litery oznaczają różnice istotne statystycznie (test t-Studenta, p=0,05)
 Letters indicate significant differences (Student's t test, p=0.05)



Ryc. 1.

Średnia szerokość przyrostów rocznych (a) oraz odchylenie przyrostu w danym roku od średniej wieloletniej (b) drzew porażonych (czarny) i nieporażonych (szary) przez jemiolę

Mean tree-ring width (a) and deviation of the given year increment from the long-term average (b) for trees non-infested (grey) and infested (black) by mistletoe



Ryc. 2.

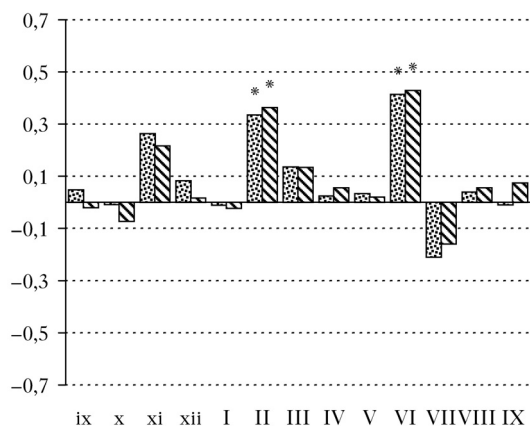
Współczynnik korelacji miesięcznej temperatury powietrza i szerokości przyrostów rocznych sosen porażonych (ukośne linie) i nieporażonych (kropki)

Correlation coefficient between tree-ring width and mean monthly temperature for trees infested (diagonal lines) and non-infested (dots) by mistletoe

Małe litery oznaczają miesiące roku poprzedniego; gwiazdka oznacza wyniki istotne statystycznie (p<0,05)
 Lowercase letters indicate months of the previous year; asterisk indicates significant relationship (p<0.05)

Dyskusja

W porównaniu do drzew nieporażonych drzewa porażone przez jemiolę wykazywały większą redukcję przyrostu radialnego w latach 2008-2015. W ostatnim roku kształtowania się przyrostu radialnego (2015) odchylenie od średniej szerokości słoju drzew porażonych było niższe o 37% w porównaniu do drzew bez jemioli (ryc. 1b). Podobnego rzędu (29%) redukcję przyrostu drzew



Ryc. 3.

Współczynnik korelacji miesięcznej sumy opadów atmosferycznych i szerokości przyrostów rocznych sosen porażonych (ukośne linie) i nieporażonych (kropki)

Correlation coefficient between tree-ring width and monthly precipitation for trees infested (diagonal lines) and non-infested (dots) by mistletoe

oznaczenia jak na rycinie 2; denotes as on figure 2

zanotowano we wschodnich Niemczech w warunkach silnego porażenia przez jemiolę [Kollas i in. 2017]. Z kolei przyrost na grubość sosny czarnej *P. nigra* subsp. *pallasiana* został ograniczony o 27-41% u drzew porażonych jemiolą rozpierzchlą [Kanat i in. 2010]. Redukcja przyrostów rocznych może być jednak większa w pobliżu miejsca występowania jemioli. Potwierdzają to wyniki badań na sosnie zwyczajnej z Hiszpanii, gdzie największą redukcję przyrostów radialnych zaobserwowano w pobliżu wierzchołka [Sanguessa-Barreda i in. 2012]. Może to mieć związek ze stopniowo zmieniającą się strukturą wiekową jemioli na różnych wysokościach – najstarsze osobniki znajdują się bliżej szczytu drzewa [Sanguessa-Barreda i in. 2012]. W przypadku *P. nigra* jemiola potrzebuje około 10-15 lat, aby osiągnąć maksimum porażenia po rozpoczęciu kolonizacji [Vallauri 1998]. Ponieważ wyraźna redukcja słoików u drzew porażonych jest na badanym stanowisku widoczna od 2008 roku, należy przypuszczać, że jemiola nie osiągnęła jeszcze maksymalnej fazy porażenia i różnice mogą pogłębiać się w następnych latach. Mellado i Zamora [2017] zwrócili uwagę na fakt, że w pobliżu sosen czarnych porażonych *V. album* subsp. *austriacum* występuje silniejsze odnowienie sosny niż wokół drzew wolnych od porażenia jemiolą. Przyczynami są większe luki w okapie powodowane zredukowanym rozrostem korony (stwarzające lepsze warunki świetlne dla siewek) oraz użyźnianie gleby pod porażonymi drzewami dzięki aktywności ptaków żywiących się owocami jemioli [Mellado, Zamora 2017]. Konsekwencją porażenia jemiolą są więc nie tylko straty spowodowane redukcją przyrostów rocznych gospodarza. Jest to gatunek, który może wpływać na cały ekosystem, np. na skład gatunkowy i strukturę drzewostanów [Watson 2009; March, Watson 2010; Mellado, Zamora 2017].

W prezentowanych badaniach wykazano, że sosny porażone przez jemiolę były wyższe i grubsze w porównaniu do drzew nieporażonych (tab.). Podobne wyniki uzyskano w przypadku badań prowadzonych we wschodniej Wielkopolsce [Kołodziejek, Kołodziejek 2013] oraz w Hiszpanii, gdzie osobniki sosny zwyczajnej porażone przez jemiolę były istotnie grubsze [Sanguessa-Barreda i in. 2012]. Większe drzewa mają najczęściej więcej grubszych gałęzi, co sprzyja efektywnej kolonizacji przez jemiolę [Overton 1994]. Drzewa o większych parametrach wielkościowych są również chętniej odwiedzane przez ptaki, które są głównym wektorem nasion jemioli [Aukema, Martinez del Rio 2002; Kartoolinejad i in. 2007; Mellado, Zamora 2017]. Na dominujących drzewach jemiola ma również lepsze warunki rozwojowe: oświetlenie oraz zaopatrzenie w wodę i związki mineralne [Zuber 2004].

Widoczna w latach 80. ubiegłego stulecia drastyczna redukcja przyrostów radialnych (ryc. 1) prawdopodobnie związana jest w masową gradacją brudnicy mniszki (*Lymantria monacha* L.)

[Perlińska, Hamera-Dzierżanowska 2016; inf. ustna z Nadleśnictwa Bolewice]. Osłabienie drzew tak silną gradacją mogło również przyczynić się do podatności drzew na porażenie jemiolą.

Zaobserwowane zależności pomiędzy warunkami klimatycznymi i przyrostem radialnym są charakterystyczne dla sosny zwyczajnej [Cedro 2001; Koprowski i in. 2012; Koprowski 2013; Vacek i in. 2016], jak również innych gatunków drzew [Läänelaid i in. 2015; Rybniček i in. 2016; Tulik, Bijak 2016]. Mimo że sosna jest gatunkiem borealnym, związanym z chłodnym klimatem [Boratyński 1993], to niska temperatura zimą negatywnie wpływa na szerokość jej słoju rocznych. Opady zimowo-wiosenne dostarczają wody, która pozytywnie wpływa na możliwości wzrostowe drzew, a korelacja z opadami czerwcowymi wskazuje na istotny wpływ opadów w tym miesiącu, gdy przyrost na grubość jest szczególnie intensywny [Zweifel i in. 2006].

Nie zauważono wyraźnych różnic w reakcji klimatycznej drzew porażonych i nieporażonych przez jemiolę. Może być to spowodowane stosunkowo niedawnym czasem porażenia drzew sosny i analizą, która w rzeczywistości w znacznym stopniu dotyczyła okresu bez porażenia przez jemiolę drzew obecnie porażonych. Na wzrost drzew ma wpływ wiele czynników, m.in. dostępność światła, związków mineralnych i wody, a także panujące warunki atmosferyczne i zanieczyszczenie powietrza [Salminen, Jalkanen 2005; Zawieja, Kaźmierczak 2014; Vacek i in. 2016].

Podsumowanie

Zaobserwowano występowanie jemioli na drzewach o średnio większych rozmiarach i przyrostach rocznych. Jednak począwszy od 2008 roku zauważalny był większy spadek tempa przyrostu radialnego u drzew porażonych w porównaniu do drzew wolnych od porażenia. Jest to więc najprawdopodobniej okres, w którym stopień porażenia drzew przez jemiolę był już na tyle duży, że wpłynął na tempo przyrostu radialnego drzew. Na podstawie uzyskanych wyników oraz wyników innych badań można powiedzieć, że jemiola oddziałuje negatywnie na wzrost i rozwój sosny zwyczajnej. Może więc generować straty ekonomiczne w postaci spadku tempa wzrostu gospodarza, obniżenia zdrowotności oraz osłabienia produkcji nasion. Wskazane wydaje się również opracowanie metod ochrony drzewostanów sosnowych przed porażeniem przez jemiolę. Do tej pory znana jest jedna próba zbadania wpływu cięć pielęgnacyjnych na drzewostany *Abies concolor* i *A. magnifica* porażone przez podobnego do jemioli półpasożyta z rodzaju *Arceuthobium* w Ameryce Północnej [Mehl i in. 2013]. Wykazano, że w normalnej kolei rębna dla tych jodeł (100-150 lat) cięcia pielęgnacyjne nie wpływają istotnie na wartość ekonomiczną drzewostanów. Jednak bezpośrednie przełożenie wniosków z tak różnych warunków wydaje się bardzo ryzykowne.

Literatura

- Aukema J. E., Martínez del Rio C. 2002. Variation in mistletoe seed deposition: effects of intra- and interspecific host characteristics. *Ecography* 25 (2): 139-144.
- Biondi F., Waikul K. 2004. DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences* 30 (3): 303-311.
- Boratyński A. 1993. Systematyka i geograficzne rozmieszczenie. W: Białobok S., Boratyński A., Bugała W. [red.]. *Biologia sosny zwyczajnej*. Wyd. Sorus, PAN, Poznań – Kórnik, 5-69.
- Cedro A. 2001. Dependence of radial growth of *Pinus sylvestris* L. from western Pomerania on the rainfall and temperature conditions. *Geochronometria* 20: 69-74.
- Dobbertin M., Hilker N., Rebetez M., Zimmermann N. E., Wohlgemuth T., Rigling A. 2005. The upward shift in altitude of pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Switzerland – the result of climate warming? *International Journal of Biometeorology* 50: 40-47.
- Dobbertin M., Rigling A. 2006. Pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) contributes to Scots pine (*Pinus sylvestris*) mortality in the Rhone valley of Switzerland. *Forest Pathology* 36: 309-322.
- Glatzel G., Geils B. W. 2009. Mistletoe ecophysiology: host-parasite interactions. *Botany* 87: 10-15.
- Holmes R. 1994. *Dendrochronology Program Library. User's Manual*. University of Arizona, Tucson.

- Jasieczek N., Giertych M. J., Suszka J. 2017. Wpływ jemioli (*Viscum album*) na jakość nasion sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*). Sylwan 161 (7): 558-564.
- Kanat M., Alma M. H., Sivrikaya F. 2010. The effect of *Viscum album* L. on annual diameter increment of *Pinus nigra* Arn. African Journal of Agricultural Research 5 (2): 166-171.
- Kartoolinejad D., Hosseini S. M., Mirnia S. K., Akbarinia M., Shayanmehr F. 2007. The relationship among infection intensity of *Viscum album* with some ecological parameters of host trees. International Journal of Environmental Research 1 (2): 143-149.
- Kollas C., Gutsch M., Hommel R., Lasch-Born P., Suckow F. 2017. Mistletoe-induced growth reductions at the forest stand scale. Tree Physiology. DOI: 10.1093/treephys/tpx150.
- Kołodziejek J., Kołodziejek A. 2013. The spatial distribution of pine mistletoe *Viscum album* ssp. *austriacum* (Wiesb.) Volmann in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stand in Central Poland. Polish Journal of Ecology 61: 705-714.
- Koprowski M. 2013. Spatial distribution of introduced Norway spruce growth in lowland Poland: The influence of changing climate and extreme weather events. Quaternary International 283: 13-146.
- Koprowski M., Przybylak R., Zielski A., Pospieszyska A. 2012. Tree rings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) as a source of information about past climate in northern Poland. International Journal of Biometeorology 56 (1): 1-10.
- Kuppers M. 1992. Carbon discrimination, water-use efficiency, nitrogen and phosphorus nutrition of the host / mistletoe pair *Eucalyptus behriana* F. Muell and *Amyema miquelii* (Lehm. ex Miq.) Tiegh. at permanently low plant water status in the field. Trees 7: 8-11.
- Lamont B. B., Southall K. J. 1982. Distribution of mineral nutrients between the mistletoe, *Amyema preissii*, and its host, *Acacia acuminata*. Annals of Botany 49: 721-725.
- Läänelaid A., Helama S., Eckstein D. 2015. A 434-year tree-ring chronology of spruce (*Picea abies*) with indications of Estonian precipitation. Dendrobiology 73: 145-152.
- March W. A., Watson D. M. 2010. The contribution of mistletoes to nutrient returns: Evidence for a critical role in nutrient cycling. Austral Ecology 35: 713-721.
- Mehl H. K., Mori S. R., Frankel S. J., Rizzo D. M. 2013. Mortality and growth of dwarf mistletoe-infected red and white fir and the efficacy of thinning for mistletoe associated losses. Forest Pathology 43: 193-203.
- Mellado A., Zamora R. 2017. Parasites structuring ecological communities: The mistletoe footprint in Mediterranean pine forests. Functional Ecology 31: 2167-2176.
- Mutlu S., Osmalı E., İlhan V., Turgulu H. I., Atici O. 2016. Mistletoe (*Viscum album*) reduces the growth of the Scots pine by accumulating essential nutrient elements in its structure as a trap. Trees 30: 815-824.
- Overton J. M. 1994. Dispersal and infection in mistletoe metapopulation. Journal of Ecology 82: 711-723.
- Perlińska A., Hamera-Dzierżanowska A. 2016. Gradacje szkodników pierwotnych sosny w Lasach Państwowych. Studia i Materiały CEPL 46: 32-42.
- Popp M., Richter A. 1998. Ecophysiology of xylem-tapping mistletoes. Progress in Botany. W: Behnke H. D., Esser K., Kadereit J. W., Lüttge U., Runge M. [red.]. Botany 59: 659-674.
- Richter A., Popp M. 1992. The physiological importance of accumulation of cyclitols in *Viscum album* L. New Phytologist 121 (3): 431-438.
- Rigling A., Eilmann B., Koechli R., Dobbertin M. 2010. Mistletoe-induced crown degradation in Scots pine in a xeric environment. Tree Physiology 30: 845-852.
- Rybniček M., Čermák P., Prokop O., Trnka M., Kolar T. 2016. Oak (*Quercus* spp.) response to climate differs more among sites than among species in central Czech Republic. Dendrobiology 75: 55-65.
- Salminen H., Jalkanen R. 2005. Modelling the effect of temperature on height increment of Scots pine at high latitudes. Silva Fennica 39 (4), article id 362.
- Sanguessa-Barreda G., Linares J. C., Camarero J. J. 2012. Mistletoe effects on Scots pine decline following drought events: insights from within-tree spatial patterns, growth and carbohydrates. Tree Physiology 32: 585-598.
- Tsopeias P., Angelopoulos A., Economou A., Soulioti N. 2004. Mistletoe (*Viscum album*) in the fir forest of Mount Parnis, Greece. Forest Ecology and Management 202 (1-3): 59-65.
- Tulik M., Bijak S. 2016. Are climatic factors responsible for the process of oak decline in Poland? Dendrochronologia 38: 18-25.
- Vacek S., Vacek Z., Bílek L., Simon J., Remeš J., Hůnová I., Král J., Putalová T., Mikeska M. 2016. Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. Silva Fennica 50 (4), article id 1564.
- Vallauri D. 1998. Dynamique parasitaire de *Viscum album* L. sur pin noir dans le bassin du Saignon (préalpes françaises du sud). Annales des Sciences Forestières 55: 823-835.
- Watson D. M. 2009. Parasitic plants as facilitators: more Dryad than Dracula? Journal of Ecology 97: 1151-1159.
- Yan C.-F., Gessler A., Rigling A., Dobbertin M., Han X.-G., Li M.-H. 2016. Effects of mistletoe removal on growth, N and C reserves, and carbon and oxygen isotope composition in Scots pine hosts. Tree Physiology 36 (5): 562-575.
- Zawieja B., Kazmierczak K. 2014. Longitudinal analysis of annual height increment differentiation in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands of different age classes. Folia Forestalia Polonica A 56 (4): 179-184.

Zuber D. 2004. Biological flora of Central Europe: *Viscum album* L. Flora 199: 181-203.

Zweifel R., Bangerter S., Rigling A., Sterck F. J. 2012. Pine and mistletoes: how to live with a leak in the water flow and storage system? Journal of Experimental Botany 63: 2565-2578.

Zweifel R., Zimmermann L., Zeugin F., Newbery D. M. 2006. Intrannual radial growth and water relations of trees: implications towards a growth mechanism. Journal of Experimental Botany 57 (6): 1445-1459.