

WOJCIECH PUSZ, TOMASZ ZWIJACZ-KOZICA, WŁODZIMIERZ KITA

Ocena zdrowotności igieł kosodrzewiny (*Pinus mugo*) w wybranych lokalizacjach Tatrzańskiego Parku Narodowego

Assessment of the mountain pine (*Pinus mugo*) needles health at selected locations in the Tatra National Park

ABSTRACT

Pusz W., Zwijacz-Kozica T., Kita W. 2015. Ocena zdrowotności igieł kosodrzewiny (*Pinus mugo*) w wybranych lokalizacjach Tatrzańskiego Parku Narodowego. Sylwan 159 (5): 411-418.

Mountain pine (*Pinus mugo*) is the most important component of the sub-alpine and alpine zone in the Tatras, and other ranges of central Europe. In Poland, only population from the Karkonosze Mts. has been studied in terms of phytopathological threats so far. There is not much information on the diseases caused by fungi in the mountain pine from other regions either. The mycological analyses of infected mountain pine needles were conducted for years 2013 and 2014 in subalpine zone of the Tatra Mts (Morskie Oko, Hala Gąsienicowa, Hala Kondratowa). Pine needles rust *Coleosporium tussilaginis* and yellow spots *Lophodermium conigenum* were found. To a lesser extent the needles were spotted with symptoms caused by *Mycosphaerella dearnessi*. Infection symptoms and fraction of the infected needles on one shoot were determined. The isolation of fungi was conducted in end of July, when the intensity of disease symptoms on needles was the highest. The main species isolated from the infected needles was *Lophodermium* spp., while the dominant one was *L. conigenum*. Except for this pathogen, *L. pinastri*, *Botrytis cinerea* and *Epicoccum niger* were identified together with several saprotrophic species, e.g. *Aspergillus niger*. The most frequent disease of mountain pine needles in the Tatra Mts. is pine needles rust. Observations in the Karkonosze and the Tatra Mts. indicate that both populations suffer from similar diseases. The differences show that pathogens adapt to different environmental conditions. Therefore constant monitoring of the health status of mountain pine growing in nature seems to be necessary.

KEY WORDS

mountain pine, fungal diseases, pathogenic fungi, *Lophodermium*

ADDRESSES

Wojciech Pusz ⁽¹⁾ – e-mail: wojciech.pusz@up.wroc.pl

Tomasz Zwijacz-Kozica ⁽²⁾

Włodzimierz Kita ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Katedra Ochrony Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu; pl. Grunwaldzki 24a, 50-363 Wrocław

⁽²⁾ Tatrzański Park Narodowy; ul. Kuźnice 1, 34-500 Zakopane

Wstęp

Kosodrzewina jest w Tatrach i wielu innych masywach górskich środkowej Europy najistotniejszym komponentem flory piętra subalpejskiego. Dzięki swoim właściwościom pełni istotne funkcje ekologiczne w środowisku wysokogórskim. Jej silnie rozwinięty system korzeniowy zabezpiecza stoki przed erozją, stabilizuje piargi i skalne osuwiska. Kosodrzewina wpływa także na utrzymanie korzystnych warunków termicznych gleby i ogranicza skutki wywołane wietrzeniem mrozowym. Odgrywa też istotną rolę w retencjonowaniu wody pochodzącej z opadów, a utrwalając pokrywę śnieżną, ogranicza powstawanie lawin. Jako gatunek pionierski zasiedla tereny zniszczone przez osuwiska, lawiny oraz działalność człowieka [Fabijanowski, Dziewolski 1996; Piękoś-Mirkowa, Mirek 2003; Mróz, Perzanowska 2004]. Pomimo to jak dotąd nie poświęcano zbyt wiele uwagi patogenicznemu grzybowi wpływającemu na stan zdrowotny kosodrzewiny. Za jedyne istotne zagrożenia dla tego gatunku uważane są obecnie turystyka i narciarstwo zjazdowe, zwłaszcza konieczność utrzymania starych tras zjazdowych lub budowa nowych [Skawiński 1993; Skawiński, Krzan 1996; Mróz, Perzanowska 2004]. Nie prowadzono jednak dokładniejszych badań nad stanem zarośli kosodrzewiny w Tatrach. Opisywano jedynie uszkodzenia krzewów tego gatunku powodowane przez narciarzy i maszyny ubijające śnieg na trasach narciarskich [Skawiński 1993; Skawiński, Krzan 1996]. W 2002 roku kosodrzewina w rejonie Hali Gąsienicowej została przebadana metodami teledetekcyjnymi. Stan kosodrzewiny na całym obszarze objętym wówczas zdjęciem hiperspektralnym uznano za bardzo dobry [Zwijacz-Kozica 2010]. Za pomocą wskaźników spektralnych wskazano także, że kosodrzewina w rejonie Hali Gąsienicowej ma bardzo dobrze rozwinięty aparat asymilacyjny i efektywnie wykorzystuje docierające do niej promieniowanie słoneczne, bez względu na to, czy rośnie na trasie narciarskiej, w pobliżu szlaku turystycznego, czy też w znacznym oddaleniu od miejsc przeznaczonych dla turystyki i narciarstwa [Zwijacz-Kozica i in. 2010]. Dotychczas jedyną w Polsce populacją kosodrzewiny dokładnie przebadaną pod kątem fitopatologicznym jest populacja karkonoska [Puszczyk i in. 2013]. W innych krajach sytuacja jest podobna – nie ma zbyt wielu informacji na temat chorób kosodrzewiny powodowanych przez grzyby. Andjelić [2000] badała zdrowotność kosodrzewiny w jednym z parków narodowych w Czarnogórze. Stwierdziła, że największe zagrożenie dla tego gatunku stanowi *L. pinastri*, ale izolowała również inne gatunki grzybów. Hou i in. [2009] oznaczyli nowy, nieznany dotychczas gatunek grzyba porażającego igły kosodrzewiny rosnącej w Alpach, który opisano jako *L. pini-mugonis*. Z prac wielu badaczy wynika, że to właśnie grzyby z rodzaju *Lophodermium* najczęściej porażają igły zarówno kosodrzewiny [Andjelić 2000; Hirose, Osono 2006; Hou i in. 2009], jak i innych gatunków sosen [Ortiz-Garcia i in. 2003; Sokolski i in. 2004; Lazarev i in. 2007; Kurkela i in. 2009]. Wyniki różnych badań wskazują, że oprócz *Lophodermium* spp. także inne grzyby mogą powodować choroby igieł sosny, w tym kosodrzewiny [Sieber i in. 1999; Karadzić, Miljašević 2003; Jankovský i in. 2004; Drenkhan, Hanso 2009]. W 2002 roku po raz pierwszy opisano występowanie *Dothistroma septosporum* na kosodrzewinie na Litwie [Jovaišienė, Pavilionis 2005]. W kolejnych latach obserwowano szybkie rozprzestrzenianie się tego grzyba i jego występowanie także na innych gatunkach sosen [Markovskaja, Treigienė 2009]. Rezultaty tych badań nie wskazują na jedną konkretną grupę grzybów mogących być przyczyną pojawiających się lokalnie problemów ze zdrowotnością igieł kosodrzewiny rosnącej w wyższych partiach gór. Lutyk [1978] podczas swoich obserwacji w Tatrzańskim Parku Narodowym stwierdził występowanie na igłach kosodrzewiny kilku gatunków grzybów, z których za najgroźniejszy uznał *L. pinastri*. Wspomina on także o żółtej plamistości igieł kosodrzewiny. Jego zdaniem była ona główną przyczyną opadania igieł kosodrzewiny w Tatrach, a wywoływały ją warunki atmosferyczne.

Celem wykonanych badań było określenie stopnia nasilenia występowania chorób igieł kosodrzewiny rosnącej w Tatrach.

Materiał i metody

Obserwacje terenowe prowadzono od czerwca do października w latach 2013 i 2014 na stanowiskach badawczych zlokalizowanych na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego (rejon Morskiego Oka, Hala Gąsienicowa, Hala Kondratowa). Określano objawy oraz procent porażonych igieł na jednym pędzie. W tym celu na każdym stanowisku wybrano 4 obiekty badawcze (cztery krzewy kosodrzewiny), na których oceniano występowanie objawów chorób w ujęciu procentowym na 10 losowo wybranych pędach, na wysokości około 1,5 metra. Oceniono również zdrowotność igieł na podstawie opracowanej w tym celu skali porażenia [Pusz i in. 2013]:

- 1 – igły na ocenianych pędach zdrowe, bez objawów chorobowych,
- 2 – pojedyncze plamy (zmiany chorobowe) na igłach na ocenianych pędach, obejmujące do 5% powierzchni igły,
- 3 – plamy (zmiany chorobowe) na igłach na ocenianych pędach, obejmujące 6-30% powierzchni igły,
- 4 – plamy (zmiany chorobowe) na igłach na ocenianych pędach, obejmujące 31-70% powierzchni igły,
- 5 – plamy (zmiany chorobowe) na igłach na ocenianych pędach, obejmujące powyżej 70% powierzchni igły lub igły obumierające,
- 6 – igły obumarłe, przy lekkim poruszeniu pędu odpadające.

Następnie obliczono wskaźnik porażenia igieł według wzoru:

$$Wp = \sum P \cdot W \cdot \frac{100}{n}$$

gdzie:

P – liczba roślin w określonym stopniu porażenia,

W – wartość stopnia porażenia,

n – liczba wszystkich ocenianych roślin.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie testem Tukeya przy poziomie istotności $\alpha=0,05$.

Następnie do analizy mykologicznej wybrano po 200 igieł, na których stwierdzono objawy porażenia w postaci żółtych plam obejmujących 50-60% powierzchni igły. Pobrane igły zostały przewiezione w papierowych kopertach do laboratorium, gdzie opłukano je w sterylnej wodzie oraz odkażono przez 5 minut w 1-procentowym podchlorynie sodu. Igły zostały pocięte na fragmenty o długości 1-2 mm, które następnie wyłożono na standardową pożywkę PDA (Potato Dextrose Agar, Biocorp, Polska). Rosnące kolonie grzybów zostały przeszczepione na skosy z pożywką PDA celem dalszej hodowli i oznaczenia do gatunku. Grzyby oznaczano na podstawie cech morfologicznych według dostępnych monografii [Minter 1981; Pitt, Hocking 2009; Watanabe 2011].

Wyniki

W trakcie badań prowadzonych na igłach kosodrzewiny rosnącej w Tatrzańskim Parku Narodowym stwierdzono występowanie czterech chorób: rdzy pęcherzykowatej, żółtej plamistości igieł, brązowej plamistości igieł oraz pleśni śniegowej. Igły kosodrzewiny były porażone w największym stopniu przez rdzę pęcherzykowatą powodowaną przez *Coleosporium tussilaginis*. W czerwcu na porażonych igłach pojawiały się słabo widoczne jasne plamki. W ich miejscu kilka dni później

dostrzec można było wyraźne, białawo-żółtawe ecja. Objawy rdzy na igłach kosodrzewiny notowano w obydwu latach badań. Stwierdzono znaczne porażenie – na poziomie od 60 do 95% porażonych igieł na pędzie. W pierwszym roku stwierdzono większą liczbę igieł z objawami porażenia niż w roku 2014. Najwięcej porażonych igieł znajdowano na Hali Gąsienicowej – liczba ta wahała się między 85 a 95%. Najmniej porażonych igieł zanotowano na Hali Kondratowej. W drugim roku badań sytuacja była podobna. Analizując indeksy, można stwierdzić, że najsilniej zaatakowane przez rdzę pęcherzykowatą są igły kosodrzewiny rosnące na Hali Gąsienicowej, a najsłabiej w rejonie Hali Kondratowej i Morskiego Oka. Taka sytuacja miała miejsce w obydwu latach badań (tab. 1).

Oprócz rdzy pęcherzykowatej igły kosodrzewiny rosnącej w Tatrach wykazywały objawy żółtej plamistości igieł (powodowanej przez grzyby z rodzaju *Lophodermium*) oraz brązowej plamistości igieł (*Mycosphaerella dearnessii*). Brązową plamistość igieł stwierdzono na pojedynczych krzewach tylko na jednym ze stanowisk na Hali Gąsienicowej. Natomiast objawy żółtej plamistości zanotowano na wszystkich badanych stanowiskach kosodrzewiny. Najwięcej igieł z objawami tej choroby znaleziono w rejonie Morskiego Oka (54% igieł z objawami w pierwszym roku badań i 83% w drugim roku obserwacji), a najmniej na igłach kosodrzewiny rosnących wzdłuż szlaku z Hali Gąsienicowej na Kasprowy Wierch (43% igieł z objawami w roku 2013 i 36% w kolejnym roku badań) (tab. 1). Na jednym ze stanowisk na Hali Gąsienicowej znaleziono w 2014 roku 3 osobniki z objawami czarnej pleśni śniegowej (*Herpotrichia nigra*). Stwierdzano również pojedyncze igły z objawami porażenia przez *Lophodermium pinastri*.

W trakcie laboratoryjnej analizy mykologicznej z porażonych igieł kosodrzewiny rosnącej na wybranych stanowiskach Tatrzańskiego Parku Narodowego wyizolowano łącznie 9 gatunków grzybów (tab. 2). Najliczniejszym wyizolowanym gatunkiem był grzyb *Lophodermium conigenum*, który w zależności od roku oraz stanowiska stanowił od 48 do 65% wszystkich wyizolowanych gatunków grzybów. Najwięcej kolonii tego gatunku uzyskano w drugim roku badań. Gatunek *L. pinastri* był wyosabniany na poziomie od 2,5 do 7,4%. Obydwa te gatunki izolowano z igieł pochodzących ze wszystkich stanowisk. Oprócz wspomnianych gatunków stwierdzono także kolonie innych grzybów patogenicznych (jak np. *Botrytis cinerea* czy *Epicoccum nigrum*) oraz sapro-

Tabela 1.

Udział [%] igieł kosodrzewiny na jednym pędzie porażonych przez żółtą plamistość igieł (ŻPI), brązową plamistość igieł (BPI) i rdzę pęcherzykowatą (RP) oraz indeks porażenia (I) na wybranych stanowiskach w Tatrach

Fraction [%] of needles infected with yellow blotch (ŻPI), brown spot needle blight (BPI) or pine needle rust (RP) as well as infestation index (I) for mountain pine on localization on the Tatra Mts.

	ŻPI		BPI		RP		I ₂₀₁₃	I ₂₀₁₄	Średnia Mean
	2013	2014	2013	2014	2013	2014			
Morskie Oko	54	83	0	0	78	74	3,1a	2,3b	2,7a
Hala Gąsienicowa – stawy	43	56	0	0	85	84	4,0b	2,8a	3,4ab
Hala Gąsienicowa – w kierunku na Kasprowy Wierch	34	36	0	0	95	93	4,0b	3,4c	3,7bc
Hala Gąsienicowa – Książówka	43	52	5	10	90	87	3,9c	2,5b	3,2c
Hala Kondratowa	55	60	0	0	65	60	2,7d	2,7d	2,7d

ta sama litera w kolumnie oznacza średnie nie różniące się istotnie (p=0,05)
the same letter in the column indicate lack of significant difference (p=0,05)

Tabela 2.

Frekwencja [%] gatunków grzybów na porażonych igłach kosodrzewiny
 Frequency [%] of the fungi species on the infected needles of mountain pine

	Morskie Okno		Hala Gąsienicowa – stawy		Hala Gąsienicowa – w kierunku na Kasprowy Wierch		Hala Gąsienicowa – Książówka		Hala Kondratowa	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
	<i>Alternaria alternata</i>	9,4	3,3	7,8	4,5	4,8	5,2	5,7	4,5	6,7
<i>Aspergillus niger</i>	12,4	19,0	10,0	7,0	6,0		12,2	7,8	12,7	11,0
<i>Botrytis cinerea</i>	12,4	10,0	7,0	6,0	3,4	4,5	3,4	5,6	5,4	5,8
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	5,0	3,0	4,0	7,7	5,6	7,7		3,2		1,1
<i>Cladosporium herbarum</i>	2,0	4,0	5,0	2,3		4,0	4,5	1,2	3,2	
<i>Epicoccum nigrum</i>	5,4	3,2	3,6	3,4	5,0	2,3	3,6	4,5	2,3	2,8
<i>Lophodermium conigenum</i>	48,0	53,0	56,0	65,0	64,2	63,0	63,0	58,0	65,0	63,4
<i>Lophodermium pinastri</i>	3,6	3,2	3,4	4,1	6,5	6,4	2,5	7,4	4,7	3,8
<i>Phoma fimetii</i>	1,8	1,3	3,2		4,5	6,9	5,1	7,8		8,3

trofów (*Aspergillus niger*). Rezultaty badań wskazują, że grzybem, który dominuje w mykobiocie porażonych igieł kosodrzewiny rosnącej w Tatrach, jest *L. conigenum*. Uzyskano go z igieł, na których występowały objawy w postaci żółtych, drobnych plam, początkowo o średnicy 1-2 mm.

Dyskusja

Obserwacje patogenicznych zmian na igłach kosodrzewiny rosnącej w Tatrach mają długą tradycję. Pierwsze doniesienia o występowaniu grzybów na kosodrzewinie pochodzą z początków XX wieku. Dokładniejszą analizę przeprowadził Lutyk [1978] w latach 1973-1974. W trakcie swoich obserwacji stwierdził występowanie na kosodrzewinie rosnącej w Tatrach 11 gatunków grzybów. Podczas obecnie przeprowadzonej laboratoryjnej analizy mykologicznej porażonych igieł zanotowano 9 gatunków grzybów. Ponadto na wszystkich badanych stanowiskach stwierdzono występowanie takich patogenów jak *Coleosporium tussilaginis* czy *Mycosphaerella dearnessi*, a na Hali Gąsienicowej także *Herpotrichia nigra*. Łącznie liczba gatunków grzybów stwierdzonych na igłach kosodrzewiny wyniosła więc 12 i jest nieco wyższa niż w połowie lat 70. XX wieku. Lutyk [1978] nie przeprowadził jednak dokładniejszej analizy mykologicznej zbieranych igieł. Wyizolował jedynie *Alternaria tenuis*, a pozostałe gatunki oznaczył na podstawie cech makroskopowych. W obserwacjach prowadzonych przez autorów niniejszego opracowania znaleziono jedynie dwa z wymienionych przez Lutyka [1978] gatunków grzybów, a mianowicie *Lophodermium pinastri* oraz *H. nigra*. Porażenie igieł przez *L. pinastri* było jednak znikome. Te same gatunki wymieniają Lukáčik i Kolarčík [2011] jako głównych sprawców chorób kosodrzewiny w słowackich Niskich Tatrach.

Lutyk [1978] stwierdza, że rodzaj *Coleosporium* jest dość częsty na terenie Tatr. Potwierdzają to także późniejsze badania Mułenki i in. [1995]. Obecnie jest to grzyb, który występuje w największym nasileniu na igłach kosodrzewiny w Tatrach. Ten sam autor wspomina także o występowaniu na terenie całego Tatrzańskiego Parku Narodowego żółtej plamistości. Lutyk

[1978] przypuszcza, że przyczyną żółtej plamistości igieł należy doszukiwać się w przebiegu pogody, gdyż sam nie stwierdził żadnych oznak zarodnikowania na porażonych igłach. Nie przeprowadził on jednak badań mykologicznych, które mogłyby określić ewentualny patogen powodujący takie objawy [Lutyk 1978]. Podobne objawy żółtej plamistości znaleziono także w Niskich Tatrach [Lukáčik, Kolarčík 2011] oraz w Karkonoszach [Puszczyk i in. 2013]. Także w masywie Babiej Góry znajdowano igły kosodrzewiny prawdopodobnie z objawami żółtej plamistości, choć brano je za objawy uszkodzenia powstałe w wyniku oddziaływania czynników abiotycznych [Lukáčik 1996]. W trakcie analizy mykologicznej oraz molekularnej stwierdzono, że sprawcą żółtej plamistości igieł kosodrzewiny rosnącej w Karkonoszach jest nowy dla nauki gatunek grzyba – *Lophodermium corconticum* [Koukol i in. 2015]. Z kolei podczas analizy mykologicznej porażonych igieł zebranych z kosodrzewiny rosnącej w Tatrach stwierdzono, że przyczyną żółtej plamistości igieł jest grzyb *L. conigenum*. Gatunek ten jest wymieniany jako patogen igieł *Pinus* spp., który może zasiedlać igły uszkodzone przez inne czynniki [Reignoux i in. 2014]. Niektórzy autorzy twierdzą, że *L. conigenum* jest typowy dla środowisk wysokogórskich (np. Alp) oraz terenów o chłodniejszym klimacie [Hou, Piepenbring 2009].

Lutyk [1978] wymienia *L. pinastri* jako gatunek, który wyrządza duże spustoszenie w tatrzańskej populacji kosodrzewiny. Swoje wnioski opiera jedynie na obserwacjach makroskopowych, dlatego też jest wielce prawdopodobne, że oprócz *L. pinastri* na igłach kosodrzewiny w Tatrach mógł znajdować również *L. conigenum*. Ten sam autor pisze, że to właśnie żółta plamistość jest najgroźniejsza spośród chorób kosodrzewiny powodowanych przez grzyby, tym bardziej że w połączeniu z niekorzystnym przebiegiem pogody może ona być istotnym zagrożeniem dla tego krzewu. Potwierdzają to badania Lukáčika [1997], który badał stan zdrowotny kosodrzewiny rosnącej po słowackiej stronie Tatr Zachodnich. Wymienia on przyczyny uszkodzeń igieł kosodrzewiny, wskazując na rodzaj podłoża, zwierzynę płową, grzyby powodujące pleśń śniegową, warunki atmosferyczne, a także wzrastającą liczbę turystów. Stwierdza też, że należy prowadzić dalsze badania w celu identyfikacji innych czynników powodujących uszkodzenia igieł kosodrzewiny. Porównując stan zdrowotny igieł kosodrzewiny w Karkonoszach i Tatrach, można zauważyć, że w obydwu tych pasmach górskich stwierdzono podobny skład gatunkowy grzybów zasiedlających igły oraz powodujący ich uszkodzenia. Jednak w przypadku populacji tatrzańskej znacznie większym problemem, niż to ma miejsce w Karkonoszach, jest rdza pęcherzykowata. W Karkonoszach rdza pęcherzykowata stanowi niewielki problem i występuje tylko w niektórych miejscach, przy porażeniu na poziomie sięgającym maksymalnie 10% powierzchni krzewu [Puszczyk i in. 2013], podczas gdy w Tatrach wartość ta przekraczała na niektórych stanowiskach 90%. Natomiast w przypadku brązowej plamistości igieł określono podobny stopień nasilenia choroby jak w Karkonoszach, gdzie corocznie stwierdza się objawy porażenia na poziomie 10% [Puszczyk, Kita 2014].

Obserwacje prowadzone w Karkonoszach i w Tatrach świadczą o tym, że w obydwu populacjach kosodrzewiny występują podobne choroby. Istnieją jednak pewne różnice pomiędzy tymi dwoma pasmami górskimi. Świadczy to prawdopodobnie o różnym przystosowaniu patogenów do panujących warunków środowiskowych. Wpływ czynników abiotycznych, a przede wszystkim warunków atmosferycznych, ma przypuszczalnie duże znaczenie dla kondycji kosodrzewiny, która następnie może być poddana większej presji ze strony poszczególnych patogenów, co znajduje potwierdzenie w pracach innych badaczy [Lutyk 1978; Lukáčik 1996, 1997; Lukáčik, Kolarčík 2011]. Dlatego też wydaje się, że w przyszłości należy prowadzić stały monitoring stanu zdrowotnego kosodrzewiny rosnącej na stanowiskach naturalnych oraz że konieczne są dalsze badania mające na celu dokładne i kompleksowe zbadanie kondycji tego gatunku rośliny.

Wnioski

- ✦ Igieł kosodrzewiny w Tatrach są w znacznym stopniu porażone przez patogeniczne grzyby.
- ✦ Najczęściej występującą chorobą igieł kosodrzewiny na badanych stanowiskach jest rdza pęcherzykowata.

Podziękowania

Autrzy pragną podziękować dr. Ondrejowi Koukolowi z Uniwersytetu Karola w Pradze za pomoc w oznaczeniu grzybów z rodzaju *Lophodermium*.

Literatura

- Andjelić M. 2000. Disease of the mountain pine (*Pinus mugo* Turra) in the area of Lovcen National Park (Montenegro, Yugoslavia). *Zastita prirode* 52 (1): 69-78.
- Drenkhan R., Hanso M. 2009. Recent invasion of foliage fungi of pines (*Pinus* spp.) dynamics control: a case study of *Lophodermium pinastri* on *Pinus sylvestris* needles. *Mycol. Res.* 104 (5): 587-594.
- Fabijanowski J., Dziewolski J., 1996. *Gospodarka leśna*. W: Mirek Z. [red.]. *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*. TPN, Kraków – Zakopane. 675-696.
- Hirose D., Osono T. 2006. Development and seasonal variations of *Lophodermium* populations on *Pinus thunbergi* needle litter. *Mycoscience* 47: 242-247.
- Holdenrieder O., Pautasso M., Weisberg P. J., Lonsdale D. 2004. Tree diseases and landscape processes: the challenge of landscape pathology. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 446-452.
- Hou Ch., Li L., Piepenbring M. 2009. *Lophodermium pini-mugonis* sp. nov. on needles of *Pinus mugo* from the Alps based on morphological and molecular data. *Mycol Progress* 8: 29-33.
- Jankovský L., Bednářová M., Palovčiková D. 2004. Dothistroma needle blight *Mycosphaerella pini* E. Rostrup, a new quarantine pathogen of pines in the CR. *Journ. of Forest Sci.* 50 (7): 319-326.
- Jovaišienė Z., Pavilonis R. 2005. *Mycosphaerella pini* is causing red band needle blight of pine in Lithuania. *Mūsų girios* 5-7.
- Karadžić D., Miljašević T. 2003. The most frequent of rusts on trees and shrubs on Serbia. *Bulletin of the Faculty of Forestry* 88: 77-101.
- Koukol O., Pusz W., Minter D. 2015. A new species of *Lophodermium* on needles of mountain pine (*Pinus mugo*) from the Giant Mountains in Poland. *Mycological Progress*. doi: 10.1007/s11557-015-1038-y.
- Kurkela T., Drenkhan R., Vuorinen M., Hanso M. 2009. Growth response of young Scots pines to needle loss assessed from productive foliage. *Forestry Studies* 50: 5-22.
- Lazarev V., Karadžić D., Marković M., Pap P., Poljakovič-Pajnik L. 2007. The most frequent *Lophodermium* spp. on scots pine and austrian pine and their role appearance of other fungi on the Needles. *Acta Silv. Lign. Hung. Spec. Edition*: 53-59.
- Lokvenc T. 2001. History of Giant Mts.' Dwarf pine (*Pinus mugo* Turra ssp. *pumilio Franco*). *Opera Corcontica* 38: 21-42.
- Lukáčik I. 1996. Premenlivost a poškodenie ihlič borovice horskej – kosodreviny w Oravských Beskydách. *Zborník Oravského Muzea XIII*: 90-98.
- Lukáčik I. 1997. Zdravotný stav porastov borovice horskej kosodreviny (*Pinus mugo* Turra) v oblasti Západných Tatier. *Lesnícky časopis – Forestry Journal* 43 (1): 51-55.
- Lukáčik I., Kolarčík M. 2011. Súčasný stač prirodzených populácií borovice horskej (*Pinus mugo* Turra) vo vybraných oblasti Nízkych Tatier. W: Salaš P. [red.]. *Rostliny v podminkách měníciho se klimatu*. *Lednice* 20-21.10.2011. *Uroda, védecka příloha*: 343-349.
- Lutyk P. 1978. Stan zdrowotny sosny kosówki (*Pinus mugus* Scop.) na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego. *Sylvan* 122 (10): 51-57.
- Markovskaja S., Treigienė A. 2009. New data on invasive pathogenic fungus *Dothistroma septosporum* in Lithuania. *Botanica Lithuanica* 15: 41-45.
- Minter D. W. 1981. *Lophodermium* on pines. *Mycological Papers* 147: 1-54.
- Mróz W., Perzanowska J. 2004. Zarośla kosodrzewiny (*Pinetum mugo*). W: Herbich J. [red.]. *Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – poradnik metodyczny*. Tom 3. *Murawy, łąki, ziołorośla, wrzosowiska, zarośla*. Wyd. Ministerstwo Środowiska, Warszawa. 54-62.
- Muľenko W., Saľata B., Woľczańska A. 1995. Mycological notes from Tatra National Park II. *Acta Mycologica* 30 (1): 65-79.
- Ortiz-Garcia S., Gernandt D., Stone J., Johnson P., Chapela I., Salaz-Lizana R., Alvarez-Buylla E. 2003. Phylogenetic of *Lophodermium* from pine. *Mycologia* 95 (5): 846-859.

- Piękoś-Mirkowa H., Mirek Z. 2003. Flora Polski. Atlas roślin chronionych. Multico, Oficyna Wydawnicza, Warszawa.
- Pitt J. I., Hocking A. D. 2009. Fungi and food spoilage. New York, Springer, USA.
- Pusz W., Kita W. 2014. Występowanie brązowej plamistości igieł (*Mycosphaerella dearnessi*) na kosodrzewinie (*Pinus mugo*) w Karkonoszach. Progress in Plant Protection 54 (2): 251-254.
- Pusz W., Kita W., Kaczmarek A., Nowosad K., Koukol O. 2013. Choroby igieł kosodrzewiny (*Pinus mugo*) w piętrze subalpejskim Karkonoszy. Sylwan 157 (10): 761-769.
- Reignoux S. N., Green S., Ennos R. A. 2014. Molecular identification and relative abundance of cryptic *Lophodermium* species in natural populations of Scots pine, *Pinus sylvestris* L. Fungal Ecology 118: 835-845.
- Sieber T. N., Ryś J., Holdenrieder O. 1999. Mycobiota in symptomless needles of *Pinus mugo* ssp. *uncinata*. Mycol. Res. 103 (3): 306-310.
- Skawiński P. 1993. Oddziaływania człowieka na przyrodę kopuły Kasprowego Wierchu oraz Doliny Goryczkowej w Tatrach. W: Cichocki W. [red.]. Ochrona Tatr w obliczu zagrożeń. Muzeum Tatrzańskie, TPN, Zakopane. 197-226.
- Skawiński P., Krzan Z. 1996. Narciarstwo. W: Mirek Z. [red.]. Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. TPN, Kraków-Zakopane. 697-594.
- Sokolski S., Piche Y., Berube J. 2004. *Lophodermium macci* sp. nov., a new species of senesced foliage of five-needle pines. Mycologia 96 (6): 1261-1267.
- Watanabe T. 2011. Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species. CRC Press, USA.
- Zwijacz-Kozica M. 2010. Zróżnicowanie kosodrzewiny w Tatrach, w świetle badań teledetekcyjnych. Teledetekcja Środowiska 44.
- Zwijacz-Kozica M., Zwijacz-Kozica T., Zagajewski B. 2010. Ocena wpływu turystyki i narciarstwa na stan kosodrzewiny w rejonie Hali Gąsienicowej na podstawie zdjęć hiperspektralnych. Materiały IV Konferencji „Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a Człowiek”. Nauka a zarządzanie obszarem Tatr i ich otoczeniem. Zakopane, 14-16 października 2010. T II. 81-86.