

## STRESZCZENIE

Grzyby podziemne to grupa ekologiczna składająca się z różnych gatunków grzybów spośród Ascomycota, Basidiomycota oraz kilku rodzajów z Glomeromycota. Choć taksonomicznie odległe, należące do tej grupy grzyby wykazują zbieżne cechy ewolucyjne w przystosowaniu do środowiska, co wynika z zajmowania przez nie specyficznej niszy ekologicznej. Grzyby te wytwarzają podziemne, zamknięte, makroskopowe owocniki i są istotne dla ekosystemu leśnego ze względu na swoją rolę jako partnerzy ektomykoryzowi dla roślin, głównie drzew lasotwórczych. Ze względu na fakt, że ich owocniki pozostają zamknięte, w zakresie rozprzestrzeniania się grzyby te głównie wykorzystują zwierzęta. W przypadku Ascomycota, worki nie posiadają mechanizmów otwierających, pozostając zamknięte aż do samoistnego rozpadu lub strawienia przez zwierzę.

Grzyby podziemne wydzielają charakterystyczny zapach, wyczuwalny przez zwierzęta, które się nimi żywią. Większość ssaków zalicza się do przypadkowych lub oportunistycznych mykofagów, co oznacza, że żywią się grzybami wtedy, gdy te obficie występują w środowisku lub też gdy znajdują je szukając innego pożywienia. Przykłady mykofagów można znaleźć wśród myszy z rodziny Muridae i norników z rodziny Arvicolinae.

Celem badań przedstawionych w rozprawie jest ocena znaczenia grzybów podziemnych w diecie gryzoni w ekosystemach leśnych w Polsce Środkowej, w szczególności potwierdzenie hipotezy o znacznym udziale grzybów podziemnych w diecie gryzoni, a co za tym idzie ważnej roli mykofagii w ekosystemie leśnym. W tym celu Autorka zbadała obecność zarodników w próbkach odchodów zebranych od dwóch gatunków gryzoni: nornicy rudej *Myodes glareolus* oraz myszarki leśnej *Apodemus flavicollis*. Oba gatunki badanych zwierząt są szeroko rozprzestrzenione w Palearktyce i występują powszechnie w ekosystemach leśnych. Uważa się je również za preferencyjnych lub oportunistycznych mykofagów. W szczególności zbadano następujące zagadnienia: (1) różnorodność taksonomiczną grzybów w próbkach; (2) różnice w pojawianiu się zarodników w próbach z trzech pór roku: wiosny, lata i jesieni; (3) różnice w obecności zarodników w zależności od terenu badań, gatunku zwierzęcia, jego płci oraz wieku.

Są to pierwsze badania tego rodzaju przeprowadzone w Polsce Środkowej, oparte na oryginalnych badaniach terenowych i analizie mikroskopowej próbek pobranych od zwierząt.

Badanie przeprowadzono metodą chwytania zwierząt w pułapki żywołowne w rezerwach Spała (51°31'37" N, 20°08'42" E) i Konewka (51°04'08" N, 20°09'26" E), w Puszczy Pilickiej (województwo łódzkie) między czerwcem 2013 a majem 2015 r. Złapane zwierza po wyjęciu z pułapek, oznaczano do gatunku oraz ustalono płeć, wagę i wiek dla późniejszych porównań. Zwierzęta oznaczano czerwoną kropką na stronie brzusznej i wypuszczano. Próbki odchodów były pobierane z pułapek, umieszczone w próbkówkach (Eppendorf, 1,5 ml) i utrwalone w 1 ml 90% etanolu. Próbki były analizowane przy użyciu mikroskopu świetlnego NIKON E200 (x600). Znalezione w próbkach zarodniki grzybów podziemnych zostały oznaczone do rodzaju, a gdzie było to możliwe, do gatunku. W próbkach zidentyfikowano dwanaście rodzajów grzybów podziemnych: *Elaphomyces*, *Hydnotrya*, *Pachyphloeus*, *Genea*, *Tuber*, *Hymenogaster*, *Melanogaster*, *Rhizopogon*, *Scleroderma*, *Gautieria*, *Glomus* oraz *Endogone*.

Analiza statystyczna zróżnicowania sezonowego w diecie gryzoni, jak również porównanie składu ilościowego i jakościowego prób między gatunkami zwierząt, grupami wiekowymi i płciami wykazały, że grzyby podziemne są atrakcyjnym pożywieniem dla zwierząt w czasie letnim. Wiosną i jesienią *M. glareolus* i *A. flavicollis* żywią się pojedynczymi i łatwo dostępnymi rodzajami grzybów, natomiast w lecie zwierzęta konsumują istotnie więcej grzybów z wielu rodzajów. Ilość zarodników znalezionych w próbach korespondowała z występowaniem wysokich temperatur i umiarkowanych opadów. Średnia liczba zarodników była wyższa w próbach zebranych w Spale. Może to wskazywać, że w Spale występują lepsze warunki dla rozwoju owocników niż w Konewce. Ma to szczególne znaczenie dla podziemnych workowców, dla których analiza statystyczna wykazała istotną zależność od terenu badań. Istotnie więcej zarodników znaleziono w próbach pobranych z pułapek ustawionych bliżej drogi. Przemawia to za stwierdzeniem, że owocniki grzybów podziemnych pojawiają się częściej przy wydeptywanych ścieżkach, gdzie roślinność jest przerzedzona i są lepsze warunki do rozwoju grzybów.

Nornice częściej niż muszarki wybierają grzyby jako źródło pokarmu, jako że w próbach od nornic odnotowano większe zróżnicowanie taksonomiczne grzybów, niż w próbach od myszarki. Młode osobniki jedzą więcej grzybów podziemnych niż osobniki dorosłe. Młode zwierzęta wyszukują pokarm bliżej powierzchni gruntu, a ze względu na swoją mobilność, pełnią w ten sposób istotną rolę w rozprzestrzenianiu zarodników. Również samice myszarki leśnej są bardziej mykofagiczne niż samce. Są one bardziej stacjonarne niż samce i żerują w miejscach odpowiednich dla owocników grzybów podziemnych.

Analiza morfometryczna zarodników z rodzaju *Rhizopogon* wykazała iż zarodniki te zwiększały swoje rozmiary w ciągu roku. Sugeruje to, iż grzyby z tego rodzaju są dostępne dla zwierząt przez cały rok, w odróżnieniu od niektórych rodzajów, które były znajdowane tylko w czasie określonej pory roku. Ponadto Autorka zauważyła, że skulptura na powierzchni zarodników może magazynować substancje odżywcze znajdujące się w odchodach zwierząt.

## SUMMARY

Hypogeous fungi are an ecological group which congregates various fungal genera from Ascomycota, hypogeous 'gasteromycetes' from Basidiomycota and a few taxa from Glomeromycota. Though taxonomically distant, hypogeous fungi show features of convergent evolution in habitat adaptations, because they occupy a specific ecological niche. They produce underground, closed macroscopic fruit bodies, and are important in the forest ecosystem due to their role as ectomycorrhizal partners for plants, especially forest trees. As their sporocarps remain closed, the fungi rely mostly on animals as vectors of dispersion. In case of hypogeous ascomycetes, the asci have no opening mechanisms and remain closed until natural decay or digestion by animals.

Hypogeous fungi produce characteristic odours, detectable by animals which feed on them. Most mammals are opportunistic or accidental mycophages which means they feed on fungi when this type of food is abundant in the environment or while foraging for other food source. Examples of mycophages can be found in the mouse family Muridae and the vole family Arvicolinae.

The aim of this study is to examine the significance of hypogeous fungi in diet of rodents in the forest ecosystem of Central Poland. The study will verify the hypothesis that hypogeous fungi are an important component of rodent diet and that mycophagy plays a significant role in the forest ecosystem. For this purpose, the Author examined the occurrence of spores in faecal samples from two species of rodents: bank vole *Myodes glareolus* and yellow-necked mouse *Apodemus flavicollis*. Both species are widely spread in the Palearctic, abundant in forest ecosystems and are reported as preferential or opportunistic mycophages. In particular the following issues were of a special concern (1) the diversity of fungal genera in faecal samples; (2) difference in spore occurrence in samples obtained in three seasons:

spring, summer and autumn; (3) differences in spore occurrence in relation to study area, animal species, sexes and age.

This is the first study of this kind conducted in central Poland and is based on original field research and microscope analysis of samples gathered in the field.

The study was carried out by live trapping animals. The study was conducted in the Spała (51°31'37" N 20°08'42" E) and Konewka (51°04'08" N 20°09'26" E) nature reserves, located in Pilica Forest, in Łódzkie Voivodship in central Poland, between July 2013 and May 2015. Once an animal was caught, its species was determined. After the capture, animals were weighed and their sex and age group (juvenile or adult) were determined for later comparisons. The animals were marked with a red dot on the abdomen and released. Faecal samples were then taken from the live traps and placed in a 1,5 ml Eppendorf tube with 1 ml of 90% ethanol for preservation. Samples were examined using NIKON E200 light microscope under x600 magnification. Spores of hypogeous fungi which were found in samples were determined to genus level. Twelve hypogeous genera were present in the samples: *Elaphomyces*, *Hydnotrya*, *Pachyphloeus*, *Genea*, *Tuber*, *Hymenogaster*, *Melanogaster*, *Rhizopogon*, *Scleroderma*, *Gautieria*, *Glomus* and *Endogone*.

Statistical analysis of seasonal differences in animal diet as well as differences between animal's species, age and sex has shown that in spring and autumn, *M. glareolus* and *A. flavicollis* eat the most common genera of hypogeous fungi, and in summer season both species consume significantly more fungi from a multitude of genera. The amount of found spores follows the patterns of high temperature and mild rainfall. The mean number of spores found in samples was higher in Spała than in Konewka. This may be due to more favourable microhabitat conditions in Spała, especially for hypogeous ascomycetes. Significantly more spores were found in samples from traps which were closer to the road. This corresponds to the fact that close proximity to trampled pathways limits plant vegetation and favours formation of sporocarps. *M. glareolus* is more mycophagous than *A. flavicollis*, as samples from voles were richer in fungal genera than those from mice. Young specimens of both species eat more hypogeous fungi than adults. The young are more likely to forage closer to the ground and due to their mobility, they play an important role in spore dispersion. Also females of *A. flavicollis* eat more hypogeous fungi than males. Females are more sedentary than males and forage in places suitable for fruiting of hypogeous fungi.

Spores of genus *Rhizopogon* were observed to increase in size from spring through summer and autumn. This suggests that this genus is available to animals throughout the year unlike some genera which were found in samples only in one given season. The Author also

presumes that the ornamentation on the surface of the spores may serve as a reservoir for nutritional material from the faeces.

doktorantka

A handwritten signature in blue ink, reading "Małgorzata Połatyńska". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal dotted line.

Małgorzata Połatyńska