

WOJCIECH PUSZ, ANNA BATURO-CIEŚNIEWSKA, TOMASZ ZWIJACZ-KOZICA

Zdrowotność jarzębu szwedzkiego (*Sorbus intermedia* L.) w wybranych lokalizacjach Tatrzańskiego Parku Narodowego

Health status of Swedish whitebeam (*Sorbus intermedia* L.) in selected regions of the Tatra National Park

ABSTRACT

Pusz W., Baturo-Cieśniewska A., Zwiacz-Kozica T. 2019. Zdrowotność jarzębu szwedzkiego (*Sorbus intermedia* L.) w wybranych lokalizacjach Tatrzańskiego Parku Narodowego. Sylwan 163 (6): 489-495. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2019012>.

Swedish whitebeam (*Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers.) is a species with a very limited range. It occurs only in southern Scandinavia and along the Baltic coast, without the Gulf of Finland. Its southernmost natural localities are situated in northern Poland. They are few in number, grouped in two regions: near Kołobrzeg and the Gulf of Gdańsk. Currently, only three of them survive: vicinity of Sarbinowo as well as Kępa Redłowska and Przylądek Rożewski. In the Podtatrze region, *S. intermedia* has long been planted along roads, on green areas, in gardens and parks, among others in Zakopane. In the Tatras it did not appear, so it is a foreign species for this region. Currently, in the Tatra National Park there are several hundred fruiting specimens of this species growing. Most of them are part of a forty-year-old stand planted on the back of the Grzybowiec ridge. The aim of this research was to recognise the health status of *S. intermedia*. Phytopathological research was conducted in 2018 in the Tatra National Park. Leaves that were subject to analysis were decontaminated in 1% surfactant solution of sodium hypochlorite. Their fragments of about 0.5 cm were placed on Petri plates with PDA (Potato Dextrose Agar). The growing fungal colonies were consequently re-planted onto PDA slants for further culturing and taxonomic identification. The pathogens were identified basing on morphological features and with molecular tools. All *S. intermedia* in the Tatra National Park showed disease symptoms. Infected *S. intermedia* leaves were colonized by *A. alternata*, which fraction amounted to over 40%. The following dominant was *B. exigua* with over 30% share. *F. avenaceum* (close to 10%) and *E. nigrum* and *D. macrostoma* were also found. The *S. intermedia* population growing in the Tatra National Park is characterized by a poor condition, which may in the future affect the population of this plant in the Tatra Mts.

KEY WORDS

Swedish whitebeam, pathogenic fungi, Tatra Mts.

ADDRESSES

Wojciech Pusz ⁽¹⁾ – e-mail: wojciech.pusz@upwr.edu.pl
Anna Baturo-Cieśniewska ⁽²⁾
Tomasz Zwiacz-Kozica ⁽³⁾

⁽¹⁾ Zakład Fitopatologii i Mykologii, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu; pl. Grunwaldzki 24a, 50-363 Wrocław

(2) Katedra Biologii i Ochrony Roślin, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy; ul. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz

(3) Tatrzański Park Narodowy; ul. Kuźnice 1, 34-500 Zakopane

Wstęp

Jarząb szwedzki *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers. jest gatunkiem o bardzo ograniczonym zasięgu. Występuje jedynie w południowej Skandynawii i wzdłuż wybrzeży Bałtyku, z wyłączeniem Zatoki Fińskiej. W Polsce znajdują się jego najdalej na południe wysunięte naturalne stanowiska. Są one nieliczne, zgrupowane w okolicy Kołobrzegu i Zatoki Gdańskiej. Aktualnie zachowały się tylko 3 z nich: okolice Sarbinowa oraz rezerwy Kępa Redłowska i Przylądek Rozewski. Ponadto drzewo to jest często sadzone w miastach, w parkach i przy drogach, skąd spontanicznie rozprzestrzenia się na nowe stanowiska [Gostyńska-Jakuszevska, Kruszelnicki 2014]. Na Podtatrzu jarząb szwedzki był od dawna sadzony przy drogach, na zieleńcach, w ogrodach i parkach, m.in. w Zakopanem. W samych Tatrach nie występował [Radwańska-Paryska 1975]. Na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego (TPN) rośnie kilkaset owocujących egzemplarzy tego gatunku. Większość z nich wchodzi w skład około 40-letniego drzewostanu rosnącego na grzbiecie Grzybowca, między dolinami Strążyńską i Małej Łąki, na wysokości 1350-1420 m n.p.m. Jarząb szwedzki został tu posadzony na przełomie lat 80. i 90. XX wieku przez pomyłkę – jako jarząb mączny. Owoce zebrano z drzewa rosnącego na terenie Zakopanego i wysiano w szkółce leśnej TPN, a następnie wysadzono jako domieszkę biocenotyczną na zalesianej świerkiem haliznie. Owocujące jarzęby szwedzkie spotykane są też przy drogach i zabudowaniach w niżej położonych rejonach Parku Narodowego. Pojedyncze młode jarzęby szwedzkie pojawiają się w różnych częściach Tatr, aż po górną granicę lasu. Pochodzą one prawdopodobnie z nasion roznoszonych przez ptaki, a wobec braku naturalnych stanowisk tego gatunku w promieniu ponad 500 km ich źródłem są bez wątpienia drzewa hodowane i uprawiane.

Jarząb szwedzki podlega w Polsce ścisłej ochronie gatunkowej [Rozporządzenie... 2014]. Ochrona ta dotyczy jednak tylko egzemplarzy dziko występujących, czyli nie pochodzących z uprawy i hodowli lub wprowadzonych do środowiska przyrodniczego w celu odbudowy lub zasilenia populacji [Ustawa... 2004]. Ponieważ wszystkie osobniki tego gatunku rosnące na terenie TPN pochodzą w sposób pośredni lub bezpośredni z hodowli i nie były tu wprowadzone w celu odbudowy lub zasilenia populacji, nie są objęte ochroną gatunkową. Jarząb szwedzki jest w TPN gatunkiem obcym i jako taki powinien podlegać eliminacji [Zarządzenie... 2018].

Jak dotąd niewiele prac z zakresu fitopatologii dotyczyło jarzębu szwedzkiego. Badano różnicowanie nasion roślin z rodzaju *Sorbus*, w tym *S. intermedia* [Bednorz i in. 2006]. W większości prac przewija się opinia, że jarząb szwedzki jest gatunkiem mało wrażliwym na suszę,

Tabela 1.

Stanowiska badawcze z *Sorbus intermedia* w Tatrzańskim Parku Narodowym i liczba badanych osobników (N)
Sampling points with *Sorbus intermedia* in Tatra National Park and the number of investigated specimen (N)

	Lokalizacja Location		Wysokość n.p.m. [m] Elevation [m a.s.l.]	N
Leontynówka	49,283050° N	19,999617° E	917	2
Błociska	49,298033° N	20,072700° E	874	1
Brzeziny	49,289517° N	20,032517° E	999	3
Jaszczurówka	49,284608° N	20,000624° E	900	10
Grzybowiec	49,257000° N	19,915683° E	1394	20

zasolenie gleby oraz na infekcje ze strony patogenów czy fitofagów [Sjöman i in. 2016], chociaż pojawiają się doniesienia o patogenach mogących występować na *S. intermedia* [Padhye i in. 1998; Crous, Gams 2000; Grimová i in. 2015].

Celem przeprowadzonych badań była ocena zdrowotności jarzębu szwedzkiego w aspekcie jego występowania w wybranych lokalizacjach Tatrzańskiego Parku Narodowego.

Materiał i metody

Badania prowadzono od maja do października 2018 roku w odstępach 3-4-tygodniowych. Przeprowadzono łącznie 7 lustracji terenowych, na które składały się obserwacje, opis objawów oraz pobieranie próbek do badań laboratoryjnych. Stanowiska badawcze zlokalizowane były w miejscach najliczniejszego występowania jarzębu szwedzkiego na terenie TPN: Leontynówka (2 przebadane osobniki z około 10 występujących), Błociska (został zbadany jedyny rosnący tam osobnik), Brzeziny (3 przebadane drzewa z kilkunastu występujących), Jaszczurówka (10 przebadanych drzew z kilkudziesięciu występujących) i Grzybowiec (20 przebadanych osobników z kilkuset występujących).

W celu wyizolowania grzybów z porażonych organów (w przeważającej liczbie były to liście, a także owoce; na pędach nie obserwowano objawów chorobowych) były wycinane fragmenty, które następnie odkażono powierzchniowo w roztworze podchlorynu sodu o stężeniu 0,5% przez 10 sekund. Kolejnym etapem było wyłożenie około 0,5-centymetrowych fragmentów tkanki na szalki Petriego z zestaloną pożywką PDA (agar glukozowo-ziemniaczany). Wcześniej pożywkę zakwaszono kwasem cytrynowym w ilości 3 ml na 250 ml kolbę, w celu zahamowania wzrostu bakterii. Wyrastające z inokulów kolonie grzybów odszczepiano na skosy z pożywką PDA i oznaczano do gatunku na podstawie cech morfologicznych i molekularnych.

Czyste kultury poszczególnych izolatów hodowano w ciemności na płytkach Petriego z pożywką glukozowo-ziemniaczaną PDA (Difco) przez 1-2 tygodnie (w zależności od gatunku grzyba) w temperaturze 23°C. Następnie z pożywki przerośniętej grzybnią wycięto po 3 krążki o średnicy 5 mm, przeniesiono je do płytek Petriego z płynną pożywką glukozowo-ziemniaczaną PDB (A&A Biotechnology) i zabezpieczono parafilmem. Uzyskaną po 5-7 dniach grzybnię przeplukano sterylną wodą, odsączono przy użyciu zestawu filtracyjnego składającego się z bibuły filtracyjnej, lejka Büchnera i pompy próżniowej, a następnie liofilizowano przez 2 doby w liofilizatorze CoolSafe (Scanvac). DNA ekstrahowano z grzybni poddanej homogenizacji przy użyciu kwarcowych kulek i piasku kwarcowego w homogenizatorze MagnaLyser (Roche).

Izolację DNA przeprowadzono według zmodyfikowanej metody Doyle'a [Doyle, Doyle 1990]. Użyto 900 µl buforu ekstrakcyjnego, który zawierał CTAB 5,0%, EDTA 0,5 M, NaCl 5,0 M,

Tabela 2.

Liczba (LK) i udział (w nawiasie [%]) kolonii grzybów wyizolowanych z porażonych tkanek jarzębu szwedzkiego oraz ich zgodność [%] z izolatami z NCBI (+ dwa przykłady)

Number (LK) and fraction (in parentheses [%]) of colonies of fungi isolated from infected tissues of Swedish whitebeam and their agreement (zgodność [%]) with NCBI database (+ two examples)

	LK		Zgodność
<i>Alternaria alternata</i>	23 (44,2)	100	MH931372.1, MF141014.1
<i>Boeremia exigua</i>	18 (34,6)	100	MH859929.1, MH859844.1
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	1 (2,0)	100	MH865207.1, MH863533.1
<i>Didymella macrostoma</i>	1 (2,0)	100	MH859848.1, KY367515.2
<i>Epicoccum nigrum</i>	4 (7,7)	100	MH860655.1, MF380871.1
<i>Fusarium avenaceum</i>	5 (9,6)	100	MK012402.1, MH299957.1

Tris-HCl (pH 8,0) 1,0 M, b-merkaptoctanol i PVP 2,0%. W kolejnych etapach użyto fenolu, chloroformu i alkoholu izoamylowego, a także alkoholu etylowego. Uzyskane DNA zawieszono w 100 μ l ddH₂O. DNA zmierzono fluorometrycznie na urządzeniu Quantus (Promega), a do dalszych analiz rozcieńczono w ddH₂O do stężenia 10 ng/ μ l i przechowywano w temperaturze –20°C. Reakcję PCR mającą na celu amplifikację regionów ITS przeprowadzono w objętości 37,5 μ l zawierającej odczynnik PCR Core Kit (QIAGEN, USA): 1 \times Bufo, 1 \times roztwór Q, 1 mM MgCl₂, 0,2 mM dNTP, 0,6 pM dwóch starterów (ITS1: 5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3' i ITS4: 5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') [White i in. 1990] oraz DNA o stężeniu 10 ng/ μ l. DNA amplifikowano w urządzeniu Eppendorf EPMastercycler według protokołu reakcyjnego: denaturacja wstępna w 94°C przez 5 min, 35 cykli (94°C – 1 min, 52°C – 1 min, 72°C – 2 min) i końcowe wydłużanie w 72°C przez 5 min. Obecność produktów reakcji zweryfikowano po rozdziale elektroforetycznym w buforze TBE przeprowadzonym na 1,2-procentowym żelu agarozowym (Pronadisa) z dodatkiem barwnika SimplySafe (EURX), nanosząc po 2 μ l mieszaniny poreakcyjnej. Produkty amplifikacji zostały oczyszczone i zsekwencjonowane przez Genomed (Polska). Do analizy otrzymanych sekwencji użyto programu FinchTV 1.4. Analizę ClustalW przeprowadzono w Mega7 Toolbar. Do identyfikacji gatunkowej na podstawie kontigów sekwencji ITS wykorzystano Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) w bazie National Center for Biotechnology Information (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov>).

Wyniki

Pierwsze objawy chorobowe zanotowano pod koniec czerwca na wszystkich stanowiskach objętych obserwacjami. Na osobnikach rosnących przy Leontonówce plamy występowały początkowo na pojedynczych liściach i zajmowały do 10% powierzchni blaszki liściowej. W tym samym okresie na około 20% owoców widoczna była grzybnia *Botrytis cinerea*, sprawcy szarej pleśni. Podczas kolejnej obserwacji, w lipcu, na drzewach nie stwierdzono zdrowych owoców – wszystkie wykazywały objawy zamierania. Wszystkie liście na badanych osobnikach były pokryte plamami i żółkły. We wrześniu obserwowano masowe i przedwczesne opadanie liści. Nieco lepszą kondycją charakteryzował się osobnik rosnący na Błociskach. Plamy były widoczne w czerwcu na pojedynczych liściach i zajmowały do 10% powierzchni blaszki liściowej. W czerwcu i lipcu obserwowano nieznaczny wzrost nasilenia występowania objawów, które były notowane na 30% liści. W sierpniu zaobserwowano żółknięcie liści, a we wrześniu ich zasychanie. Z kolei drzewa rosnące przy leśniczówce na Brzezinach cechowały się podobną kondycją zdrowotną i przebiegiem objawów chorobowych jak w przypadku osobników rosnących przy Leontonówce. Pierwsze objawy w postaci plam na pojedynczych liściach obserwowane były w czerwcu. W kolejnym miesiącu nasilenie choroby wzrastało i w sierpniu objawy chorobowe występowały na wszystkich liściach, a plamy i żółknięcie obejmowały do 100% blaszki liściowej. Na osobnikach rosnących na Brzezinach stwierdzono także zasychanie wszystkich owoców. We wrześniu liście masowo opadały. Nieco odmienna sytuacja miała miejsce w przypadku drzew rosnących w szpalerach w Jaszczurówce. Obserwowano tutaj podobny rozwój choroby jak w opisanych wcześniej lokalizacjach, plamistość i żółknięcie liści występowało w podobnym nasileniu, jednak już w lipcu stwierdzono opadanie liści, a następnie zasychanie wszystkich badanych drzew. W sierpniu i wrześniu w zagajniku obok parkingu zlokalizowanego tuż przy kaplicy w Jaszczurówce nie stwierdzono ani jednego jarzębu szwedzkiego z żywymi liśćmi. Najlepszą kondycję wykazywały drzewa rosnące na Grzybowcu. Pierwsze objawy chorobowe stwierdzono w lipcu – w postaci pojedynczych, ciemnych plam na liściach. W sierpniu plamy zajmowały już całą powierzchnię liścia i występowały na wszystkich liściach wszystkich badanych drzewach. We wrześniu obserwowano żółknięcie i opadanie pojedynczych liści.

Porażone liście *S. intermedia* były zasiedlone głównie przez *Alternaria alternata* (ponad 40% udziału). Drugim dominantem był gatunek *Boeremia exigua*, z udziałem ponad 30%. Stwierdzono również obecność *F. avenaceum* (blisko 10% udziału) oraz *Epicoccum nigrum* i *Didymella macrostoma*.

Dyskusja

Mułenko i in. [2004] wymieniają co prawda kilka gatunków grzybów występujących na drzewach z rodzaju *Sorbus*, ale na innych gatunkach. Na *S. aucuparia* subsp. *glabrata* były to *Diaporthe impulsa*, *Eutypella sorbi*, *Hypoxyylon multiforme* i *Rosellinia aquila*, na *S. aucuparia* *Gymnosporangium cornutum* i *Phyllosticta aucupariae*, a na *S. aria* – *G. tremelloides*. W trakcie prowadzonych prac nie stwierdzono występowania wspomnianych gatunków grzybów na jarzębie szwedzkim. Z plam występujących na liściach wyizolowano głównie grzyby *A. alternata* i *B. exigua*. Grzyb *A. alternata* jest słabym patogenem, który może być odpowiedzialny na powstawanie plam na liściach, ale częściej uważany jest za patogen wtórny, który zasiedla tkanki uszkodzone w wyniku oddziaływania innych czynników, zarówno abiotycznych, jak i biotycznych [Pusz 2016]. Drugi wspomniany gatunek – *B. exigua* – jest patogenem, który może powodować plamistości liści i występuje na wielu gatunkach roślin [Gorny i in. 2015; Pearce i in. 2016]. Pozostałe gatunki grzybów, które zostały wyizolowane z porażonych liści jarzębu szwedzkiego, występowały sporadycznie, chociaż były wśród nich także typowe patogeny, jak grzyb *Fusarium avenaceum* [Pusz 2016]. Warto w tym miejscu podkreślić fakt, że wspomniane gatunki grzybów nie są zapewne odpowiedzialne za słabą kondycję zdrowotną badanych osobników jarzębu szwedzkiego. Zasiedlają one z reguły drzewa uszkodzone w wyniku oddziaływania innych czynników, najprawdopodobniej z grupy czynników abiotycznych.

Podczas prowadzonych obserwacji nie stwierdzono natomiast występowania w populacji tatrzańskiej objawów wirusa pierścieniowatej plamistości liści (European mountain ash ringspot-associated virus – EMARaV). Wirus ten obserwowano głównie na jarzębie pospolitym (*S. aucuparia*), ale istnieją doniesienia mówiące o tym, że występuje on także na innych gatunkach z rodzaju *Sorbus*, w tym na *S. intermedia*. Na jarzębie szwedzkim wirus może powodować chlorotyczne przebarwienia, a także deformacje liści. Dotychczas wirus EMARaV stwierdzono w Niemczech, Rosji, Finlandii, Austrii, Wielkiej Brytanii i w Czechach [Grimová i in. 2015]. Być może pojawi się on w kolejnych latach w Polsce, gdyż stanowiska porażonych roślin zlokalizowane w Czechach znajdują się tuż przy polskiej granicy w Sudetach [Grimová i in. 2011]. Mimo tego nie znaleziono objawów tej choroby na *S. aucuparia* w Karkonoszach [Kita i in. 2011].

Osobniki jarzębu szwedzkiego rosnące w Tatrzańskim Parku Narodowym charakteryzują się słabą kondycją zdrowotną – mimo że gatunek ten uważany jest za dobrze znoszący niekorzystne warunki siedliskowe [Sjöman i in. 2016]. Co ciekawe, osobniki *S. intermedia* rosnące na Grzybowcu, gdzie warunki były zdecydowanie mniej korzystne niż w dolinach, wykazywały objawy chorobowe później niż drzewa rosnące w niższych położeniach, a na ich owocach nie występowały objawy chorobowe, tak jak miało to miejsce chociażby w Jaszczurówce i na Brzezinach, przy szosie Zakopane – Morskie Oko. Bardzo wysokie temperatury panujące w roku prowadzonych obserwacji wykazały wrażliwość niżej rosnących drzew na takie warunki, co jest sprzeczne z poglądami Sjömana [2016], według którego drzewa te są mało wrażliwe na okresy posuchy i zasolenie, które może mieć miejsce na stanowiskach zlokalizowanych wzdłuż drogi [Ćwiąkała, Korzeniowska 2015].

Analizując zaistniałą sytuację, można stwierdzić, że słaba kondycja zdrowotna jarzębu szwedzkiego rosnącego w Tatrzańskim Parku Narodowym jest korzystna z punktu widzenia natywności gatunków flory, gdyż jarząb szwedzki jest uważany w tym miejscu za gatunek obcy

[Cichocki, Danielewicz 1993]. Występowanie grzybów na nasionach (objawy porażenia przez *B. cinerea* na osobnikach rosnących na stanowisku przy Leontonówce) może wpłynąć na zmniejszenie ich wigoru oraz żywotności drzew, co z kolei odbije się negatywnie na rozmnażaniu i rozprzestrzenianiu się jarzębu szwedzkiego [Bednorz i in. 2006; Najberek i in. 2018]. Wydaje się więc, że należałoby kontynuować badania nad zdrowotnością jarzębu szwedzkiego w Tatrzańskim Parku Narodowym, aby określić, czy grzyby (lub inne patogeny i fitofagi) mogą ograniczać „obciążenie” dla Tatr populację tej rośliny. Z drugiej strony uzyskane wyniki pozwolą zoptymalizować czynną ochronę jarzębu szwedzkiego w miejscach i siedliskach, gdzie jest on „pożądanym” i chronionym gatunkiem. Takie postępowanie znajduje potwierdzenie w prowadzeniu stałego monitoringu rzadkich i chronionych gatunków roślin [Pusz 2016].

Wnioski

- ✦ Populacja *Sorbus intermedia* rosnąca w Tatrzańskim Parku Narodowym charakteryzuje się słabą kondycją, co może w przyszłości wpłynąć na ograniczenie populacji tej rośliny w Tatrach.
- ✦ Osobniki *S. intermedia* rosnące w Tatrach są zasiedlane przez grzyby patogeniczne, które mogą występować także na innych gatunkach roślin.
- ✦ Wydaje się, że podobne badania powinny być wykonane w innych miejscach występowania *S. intermedia*, poza Tatrzańskim Parkiem Narodowym, aby określić stan zdrowotny populacji, gdzie *S. intermedia* jest gatunkiem pożądanym i objętym ochroną prawną.

Podziękowania

Badania sfinansowano ze środków funduszu leśnego Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe przekazanych Tatrzańskiemu Parkowi Narodowemu w 2018 roku.

Literatura

- Bednorz L., Walkowiak R., Maciejewska-Rutkowska I., Moliński K. 2006. Seed variability of the Polish species of the genus *Sorbus* (Rosaceae). *Dendrobiology* 55: 3-9.
- Cichocki W., Danielewicz W. 1993. Obce taksony dendroflory a ochrona przyrody w Tatrach. W: Cichocki W. [red.]. *Ochrona Tatr w obliczu zagrożeń*. Wydawnictwo Muzeum Tatrzańskie, Zakopane. 75-83.
- Crous P. W., Gams W. 2000. *Phaeomoniella chlamydospora* gen. et comb. nov., a causal organism of Petri grapevine decline and esca. *Phytopathologia Mediterranea* 39 (1): 112-118.
- Ćwiąkała M., Korzeniowska J. 2015. Impact range of traffic pollution based on a section of the Krakow – Zakopane trunk road. *Logistyka* (4): 8781-8790.
- Gorny A. M., Kikkert J. R., Dunn A. R., Dillard H. R., Smart C. D., Pethybridge S. J. 2015. Tan spot of lima bean caused by *Boeremia exigua* var. *exigua* in New York State, USA. *Canadian Journal of Plant Pathology* 37 (4): 523-528.
- Gostyńska-Jakuszczyńska M., Kruszelnicki J. 2014. W: Kaźmierczakowa R., Zarzycki K., Mirek Z. [red.]. *Polska Czerwona Księga Roślin. Paprotniki i rośliny kwiatowe*. Wyd. III uaktualnione i rozszerzone. Inst. Ochr. Przyr. PAN, Kraków. 270-272.
- Grimová L., Marek M., Konrady M., Ryšánek P. 2015. Newly identified host range of European mountain ash ringspot-associated virus (EMAR aV) and its distribution in the Czech Republic. *Forest Pathology* 45 (3): 177-189.
- Grimová L., Rysanek P., Zouhar M. 2011. First report of European mountain ash ringspot-associated virus in the Czech Republic. *J. Plant Pathol.* 93 (4S): 86.
- Kita W., Pusz W., Dancewicz A. 2011. Badania grzybów z rodzaju *Gymnosporangium* występujących na *Sorbus aucuparia* L. w Karkonoskim Parku Narodowym. *Prog. in Plant Prot.* 51 (1): 264-268.
- Muilenko W., Kozłowska M., Sałata B. 2004. Microfungi of the Tatra National Park, a checklist. Instytut Botaniki PAN, Kraków.
- Najberek K., Pusz W., Solař W., Olejniczak P. 2018. The seeds of success: release from fungal attack on seeds may influence the invasiveness of alien *Impatiens*. *Plant Ecology* 219 (10): 1197-1207.
- Padhye A. A., Davis M. S., Baer D., Reddick A., Sinha K. K., Ott J. 1998. *Phaeohiphomyces* caused by *Phaeoacremonium inflatipes*. *Journal of Clinical Microbiology* 36 (9): 2763-2765.

- Pearce T. L., Scott J. B., Crous P. W., Pethybridge S. J., Hay F. S. 2016. Tan spot of pyrethrum is caused by a *Didymella* species complex. *Plant Pathology* 65 (7): 1170-1184.
- Pusz W. 2016. Plants' healthiness assessment as part of the environmental monitoring of protected mountainous area in the example of Karkonosze (Giant) Mts. (SW Poland). *Environmental Monitoring and Assessment* 188 (10): 544.
- Radwańska-Paryska Z. 1975. Materiały do rozmieszczenia dendroflory Tatr i Podtatrza. *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej PAN* 4: 13-77.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin. 2014. Dz. U. Nr 0, poz. 1409.
- Sjöman H., Morgenroth J., Sjöman J. D., Sæbø A., Kowarik I. 2016. Diversification of the urban forest – Can we afford to exclude exotic tree species? *Urban Forestry & Urban Greening* 18: 237-241.
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody. 2004. Dz. U. Nr 92, poz. 880.
- White T. J., Bruns T., Lee S., Taylor J. W. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. W: Innis M. A., Gelfand D. H., Sninsky H. H., White T. J. [red.]. *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications* New York Academic Press Inc. 315-322.
- Zarządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 grudnia 2018 r. w sprawie zadań ochronnych dla Tatrzańskiego Parku Narodowego na rok 2019. 2018. Dz. Urz. Min. Śr., poz. 74.