

KATARZYNA PATEJUK, WOJCIECH PUSZ

Ocena zdrowotności igieł sosny błotnej (*Pinus × rhaetica*) w Parku Narodowym Gór Stołowych

Evaluation of the health status of peat-bog pine (*Pinus × rhaetica*) needles in Góry Stołowe National Park

ABSTRACT

Patejuk K., Pusz W. 2017. Ocena zdrowotności igieł sosny błotnej (*Pinus × rhaetica*) w Parku Narodowym Gór Stołowych. Sylwan 161 (10): 861-869.

Pinus × rhaetica is holarctic species, which represents mixed morphological features from both *P. uncinata* and *P. mugo*. It is a typical species living in peat-bogs in highlands and it is endangered by drainage and the decline of its natural area. By now, the greatest population of peat-bog pine is living in the Wielkie Torfowisko Batorowskie peat-bog, but its health condition is alarming. In Poland *P. × rhaetica* is placed on the red list of plants and fungi as an endangered species, with a high risk of extinction in the wild. In order to preserve the genetic potential of the population, the national park has taken active protective measures, establishing a conservative nursery. The aim of this study was to determine the potential role of fungi growing on needles of peat-bog pine in health condition. The study was carried out in three conservative pine nurseries in the Góry Stołowe National Park (SW Poland). Needles and dead wood of peat-bog pine were collected in July 2016. Material was decontaminated in 1% surfactant solution of sodium hypochlorite. The next step was the liner of about 0.5 cm pieces of needles of 6 Petri dishes with solidified, acidified PDA medium (agar-potato glucose). The dominant microscopic fungi inhabiting needles are *Lophodermium pinastri*, isolated from all of the plots, and *Truncatella hartigii*, which was observed only on Wielkie Torfowisko Batorowskie peat-bog (tab. 1). A much greater diversity of species of fungi characterized that peat-bog (tab. 2).

KEY WORDS

peat-bog pine, fungi, Góry Stołowe National Park

ADDRESSES

Katarzyna Patejuk – e-mail: k.patejuk93@gmail.com
Wojciech Pusz

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

Wstęp

Sosna błotna jest gatunkiem holoarktycznym, łączącym w sobie cechy morfologiczne *Pinus uncinata* (sosny hakowatej) i *P. mugo* (sosny kosodrzewiny), rosnącym na torfowiskach górskich. Po raz pierwszy *P. × rhaetica* Neumann została opisana na Wielkim Torfowisku Batorowskim (WTB) w 1837 roku [Neumann 1837]. Jej niewyjaśniona przynależność taksonomiczna zaowocowała licznymi badaniami na temat morfologii gatunku [Prus-Głowacki i in. 1998; Boratyńska i in. 2003, 2011; Marcysiak i in. 2003; Boratyńska 2004]. Dawniej większość autorów klasyfikowała ją jako

swoistą hybrydę lub mieszańca introgressywnego między kosodrzewiną (*P. mugo*) a sosną zwyczajną (*P. sylvestris*) lub *P. mugo* a *P. uncinata* [Szweykowski 1969; Staszkiwicz, Tyszkiewicz 1972, 1976; Prus-Głowacki, Szweykowski 1979; Boratyński 1994]. Dywagacje te zaowocowały powstaniem nowego taksonu, łączącego wszystkie mieszańce pomiędzy *P. mugo* i *P. sylvestris* – *Pinus × rhaetica* Brugger [Boratyńska 2004], który w polskiej literaturze naukowej pojawił się jako sosna drzewokosa w 1993 roku [Staszkiwicz 1993]. Mimo tego w wielu publikacjach populacja rosnąca na WTB określana jest osobną nazwą *P. uliginosa*. Obecnie najczęściej używana wydaje się być teoria Christensena [1987], który podaje sosnę błotną jako podgatunek w kompleksie *P. mugo*. Potwierdzają to badania genetyczne weryfikujące pochodzenie drzewiastych form kosodrzewiny w Tatrach [Polok i in. 2016], w których do porównania wykorzystano sosnę błotną pochodzącą z Wielkiego Torfowiska Batorowskiego oraz Torfowiska pod Zieleńcem. Najwyższe podobieństwo genetyczne stwierdzono pomiędzy *P. uliginosa*, *P. mugo* oraz *P. × rhaetica*, co klasyfikuje te trzy taksony jako jeden gatunek biologiczny, należący do kompleksu *P. mugo*.

Na przestrzeni lat liczba stanowisk sosny błotnej w Polsce znacząco zmalała ze względu na zanik siedlisk w wyniku osuszania terenów podmokłych [Danielewicz, Zieliński 2000]. Obecnie zachowane populacje sosny błotnej na Dolnym Śląsku spotykane są jedynie w czterech miejscach: na WTB, w Rezerwacie „Torfowisko pod Węglińcem”, w lesie „Węglowiec” w Borach Dolnośląskich, a także w Rezerwacie Zieleniec w Sudetach [Wachowiak, Prus-Głowacki 2009]. Najliczniejsza populacja (około 400 osobników) *P. × rhaetica* znajduje się na WTB w Parku Narodowym Gór Stołowych (PNGS), jednak jej stan zdrowotny jest bardzo zły. Według Gołębia [1999] około 80% osobników wykazuje zaawansowane objawy zamierania, widoczna jest degeneracja populacji objawiająca się bardzo niskim udziałem drzew młodych i siewek. Do najważniejszych powodów przyczyniających się do zamierania sosny błotnej na WTB zalicza się odwodnienia przeprowadzone na przełomie XIX i XX wieku [Stark 1936] oraz sztuczne zalesienia świerkiem, który wykazuje silne tendencje do zajmowania otwartych terenów torfowiskowych. W Polsce sosna błotna objęta jest ochroną całkowitą [Rozporządzenie... 2014]. Jest także wykazana w Polskiej Czerwonej Księdze Roślin Naczyniowych ze statusem EN – gatunek zagrożony wymarciem w niedalekiej przyszłości [Staszkiwicz 2014]. Obliguje to jednostki rządowe do ochrony tego gatunku oraz wdrożenia działań ochronnych. W tym celu PNGS od kilku lat systematycznie prowadzi monitoring populacji *Pinus × rhaetica* na WTB. Założone zostały również szkółki zachowawcze będące rezerwuarem puli genowej sosny błotnej.

Celem pracy było określenie stopnia nasilenia występowania chorób igieł sosny błotnej w szkółkach zachowawczych oraz na Wielkim Torfowisku Batorowskim w Parku Narodowym Gór Stołowych.

Materiał i metody

Badania terenowe oraz analizę mykologiczną przeprowadzono w 2016 roku na terenie trzech szkółek zachowawczych sosny błotnej w PNGS. Osobniki w nich rosnące były rozmnażane dwiema metodami:

- generatywnie: szkółka „Na Zbóju” (GPS: 50°27'4"N, 16°23'0"E) oraz szkółka „Na Lisiej Przełęcz” (GPS: 50°27'38"N, 16°20'29"E),
- wegetatywnie: szkółka „Na Niknącej Łące” (50°27'47"N, 16°23'34"E).

Podczas obserwacji oceniono zdrowotność każdego badanego drzewa w szkółce, wykorzystując zmodyfikowaną sześciostopniową skalę porażenia [Pusz, Kita 2014]:

- 0 – osobnik zdrowy, witalny; igły bez zmian chorobowych,
- 1 – osobnik w dobrej kondycji, bez objawów zamierania; zmiany chorobowe w postaci pojedynczych przejaśnień na igłach, obejmujących do 5% powierzchni igły,
- 2 – osobnik w średniej kondycji zdrowotnej; liczne przebarwienia na blaszce liściowej, obejmujące 6-30% powierzchni igły; brak opadziny igieł,
- 3 – osobnik w złej kondycji, zamierający; igły z licznymi przebarwieniami obejmującymi 31-70% powierzchni igły,
- 4 – osobnik martwy lub zamierający; zmiany chorobowe na igłach obejmujące powyżej 70% powierzchni igły lub igły zamierające,
- 5 – osobnik martwy; igły zamarłe, przy lekkim poruszeniu pędu odpadają.

Oceniono łącznie 860 drzew w szkółce „Na Niknącej Łące”, 110 „Na Lisiej Przełęczy” oraz 92 osobniki w szkółce „Na Zbóju”. Następnie z uzyskanych wyników wyliczono współczynnik porażenia igieł sosny w szkółkach, posługując się wzorem:

$$W_p = \sum \frac{P \cdot W}{n}$$

gdzie:

- P – liczba roślin porażonych w danym stopniu porażenia,
- W – wartość stopnia porażenia,
- n – liczba wszystkich ocenianych roślin.

Materiał do analizy mykologicznej w szkółkach zachowawczych stanowiły igły wykazujące objawy chorobowe, takie jak przejaśnienia, chlorozy lub nekrozy aparatu asymilacyjnego i plamistości, przy czym pobierano także te z zamierających pędów. Dodatkowo wykonano analizę mykologiczną igieł z osobników rosnących na Wielkim Torfowisku Batorowskim. Z każdej rośliny pobrano 5 igieł. Po opłukaniu ich w podchlorynie sodu o stężeniu 1% przez 5 min pocięto je na 6 fragmentów o długości około 0,5 cm. Materiał wyłożono na zakwaszoną kwasem cytrynowym pożywkę PDA, w 3 powtórzeniach. Szalki inkubowano przez 14 dni w temperaturze pokojowej, w ciemności. Wyizolowane kolonie grzybów policzono i oznaczono do gatunku przy pomocy kluczy taksonomicznych [Minter 1981; Pitt, Hocking 2009; Watanabe 2011]. Wyniki uzyskane w analizie mykologicznej opracowano statystycznie przy użyciu następujących indeksów różnorodności:

– Shannona-Wienera:

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i$$

gdzie:

- S – liczba gatunków (bogactwo gatunkowe),
- p_i – stosunek liczby osobników danego gatunku do liczby wszystkich osobników ze wszystkich gatunków n_i/N ,
- n_i – liczba osobników jednego gatunku,
- N – liczba wszystkich osobników ze wszystkich gatunków;
- evenness S-W:

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

gdzie:

- H' – wskaźnik Shannona-Wienera,
- $\ln S$ – logarytm naturalny z liczby gatunków;

– Simpsona:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

gdzie:

S – liczba gatunków,

N – liczebność osobników,

n_i – liczba osobników i -tego gatunku.

Wyniki

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że szkółka zachowawcza „Na Niknącej Łące” charakteryzowała się największym porażeniem igieł sadzonek sosny błotnej (indeks porażenia na poziomie 2,4). Zamieranie osobników miało charakter placowy i koncentrowało się w 3 miejscach, w których dochodziło do znacznego pogorszenia kondycji zdrowotnej oraz całkowitego wypadania drzew. W szkółce „Na Lisiej Przełęczy” ($W_p=1,8$) zamieranie sosny błotnej występowało również placowo. Szkółka „Na Zbóju” charakteryzowała się najlepszą kondycją ($W_p=0,4$), nie występowały tam objawy procesów chorobowych.

Podczas analizy mykologicznej wyizolowano łącznie 1045 kolonii grzybów (tab. 1). Największa liczba kolonii wyizolowana została z igieł sosny błotnej rosnącej na Wielkim Torfowisku Batorowskim – 842, należące do 32 gatunków. Najczęściej izolowanym gatunkiem z igieł było *Lophodermium pinastri* (19,6% wszystkich wyizolowanych kolonii) oraz *Truncatella hartigii* (15,2%). Na WTB najczęściej izolowane z igieł były kolonie drożdżoidalne (22,9%). Największa różnorodność w obrębie jednego rodzaju występowała w przypadku *Penicillium* spp. wraz z *Talaromyces* spp. (basionym *Penicillium*), w obrębie którego wyizolowano 12 gatunków.

Na terenie szkółek zachowawczych wyizolowano z igieł 20 taksonów grzybów. Najczęściej notowanym gatunkiem występującym na igłach był grzyb *L. pinastri*. Dużym udziałem w ogólnej liczbie wyizolowanych kolonii odznaczały się również *Alternaria chartarum*, *Phoma* spp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp. oraz *Phomopsis* spp.

Na podstawie indeksów bioróżnorodności wywnioskować można, że największą różnorodnością biologiczną odznaczało się WTB oraz szkółka „Na Zbóju” (tab. 2). Najmniej różnorodna okazała się szkółka „Na Lisiej Przełęczy”, która została zdominowana przez jeden gatunek – *L. pinastri*. Najbardziej równomiernym rozkładem gatunków odznaczała się szkółka „Na Zbóju”, w której udział poszczególnych gatunków był podobny, jednak jak wynika z indeksu Shannona-Wienera, różnorodność biologiczna występująca w tej szkółce jest nieporównywalna do pozostałych miejsc.

Dyskusja

Uzyskane w badaniach wyniki potwierdzają tezę stawianą przez niektórych badaczy, że większa różnorodność mykobioty koreluje z kondycją danej populacji roślinnej oraz stanem siedliska. Wynik ten bowiem zdaje się być w zgodny z badaniami Chlebieckiego [2004], który wykazał na przykładzie *Dryas octopetala* oraz *Juncus trifidus* [Chlebiecki, Olejniczak 2007] większą liczbę gatunków grzybów mikroskopijnych występujących w dużych, dobrze zachowanych populacjach. Wraz ze spadkiem liczby osobników, a co za tym idzie pogorszeniem się kondycji populacji, zmniejsza się liczba gatunków towarzysząca danemu gatunkowi rośliny [Patejuk 2017]. Badania prowadzone w Białowieskim Parku Narodowym w ramach projektu CRYPTO zdają się potwierdzać tę zależność. Obszary charakteryzujące się niewielką antropopresją odznaczają się większą

Tabela 1. ciąg dalszy

	WTB		NL		NZ		LP		Razem In total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>Talaromyces rugulosus</i> (Thom)										
Samson, N. Yilmaz, Frisvad & Seifert	13	15							13	1,2
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	2	0,2							2	0,2
<i>Trichoderma viridae</i> Pers.	9	1,1			1	3,8			10	1,0
<i>Truncatella hartigii</i> (Tübeuf) Steyaert	159	18,9							159	15,2
<i>Basidiomycota</i>										
<i>Rhizoctonia solani</i> J.G. Kühn	18	2,1							18	1,7
Inne Other										
Kolonie białe niezarodnikujące Non-sporulating white colonies	118	14,0							118	11,3
Kolonie czarne niezarodnikujące Non-sporulating black colonies	3	0,4			1	3,8			4	0,4
Kolonie drożdżoidalne białe Yeast-like white colonies	185	22,0							185	17,7
Kolonie drożdżoidalne czerwone Yeast-like red colonies	2	0,2							2	0,2
Kolonie drożdżoidalne kremowe Yeast-like cream colonies	6	0,7							6	0,6
Razem In total	842		156		26		21		1045	

Tabela 2.

Wartości indeksów bioróżnorodności dla kolonii grzybów wyizolowanych z igieł sosny błotnej na poszczególnych stanowiskach badawczych

Values of the ecological indices for fungi occurring peat-bog pine needles on analysed study sites

	WTB	NL	NZ	LP
Shannon-Wienera	2,348	1,800	2,191	1,062
Evenness S-W	0,672	0,702	0,882	0,660
Simpsona	0,141	0,219	0,111	0,452

oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in table 1

liczbą oraz różnorodnością gatunkową grzybów [Faliński, Mułenko 1992, 1995a, b, 1996, 1997]. Podobną zależność zauważyć można, porównując miejsce naturalnego występowania sosny błotnej – Wielkie Torfowisko Batorowskie – ze szkółkami zachowawczymi, w których liczba wyizolowanych gatunków jest znacznie mniejsza, a dominacja gatunków potencjalnie patogenicznych znacznie mocniej zaznaczona. Zależność ta wywołana może być zachwianiem równowagi pomiędzy gatunkami saprotroficznymi bytującymi na powierzchni liścia, zmianą asocjacji, a w konsekwencji zwiększeniem podatności na infekcje ze strony grzybów [Chlebicki 2015; Grzegorzcyk i in. 2015]. Potwierdzają to przeprowadzone badania, w których najczęściej izolowane z igieł na WTB były kolonie drożdżoidalne (22,9%) stanowiące naturalny biofilm, ograniczający możliwość rozwoju innych mikroorganizmów. Tuż obok kolonii drożdżoidalnych gatunkiem bardzo często

izolowanym jest potencjalnie patogeniczny grzyb *T. hartigii* (18,4%), powodujący zamieranie starszych igieł drzew iglastych [Guba 1961; Ivanová 2016]. Dotychczas na terenie Europy był on izolowany z takich gatunków jak *Abies* spp., *Picea* spp. i *Pinus* spp., a także nasion roślin dziko rosnących [Karadzić, Milijašević 2008; Pusz i in. 2016]. Jak wynika z badań Vujanovica i in. [2000], *T. hartigii* jest jednym z najczęściej izolowanych gatunków grzybów patogenicznych z igieł różnych taksonów sosen. Mimo tak częstych obserwacji objawy chorobowe występowały rzadko, a podatność na patogen znacząco różniła się pomiędzy gatunkami. Karadzić i Milijašević [2008] podają *T. hartigii* jako gatunek o małym znaczeniu chorobotwórczym, izolowany najczęściej ze starych igieł oraz kory martwych gałęzi, w obrębie drzew silnie porażonych przez inne patogeny o dużym znaczeniu.

Gatunki grzybów wyosobnione z igieł sosny rosnącej w szkółkach zachowawczych są potencjalnymi patogenami, mogącymi przyczynić się do zamierania sadzonek sosny błotnej. Znaczny udział *L. pinastri* w ogólnej mykobiocie igieł różnych gatunków sosen potwierdzają badania Terhonen i in. [2011]. Jest to patogen pierwotny, atakujący zdrowe igły. Jego masowy pojaw powodować może osłabienie aparatu asymilacyjnego młodej rośliny oraz opadzinę igieł. Największe niebezpieczeństwo stanowi on w uprawach szkółkarskich, do 5. roku życia drzewa, kiedy może osłabić wzrost roślin o połowę, a także doprowadzić do zamarcia sadzonki [Mańka 2005; Łabanowski i in. 2015]. Stosunkowo wysoki udział grzybów z rodzaju *Phomopsis* sp. może świadczyć o ich roli w zamieraniu sadzonek drzew w szkółkach zachowawczych. Rodzaj *Phomopsis* sp. jest częstym patogenem drzew iglastych, powodującym zamieranie pędów oraz zrakowacenia [Wilson 1925; Phillips, Burdekin 1992]. Często izolowanym taksonem z drewna w szkółce „Na Niknącej Łące” były grzyby z rodzaju *Fusarium* sp., będące pospolitym patogenem roślin.

Znaczny procentowy udział *A. chartarum* w szkółce „Na Niknącej Łące” wskazywać może na jego współdziałanie w procesie zamierania jako patogenu wtórnego, zajmującego igły sosny po wcześniejszym osłabieniu drzew przez *Lophodermium* sp.

Rolą żywych banków genów oraz archiwów zachowawczych jest zachowanie cennego genotypu poprzez stworzenie optymalnych warunków do rozwoju roślin lub ich przechowywania poza obszarem naturalnego występowania [Raj, Kozioł 2016]. Grzyby patogeniczne niejednokrotnie powodować mogą ich zamieranie, znacząco ograniczając liczebność roślin, oraz zmniejszać jakość przechowywanego materiału [Pusz i in. 2016]. Aby zatem sprostać wymaganiom, należy się zastanowić nad wprowadzeniem na teren szkółek zachowawczych sosny błotnej w PNGS dostępnych metod ochrony roślin, również chemicznej, w celu zminimalizowania negatywnych skutków presji ze strony patogenów.

Wnioski

- ✦ Powodem pogarszającej się kondycji zdrowotnej siewek sosny błotnej w szkółkach zachowawczych „Na Niknącej Łące” oraz „Na Lisiej Przełęczcy” są prawdopodobnie grzyby z rodzajów *Lophodermium*, *Fusarium* oraz *Phomopsis*.
- ✦ Potencjalnie patogeniczny grzyb *Truncatella hartigii* może jako patogen wtórny pośrednio powodować zamieranie sosny błotnej na Wielkim Torfowisku Batorowskim. Jego duży udział wśród wyizolowanych kolonii wskazuje na wtórne porażenie osobników osłabionych innymi czynnikami (abiotycznymi), mogąc przyczynić się do przyspieszenia procesu zamierania drzew.
- ✦ Należy prowadzić cykliczny monitoring zdrowotności sosny błotnej rosnącej w szkółkach zachowawczych oraz zastanowić się, w razie dalszego rozwoju chorób, nad wprowadzeniem chemicznej metody ochrony roślin.

Podziękowania

Serdecznie dziękujemy Pani mgr Dianie Mańkowskiej-Jurek z PNGS za zaangażowanie i pomoc w pracach terenowych.

Literatura

- Boratyńska K. 2004. Relacje taksonomiczne między sosnami z kompleksu *Pinus mugo* (*Pinaceae*) na podstawie cech igieł. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 11: 235-255.
- Boratyńska K., Boratyński A., Lewandowski A. 2003. Morphology of *Pinus uliginosa* (*Pinaceae*) needles from populations exposed to and isolated from the direct influence of *Pinus sylvestris*. *Botanical Journal of Linnean Society* 142: 83-91.
- Boratyńska K., Jasińska A. K., Marcysiak K., Sobierajska K. 2011. *Pinus uliginosa* from Czarne Bagno peat-bog (Sudetes) compared morphologically to related *Pinus* species. *Dendrobiology* 65: 17-28.
- Boratyński A. 1994. Protected and deserving protection trees and shrubs from the Polish part of Sudety Mts. with its prealps. *Pinus mugo* TURRA and *Pinus uliginosa* NEUMANN. *Arboretum Kórnickie* 39: 63-85.
- Burdekin D. A., Phillips D. H. 1992. *Diseases of Forest and Ornamental Trees*. Palgrave Macmillan UK: 156-185.
- Chlebicki A. 2004. Ucieczka przed pasożytami i dryf symbiotyczny – czynna i bierna utrata symbiontów w populacji żywiciela. *Kosmos – Problemy Nauk Biologicznych* 53 (1): 33-38.
- Chlebicki A. 2015. Biofilmy występują powszechnie w przyrodzie. *Kosmos* 64: 337-345.
- Chlebicki A., Olejniczak P. 2007. Symbiotic drift as a consequence of declining host populations. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 49 (1): 89-93.
- Christensen K. I. 1987. Taxonomic revision of the *Pinus mugo* complex and *P. ×rhaetica* (*P. mugo* × *sylyvestris*). *Nord. J. Bot.* 7 (4): 383-408.
- Danielewicz W., Zieliński J. 2000. Ochrona sosny błotnej *Pinus uliginosa* A. Neumann na terenie Borów Dolnośląskich. *Przegląd Przyrodniczy* 11 (2-3): 113-124.
- Faliński J. B., Mułenko W. [red.]. 1992. Cryptogamous plants in the forest communities of Białowieża National Park. Check-list of cryptogamous and seminal plant species recorded during the period 1987/1991 on the permanent plot V1100 (Project CRYPTO 1). *Phytocoenosis* 4 (N.S.), *Archivum Geobotanicum* 3: 1-48.
- Faliński J. B., Mułenko W. [red.]. 1995a. Cryptogamous plants in the forest communities of Białowieża National Park. General problems and taxonomic groups analysis. (Project CRYPTO 2). *Phytocoenosis* 7 (N.S.), *Archivum Geobotanicum* 4: 11-176.
- Faliński J. B., Mułenko W. [red.]. 1995b. Cryptogamous plants in the forest communities of Białowieża National Park. General problems and taxonomic groups analysis. (Project CRYPTO 4). *Phytocoenosis* 8 (N.S.), *Supplementum Cartographiae Geobotanicae* 7: 11-522.
- Faliński J. B., Mułenko W. [red.]. 1996. Cryptogamous plants in the forest communities of Białowieża National Park. General problems and taxonomic groups analysis. (Project CRYPTO 3). *Phytocoenosis* 8 (N.S.), *Archivum Geobotanicum* 6: 11-224.
- Faliński J. B., Mułenko W. [red.]. 1997. Cryptogamous plants in the forest communities of Białowieża National Park. *Ecological Atlas*. (Project CRYPTO4). *Phytocoenosis* 9 (N.S.), *Supplementum Cartographiae Geobotanicae* 7: 1-522.
- Gołąb Z. 1999. *Pinus uliginosa* Neumann in Wielkie Torfowisko Batorowskie (The Great Batorowskie Peatbog) in the Stołowe mountains. *Szczeliniec* 3: 41-48.
- Grzegorzczak M., Szalewicz A., Żarowska B., Połomska X., Wątorok W., Wojtatowicz M. 2015. Drobnoustroje w biologicznej ochronie roślin przed chorobami grzybowymi. *Acta Sci. Pol. Biotechnol.* 14 (2): 19-42.
- Guba E. F. 1961. *Monograph of Monochaetia and Pestalotia*. Cambridge.
- Ivanová H. 2016. Comparison of the fungi *Pestalotiopsis funerea* (Desm.) Steyaert and *Truncatella hartigii* (Tubef) Steyaert isolated from some species of the genus *Pinus* L. in morphological characteristics of conidia and appendages. *Journal of Forest Science* 62 (6): 279-284.
- Karadžić D., Milijašević T. 2008. The most important parasitic and saprophytic fungi in Austrian pine and Scots pine plantations in Serbia. *Bulletin of the Faculty of Forestry* 97: 147-170.
- Łabanowski G., Orlikowski L., Soika G., Wojdyła A. 2015. *Ochrona drzew i krzewów iglastych*. Plantpress, Kraków.
- Mańka K. 2005. *Fitopatologia leśna: podręcznik dla studentów wydziałów leśnych akademii rolniczych*. PWRiL, Warszawa.
- Marcysiak K., Boratyńska K., Mazur M. 2003. Variability of *Pinus uliginosa* cones from the peat-bog in Węgliniec. *Dendrobiology* 49: 43-47.
- Minter D. W. 1981. *Lophodermium* on pines. *Mycol Pap* 147: 1-54.
- Neumann C. 1837. Über eine auf den Seefeldern bei Reinerz u. einigen ähnlichen Gebirgsmooren der königl. Oberförsterei Karlsberg in der Grafschaft Glatz vorkommende noch unbeschriebene Form der Gattung *Pinus*. *Jahresber. Schlesische Gesellschaft für Vaterländische Kultur* 11: 52-57.

- Patejuk K. 2017. Płaskosz pędowy żurawiny *Exobasidium oxycocci* Rostr. ex Shear – nowy gatunek dla Sudetów. *Przyroda Sudetów* 20: 109-112.
- Pitt J. I., Hocking A. D. 1997. *Fungi and Food Spoilage*. Blackie Academic and Professional. London, New York.
- Pitt J. I., Hocking A. D. 2009. *Fungi and food spoilage*. New York, Springer, USA.
- Polok K., Zwijacz-Kozica T., Zielinski R. 2016. Weryfikacja pochodzenia drzewiastych form kosodrzewiny na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego na podstawie polimorfizmu miejsc insercji transpozonów. *Sylwan* 160 (7): 573-581.
- Prus-Głowacki W., Bujas E., Ratyńska H. 1998. Taxonomic position of *Pinus uliginosa* Neumann as related to other taxa of *Pinus mugo* complex. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 67: 269-274.
- Prus-Głowacki W., Szweykowski J. 1979. Studies on antigenic differences in needle proteins of *Pinus sylvestris* L., *P. mugo* Turra, *P. uliginosa* Neumann and *P. nigra* Arnold. *Acta Soc. Bot. Pol.* 48: 217-238.
- Pusz W., Kita W. 2014. Ocena zdrowotności igieł kosodrzewiny (*Pinus mugo* Turra) w Karkonoskim Parku Narodowym. *Opera Corcontica* 51: 41-48.
- Pusz W., Kroczyk M., Kaczmarek A. 2016. Zasiadlenie przez grzyby mikroskopowe nasion rzadkich i zagrożonych gatunków roślin uprawianych w hodowli zachowawczej w Żywym Banku Genów w Jagniątkowie. *Progress in Plant Protection* 56: 34-41.
- Raj M., Kozioł C. [red.]. 2016. Ochrona *ex situ* jarzębu brekinii oraz cisa pospolitego. Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe, Miłków.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin. 2014. Dz. U., poz. 1409.
- Stark L. 1936. Zur Geschichte der Moor Und Walder Schliesens in postglazialer Zeit. *Botanische Jahrbucher* 67: 494-640.
- Staszkiwicz J. 1993. *Pinus x rhaetica* Brügger – sosna drzewokosa. W: Zarzycki K., Kaźmierczakowa R. [red.]. *Polska Czerwona Księga Roślin*. Inst. Bot. im. W. Szafera, Kraków. 38-39.
- Staszkiwicz J. 2014. *Pinus x rhaetica* Brügger – sosna drzewokosa. W: Kaźmierczakowa R., Zarzycki K., Mirek Z. [red.]. *Polska Czerwona Księga Roślin*. Paprotniki i rośliny kwiatowe. Inst. Bot. im. W. Szafera, Kraków. 76-78.
- Staszkiwicz J., Tyszkiewicz M. 1972. Zmienność naturalnych mieszańców *Pinus sylvestris* L. x *P. mugo* Turra (*P. x rotundata* Link.) w południowo-zachodniej Polsce oraz na wybranych stanowiskach Czech i Moraw. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 18: 173-191.
- Staszkiwicz J., Tyszkiewicz M. 1976. Zmienność populacyjna i osobnicza szyszek kosodrzewiny (*Pinus mugo* Turra) ze szczególnym uwzględnieniem materiałów z Karpat. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 22: 19-29.
- Szweykowski J. 1969. The variability of *P. mugo* Turra in Poland. *Bulletin de la Societe des Amis des Acienes et des Lettres de Poznań* 10: 39-54.
- Terhonen E., Marco T., Sun H., Jalkanen R., Kasanen R., Vuorinen M., Asiegbu F. 2011. The effect of latitude, season and needle-age on the mycota of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in Finland. *Silva Fennica* 45 (3): 301-317.
- Vujanovic V., St-Arnaud M., Neumann P. J. 2000. Susceptibility of cones and seeds to fungal infection in a pine (*Pinus* spp.) collection. *Forest Pathology* 30: 305-320.
- Wachowiak W., Prus-Głowacki W. 2009. Different patterns of genetic structure of relict and isolated populations of endangered peat-bog pine (*Pinus uliginosa* Neumann). *Journal of Applied Genetics* 50: 329-339.
- Watanabe T. 2011. *Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species*. CRC Press, USA.
- Wilson M. 1925. The Phomopsis disease of conifers. *Forestry Commission Bulletin* 6: 1-34.