

Grzyby makroskopijne lasów sosnowych na terenie Olkuskiego Okręgu Rudnego

Piotr MLECZKO, Monika BESZCZYŃSKA

Institut Botaniki, Uniwersytet Jagielloński, 31-512 Kraków, ul. Lubicz 46; e-mail: ubmleczk@cyf-kr.edu.pl

Wstęp

Przeważające w krajobrazie okolic Bolesławia i Olkusza rozległe wyrobiska i zwalowiska odpadów (dziś częściowo zrehabilitowane) oraz wszechobecna infrastruktura kopalń i hut nie zachęcały do podejmowania badań mykologicznych na tym terenie. Być może dlatego aktywność mykologów była tutaj znacznie mniejsza niż w innych częściach Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (Kućmierz i Wojewoda 1976; Wojewoda 1973).

Pierwsze badania mykologiczne w regionie olkuskim dotyczyły mykoryz. W latach pięćdziesiątych badania ektomykoryz wybranych gatunków grzybów oraz drzew iglastych na glebach galmanowych, a także wpływu metali ciężkich na ektomykoryzy przeprowadziła Turnau i in. (1996, 2001, 2002). Mykoryzy arbuskularne roślin na glebach galmanowych w tym rejonie badały Pawłowska i in. (1996), Jurkiewicz i in. (2001) i Orłowska i in. (2002). W tym terenie pracowali również naukowcy ze Śląska badając mykoryzy pod kątem ich relacji z metalami ciężkimi (Krupa 2004). Pierwszą listę grzybów makroskopijnych z rejonu Bolesławia podał w swojej pracy Mleczko (2004). Na obszarze dawnych wyrobisk górniczych, o powierzchni około 300 m², obejmującym zarówno teren zalesiony *Pinus sylvestris*, jak i porośnięty roślinnością murawową, odnotował on obecność owocników 38 gatunków grzybów,

w większości agarykoidalnych. Obszar, na którym prowadzone były wówczas te obserwacje, sąsiaduje z terenem, na którym znajdują się objęte niniejszymi badaniami powierzchnie 24 i 29.

Prace podjęte w ramach projektu norweskiego MF EOG PL0265 „Roślinność gleb galmanowych i jej znaczenie dla zachowania różnorodności biologicznej i krajobrazowej terenów pogórniczych” były pierwszymi szczegółowymi badaniami mykobioty lasów sosnowych na terenie Olkuskiego Okręgu Rudnego (OOR).

Metodyka

Prace terenowe i laboratoryjne

Obserwacje owocników prowadzono na 21 stałych powierzchniach (400 m²) wyznaczonych w lasach sosnowych, od wiosny do jesieni w ciągu 4 sezonów wegetacyjnych w latach 2008–2011. Dane na temat lokalizacji powierzchni, charakterystyki drzewostanów oraz charakterystyki siedlisk znajdują się w rozdziałach 6, 12 i 13 niniejszego tomu (Kapusta i Godzik – Rozdział 6; Zielonka i in. – Rozdział 12; Kapusta i in. – Rozdział 13). Powierzchnie odwiedzano średnio raz w miesiącu. Podczas prowadzenia obserwacji notowano: (1) datę zbioru, (2) substrat, na którym wyrastały owocniki, (4) liczbę owocników występujących na danej powierzchni w dniu odwiedzin (obserwacje

ilościowe nie dotyczyły grzybów tzw. afyloforoidalnych, tworzących owocniki hubowate oraz owocniki resupinatowe). Grzyby identyfikowano w stanie świeżym lub wysuszonym. Korzystano z dostępnych kluczy i monografii (m.in. Gilbertson i Ryvarden 1993, 1994; Hansen i Knudsen 1997; Gminder i in. 2000; Hansen i Knudsen 2000; Krieglsteiner 2000; Krieglsteiner i Gminder 2001, 2003, 2010; Bernicchia 2005; Horak i in. 2005; Bernicchia i Gorjon 2010; Knudsen i Vesterholt 2012 i innych), również pod kątem informacji ekologicznych. W celu obserwacji cech mikroskopowych wykonywano preparaty z fragmentów owocnika w wodzie, 3% roztworze KOH (w przypadku ekzykatów) oraz odczynniku Melzera (obserwacja dekstrydoidalności i amyloidności strzępek i zarodników). W niektórych wypadkach, w celu zwiększenia kontrastowości struktur, barwiono je amoniakalnym roztworem czerwieni Kongo lub roztworem błękitu aniliny w kwasie mlekowym (Moser 1983). Obserwacje mikroskopowe wykonywano z wykorzystaniem mikroskopu Nikon Eclipse 80i z kontrastem Namarskiego (NIC). Pomiary cech metrycznych dokonywane były z zastosowaniem programu do analizy obrazu Lucia Measurement v. 4.82 (LIM Laboratory Imaging, Czechy).

Średnią suchą masę owocników danego gatunku określano ważąc wszystkie zebrane w czasie badań, powietrznie suche owocniki i dzieląc uzyskany wynik przez liczbę ważonych okazów.

Nomenklaturę oraz synonimy grzybów agarykoidalnych, boletoidalnych, cyfelloidalnych i gasteroidalnych przyjęto za Knudsen i Vesterholt (2012), za wyjątkiem: *Atheniella adonis* (za Redhead 2012), *Russula exalbicans* (za Sarnari 1998), *Gymnopus perforans* (za Noordeloos i Antonín 2008). Nomenklaturę oraz synonimy grzybów poliporoidalnych przyjęto za Bernicchia (2005), za wyjątkiem *Antrodiella pallescens* (za Miettinen i in. 2006), grzybów kortycjoidalnych za Bernicchia i Gorjon (2010), pozostałych grzybów podstawkowych za Hansen i Knudsen (1997), grzybów workowych za Hansen i Knudsen (2000).

Informacje na temat częstości występowania gatunków w Polsce oparto na danych zebranych w listach grzybów makroskopijnych Polski (Wojeвода 2003; Chmiel 2006) oraz w internetowych

bazach (Kujawa 2005, 2013; Kujawa i Gierczyk 2007, 2010, 2011a, 2011b, 2012, 2013).

Zebrane okazy zostały złożone w zbiorach mykologicznych Herbarium Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego (KRA).

Analiza podobieństwa mykobiot

W celu porównania mykobiot powierzchni objętych badaniami obliczone zostały wartości współczynnika podobieństwa Sørensen (SI), stosowanego w ekologii grzybów (np. Kałucka 2008). Podstawą dla obliczeń były dane na temat zróżnicowania taksonomicznego na poszczególnych powierzchniach. Współczynnik ten nie uwzględnia danych ilościowych, a tylko obecność lub brak gatunku na powierzchni:

$$SI = \frac{2j}{a + b}$$

gdzie: j – liczba gatunków wspólnych dla obu powierzchni, a – liczba gatunków na powierzchni A, b – liczba gatunków na powierzchni B.

Wyniki i dyskusja

Ogólna charakterystyka mykobioty

Na powierzchniach objętych badaniami (łącznie ok. 8000 m²) zanotowano obecność owocników 206 gatunków i odmian grzybów (Tabela 1). Na poszczególnych powierzchniach odnotowano od 14 do 42 gatunków. Pod względem liczby taksonów, najliczniej reprezentowanymi rodzajami były *Cortinarius* (19), *Mycena* (15), *Inocybe* (10), *Clitocybe*, *Gymnopus* (po 7) oraz *Amanita*, *Galerina*, *Russula* i *Tricholoma* (po 6). Największe zróżnicowanie gatunkowe charakteryzowało rodziny Tricholomataceae, Cortinariaceae, Mycenaceae, Strophariaceae, Inocybaceae, Marasmiaceae i Russulaceae, wszystkie należące do rzędu Agaricales. Za wyjątkiem Boletales, Russulales i Polyporales, pozostałe rzędy reprezentowało mniej niż 10 gatunków (Ryc. 1).

Na tle wyników uzyskanych przez innych autorów podczas badań wykonywanych w lasach sosnowych o zbliżonym wieku lub starszych, bogactwo gatunkowe lasów sosnowych OOR wydaje się być na średnim poziomie. Dla porównania, Kałucka

(2009) podaje 183 gatunki grzybów makroskopijnych ze spontanicznie odnawiających się, około 30-letnich lasów sosnowych na gruntach porolnych (łączna powierzchnia, na której prowadzono obserwacje: 2000 m²), Lisiewska (1982) wymienia 109 gatunków z ponad 50-letnich lasów sosnowych (pow. ok. 3000 m²), Friedrich (1994) odnotował obecność 232 gatunków w suboceanicznym borze świeżym (pow. 8000 m²), a Łuszczynski (2007) 142 i 78 gatunków kolejno: w suboceanicznym borze świeżym oraz subkontynentalnym borze świeżym (pow. w obydwu przypadkach 2000 m²). Z lasów sosnowych strefy borealnej północnej Europy Hintikka (1988) podaje 72 gatunki grzybów ekto-mykoryzowych oraz saprobiontów naściółkowych i nahumusowych (lasy w wieku 20–50 lat; pow. ok. 9000 m²; w lasach OOR odnotowano obecność 142 gatunków z tej grupy). Väre i in. (1996) wymieniają 207 gatunków grzybów makroskopijnych z różnych grup substratowych i troficznych z oligotroficznych lasów sosnowych w wieku 100–200 lat z terenu północnej Finlandii (łączna pow. 8400 m²). Z kolei Lagana i in. (2004) podają z około 20–60-letnich lasów sosnowych (gatunki inne niż *Pinus sylvestris*) z terenu Włoch 170 gatunków grzybów makroskopijnych (łączna pow. 9000 m²). Porównanie wyników uzyskanych podczas niniejszych badań do wyników prac innych autorów jest utrudnione ze względu na duże różnice pomiędzy badaniami zarówno w metodyce (różna liczba i wielkość stałych powierzchni obserwacyjnych, różny czas prowadzonych obserwacji), jak i w charakterze i wieku zadrzewień, a także z powodu różnic w stopniu zbadania grzybów wielkoowocnikowych z różnych grup (najczęściej najslabiej zbadane są grzyby afyloforoidalne).

Grupy bioekologiczne

Większość, bo blisko 60% spośród zanotowanych gatunków stanowiły grzyby saprobiontyczne, w tym fakultatywne pasożyty nekrotroficzne drzew (łącznie 112 gatunków), oraz grzyby briofilne (5 gatunków) i związane z owocnikami grzybów (2 gatunki) (Ryc. 2).

Ze względu na charakter drzewostanów i sposób ich użytkowania, martwe drewno obecne było na powierzchniach w niedużej ilości, najczęściej jako gałęzie, rzadziej pniaki lub kłody o średnicy

najczęściej nie przekraczającej 20 cm. Rodzaj i dostępność substratu ograniczała liczbę gatunków zasiedlających martwe drewno, mimo to grupa saprobiontów nadrewnowych była najbardziej zróżnicowana taksonomicznie i reprezentowana przez 58 gatunków należących do 40 rodzajów, 27 rodzin i 12 rzędów (Ryc. 3). Gałęzie i gałązki rozkładane były przez liczną grupę grzybów kortycoidalnych (np. z rodzajów *Botryobasidium*, *Ceraceomyces*, *Coniophora*, *Peniophora*, *Trechispora*, *Xylodon*) oraz poliporoidalnych (np. *Antrodia*, *Diplomitoporus*, *Oligoporus*, *Polyporus*, *Skeletocutis*, *Trametes*), a także grzyby agarykoidalne i pleurotoidalne (np. z rodzajów *Galerina*, *Gymnopilus*, *Hygrophopsis*, *Panellus*, *Pholiota*). Trzy gatunki *Mycena*, *M. abramsii*, *M. galericulata*, *M. leptcephala*, a także *Galerina marginata*, *Gymnopilus penetrans* oraz *Pholiota spumosa* były najszerszej rozpowszechnione na analizowanych powierzchniach. Na kłodach i na pniakach spotykane były przede wszystkim *Tricholomopsis rutilans* (drewno iglaste), *Daedaleopsis confragosa* (drewno liściaste), a także rzadziej *Heterobasidion annosum*, *Piptoporus betulinus* oraz gatunki z rodzajów *Hypholoma*, *Lentinellus* i *Tapinella*. Do saprobiontów często spotykanych na powierzchniach należał również *Trichaptum fuscolaceum*, jeden z pierwszych kolonizatorów martwego drewna iglastego (Renvall 1995).

Grupa grzybów zasiedlających ściółkę i humus była równie liczna pod względem liczby gatunków (54), ale słabiej zróżnicowana taksonomicznie niż grzyby zasiedlające drewno (24 rodzaje należące do 11 rodzin i 5 rzędów) (Ryc. 3). Reprezentowana była przede wszystkim przez grzyby agarykoidalne z takich rodzajów, jak np. *Clitocybe*, *Cystoderma*, *Entoloma*, *Galerina*, *Gymnopus*, *Hemimycena*, *Infundibulicybe*, *Mycena*, *Strobilurus*, *Stropharia*, ale również grzyby gasteroidalne, np. *Bovista*, *Disciseda*, *Geastrum*, *Lycoperdon*, i afyloforoidalne, np. *Auriscalpium* i *Ramaria*. Najczęściej notowanymi na powierzchniach grzybami zasiedlającymi ściółkę były takie gatunki, jak *Gymnopus androsaceus*, *Gymnopus dryophilus*, *Cystoderma carcharias*, *Hemimycena lactea*, *Mycena galopus*, *M. pura* oraz gatunki z rodzaju *Stropharia*. Spośród grzybów nahumusowych najwyższą frekwencją charakteryzowały się gatunki z rodzajów *Clitocybe* (przede wszystkim *C. metachroa*, *C. marginella* i *C. diatreta*),

Infundibulicybe, *Lycoperdon* i *Mycena*. Sosnowe szyszki rozkładane były przez często notowane *Auriscalpium vulgare*, *Baeospora myosura* oraz gatunki z rodzaju *Strobilurus*. Grupa grzybów związanych z mchami (briofilnych) reprezentowana była przez cztery gatunki z rodzaju *Galerina* oraz przez *Rickenella fibula*.

Różnorodność grzybów mykoryzowych była mniejsza niż grzybów saprobiontycznych (Ryc. 2). Grzyby te reprezentowane były przez 87 gatunków z 27 rodzajów, należących do 25 rodzin i 12 rzędów. Większość stanowiły grzyby tworzące owocniki agarykoidalne z takich rodzajów, jak np. *Amanita*, *Cortinarius*, *Hebeloma*, *Inocybe*, *Laccaria*, *Lactarius*, *Russula*, *Tricholoma*, *Xerocomus*. Oprócz nich występowały również grzyby aphyloforodalne z rodzajów *Amphinema*, *Coltricia*, *Thelephora* i *Tomentella*, podstawkowe grzyby gasteroidalne z rodzajów *Scleroderma* i *Rhizopogon*, a także grzyby workowe z rodzajów *Helvella* i *Elaphomyces*. Najczęściej notowanymi i najszerszej rozprzestrzenionymi gatunkami grzybów mykoryzowych na powierzchniach objętych badaniami były często spotykane w lasach sosnowych gatunki związane z drzewami iglastymi (lub zarówno z drzewami iglastymi, jak i liściastymi): *Amanita muscaria*, *A. pantherina*, *Chalciporus piperatus*, *Cortinarius casimiri*, *Hebeloma mesophaeum*, *Inocybe sindonia*, *Laccaria laccata*, *Lactarius rufus*, *Paxillus involutus*, *Russula xerampelina*, *Thelephora terrestris*, *Tricholoma sculpturatum*, *T. terreum*, *Xerocomus badius*, *Tomentella lilacinogrisea*, a także związane jedynie z sosną *Chroogomphus rutilus*, *Suillus bovinus* i *S. luteus*. Obecność drzew towarzyszących sośnie zaznaczyła się w mykobiocie występowaniem gatunków, które tworzą symbiozę z tymi drzewami. Do najczęściej notowanych należały związane z brzozą *Leccinum scabrum*, *Lactarius torminosus*, *Russula exalbicans*. Na powierzchniach, na których obecny był modrzew spotykane były owocniki związanego z nim *Suillus viscidus* (a także zanotowany poza powierzchniami *Suillus cavipes*).

Skład gatunkowy grzybów ektomykoryzowych występujących w badanych lasach sosnowych na terenie OOR jest typowy dla młodszych i średnich stadiów sukcesyjnych. Świadczy o tym z jednej strony duży udział i wysoka frekwencja grzybów będących wczesnymi kolonizatorami drzew iglastych we wczesnych stadiach sukcesji leśnej, np.

Amanita muscaria, *Hebeloma mesophaeum*, *Laccaria laccata*, *Paxillus involutus*, *Suillus luteus*, *Thelephora terrestris*, *Tricholoma sculpturatum*, jak i występowanie grzybów, które pojawiają się w późniejszych stadiach sukcesji leśnej, np. szereg gatunków *Cortinarius*, *Inocybe*, *Scleroderma*, *Xerocomus*, niektóre gatunki *Amanita*, *Lactarius*, *Tricholoma* (Dighton i in. 1986; Termorshuizen 1991; Shaw i Lankey 1994; Visser 1995; Kałucka 2009).

Wszystkie wspomniane wyżej grzyby należą do typowych składników mykobioty lasów iglastych, w tym sosnowych i mieszanych na terenie Polski (np. Rudnicka-Jezińska 1969; Bujakiewicz 1975, 1986; Wojewoda 1975; Bujakiewicz i Lisiewska 1983; Friedrich 1984, 1985; Ławrynowicz i Szkodzik 1998) oraz Europy Centralnej i Północnej (np. Richardson 1970; Kalamees i Silver 1988; Sammler 1988; Schmid-Heckel 1988, 1989; De Vries i in. 1995).

Gatunki chronione, rzadkie, zagrożone

Zdecydowana większość odnotowanych gatunków, ponad 60%, to grzyby pospolite lub częste na terenie Polski (Ryc. 4). Wynika to zarówno z faktu, że lasy sosnowe są najczęściej spotykanymi zbiorowiskami leśnymi w naszym kraju, jak i z wieku i charakteru lasów sosnowych objętych badaniami – młodszy wiek drzewostanu i jego użytkowy charakter wykluczają obecność grzybów wymagających starych drzewostanów o naturalnym charakterze, które z racji wymagań oraz rzadkości zajmowanych siedlisk nie są gatunkami częstymi (Parmasto 2001; Molina 2008). Tym niemniej, w lasach sosnowych w okolicach Olkusza stwierdzone zostały również owocniki gatunków, które w Polsce notowane są niez często lub nawet rzadko.

Część odnotowanych gatunków rzadkich, znanych w Polsce z niewielu (kilku lub kilkunastu) stanowisk, znajduje się na *Czerwonej liście grzybów wielkoowocnikowych w Polsce* (Wojewoda i Ławrynowicz 2006). Do takich należą *Antrodiella pallescens* (kategoria I – o nieokreślonym stopniu zagrożenia; jako *Antrodiella semisupina*), *Arrhenia acerosa* (kategoria V – narażone), *Bovista tomentosa* (V), *Ceratomyces serpens* (kategoria E – zagrożone), *Cortinarius croceus* (kategoria R – rzadkie), *Dacrymyces estonicus* (V), *Disciseda candida* (E), *Helvella ephippium* (R), *Tricholoma focale* (E), a także *Antrodia ramentacea*

(E), saprobiont związany z drewnem *Pinus sylvestris* (Gilbertson i Ryvarden 1993), znany w Polsce dotychczas jedynie z 3 stanowisk, w tym dwóch historycznych i jednego współczesnego w Puszczy Białowieskiej (Wojewoda 2003), chociaż najnowsze obserwacje wskazują, że nie jest to gatunek aż tak rzadki (Dariusz Karasiński, IB PAN, Kraków, informacja ustna). Na „Czerwonej liście grzybów wielkoowocnikowych w Polsce” znajduje się również 12 innych gatunków stwierdzonych na terenie OOR, wiele z nich to jednak grzyby nierzadkie: *Cortinarius fulvescens* (E), *Gloeoporus taxicola* (R) i *Gymnopus ocior* (E) notowano na ponad 20 stanowiskach, a *Atheniella adonis* (R), *Diplomitoporus flavescens* (R), *Gastrum minimum* (E), *Helvella lacunosa* (R), *Mycena viridimarginata* (V), *Phaeomarasmius erinaceus* (R), *Tricholoma scalpturatum* (V), *Porphyrellus porphyrosporus* (R) na ponad 30 stanowiskach w naszym kraju. Uwzględniając liczbę stanowisk w Polsce, a także zajmowane siedliska, Kujawa i in. (2012) proponują utrzymanie kategorii zagrożenia dla *Gastrum minimum*, jednak na niskim poziomie (NT – nearly threatened, wg kategorii IUCN). Stwierdzony w OOR mądziak psi, *Mutinus caninus*, mający w Polsce status gatunku objętego ochroną prawną, w świetle danych z ostatnich lat na taki status nie zasługuje (Szczepkowski i Obidziński 2012).

Do występujących w OOR, a rzadko notowanych w Polsce należą również gatunki, których brak na Czerwonej liście. Takie grzyby, jak *Cortinarius pluvius*, *Entoloma neglectum*, *Gymnopus hybridus*, *Hemimycena pseudolactea*, *Russula cessans*, *Tomentella cinerascens* i *T. lilacinogrisea* podawane były dotychczas jedynie z pojedynczych stanowisk. *Cortinarius comptulus* i *C. croceoconus* zostały stwierdzone w Polsce dopiero niedawno, na kilku stanowiskach (Ślusarczyk 2014). Obecność w Polsce *Inocybe ochroalba* została w niniejszej pracy potwierdzona – gatunek też został po raz pierwszy podany przez Bujakiewicz (2011) jako *I. cf. ochroalba*. Dalszych 26 gatunków notowanych było w naszym kraju na kilku lub kilkunastu stanowiskach. W tej grupie znajdują się grzyby o owocnikach kortycjoidalnych, takie jak saprobiontyczne, nadrewnowe *Botryobasidium conspersum*, *Xylodon brevisetus*, *Xylodon spathulatus*, *Kneiffiella subalutacea*, *Leptosporomyces galzinii*, *Trechispora candidissima* i ektomykoryzowy

Tomentella coerulea, a także gatunki o owocnikach agarykoidalnych, przede wszystkim saprobiontyczne *Clitocybe diatreta*, *Galerina atkinsoniana*, *G. clavata*, *Gymnopus impudicus*, *Hemimycena lactea*, *Infundibulicybe costata*, i mykoryzowe *Cortinarius casimiri*, *Inocybe nitidiuscula*, *I. sindonia*, *I. whitei*, *Russula exalbicans*. Część z tych gatunków to najprawdopodobniej grzyby nierzadkie lub nawet częste w Polsce, ale nie znajdujące ze względu na niepozorne owocniki lub pomijane w związku z trudnościami z ich identyfikacją. Dotyczy to zwłaszcza grzybów o owocnikach kortycjoidalnych, na przykład gatunków z rodzajów *Leptosporomyces*, *Trechispora* i *Xylodon*, rozpowszechnionych w Europie (Jülich 1984; Hansen i Knudsen 1997; Bernicchia i Gorjon 2010).

Interesującym faktem jest odnalezienie gatunków, które nie były do tej pory notowane w Polsce. Należą do nich *Inocybe leiocephala* – grzyb ektomykoryzowy związany zarówno z drzewami iglastymi, jak i liściastymi oraz *Clitocybe marginella* – saprobiontyczny grzyb rosnący na ściółce liściastej i iglastej. Z Polski nie była podawana odmiana *Hemimycena lactea* var. *tetraspora*. W czasie niniejszych badań znaleziono również gatunek z niepodawanego dotąd z Polski rodzaju *Paulliticium* (*P. cf. allantosporum*). Oprócz notowania w OOR gatunek z tego rodzaju został odnaleziony również w północnej Polsce (Dariusz Karasiński, IB PAN, Kraków – informacja ustna). Po raz pierwszy w naszym kraju stwierdzone zostały owocniki *Tomentella radiosa*, chociaż niektóre badania wskazują, że jest to jedynie resupinatowa forma *Thelephora terrestris* (Köljäl i in. 1998).

Porównanie mykobioty lasów sosnowych na powierzchniach piaszczystych i galmanowych

Powierzchnie, na których prowadzone były obserwacje grzybów makroskopijnych znajdowały się na dwóch różnych typach podłoża: piaszczystym oraz tzw. galmanowym, będącym materiałem pozostawionym po wydobyciu rud galmanowych. Powierzchnie na dwóch kontrastujących typach podłoża różniły się zarówno pod względem wykształconych na nich zbiorowisk roślinnych, jak i warunków edaficznych, a różnice te miały wpływ na zbiorowiska grzybów. Podłoże galmanowe miało charakter bardziej gliniasty (większa zawartość

frakcji pylastej), zawierało fragmenty skał dolomitowych, charakteryzowało się wyższym pH (bliskie neutralnemu), a także wyższą zawartością węgla organicznego, wapnia, magnezu oraz metali ciężkich, w porównaniu z glebami powierzchni piaszczystych (Kapusta i in. – Rozdział 13, niniejszy tom). Z kolei podłożem powierzchni piaszczystych była gleba o charakterze bielcowym, o kwaśnym odczynie. Drzewostan rozwinięty na powierzchniach piaszczystych cechowało nieco wyższe pokrycie drzew, które były większe i masywniejsze aniżeli sosny na powierzchniach galmanowych (Zielonka i in. – Rozdział 12, niniejszy tom). Przynajmniej na części powierzchni piaszczystych grubość ściółki, a także ilość martwego drewna, głównie w postaci gałęzi i gałązek, była większa niż w przypadku powierzchni galmanowych.

Na powierzchniach galmanowych zanotowano mniejszą ogólną liczbę gatunków grzybów aniżeli na powierzchniach piaszczystych (Ryc. 5, 6), co w głównej mierze wynika z mniejszej liczby tych powierzchni.

Porporcje pomiędzy liczbą gatunków grzybów saprobiontycznych i mykoryzowych były na obydwu typach podłoża podobne (Ryc. 7). Różnice zaznaczały się w składzie gatunkowym. Szereg gatunków wyraźnie preferowało powierzchnie piaszczyste lub galmanowe. Grzyby te występowały przede wszystkim lub głównie na powierzchniach określonego typu i często tam też wykształcały wyraźnie więcej owocników.

Związek z określonym typem powierzchni szczególnie dobrze widoczny był w przypadku grzybów mykoryzowych (Tabela 1). Z wyraźnie większą frekwencją na powierzchniach piaszczystych wystąpiły np. wszystkie odnotowane gatunki *Amanita*, *Chalciporus piperatus*, większość gatunków *Cortinarius* (w tym *C. casimiri*, *C. croceononus*), *Inocybe sindonia*, *Laccaria laccata*, *Lactarius rufus*, większość gatunków *Russula*, *Suillus bovinus*, *Thelephora palmata*, *Xerocomus badius* i *X. ferrugineus*. Na powierzchniach piaszczystych wyraźnie więcej owocników tworzyły, odnotowane również na powierzchniach galmanowych, *Cortinarius casimiri*, *C. comptulus*, *Inocybe leiocephala*, *Russula xerampelina*, *Scleroderma citrinum*. Grzyby te cechuje przywiązanie do podłoża o kwaśnym odczynie (pH). Z kolei powierzchnie rozwinięte na

podłożu galmanowym wyraźnie preferowały takie grzyby mykoryzowe, jak *Chroogomphus rutilus*, *Hebeloma* sp. (sect. *Denudata*), *Tricholoma scalpturatum*, a także *Hebeloma mesophaeum*, *Suillus luteus*, *Thelephora terrestris*, *Tricholoma imbricatum*, *T. terreum* – gatunki notowane również na powierzchniach piaszczystych, jednak wykształcające wyraźnie więcej owocników na powierzchniach galmanowych. Na tych powierzchniach wystąpiło i tutaj wykształciło więcej owocników szereg grzybów związanych z brzozą, pomimo tego, że drzewo to występowało również na niektórych powierzchniach piaszczystych. Były to przede wszystkim *Lactarius torminosus*, *L. pubescens*, *Russula exalbicans*, *Leccinum scabrum*. Część z wyżej wymienionych gatunków to grzyby tzw. wczesnych stadiów sukcesji, związane często z siedliskami o słabo wykształconym profilu glebowym i niewielkiej ilości ściółki. Do takich gatunków należą np. *Hebeloma mesophaeum*, *Thelephora terrestris* i *Suillus luteus*. Niektóre z gatunków notowanych na powierzchniach galmanowych, np. *Chroogomphus rutilus*, *Russula exalbicans*, *T. terreum*, *T. scalpturatum*, to grzyby o tendencjach kalcyfilnych.

Występowanie poszczególnych gatunków grzybów ektomykoryzowych w dużej mierze uzależnione było od warunków edaficznych występujących na powierzchniach. Analizy statystyczne, które obejmowały zestaw czynników edaficznych (skład podłoża, zawartość pierwiastków, materii organicznej, pH) i cechy zbiorowisk leśnych (skład gatunkowy, pokrycie itp.) oraz występowanie na powierzchniach gatunków o frekwencji równej lub większej niż 20% (występowanie na 4 lub więcej powierzchni) wykazały, że na skład zbiorowisk grzybów ektomykoryzowych na powierzchniach objętych badaniami największy wpływ miały takie czynniki jak zawartość azotu, wapnia i materii organicznej w podłożu oraz jego odczyn (Mleczeko i Kapusta 2010, 2011, 2012).

Występowanie grzybów saprobiontycznych na powierzchniach galmanowych i piaszczystych uzależnione było przede wszystkim dostępnością substratu. Na obydwu typach powierzchni występowało szereg gatunków z rodzaju *Clitocybe* (np. *C. marginella*, *C. metachroa*, *C. cf. candidans*), *Hemimycena*, *Strobilurus*, *Gymnopus* (np.

G. dryophilus, *G. adrosaceus*), a także *Auriscalpium vulgare*, *Lycoperdon molle*. Preferencje co do typu powierzchni były w grupie saprobiontów naściółkowych i nahumusowych widoczne słabiej niż w przypadku grzybów mykoryzowych, chociaż również się zaznaczyły. Do grzybów z tej grupy, które występowały przede wszystkim na powierzchniach galmanowych, należy *Infundibulicybe costata*, grzyb preferujący gleby o wyższym pH, często wapienne, a także *Stropharia cyanea*, gatunek częsty w siedliskach ruderalnych, antropogenicznych, o wyższym pH podłoża. Na powierzchniach galmanowych znacznie częściej tworzył owocniki *Lycoperdon molle*, grzyb preferujący gleby zasobniejsze, raczej alkaliczne. Tu znajdowało się również stanowisko *Geastrum minimum*, gatunku kalcyfilnego, częstego również na murawach kserotermicznych (Jaworska i in. 2012; Tomaszewska i in. 2012). Z kolei na powierzchniach piaszczystych znacznie częściej obserwowano owocniki *Cystoderma carcharias*, a także odnotowano obecność *Disciseda candida* i *Lycoperdon nigrescens* – grzybów acydo-filnych i *Clitocybe diatreta* – gatunku obojętnego na odczyn podłoża, ale preferującego podłoże piaszczyste. Grubsza warstwa humusu i ściółki iglastej była prawdopodobnie przyczyną częstszego notowania na powierzchniach piaszczystych między innymi szeregu grzybów z rodzaju *Mycena* (np. *M. galopus*, *M. epipterygia*, *M. leptocephala*), *Clitocybe diatreta*, *Ramaria abietina*.

Większa dostępność martwego drewna, przede wszystkim w postaci gałęzi i gałązek, rzadziej pniaków, spowodowała, że powierzchnie piaszczyste charakteryzowała duża różnorodność gatunkowa saprobiontów nadrewnowych. Powierzchnie galmanowe były pod tym względem znacznie uboższe (Ryc. 8). Do najczęściej spotykanych na powierzchniach piaszczystych grzybów z tej grupy troficzno-substratowej należały *Galerina marginata*, *Gymnopilus penetrans*, *Mycena abramsii*, *M. gale-riculata*, *Pholiota spumosa*, *Tricholomopsis rutilans* oraz szereg grzybów tworzących kortycoidalne lub poliporoidalne owocniki z rodzajów *Coniophora*, *Leptosporomyces*, *Oligoporus*, *Skeletocutis*, *Trechispora*, *Xylodon* i innych. *Oligoporus leucomalleus* i *Trichaptum fuscovioleaceum* występowały na obydwu typach powierzchni z podobną częstością. Na powierzchniach piaszczystych zanotowano

również większą różnorodność i liczebność grzybów brio-filnych.

Chociaż analizy statystyczne nie wykazały istotnych różnic pomiędzy typami powierzchni pod względem liczby oraz masy owocników grzybów (por. Mleczko i Kapusta 2011, 2012), to jednak można zauważyć pewną tendencję: zarówno ogólna liczba, jak i masa owocników wszystkich odnotowanych gatunków była większa na powierzchniach galmanowych (Ryc. 3, 4). Znacznie większa dostępność substratu i wyższa różnorodność gatunkowa grzybów saprobiontycznych, zwłaszcza nadrewnowych, powodowała, że na powierzchniach piaszczystych grzyby saprobiontyczne wykształcały większą liczbę i masę owocników. W przypadku grzybów mykoryzowych różnorodność gatunkowa była również większa na powierzchniach piaszczystych, jednak to na powierzchniach galmanowych grzyby te tworzyły wyraźnie większą liczbę i masę owocników. Szczególnie duża produkcja biomasy owocników grzybów mykoryzowych na powierzchniach galmanowych, poza różnicami wynikającymi prawdopodobnie z biologii poszczególnych gatunków, może również wynikać z faktu, że powierzchnie galmanowe mają charakter młodszych zadrzewień i mniejszą ilość zakumulowanej ściółki. Jak wykazały badania przeprowadzone w lasach sosnowych w Holandii (Baar 1996; Baar i Ter Braak 1996; Baar i Kuyper 1998), grubość ściółki iglastej jest jednym z czynników ograniczających wytwarzanie owocników przez szereg grzybów ektomykoryzowych, chociaż wpływ tego czynnika jest uzależniony od gatunku (Tarvainen 2009).

Powierzchnie galmanowe oraz powierzchnie piaszczyste cechowało podobne bogactwo gatunkowe, którego miarą jest liczba zanotowanych gatunków (Tabela 1). Podobieństwo biot grzybów wielkoowocnikowych na poszczególnych powierzchniach, mierzone na podstawie współczynnika podobieństwa Sørensen (SI), nie było natomiast duże – w zdecydowanej większości przypadków współczynnik ten nie przekraczał wartości 0,4 (Tabele 2, 3). Było to spowodowane faktem, że frekwencja większości gatunków nie przekraczała 20% (4 powierzchnie). Wartości współczynnika w obrębie grup powierzchni (powierzchnie piaszczyste vs. powierzchnie galmanowe) były generalnie

większe aniżeli pomiędzy grupami, co wskazuje na generalnie podobne warunki edaficzne panujące na powierzchniach należących do tej samej grupy substratowej. Kilka powierzchni zajmowało jednak w analizach pozycję pośrednią, co dotyczyło przede wszystkim pewnych powierzchni piaszczystych (26, 28, 37 i 40), których mykobioty nawiązywały do powierzchni galmanowych. Teren OOR podlega ciągłym wpływom aktywności antropogenicznej, w wyniku której w glebach niektórych powierzchni wykształconych na podłożu piaszczystym znalazły się odpady po procesach przemysłowych lub odpady komunalne, głównie w postaci zanieczyszczonej wody, ale również jako atmosferyczny opad pyłu. Spowodowało to wzrost stężenia pewnych pierwiastków w glebie (np. Ca, metali ciężkich) oraz towarzyszący temu wzrost pH na niektórych powierzchniach, co wpłynęło również na skład gatunkowy grzybów na tych powierzchniach, jak w przypadku piaszczystej powierzchni 28, gdzie pH gleby wynosiło 6.7–7.0. Była to też jedna z powierzchni, której mykobiota nawiązywała do powierzchni galmanowych.

Wnioski

Lasy sosnowe na terenie Olkuskiego Okręgu Rudnego (OOR), mimo występowania na terenach silnie przekształconych przez działalność przemysłową, posiadają typową dla lasów iglastych, ale stosunkowo różnorodną mykobiotę. Na uwagę zasługuje fakt odnotowania szeregu gatunków rzadkich w skali kraju. Działalność górnicza na terenie OOR doprowadziła do powstania siedlisk różniących się pod względem warunków edaficznych, zwłaszcza tych na podłożu galmanowym, co miało wyraźny wpływ na biotę grzybów makroskopijnych w lasach sosnowych i doprowadziło do wzrostu ogólnej różnorodności tej grupy organizmów.

Podziękowania

Składamy podziękowania panom: dr. Dariuszowi Karasińskiemu, dr. Błażejowi Gierczykowi i Tomaszowi Ślusarczykowi za weryfikację identyfikacji okazów grzybów aphyloforidalnych oraz grzybów z rodzajów *Cortinarius* i *Inocybe*, a także recenzentowi za cenne uwagi do manuskryptu.