

Tomasz Leski, Małgorzata Stasińska, Maria Rudawska,
Marta Kujawska, Leszek Karliński, Robin Wilgan



RÓŻNORODNOŚĆ GRZYBÓW EKTOMYKORYZOWYCH W NADMORSKIEJ CIEPŁOLUBNEJ BUCZYNIĘ STORCZYKOWEJ *CEPHALANTHERO RUBRAE-FAGETUM* NA TERENIE WOLIŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO

Diversity of ectomycorrhizal fungi in the coastal thermophilous orchid
beech forest *Cephalantherorubrae-Fagetum* in the Wolin National Park

ABSTRAKT: W pracy przedstawiono wyniki badań nad grzybami ektomykoryzowymi występującymi w nadmorskiej ciepłolubnej buczynie storczykowej *Cephalanthero rubrae-Fagetum* w Wolińskim Parku Narodowym. Badania oparte były o obserwacje występowania owocników grzybów ektomykoryzowych oraz molekularną identyfikację ektomykoryz. W trakcie badań zidentyfikowano 78 gatunków grzybów ektomykoryzowych, w tym 36 wyłącznie w formie owocników i 23 wyłącznie jako ektomykoryzy. Wśród zidentyfikowanych grzybów 36 to gatunki nowe dla mykobioty Parku, w tym pięć nowych dla Polski. Odnotowano również siedem gatunków grzybów ektomykoryzowych znajdujących się na czerwonej liście grzybów wielkoowocnikowych.

SŁOWA KLUCZOWE: Wolin, owocniki, ektomykoryzy, grzyby wielkoowocnikowe, obszary chronione

ABSTRACT: The paper presents the results of the study of ectomycorrhizal fungi in the coastal thermophilous orchid beech forest *Cephalantherorubrae-Fagetum* in the Wolin National Park. The research was based on observations of the sporocarps of ectomycorrhizal fungi and molecular identification of ectomycorrhizas. During the study, 78 species of ectomycorrhizal fungi were identified. Thirty-six of them were found only as sporocarps and 23 only as ectomycorrhizas. Among the identified fungi, 36 are species new to the mycobiota of Wolin National Park, and five are new to Poland. Seven species of ectomycorrhizal fungi from the Red List of Macrofungi in Poland have also been recorded.

KEY WORDS: Wolin, sporocarps, ectomycorrhizas, macromycetes, protected areas

Wstęp

Woliński Park Narodowy (WPN) został powołany do życia 15 marca 1960 roku w celu ochrony jednego z najcenniejszych przyrodniczo obszarów polskiego wybrzeża. Początkowo obejmował on obszar 4691 ha, na który składały się klify nadmorskie, kompleksy leśne na wzgórzach morenowych, jeziora śródlądowe oraz fragment nadbałtyckiej pla-

ży. Po rozszerzeniu granic Parku w 1996 roku i włączeniu do niego pasa wód przybrzeżnych Zatoki Pomorskiej o szerokości 1 mili morskiej, wysp w Delcie Wstecznej Świny wraz z otaczającymi je wodami Zalewu Szczecińskiego oraz jeziorami Wicko Duże i Wicko Małe, jego aktualna powierzchnia wynosi 10 937 ha. Ekosystemy leśne zajmują 42,50% powierzchni Parku (4648,53 ha), ekosystemy wodne 42,80% (4681,41 ha) a łądowe ekosys-

temy nieleśne 14,70% (1607,46 ha) (Grzegorzycyk i Lewicki 2004). Warto podkreślić jest to, że przeważająca część WPN znajduje się w granicach specjalnego obszaru ochrony siedlisk Natura 2000 Wolin i Uznam PLH 320019, a duży fragment Parku to obszar specjalnej ochrony ptaków – PLB 320002 Delta Świny.

W obrębie ekosystemów leśnych WPN, wśród 15 wyróżnionych zespołów leśnych istotną rolę pod względem powierzchniowym i ekologicznym odgrywają lasy bukowe: kwaśna buczyna niżowa *Luzulo pilosae-Fagetum* W.Mat. et A.Mat. 1973, żyzna buczyna niżowa *Galio odorati-Fagetum* Rübél 1930 ex Sougnez et Thill 1959 i nadmorska ciepłolubna buczyna storczykowa *Cephalanthero rubrae-Fagetum* Piotr. et Olacz. ex W. Mat. 2001. Buk zwyczajny *Fagus sylvatica* L., podobnie jak większość gatunków drzew leśnych występujących w naszej strefie klimatycznej, zaliczany jest do drzew obligatoryjnie ektomykoryzowych, czyli takich, które w warunkach naturalnych rozwijają się prawidłowo tylko wówczas, kiedy ich korzenie drobne pozostają w symbiotycznym związku z grzybami ektomykoryzowymi. Ektomykoryza odgrywa kluczową rolę w prawidłowym funkcjonowaniu ekosystemów leśnych, ze względu na udział grzybów ektomykoryzowych w obiegu niezbędnych do życia substancji odżywczych i wody, a także liczne funkcje ochronne wobec różnych zagrożeń biotycznych i abiotycznych (Smith i Read 1997). Dane o występowaniu grzybów ektomykoryzowych w WPN są dość fragmentaryczne, ponieważ do tej pory nie prowadzono na jego obszarze szczegółowych i systematycznych badań mykologicznych w tym kierunku. Najstarsze doniesienia o kilkunastu gatunkach grzybów z rodziny *Boletaceae* z terenu obecnego Parku pochodzą z niemieckiej publikacji sprzed drugiej wojny światowej (Stier 1939). Pierwszym obszernym studium nad macromycetes WPN w którym uwzględniono grzyby ektomykoryzowe było opracowanie Lisiewskiej (1966), przedstawiające udział grzybów wielkoowocnikowych w zbiorowiskach roślinnych – wy-

dmowych, boru nadmorskiego i mieszanego oraz buczyn. Dopiero po pięćdziesięciu latach ukazały się dwa kolejne doniesienia dotyczące bioty grzybów występujących w zbiorowiskach leśnych Parku (Stasińska i Sotek 2016, 2020). Zarówno praca Lisiewskiej (1966), jak i doniesienia Stasińskiej i Sotek (2016, 2020) są oparte głównie na występowaniu owocników. Stanowią one istotny wkład w poznanie mykobioty Parku, jednak z pewnością nie opisują w pełni jej różnorodności na tym obszarze. Do momentu rozpoczęcia naszych badań z terenu WPN znanych było 508 gatunków grzybów wielkoowocnikowych, w tym 176 gatunków grzybów ektomykoryzowych (Stier 1939, Dominik 1957, Lisiewska 1966, Skirgiełło 1970, Ławrynowicz 1983, 1989, Stasińska i Sotek 2016, 2020).

Celem prezentowanych badań było pogłębienie wiedzy na temat różnorodności grzybów ektomykoryzowych występujących w unikatowej w skali kraju nadmorskiej ciepłolubnej buczynie storczykowej. Aby jak najpełniej opisać tę różnorodność w badaniach zintegrowano dwie metody badawcze stosowane w analizach zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych. Metody te oparte są na obserwacji dwóch najważniejszych stadiów rozwojowych grzybów ektomykoryzowych, tj. owocników oraz ektomykoryz. Takie podejście metodyczne, łączące nadziemną i podziemną strukturę zbiorowiska grzybów ektomykoryzowych, zgodne jest z zaleceniami na temat metod stosowanych w terenowych badaniach tej grupy funkcjonalnej grzybów (Tóth i Barta 2010). W tym celu na szeroką skalę zastosowano molekularną identyfikację grzybów ektomykoryzowych z wierzchołków mykoryzowych, ale również owocników, w oparciu o sekwencjonowanie regionu ITS rDNA grzybów, który uznawany jest powszechnie za region barkodowy dla tej grupy organizmów (Blaalid et al. 2013).

Metody badań

Obszar badań

Prezentowane badania grzybów ektomykoryzowych prowadzone były w nadmorskiej ciepłolubnej buczynie storczykowej *Cephalanthero rubrae-Fagetum* (kod 9150-5), zwanej również storczykową buczyną wolińską. Jest to jeden z pięciu wariantów ciepłolubnej buczyny storczykowej *Cephalanthero-Fagenion* R. Tx. 1955 (kod 9150) występujących na terenie Polski, obecny jedynie na terenie Wolińskiego Parku Narodowego. Buczyna ta występuje w wąskim (do ok. 100 m szerokości), nieciągłym pasie o długości około 3 km między Białą Górą a Grodnem; od zbiorowiska aktywnego klifu (kod 1230) do rozpościerającej się dalej kwaśnej buczyny niższej *Luzulo pilosae-Fagetum* (kod 9110). Drzewostan w buczynie storczykowej składa się z buka zwyczajnego, a warstwa krzewów jest raczej słabo rozwinięta. Występowanie tej buczyny jest silnie związane z morfodynamiką wybrzeża klifowego i obecnością specyficznej gleby, tzw. naspy przyklifowej. Ten typ gleby, o charakterystycznej warstwowej budowie, tworzony jest wskutek przemienego osadzenia się piasku nawiewanego z powierzchni klifów przez silne wiatry wiejące od strony morza oraz materii organicznej w postaci liści czy też martwych roślin runa. Nawiewany piasek i pyły węglanowe powodują odkwaszenie gleby, co stwarza warunki korzystne do rozwoju storczyków. W chwili obecnej w fitocenozie tej stwierdzone jest występowanie siedmiu gatunków storczyków (Tylkowski et al. 2021).

Badania występowania owocników grzybów ektomykoryzowych

Obserwację i zbiór owocników grzybów ektomykoryzowych prowadzono na pięciu stałych powierzchniach badawczych zlokalizowanych w następujących wydzieleniach leśnych (pododdziałach): 11i, 12k, 13i, 14k i 14o. Na terenie każdego z wydzieleni założono stałą powierzchnię obserwacyjną o wiel-

kości 400 m² (20 × 20 m). Na każdej z nich dokonywano spisu występujących i zidentyfikowanych na miejscu gatunków grzybów oraz zbioru 1-2 owocników, których identyfikacja była możliwa dopiero po zaobserwowaniu budowy struktur mikroskopowych (m.in. zarodników, cystyd, podstawek itp.) za pomocą mikroskopu świetlnego (Olympus BX53) połączanego z aparatem cyfrowym (Olympus DP26) o powiększeniu 400 × lub 1000 ×. Obserwacje owocników prowadzone były przez trzy lata (2020-2022), przez cały sezon wegetacyjny (od maja do listopada). Każda z powierzchni odwiedzona była łącznie 15 razy.

Zebrane w trakcie badań terenowych owocniki grzybów przewożono w pojemnikach plastikowych do laboratorium w celu ich dalszej identyfikacji, przy czym istotne cechy budowy morfologicznej owocników (np. kolor kapelusza, zapach i smak miąższu) i cechy ekologiczne (np. rodzaj substratu, na którym rosły owocniki) notowano bezpośrednio w trakcie zbioru grzybów, w ich naturalnych siedliskach. Owocniki suszono w temperaturze pokojowej lub suszarce elektrycznej w temperaturze 40 °C. Okazy zidentyfikowano badając cechy makroskopowe i mikroskopowe stosując standardowe metody wykorzystywane w badaniach grzybów wielkoowocnikowych. W przypadku gatunków grzybów nastroczających trudności w identyfikacji metodami klasycznymi zastosowano metody molekularne. Zebrane okazy grzybów zostały zdeponowane w Herbarium Uniwersytetu Szczecińskiego (Herbarium Stetinense, SZUB).

Przy identyfikacji grzybów korzystano z następujących monografii i kluczy: Breitenbach i Kränzlin (1984, 1986, 1991, 1995, 2000), Breitenbach i Kränzlin (1984, 1986, 1991, 1995, 2000), Stangl (1989), Watling i Gregory (1993), Bas et al. (1995, 1999), Romagnesi (1996), Sarnari (1998, 2005), Hansen i Knudsen (2000), Kränzlin (2005), Bernicchia i Gorjón (2010), Knudsen i Vesterholt (2012), Kibby (2014a, b, 2016), Paz et al. (2017).

Przypisanie znalezionych grzybów do grzybów ektomykoryzowych dokonano w

oparciu o dostępną literaturę oraz bazy UNITE (Nilsson et al. 2018) i FUNGuild (Nguyen et al. 2016). Nazewnictwo grzybów podano zgodnie z bazą danych Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org>). Kategorie zagrożenia grzybów wielkoowocnikowych w Polsce podano za Wojewodą i Ławrynowicz (2006). Dane o gatunkach nowych dla mykobioty Polski oparto o listy krytyczne (Wojewoda 2003, Chmiel 2006), internetową bazę „Grzyby makroskopijne Polski w literaturze mykologicznej” (Kujawa 2023) oraz bazy GBIF (<https://www.gbif.org/>) i UNITE (<https://unite.ut.ee/>). Nazwy zespołów leśnych podano za Matuszkiewiczem (2023).

Badania ektomykoryz

Na każdej z powierzchni badawczych jesienią 2022 roku pobrano po 6 prób glebowo-korzeniowych o objętości ok. 200 cm³ (próbnik o średnicy 5 cm i długości 10 cm). Łącznie zebrano i poddano dalszej analizie 30 prób. Po pobraniu każda próba umieszczona została w oznaczonym worku strunowym i do czasu dalszych analiz przechowywana była w zamrażarce w temperaturze -20 °C. Z każdej próby wybrane zostały wszystkie korzenie, które po wypukaniu pod bieżącą wodą, na metalowych sitach o oczkach o średnicy 1,5 mm, były podstawą do dalszych badań ektomykoryz. Z wykorzystaniem mikroskopów stereoskopowych ektomykoryzy obecne na oczyszczonych korzeniach klasyfikowane były do tzw. morfotypów mykoryzowych. Przy klasyfikowaniu ektomykoryz do odrębnych morfotypów brano pod uwagę następujące cechy morfologiczne: sposób rozgałęzienia ektomykoryz, barwa, grubość i faktura mufki grzybniowej, kształt wierzchołków mykoryzowych, obecność cystyd, obecność i obfitość występowania grzybni zewnętrznej, charakter i barwa grzybni wewnętrznej, obecność, sposób rozgałęzienia, stopień zróżnicowania i barwa sznurów grzybniowych, obecność sklerocji. Żywe, dobrze zachowane ektomykoryzy, reprezentujące poszczególne morfotypy przechowywano w 1,5 ml probówkach Eppendorfa w

temperaturze -20 °C do momentu przeprowadzenia ekstrakcji DNA. Morfotypowanie i dalszą analizę molekularną przeprowadzono odrębnie dla każdej z prób i powierzchni. Ekstrakcję DNA z pojedynczych wierzchołków ektomykoryzowych reprezentujących poszczególne morfotypy ektomykoryzowe przeprowadzono z wykorzystaniem zestawu do izolacji GeneMATRIX Plant & Fungi DNA Purification Kit firmy EURx. Wyizolowane DNA stanowiło matrycę do selektywnej amplifikacji regionu ITS grzybów. W reakcji PCR wykorzystana została para starterów ITS1F (grzybowo specyficzny) i ITS4 (uniwersalny). Zamplifikowany region ITS rDNA poddano sekwencjonowaniu metodą Sangera. Uzyskane sekwencje były edytowane, a następnie ręcznie korygowane przez poprawienie pojedynczo występujących niezidentyfikowanych zasad przy pomocy programów BioEdit i MEGA. W końcowym etapie sekwencje porównywano z sekwencjami referencyjnymi z baz danych UNITE (www.unite.ut.ee) oraz GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov) przy zastosowaniu algorytmu BLASTn. Za poziom podobieństwa gatunkowego przyjęto 97% (dla rodzaju *Cortinarius* 99%) podobieństwa do sekwencji referencyjnych na długości powyżej 450 nukleotydów (przy e-value o wartości 0,0).

Pomimo że część grzybów zidentyfikowana została tylko do poziomu rodzaju, to przyjęto uproszczenie i w całym artykule termin gatunek odnosi się także do tych taksonów.

Wyniki

Łącznie w trakcie badań na wszystkich powierzchniach badawczych zidentyfikowano 78 grzybów ektomykoryzowych, w tym 70 do poziomu gatunku i osiem do poziomu rodzaju. Odrębność sekwencji regionu ITS rDNA grzybów zidentyfikowanych do poziomu rodzaju pozwoliła jednak na zaklasyfikowanie ich do indywidualnych taksonów (gatunków bez jednoznacznie określonej nazwy). Pięćdziesiąt pięć gatunków znaleziono w formie owocników, a 42 w formie ektomykoryz. 19 gatunków stwierdzono zarówno w formie

Tab. 1. Gatunki grzybów ekotomkoryzowych zidentyfikowane w formie owocników (O) i ekotomkoryz (E) na powierzchniach badawczych zlokalizowanych w nadmorskiej buczynie storczykowej Wołińskiego Parku Narodowego. Gatunki uporządkowano alfabetycznie w pierwszej kolejności wg linii filogenetycznych, a następnie nazwy gatunkowej. Na szaro zaznaczono gatunki nowe dla mykobioty WPN, a wytuszczonym drukiem gatunki nowe dla Polski.

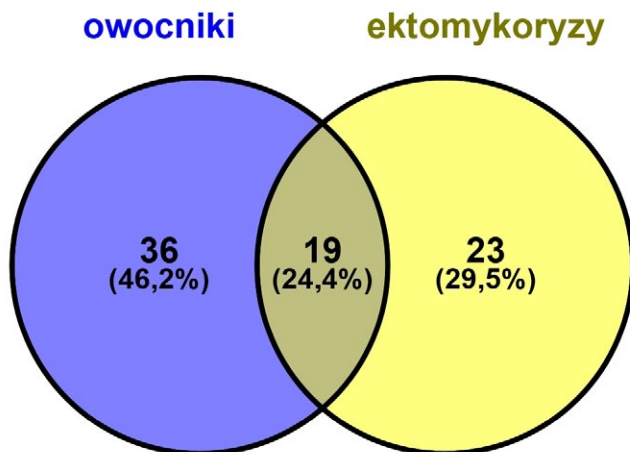
Tab. 1. Species of ectomycorrhizal fungi identified in the form of sporocarps (O) and ectomycorrhizae (E) on research plots located in the coastal orchid beech forest of the Wolin National Park. Species arranged alphabetically first by phylogenetic lineage and then by species name. Species new to the mycobiota of WPN are marked in grey and species new to Poland in bold.

Lp.	Gatunek /Species	Linia filogenetyczna/ Phylogenetic lineage	Rząd/Phylum	Źródło identyfikacji/ Method of identification	Poddział/Subdivision				
					11i	12k	13i	14k	14o
1	<i>Amanita citrina</i> Pers.	/amanita	Agaricales	O	•				•
2	<i>Amanita fulva</i> Fr.	/amanita	Agaricales	O					•
3	<i>Amanita muscaria</i> (L.) Lam.	/amanita	Agaricales	O					•
4	<i>Amanita pantherina</i> (DC.) Krombh.	/amanita	Agaricales	O			•		•
5	<i>Amanita phalloides</i> (Vaill. ex Fr.) Link	/amanita	Agaricales	O			•	•	•
6	<i>Amanita rubescens</i> Pers.	/amanita	Agaricales	O, E					•
7	<i>Boletus reticulatus</i> Schaeff.	/boletus	Boletales	O, E			•		•
8	<i>Xerocomellus chrysenteron</i> (Bull.) Šutara	/boletus	Boletales	O					•
9	<i>Xerocomellus cisalpinus</i> (Simonini, H. Ladurner & Peintner) Klofac	/boletus	Boletales	O					•
10	<i>Xerocomellus porosporus</i> (Imler ex Watling) Šutara	/boletus	Boletales	O, E			•		
11	<i>Xerocomellus pruinitatus</i> (Fr. & Hök) Šutara	/boletus	Boletales	O, E				•	
12	<i>Cenococcum geophilum</i> Fr.	/cenococcum	Mytilimidiales	E	•	•	•		•
13	<i>Clavulina cinerea</i> (Bull.) J. Schröt.	/clavulina	Cantharellales	O, E		•			
14	<i>Cortinarius anthracinus</i> Fr.	/cortinarius	Agaricales	O					•
15	<i>Cortinarius armeniacus</i> (Schaeff.) Fr.	/cortinarius	Agaricales	O					•

16	<i>Cortinarius elaphinicolor</i> Carteret	/cortinarius	Agaricales	E					•
17	<i>Cortinarius elegantissimus</i> Rob. Henry	/cortinarius	Agaricales	O			•		•
18	<i>Cortinarius epipururus</i> Chevassut & Rob. Henry	/cortinarius	Agaricales	O, E			•		•
19	<i>Cortinarius flexipes</i> (Pers.) Fr.	/cortinarius	Agaricales	O			•		•
20	<i>Cortinarius incisus</i> (Pers.) Fr.	/cortinarius	Agaricales	O					•
21	<i>Cortinarius inconspicuus</i> J. Favre	/cortinarius	Agaricales	O					•
22	<i>Cortinarius obtusus</i> (Fr.) Fr.	/cortinarius	Agaricales	O					•
23	<i>Cortinarius phaeosmus</i> Rob. Henry	/cortinarius	Agaricales	E					•
24	<i>Cortinarius roseobrunneus</i> Carteret	/cortinarius	Agaricales	E				•	
25	<i>Cortinarius rubricosus</i> (Fr.) Fr.	/cortinarius	Agaricales	O					•
26	<i>Cortinarius splendens</i> Rob. Henry	/cortinarius	Agaricales	O				•	•
27	<i>Cortinarius torvus</i> (Fr.) Fr.	/cortinarius	Agaricales	O, E					•
28	<i>Cortinarius vernus</i> H. Lindstr. & Melot	/cortinarius	Agaricales	O		•			
29	<i>Entoloma griseorugulosum</i> Noordel. & Fern. Sas.	/entoloma	Agaricales	E		•			
30	<i>Humaria hemisphaerica</i> (F.H. Wigg.) Fockel	/genea-humaria	Pezizales	O, E			•		•
31	<i>Hebeloma crustuliniforme</i> (Bull.) Quél.	/hebeloma-almicola	Agaricales	O, E					•
32	<i>Hygrophorus eburneus</i> (Bull.) Fr.	/hygrophorus	Agaricales	O			•		•
33	<i>Hysterangium thwaitesii</i> Berk. & Broome	/hysterangium	Agaricales	E					•
34	<i>Inocybe assimilata</i> Britzelm.	/inocybe	Agaricales	O					•
35	<i>Inocybe geophylla</i> (Sowerby) P. Kumm.	/inocybe	Agaricales	O			•		
36	<i>Inocybe praetervisa</i> Quél.	/inocybe	Agaricales	O					•
37	<i>Inocybe pseudoreducta</i> Stangl & Glowinski	/inocybe	Agaricales	O				•	
38	<i>Inocybe splendens</i> R. Heim	/inocybe	Agaricales	O, E			•		•

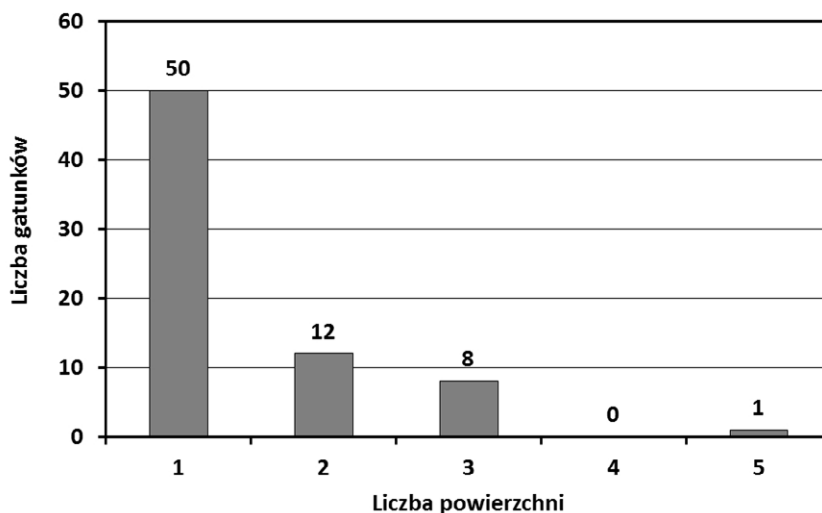
39	<i>Inocybe</i> sp. 1 (Fr.) Fr.		/inocybe	Agaricales	E					•
40	<i>Laccaria amethystina</i> Cooke		/laccaria	Agaricales	O, E					•
41	<i>Laccaria laccata</i> (Scop.) Cooke		/laccaria	Agaricales	O				•	
42	<i>Hydnobolites</i> sp. Tul. & C. Tul.		/marcelleina-peziza gerardii	Pezizales	E			•		
43	<i>Luteoamylascus</i> sp. Cabero, P. Alvarado & G. Moreno		/pachyphloeus-amylascus	Pezizales	E			•		
44	<i>Pachyphloides nemoralis</i> Hobart, Bóna & A. Paz		/pachyphloeus-amylascus	Pezizales	E			•		
45	<i>Melanogaster variegatus</i> (Vittad.) Tul. & C. Tul.		/paxillus-gyrodon	Boletales	E			•		
46	<i>Piloderma</i> sp. Jülich		/piloderma	Atheliales	E				•	
47	<i>Scleroderma bovista</i> Fr.		/pisolithus-scleroderma	Boletales	O			•		
48	<i>Pseudotomentella tristic</i> (P. Karst.) M.J. Larsen		/pseudotomentella	Thelephorales	E				•	
49	<i>Lactarius blennius</i> (Fr.) Fr.		/russula-lactarius	Russulales	O, E			•		•
50	<i>Lactarius subdulcis</i> (Pers.) Gray		/russula-lactarius	Russulales	O, E			•		
51	<i>Russula chloroides</i> (Krombh.) Bres		/russula-lactarius	Russulales	E				•	
52	<i>Russula delicata</i> Fr.		/russula-lactarius	Russulales	O				•	
53	<i>Russula fellea</i> (Fr.) Fr.		/russula-lactarius	Russulales	O, E			•		•
54	<i>Russula maculata</i> Quel.		/russula-lactarius	Russulales	O				•	
55	<i>Russula nobilis</i> Velen.		/russula-lactarius	Russulales	O, E			•		•
56	<i>Russula persicina</i> Krombh.		/russula-lactarius	Russulales	O			•		•
57	<i>Russula risigallina</i> (Batsch) Sacc.		/russula-lactarius	Russulales	O				•	•
58	<i>Russula solaris</i> Ferd. & Winge		/russula-lactarius	Russulales	O, E				•	•
59	<i>Russula veteriosa</i> Fr.		/russula-lactarius	Russulales	O			•		•

60	<i>Russula xerampelina</i> (Schaeff.) Fr.		/russula-lactarius	Russulales	O					•	
61	<i>Sebacina incrustans</i> (Pers.) Tul. & C. Tul.		/sebacina	Sebacinales	E	•					
62	<i>Peziza ostracoderma</i> Korf		/terfezia-peziza depressa	Pezizales	E			•			
63	<i>Tomentella punicea</i> (Alb. & Schwein.) J. Schröt.		/tomentella-thelephora	Thelephorales	E			•			•
64	<i>Tomentella bryophila</i> (Pers.) M.J. Larsen		/tomentella-thelephora	Thelephorales	O, E						•
65	<i>Tomentella coerulea</i> Höhn. & Litsch.		/tomentella-thelephora	Thelephorales	E						•
66	<i>Tomentella lilacinogrisea</i> Wakef.		/tomentella-thelephora	Thelephorales	E			•			•
67	<i>Tomentella pallidocastanea</i> X. Lu, Y.H. Mu & H.S. Yuan		/tomentella-thelephora	Thelephorales	E			•			
68	<i>Tomentella substacea</i> (Bourdot & Galzin) Svrček		/tomentella-thelephora	Thelephorales	E					•	
69	<i>Tomentella</i> sp. 1 Pers. ex Pat.		/tomentella-thelephora	Thelephorales	E					•	
70	<i>Tomentella</i> sp. 2 Pers. ex Pat.		/tomentella-thelephora	Thelephorales	E					•	
71	<i>Tomentella</i> sp. 3 Pers. ex Pat.		/tomentella-thelephora	Thelephorales	O					•	
72	<i>Tomentella</i> sp. 4 Pers. ex Pat.		/tomentella-thelephora	Thelephorales	O			•			
73	<i>Tricholoma atrosquamosum</i> Sacc.		/tricholoma	Agaricales	O						•
74	<i>Tricholoma lascivum</i> (Fr.) Gillet		/tricholoma	Agaricales	O, E			•			
75	<i>Tricholoma saponaceum</i> (Fr.) P. Kumm.		/tricholoma	Agaricales	O			•			
76	<i>Tricholoma sulphureum</i> (Bull.) P. Kumm.		/tricholoma	Agaricales	O, E					•	
77	<i>Helvella acetabulum</i> (L.) Quéf.		/tuber-helvella	Pezizales	O					•	
78	<i>Helvella lacunosa</i> Afzel.		/tuber-helvella	Pezizales	O					•	
					SUMA	12	16	31	11	44	



Ryc. 1. Liczba gatunków grzybów ektomykoryzowych stwierdzonych zarówno w formie owocników, jak i ektomykoryz oraz stwierdzonych wyłącznie jako owocniki lub ektomykoryzy.

Fig. 1. Number of species of ectomycorrhizal fungi found both as sporocarps and ectomycorrhizae and found only as sporocarps or ectomycorrhizae (owocniki – sporocarps).



Ryc. 2. Częstość występowania (liczba powierzchni) grzybów ektomykoryzowych zidentyfikowanych w nadmorskiej ciepłolubnej buczynie storczykowej *Cephalanthero rubrae-Fagetum*.

Fig. 2. Frequency of occurrence (number of plots) of ectomycorrhizal fungi identified in the coastal thermophilous orchid beech forest *Cephalanthero rubrae-Fagetum*. Expl.: liczba gatunków – number of species, liczba powierzchni – number of plots.

owocników, jak i ektomykoryz, 36 wyłącznie jako owocniki, a 23 zidentyfikowano wyłącznie z ektomykoryz (tab. 1, ryc. 1). Bogactwo gatunkowe grzybów ektomykoryzowych na poszczególnych powierzchniach było zróżnicowane i wahało się od 11 (wydzielenie 14k) do 44 gatunków (wydzielenie 14o). Tylko jeden gatunek występował na wszystkich pięciu powierzchniach badawczych. Był to grzyb *Cenococcum geophilum*, zidentyfikowany w formie ektomykoryz. Większość gatunków (50; 64%) została stwierdzona tylko na jednej powierzchni, 12 gatunków stwierdzono na dwóch powierzchniach, a osiem na trzech powierzchniach badawczych (ryc. 2).

Zidentyfikowane grzyby ektomykoryzowe reprezentowały 24 linie filogenetyczne, dwa typy, dziewięć rzędów i 27 rodzajów. Do najliczniejszych w gatunki należały linie filogenetyczne /*cortinarius* (15 gatunków), /*russula-lactarius* (12 gatunków) i /*tomentella-thelephora* (10 gatunków). Grzyby workowe *Ascomycota* reprezentowane były przez sześć gatunków, a grzyby podstawkowe *Basidiomycota* przez 72 gatunki. Najliczniej reprezentowanymi rzędami były *Agaricales* (37 gatunków), *Russulales* (12 gatunków) i *Thelephorales* (11 gatunków), a rodzajami *Cortinarius* (15 gatunków), *Russula* (10 gatunków) i *Tomentella* (10 gatunków). Siedemnaście z 27 stwierdzonych rodzajów grzybów ektomykoryzowych reprezentowanych było przez jeden gatunek (tab. 1).

W trakcie prowadzonych badań odnotowano siedem gatunków grzybów ektomykoryzowych znajdujących się na czerwonej liście grzybów wielkoowocnikowych (Wojewoda i Ławrynowicz 2006). Grzyby najbardziej zagrożone, znajdujące się w kategorii E (grzyby wymierające) reprezentował jeden gatunek – *Cortinarius rubricosus*, a grzyby z kategorią V (narażone) cztery inne gatunki z rodzaju *Cortinarius*: *C. anthracinus*, *C. armeniacus*, *C. elegantissimus* i *C. incisus*. Stwierdzono również jeden gatunek z kategorii R (rzadkie) – *Helvella lacunosa* oraz jeden gatunek klasyfikowany do kategorii I (o nieokreślonym zagrożeniu) – *Tricholoma atroquamosum*.

Przeprowadzone badania umożliwiły również poszerzenie listy gatunków grzybów ektomykoryzowych występujących w WPN. Wśród 78 grzybów stwierdzonych w buczynie storczykowej aż 36 (46%) to gatunki nowe dla mykobioty Parku (tab. 1). Szesnaście z nich stwierdzono wyłącznie w formie owocników, 15 wyłącznie w formie ektomykoryz, a pięć zarówno w formie owocników, jak i ektomykoryz. Wśród taksonów nienotowanych dotychczas w WPN znajdują się również gatunki (i rodzaje) po raz pierwszy stwierdzone w Polsce: *Inocybe psudoreducta* znaleziony w formie owocnika oraz *Entoloma griseorugulosum*, *Hysterangium thwaitesii*, *Luteoamylascus* sp. i *Tomentella pallidocastanea* odnalezione w formie ektomykoryz.

Dyskusja

W prezentowanych badaniach po raz pierwszy na terenie Wolińskiego Parku Narodowego zastosowano kompleksowe podejście do oceny różnorodności grzybów ektomykoryzowych. Dzięki połączeniu obserwacji owocników i molekularnej identyfikacji morfotypów ektomykoryzowych wyizolowanych z pobranych prób korzeniowych udało się zidentyfikować 78 gatunków grzybów ektomykoryzowych występujących w nadmorskiej ciepłolubnej buczynie storczykowej. Warto podkreślić, że blisko 30% z tych gatunków zidentyfikowano wyłącznie z wierzchołków ektomykoryzowych. Włączenie do badań zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych molekularnej identyfikacji grzybów tworzących ektomykoryzy jest efektywnym sposobem pełniejszego poznania różnorodności grzybów ektomykoryzowych występujących na analizowanym obszarze. Dotyczy to zwłaszcza gatunków, które wytwarzają owocniki bardzo nieregularnie, tworzą owocniki podziemne lub rozpostarte (resupinatowe), a także trudne do odnalezienia ze względu na wielkość czy też krótki okres trwania. Tymczasem wraz z rozpoczęciem wykorzystywania metod molekularnych do analiz ektomykoryz okazało się, że wiele z tych grzybów (np. przedstawiciele *Corticaceae*, *Thelephora*

ceae) jest istotnym elementem podziemnych zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych (np. Gardes i Bruns 1996, Peter et al. 2001, Leski i Rudawska 2012). Również wśród grzybów zidentyfikowanych w buczynie storczykowej wyłącznie w formie ektomykoryz daje się zauważyć znaczący udział grzybów tworzących owocniki rozpostarte. Są to przede wszystkim grzyby z rodzaju *Tomentella* i *Pseudotomentella*. Wszystkie te grzyby nie były wcześniej podawane z terenu WPN. Jeden z nich, *T. pallidocastanea*, to grzyb nowy dla mykobioty Polski. Gatunek ten został po raz pierwszy opisany w roku 2016, z terenu północno-wschodnich Chin (Lu et al. 2018). Inną ciekawą grupą grzybów stwierdzonych w trakcie naszych badań wyłącznie w formie ektomykoryz są grzyby tworzące owocniki podziemne. Grzyby te bardzo często są pomijane w trakcie klasycznych badań mykologicznych, podczas których nie prowadzi się specjalnych poszukiwań ich owocników. Na powierzchniach zlokalizowanych w buczynie storczykowej odnaleziono ektomykoryzy pięciu takich grzybów: *Hydnobolites* sp., *H. thwaitesii*, *Luteoamylascus* sp., *Melanogaster variegatus* i *Pachyphlodes nemoralis*. Dwa z nich, *H. thwaitesii* i *Luteoamylascus* sp., nie były do tej pory podawane w literaturze naukowej z terenu Polski. *Hysterangium thwaitesii*, wg informacji zawartych w bazie GBIF, znany jest z ok. 80 stanowisk na terenie Europy i notowany był m.in. w takich krajach jak: Czechy, Dania, Niemcy, Rumunia, Wielka Brytania, Włochy. Z kolei drugi z wspomnianych grzybów, czyli *Luteoamylascus* sp., z powodu stosunkowo niskiej jakości sekwencji DNA zidentyfikowany został jedynie do poziomu rodzaju. Rodzaj ten został opisany stosunkowo niedawno, bo w roku 2016 (Cabelo et al. 2016) i jak do tej pory obejmuje tylko jeden gatunek, *L. aculeatus*, z jedynym oficjalnym stanowiskiem z terenu Hiszpanii. Istnieje więc wysokie prawdopodobieństwo, że ektomykoryzy odnalezione w WPN należą właśnie do tego gatunku. Należy również podkreślić, że informacje na temat kilku stanowisk *L. aculeatus* z terenu Polski dostępne są na stronach internetowych hypogeous.pl ([\[aculeatus.html\]\(http://hypogeous.pl/luteoamylascus%20aculeatus.html\)\) oraz bio-forum.pl \(<https://www.bio-forum.pl/messages/33/104706.html>\). Informacja o tych stanowiskach nie została jednak do tej pory oficjalnie opublikowana, a identyfikacja nie jest potwierdzona molekularnie.](http://hypogeous.pl/luteoamylascus%20</p></div><div data-bbox=)

Pomimo niewątpliwych zalet jakie niosą ze sobą badania zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych w oparciu o identyfikację wierzchołków ektomykoryzowych, to najczęściej nie odzwierciedlają one w pełni bogactwa gatunkowego tych grzybów na badanym terenie. W naszych badaniach stwierdziliśmy występowanie 55 gatunków w formie owocników, z tego 36 wyłącznie pod tą postacią. Podobną rozbieżność pomiędzy występowaniem owocników a występowaniem grzybów w formie ektomykoryz zaobserwowano w wielu wcześniejszych badaniach (np. Gardes i Bruns 1996, Cullings i Makhija 2001, Nieto i Carbone 2009, Leski et al. 2019). Podczas gdy badania owocników mogą potencjalnie zarejestrować prawie wszystkie gatunki wytwarzające owocniki (szczególnie z kilkuletnich obserwacji), to analiza składu gatunkowego grzybów na podstawie ektomykoryz, ze względu na stosunkowo małe objętości badanej gleby, rejestruje najczęściej tylko część bogactwa gatunków tworzących ektomykoryzy.

Analiza składu gatunkowego bioty grzybów ektomykoryzowych stwierdzonych w buczynie storczykowej w formie owocników wskazuje, że wśród grzybów tych dominują gatunki tzw. późnego stadium rozwoju drzewostanu oraz gatunki niezwiązane z konkretnym wiekiem drzew. Dość liczną grupę stanowiły grzyby związane z lasami bukowymi lub w zbiorowiskach leśnych z udziałem buka (Lisiewska 1974, Rosinger et al. 2018). Do grzybów tych należą m.in. *Neoboletus erythropus*, *Lactarius blennius*, *L. subdulcis*, *Russula fellea*, *R. nobilis*, *R. solaris*, *Hygrophorus eburneus* i *Tricholoma sulphureum*.

Do najbardziej interesujących gatunków grzybów stwierdzonych w formie owocników należą grzyby notowane bardzo rzadko w naszym kraju, m.in. *Tricholoma atosquamosum*, *Cortinarius epipurrus*, *C. elegantissimus*, czy *C. inconspicuus* (Wojewoda 2003, Kujawa

2023). *Cortinarius epipurrus* odnotowany został w Polsce niedawno po raz pierwszy w Sudetach przez Ślusarczyka (2021). *Cortinarius inconspicuus* podawany był po raz pierwszy z Kampinoskiego Parku Narodowego przez Karasińskiego et al. (2015), a następnie z Ziemi Lubuskiej (Gierczyk i Ślusarczyk 2020) i Sudetów (Ślusarczyk 2021). Spośród grzybów ektomykoryzowych znajdujących się na czerwonej liście, na uwagę zasługuje zasłonak złoty *C. elegantissimus*, który w Polsce znany jest zaledwie z kilku stanowisk, m.in. z parków narodowych: Pieńskiego (Nespiak et al. 1973) i Ojcowskiego (Wojewoda 1974), a także z Łagowsko-Sulęcińskiego Parku Krajobrazowego (Ślusarczyk 2013) i Sudetów (Ślusarczyk 2021). Preferuje naturalne lub prawie naturalne starodrzewy z obfitą, dobrze rozwiniętą warstwą ściółki (Brandrud 1982, Brandrud et al. 1995). Należy on do grzybów bardzo rzadkich nie tylko w naszym kraju, ale także w wielu krajach Europy (Brandrud et al. 2021). Degradacja i zanikanie siedlisk, w których występuje spowodowały, że prognozy dla niego są niekorzystne. Aktualnie na „Global Fungal Red List” przypisano mu kategorię NT – bliski zagrożenia (Brandrud et al. 2021). Do innych grzybów odnotowanych w formie owocników należy kolejny (poza stwierdzonymi w formie ektomykoryz) nowy gatunek dla mykobioty Polski – *I. pseudoreducta*. Grzyb ten, wg bazy GBIF, notowany jest przede wszystkim w Europie (głównie Estonia, Łotwa, Szwajcaria, Szwecja, Finlandia, Dania, Hiszpania), ale również w Chinach i Stanach Zjednoczonych. Większość rekordów tego gatunku odnosi się jednak do sekwencji DNA uzyskanych w badaniach metagenomicznych prób glebowych, a nie do występowania owocników.

Pomimo że prezentowane w niniejszej pracy badania prowadzone były tylko na pięciu powierzchniach badawczych, to jednak przyczyniły się istotnie do pogłębienia wiedzy na temat różnorodności grzybów ektomyko-

ryzowych w WPN. Pozwoliły rozszerzyć listę grzybów ektomykoryzowych Parku o kolejne 36 gatunków. Tym samym w chwili obecnej z terenu WPN znanych jest już 212 gatunków grzybów ektomykoryzowych, a liczba wszystkich grzybów wielkoowocnikowych z terenu Parku zwiększyła się do 544 (obecne badania, Stier 1939, Dominik 1957, Lisiewska 1966, Skirgiełło 1970, Ławrynowicz 1983, 1989, Stasińska i Sotek 2016, 2020). Liczba ta nadal jednak wydaje się niezbyt wysoka w porównaniu np. z Białowieskim Parkiem Narodowym, na terenie którego stwierdzono ponad 1740 gatunków (Kujawa 2017) [2370 taksonów w całej Puszczy Białowieskiej (Kujawa i Szczepkowski 2023)] czy też Kampinoskim Parkiem Narodowym, z którego podawanych jest ponad 1650 gatunków grzybów wielkoowocnikowych (Szczepkowski et al. 2022). Różnice te w głównej mierze wynikają z przyjętej metodyki, intensywności badań i wielkości obszaru. Mając na uwadze wysoką różnorodność zbiorowisk roślinnych na terenie Wolińskiego Parku Narodowego należy się spodziewać, że liczba gatunków grzybów, w tym grzybów ektomykoryzowych, występujących na jego obszarze jest z pewnością wysoce niedoszacowana.

Podziękowania

Autorzy dziękują wszystkim pracownikom Wolińskiego Parku Narodowego, a w szczególności dr. inż. Konradowi Wrzeczoniowskiemu za pomoc w trakcie badań terenowych oraz Pani Marioli Matelskiej z Instytutu Dendrologii PAN za pomoc w trakcie prac laboratoryjnych. Badania były realizowane w ramach umowy z Wolińskim Parkiem Narodowym i finansowane ze środków funduszu leśnego przez Lasy Państwowe oraz ze środków na badania statutowe Instytutu Dendrologii PAN i Instytutu Nauk o Morzu i Środowisku Uniwersytetu Szczecińskiego.

LITERATURA

- BAS C., KUYPER Th.W., NOORDELOOS M.E., VELLINGA E.C. (Eds.). 1995. Flora Agaricina Neerlandica. Critical monographs on families of agarics and boleti occurring in the Netherlands. 3. A. General part. B. Taxonomic part: Tricholomataceae (2). A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- BAS C., KUYPER Th.W., NOORDELOOS M.E., VELLINGA E.C. (Eds.). 1999. Flora Agaricina Neerlandica. Critical monographs on families of agarics and boleti occurring in the Netherlands. 4. A. General part. B. Taxonomic part: Strophariaceae, Tricholomataceae (3). A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- BERNICCHIA A., GORJÓN S.P. 2010. Corticiaceae s.l. Fungi Europaei. Vol. 12. Italy: Edizioni Candusso.
- BLAALID R., KUMAR S., NILSSON R.H., ABARENKOV K., KIRK P.M., KAUSERUD H. 2013. ITS 1 versus ITS 2 as DNA metabarcodes for fungi. Mol. Ecol. Res. 13, 2: 218-224.
- BRANDRUD T.-E. 1982. Specie di *Cortinarius* (subgen. *Phlegmacium*, sez. Fulvi) da boschi di latifoglie calcifile del distretto della Val Taro (Italia). Atti Symp. Intern. Micol. 1: 219-245.
- BRANDRUD T.-E., LINDSTRÖM H., MARKLUND H., MELOT J., MUSKOS S. 1995. Cortinarius. Flora Fotografica. Matfors, S-Härnösand.
- BRANDRUD T.-E., KRISAI-GREILHUBER I., PERINI C., SVETASHEVA T. 2021. *Cortinarius elegantissimus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T204091938A204094711. Dostęp 04.11.2023. [https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-2.RLTS.T204091938A204094711.en].
- BREITENBACH F., KRÄNZLIN F. 1984. Fungi of Switzerland. 1. Ascomycetes. Verlag Mykologia, Luzern.
- BREITENBACH F., KRÄNZLIN F. 1986. Fungi of Switzerland 2. Heterobasidiomycetes, Aphyllophorales, Gasteromycetes. Verlag Mykologia, Luzern.
- BREITENBACH J., KRÄNZLIN F. 1991. Fungi of Switzerland. 3. Boletales and agarics, 1st part. Mycologia Lucerne, Luzern.
- BREITENBACH J., KRÄNZLIN F. 1995. Fungi of Switzerland. 4. Agarics, 2nd part. Mycologia Lucerne, Luzern.
- BREITENBACH J., KRÄNZLIN F. 2000. Fungi of Switzerland. 5. Agarics, 3rd part. Verlag Mykologia, Luzern.
- CABERO J., ALVARADO P., HEALY R., MORENO G. 2016. *Luteoamylascus aculeatus* (Pezizomycetes, Pezizaceae): a new genus and species near the Pachyphloides–Amylascus lineage. Mycol. Progr. 15: 1-7.
- CULLINGS K., MAKHIJA S. 2001. Ectomycorrhizal fungal associates of *Pinus contorta* in soils associated with a hot spring in Norris Geyser Basin, Yellowstone National Park, Wyoming. Appl. Environ. Microbiol. 67: 5538-5543.
- DOMINIK T. 1957. Badania mikotrofizmu zespołów buka nad Bałtykiem. Ekol. Pol. A. 5: 213-256.
- GARDES M., BRUNS T.D. 1996. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a *Pinus muricata* forest: above- and below-ground views. Can. J. Bot. 74: 1572-1583.
- GIERCZYK B., ŚLUSARCZYK T. 2020. Materiały do poznania mykobioty Wielkopolski. Przegl. Przyr. 31, 1: 3-83.
- GRZEGORCZYK K., LEWICKI I. (Eds.). 2004. Woliński Park Narodowy. Kraina różnorodności. Międzyzdroje, Woliński Park Narodowy.
- HANSEN L., KNUDSEN H. (Eds.). 2000. Nordic Macromycetes. I. Ascomycetes. Nordsvamp, Copenhagen.
- KARASIŃSKI D., KUJAWA A., GIERCZYK B., ŚLUSARCZYK T., SZCZEPKOWSKI A. 2015. Grzyby wielkoowocnikowe Kampinoskiego Parku Narodowego. Kampinoski Park Narodowy, Izabelin.
- KIBBY G. 2014a. The genus *Russula* in Great Britain with synoptic keys to species. Geoffrey Kibby.
- KIBBY G. 2014b. British Milkcaps, *Lactarius* & *Lactifluus*. Geoffrey Kibby.
- KIBBY G. 2016. British Boletales with keys to species. Geoffrey Kibby, 7th edition.
- KNUDSEN H., VESTERHOLT J. (Eds.). 2012. Funga Nordica. Agaricoid, boletoid, clavarioid, cyphelloid and gastroid genera. Nordsvamp, Copenhagen.
- KRÄNZLIN F. 2005. Fungi of Switzerland. 6. Russulaceae. Verlag Mycologia, Luzern.
- KUJAWA A. 2017. Stan poznania różnorodności gatunkowej makrogrzybów w polskich parkach narodowych. Materiały pokonferencyjne XXV Konferencja pt. "Ochrona przyrody w parkach narodowych a rozwój regionalny", 22-25 września 2016, Ustrzyki Dolne. Roczniki Bieszczadzkie 25: 74-81.

- KUJAWA A. 2023. Grzyby makroskopijne Polski w literaturze mykologicznej. In: SNOWARSKI M. Atlas grzybów Polski. Dostęp 10.11.2023. [<https://www.grzyby.pl/grzyby-makroskopijne-Polski-w-literaturze-mikologicznej.htm>].
- KUJAWA A., SZCZEPKOWSKI A. 2023. Funga Białowieża Forest w kontekście zarządzania Dobrem Światowego Dziedzictwa. Ekspertyza. Warszawa, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy. Dostęp 11.12.2023. [<https://ios.edu.pl/wp-content/uploads/2023/01/bf-ekspertyza-funga-bialowieza-forest-w-kontekście-zarządzania-dobrem-swiatowego-dziedzictwa-1.pdf>].
- KUJAWA A., SZCZEPKOWSKI A., GIERCZYK B., ŚLUSARCZYK T. 2018. Ile gatunków grzybów rośnie w Puszczy Białowieskiej? Wystawy grzybów źródłem nowych danych. Sylwan 162, 11: 933-940.
- LESKI T., RUDAWSKA M. 2012. Ectomycorrhizal fungal community of naturally regenerated European larch (*Larix decidua*) seedlings. Symbiosis 56: 45-53.
- LESKI T., RUDAWSKA M., KUJAWSKA M., STASIŃSKA M., JANOWSKI D., KARLIŃSKI L., WILGAN R. 2019. Both forest reserves and managed forests help maintain ectomycorrhizal fungal diversity. Biol. Conserv. 238: 108206.
- LISIEWSKA M. 1966. Grzyby wyższe Wolińskiego Parku Narodowego. Acta Mycol. 2: 25-77.
- LISIEWSKA M. 1974. Macromycetes of beech forests within the eastern part of the *Fagus* area in Europe. Acta Mycol. 10, 1: 3-72.
- LU X., MU Y.H., YUAN H.S. 2018. Two new species of *Tomentella* (Thelephorales, Basidiomycota) from Lesser Xingan Mts., northeastern China. Phytotaxa 369: 080-092.
- ŁAWRYNOWICZ M. 1983. *Coenococcum graniforme* w Polsce. Acta Mycol. 19, 1: 31-40.
- ŁAWRYNOWICZ M. 1989. Chorology of the European hypogeous Ascomycetes. I. Elaphomycetales. Acta Mycol. 25, 1: 3-41.
- MATUSZKIEWICZ M. 2023. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- NESPIAK A., NOCULAK A., SIEWIŃSKI A. 1973. Bemerkungen über fluoreszierende Stoffe der Schleierlinge und ihre Auswertung für die Systematik. Acta Mycol. 9, 2: 205-216.
- NGUYEN N.H., SONG Z., BATES S.T., BRANCO S., TEDERSOO L., MENKE J., SCHILLING J.S., KENNEDY P.G. 2016. FUNGuild: An open annotation tool for parsing fungal community datasets by ecological guild. Fungal Ecol. 20: 241-248.
- NIETO M.P., CARBONE S.S. 2009. Characterization of juvenile maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) ectomycorrhizal fungal community using morphotyping, direct sequencing and fruitbodies sampling. Mycorrhiza 19: 91-8.
- NILSSON R.H., LARSSON K.H., TAYLOR A.F.S., BENGTSSON-PALME J., JEPPESEN T.S., SCHIGEL D., KENNEDY P., PICARD K., GLÖCKNER F.O., TEDERSOO L., SAAR I., KÖLJALG U., ABARENKOV K. 2018. The UNITE database for molecular identification of fungi: Handling dark taxa and parallel taxonomic classifications. Nucleic Acids Res. 47: D259-D264.
- PAZ A., BELLANGER J.-M., LAVOISE C., MOLIA A., ŁAWRYNOWICZ M., LARSSON E., IBARGUREN I.O., JEPPESEN M., LÆSSØE T., SAUVE M., RICHARD F., MOREAU P.-A. 2017. The genus *Elaphomyces* (Ascomycota, Eurotiales): a ribosomal DNA-based phylogeny and revised systematics of European 'deer truffles'. Persoonia 38: 197-239.
- PETER M., AYER F., EGLI S. 2001. Nitrogen addition in a Norway spruce stand altered macromycete sporocarp production and below-ground ectomycorrhizal species composition. New Phytol. 149: 311-325.
- ROMAGNESI H. 1996. Les Russules d'Europe et d'Afrique du Nord. Reprint of the 1985 edition. ARG Gantner Verlag K-G, Vaduz.
- ROSINGER C., SANDÉN H., MATTHEWS B., MAYER M., GODBOLD D. 2018. Patterns in Ectomycorrhizal Diversity, Community Composition, and Exploration Types in European Beech, Pine, and Spruce Forests. Forests 9: 445.
- SARNARI M. 1998. Monografia illustrata del genere *Russula* in Europa. Vol. 1. AMB, Centro Studi Micologici, Trento.
- SARNARI M. 2005. Monografia illustrata del genere *Russulain* Europa. Vol. 2. AMB, Centro Studi Micologici, Trento.
- SKIRGIEŁŁO A. 1970. Materiały do poznania rozmieszczenia geograficznego grzybów wyższych w Europie. III. Acta Mycol. 6, 1: 101-123.
- SMITH S.E., READ D.J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. San Diego, CA: Academic Press.

- STANGL J. 1989. Die Gattung *Inocybe* in Bayern. *Hoppea* 46, 5-388.
- STASIŃSKA M., SOTEK Z. 2016. New data to the knowledge of macrofungi of Wolin National Park. *Acta Mycol.* 51, 2: 1089.
- STASIŃSKA M., SOTEK Z. 2020. Fungi of Wolin National Park – new data on macromycetes. *Acta Mycol.* 55, 1: 5514.
- STIER M. 1939. Die Röhrlinge der Insel Usedom – Wolin. *Dohrniana* 18: 94-96.
- SZCZEPKOWSKI A., GIERCZYK B., KUJAWA A., ŚLUSARCZYK T. 2022. Contribution to the Knowledge of Fungi of the Kampinos National Park (Central Poland): Part 6 – With Particular Emphasis on the Species Occurring on Windthrown Trees. *Acta Mycol.* 57: 574.
- ŚLUSARCZYK T. 2013. Nowe stanowiska grzybów z rodzaju zasłonak (*Cortinarius*) w Polsce. *Przegl. Przyr.* 24, 4: 42-68.
- ŚLUSARCZYK T. 2021. Materiały do znajomości mykobioty pasma Krowiarek (Sudety Wschodnie). *Przegl. Przyr.* 32, 1: 33-69.
- TÓTH B.B., BARTA Z. 2010. Ecological studies of ectomycorrhizal fungi: an analysis of survey methods. *Fungal Divers.* 45: 3-19.
- TYLKOWSKI J., WINOWSKI M., HOJAN M., CZYRYCA P., SAMOŁYK M. 2021. Influence of hydrometeorological hazards and sea coast morphodynamics on development of *Cephalanthero rubrae-Fagetum* (Wolin island, the southern Baltic Sea). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 21: 363-374
- WATLING R., GREGORY N.M. 1993. (7). Cortinariaceae p.p.: *Galerina*, *Gymnopilus*, *Leucocortinarius*, *Phaeocollybia*, *Pahaegolera*, *Phaeolepiota*, *Phaeomarasmius*, *Pleuroflammula*, *Rozites* and *Stagicola*. In: N.M. GREGORY, & E.J. SCHWARZ (Eds.). *British Fungus Flora. Agarics and Boleti*. Royal Botanic Garden, Edinburgh.
- WOJEWODA W. 1974. Macromycetes Ojcowskiego Parku Narodowego. *Acta Mycol.* 10, 2: 181-265.
- WOJEWODA W. 2003. Checklist of Polish larger Basidiomycetes. In: MIREK Z. (Ed.). *Biodiversity of Poland* 7: 1-812. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- WOJEWODA W., ŁAWRYNOWICZ M. 2006. Czerwona lista grzybów wielkoowocnikowych w Polsce. In: MIREK Z., ZARZYCKI K., WOJEWODA W., SZELĄG Z. (Eds.). *Czerwona lista roślin i grzybów Polski*. Inst. Bot. im. W. Szafera, PAN, Kraków: 53-70.

Summary

Ectomycorrhizal fungi are one of the key elements of the proper functioning of forest ecosystems in the temperate and boreal zones. The high diversity of these fungi ensures the durability of our forests. The presented research aimed to expand knowledge about the diversity of ectomycorrhizal fungi occurring in the Wolin National Park. The coastal orchid beech forest *Cephalanthero rubrae-Fagetum*, a habitat found only in the Wolin National Park, was chosen as the object of detailed studies. In our studies, we applied two complementing methodologies: sporocarp surveys and molecular identification of ectomycorrhizal fungi directly from ectomycorrhizas. A total of 78 species of ectomycorrhizal fungi were identified in five permanent research plots. Nineteen species were found as both sporocarps and ectomycorrhizas, 36 as sporocarps only, and 23 were identified only from ectomycorrhizas. The identified ectomycorrhizal fungi represented 24 phylogenetic lineages, two phyla, nine families, and 27 genera. The most numerous genera were *Cortinarius* (15 species), *Russula* (10 species) and *Tomentella* (10 species). Among the identified fungi, 36 are species new to the mycobiota of Wolin National Park, and five are new to Poland (*Inocybe pseudo reducta*, *Entoloma griseorugulosum*, *Hysterangium thwaitesii*, *Luteoamylascus* sp. and *Tomentella pallidocastanea*). We found also seven species of ectomycorrhizal fungi from the Red List of Macrofungi in Poland. Before the start of the presented research, 508 species of macrofungi were known from the Wolin National Park, including 176 species of ectomycorrhizal fungi. Currently, 212 species of ectomycorrhizal fungi are known from the Park, and the number of all macrofungi in the Wolin National Park has increased to 544. It is worth emphasizing that 15 species new to the study area were identified only from ectomycorrhizas.

Adresy autorów / Authors' addresses:

Tomasz Leski
Zakład Związków Symbiotycznych
Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk
ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik
e-mail: tleski@man.poznan.pl

Małgorzata Stasińska
Instytut Nauk o Morzu i Środowisku
Uniwersytet Szczeciński
ul. Felczaka 3c, 71-412 Szczecin
e-mail: malgorzata.stasinska@usz.edu.pl

Maria Rudawska, Marta Kujawska, Leszek Karliński, Robin Wilgan
Zakład Związków Symbiotycznych
Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk
ul. Parkowa 5, 62-035 Kórnik