

W CZYM GRZYBY

SĄ LEPSZE OD CIEBIE?



Feeria
science

MARTA WRZOSEK
KAROLINA GŁOWACKA

Redaktor prowadząca: Katarzyna Nawrocka
Redakcja językowa: Katarzyna Nawrocka
Konsultacja merytoryczna: prof. Magdalena Fikus
Korekta: Grzegorz Krzymianowski, Natalia Józwiak

Projekt typograficzny, skład i projekt okładki:
Katakanasta Joanna Wasilewska

Copyright for the text © Marta Wrzosek and Karolina Głowacka, 2019
Copyright for this edition © Wydawnictwo JK, 2019

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej publikacji nie może być powielana ani rozpowszechniana za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających czy innych, bez uprzedniego wyrażenia zgody przez właściciela praw.

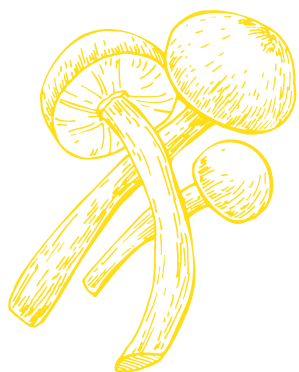
ISBN 978-83-66380-23-3
Wydanie I, Łódź 2019

Wydawnictwo JK
ul. Krokusowa 3, 92-101 Łódź
tel. 42 676 49 69
www.wydawnictwofeeria.pl

W CZYM
GRZYBY
SĄ LEPSZE OD CIEBIE?



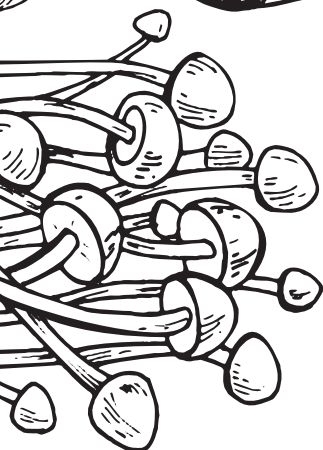
MARTA WRZOSEK
KAROLINA GŁOWACKA



SPIS TREŚCI

POPATRZ, POWĄCHAJ, POSŁUCHAJ Jak odkryć tajemnice grzybów	7
1. WŁASNĄ DROGĄ Grzybowy pomysł na życie	19
2. GRZYBOWA PREHISTORIA Dzielni pionierzy i wymarli giganci	35
3. TO SKOMPLIKOWANE Seks i nieśmiertelność	51
4. SZYBCY I SPRYTNI Niepozorni drapieżcy	63
5. OPĘTANA MRÓWKA O mrocznych strategiach grzybowych pasożytów	73
6. PRACOWICI GRABARZE Kto dobierze się do ciebie po śmierci	89
7. ŚWIADKOWIE ZBRODNI Jak grzyby pomagają rozwikłać zagadki kryminalne	103
8. MÓZG ODURZON. Co czuje człowiek po zjedzeniu grzybów halucynogennych	119
9. CZY MOŻNA SIĘ MODLIĆ DO GRZYBA? Grzyby w religii i kulturze	135

10. OBIEKT I INSPIRACJA	155
Co artyści dostrzegają w grzybach	
11. INNY ŚWIAT	169
Jak wyglądałaby Ziemia bez grzybów	
12. CZY ISTNIEJE LEŚNY INTERNET?	181
O relacjach grzybów i roślin	
13. MAM CANDIDA I SIĘ TEGO NIE WSTYDZĘ	201
O naszych grzybowych współlokatorach	
14. W PIGUŁCE	213
Z czego wyleczą nas grzyby	
15. JAK TRWOGA, TO DO... GRZYBA	233
Czy grzyby uratują naszą cywilizację	
16. CO WIDAĆ W MIKROSKOPIE MARTY WRZOSEK?	255
Wyimki z życia mykologa	
17. SZLACHETNY CZY SZATAŃSKI?	281
Jak rozpoznawać gatunki grzybów w polskich lasach	
Bibliografia	309
Źródła ilustracji	325



POPATRZ, POWĄCHAJ, POSŁUCHAJ

Jak odkryć tajemnice grzybów



Wiesz, o co moi znajomi pytają, kiedy mówię im, że piszemy książkę o grzybach?

O co? Spróbuję odpowiedzieć, jeśli tylko będę wiedziała jak.

Otóż pytają, czy to będzie książka kulinarna, czy kolejny atlas grzybów.

Ach, oczywiście. Jesteśmy przyzwyczajeni do postrzegania całego królestwa przez pryzmat pieczarki i innych smacznych grzybów z kapeluszami lub ewentualnie takich, które mogą nas otruć. Pamiętam, że gdy jednemu z byłych dziekanów Wydziału Biologii Uniwersytetu Warszawskiego powiedziałam, jeszcze jako studentka, o mojej tematyce badawczej, to sugerował, bym się zajęła raczej hodowlą borowików niż efemerycznymi pleśniami.

No proszę, czyli nie tylko laicy sprowadzają grzyby do roli składnika potraw?

To się zdarza także specjalistom, choć rzecz jasna osobiście mam całkiem inne podejście.

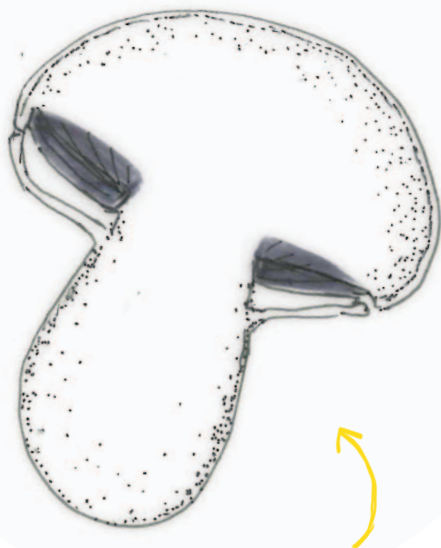
Ale musisz przyznać, że obiekty twoich badań nie wydają się zbyt interesujące... Nie biegają, nie polują, nie potrafią też wytworzyć sobie jedzenia „ze słońca”, nie stroją min, nie są miłutkie i mięciutkie...

Ooo, czuję, że jeszcze nie raz ciebie i czytelników zaskoczę. To, co mówisz, to w większości niesprawiedliwe, obiegowe opinie. Co prawda grzyby nie robią uroczych min, ale potrafią zadziwić niezwykle sprytnymi rozwiązaniami życiowych problemów, nie biegają, ale niektóre z nich są mistrzami w pływaniu. A co do polowania, nie ścigają co prawda swoich ofiar po lesie, ale bywają sprawnymi łowcami.

Nadal zwierzęta są od nich ciekawsze. Taka pieczarka... Czy możesz podać coś, w czym jest lepsza od zwierząt? Od człowieka?

Poza tym, że jak sędzę, jest od nas lepsza w smaku, to ma też przewagę chociażby w produkcji enzymów. Pieczarki, a w jeszcze większym stopniu inne, często dość niepozorne grzyby podstawczaki – czyli organizmy tworzące zarodniki na wyrostkach specjalnych komórek, zazwyczaj ułożonych powierzchniowo – dzięki swoim enzymom są w stanie strawić w zasadzie wszystko. Pod tym względem są najlepsze na świecie. Nam, ludziom, jest do nich bardzo daleko.

Kierujemy się głównie wzrokiem, potrafimy dostrzec przede wszystkim kształty i barwy grzybów – i wspaniale, ponieważ jest co podziwiać. Ale na tym wyjątkowe piękno grzybów bynajmniej się nie kończy. Ich prawdziwe bogactwo i ich różnorodność przejawiają się w zróżnicowaniu chemicznym. Czasem, gdy wchodzimy do piwnicy, mówimy, że czuć w niej grzybem, a kiedy otwieramy opakowanie sera pleśniowego, chwalimy jego intensywny aromat. Grzyby to chemiczne wytwórnie. Produkują między innymi związki zapachowe – te lotne, które wyczuwamy nosem, i te rozpuszczone w wodzie, które odczuwamy jako smaki. Grzyby tworzą je jako atraktanty i repelenty. Mają za zadanie komunikować osobniki między sobą i działać na różne organizmy w środowisku. Większość niezwykłego zróżnicowania grzybów nam jednak umyka. Cóż, nie jesteśmy wielkimi nosami i nie potrafimy wychwycić wszystkich niepowtarzalnych grzybowych aromatów. Poza tym grzyby zadziwiają swoim niezwykłym repertuarem enzymatycznym. Samych enzymów co prawda zwykle nie wyczuwamy, ale zauważamy skutki ich działania. Dwa dni temu, gdy weszłam do starego drewnianego domku działkowego, zapadła się przede mną deska i niewiele brakowało, a wylądowałabym w ciemnej piwniczce. Oddziaływanie grzybów na oto-

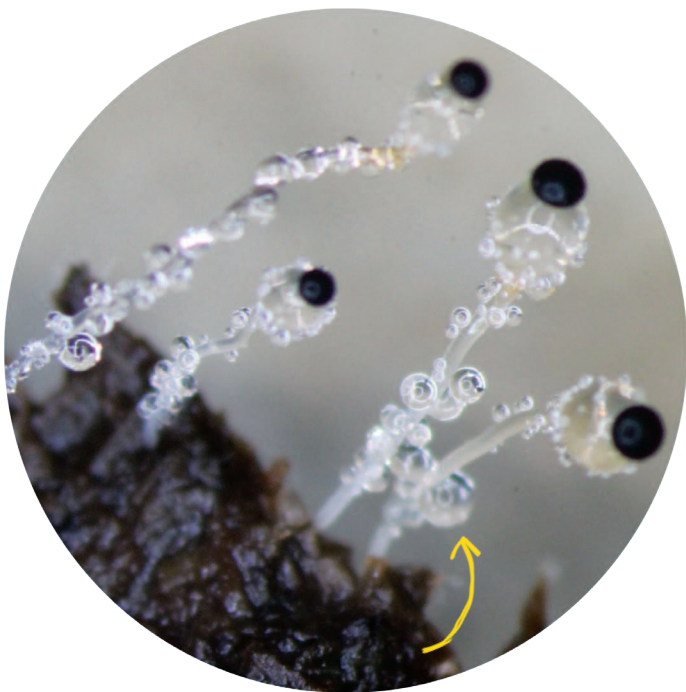


PRZĘKRÓJ PRZES
PŁECZARKĘ AGARICUS SP.

czenie – a dokładniej dokonywany przez nie rozkład drewna – dało mi boleśnie o sobie znać. Każdy grzyb zalewa świat wyrafinowanymi produktami przemiany materii oraz enzymami.

Nie spodziewałam się, że znajdziesz odpowiedź na takie pytanie. Nieźle się zapowiada! Dobrze, czyli gdybyśmy mieli lepszy węch, to zapewne docenilibyśmy świat grzybów. A gdybyśmy mieli lepszy słuch?

Zasadniczo grzyby są ciche – o ich milczeniu jeszcze ci opowiem – ale są i takie, które wydają dźwięk podobny do huku wystrzału, choć oczywiście cichszy. Czasem trzymam w laboratorium pojemniki z krowimi odchodami, na których rozwijają się przepiękne pleśnie, m.in. zrywki, zwane po łacinie *Pilobolus*. Pojemniki są przykryte podziurkowaną folią aluminiową,



{ CZARNE ZARODNIE NA ZAKOŃCZENIACH STRZĘPEK
Z IMPETEM ODRZUCANE Z TRZONKÓW }

zapewniającą dostęp powietrza. Gdy wstawiam taki pojemnik pod mikroskop stereoskopowy, zdarza się, że słyszę ciche, ale regularne stukanie.

I co to jest?

To umieszczone na szczycie strzępek zarodnie (sporangia) jak pociski z impetem odstrzeliwują od trzonków (sporangioforów). Zrywki wystrzeliwują zarodnie z prędkością do 25 metrów na sekundę, co oznacza, że grzybowe pociski najczęściej „pędzą” około 20 kilometrów na godzinę. Nie brzmi to może szczególnie imponująco, ale już osiągnięte przez nie przyspieszenie naprawdę zdumiewa. Zarodnia osiąga w powietrzu maksymalną prędkość w ciągu dwóch milionowych części sekundy.

Imponujące! Ale dlaczego one strzelają akurat pod mikroskopem?

Pilobolus to grzyb, który jest wyspecjalizowanym koprofagiem, czyli organizmem odżywiającym się odchodami. Rozwija się jako pierwszy na kupach roślinożerców, bo jego zarodniki są w odchodach, jeszcze zanim te pacną na ziemię – dostają się wraz z trawą do przewodu pokarmowego i są wydalone w nienaruszonym stanie. Grzyb zaczyna kiełkować natychmiast po tym, jak znajdzie się znowu poza organizmem. Wygląda jak kryształowy balonik z czarnym beretem na długim przezroczystym styliku. Ten czarny berecik to zarodnia, która zostaje gwałtownie odstrzelona, gdy zarodniki są dojrzałe i robi się ciepło. Moja lampa od binokularu imituje słońce, a zarodnie tłuką o folię aluminiową, zamiast padać na żdźbła traw. Czasem to prawdziwa kanonada.

Co jeszcze mogłoby nas zaskoczyć, gdybyśmy mieli lepszy wzrok?

Pewnie zdziwilibyśmy się, jak bardzo grzyby są powszechne. Wiesz, że według szacunków w jednym gramie gleby mieści się między 240 a 350 metrów sznurów grzybnionych i strzępek?

Chyba centymetrów.

Metrów, naprawdę.

240 metrów w małej grudce gleby? Przecież to więcej niż wysokość Pałacu Kultury.

Masz rację, zarówno Pałac Kultury, jak i wieża Eiffla nie mają tylu metrów wysokości, ile sznurów i strzępek jest w jednym gramie gleby. Trudno w to uwierzyć, ale wystarczy spojrzeć pod mikroskopem na grudkę materii organicznej, żeby rozwiązać wątpliwości. Niemal każda najdrobniejsza grudka ziemi i każde ziarno piasku jest otoczone strzępką. Oczywiście grzyb oplata ziarenka piasku nie po to, żeby cokolwiek z tego piasku wydobyć, ale dlatego, że musi prześlizgnąć się obok i dojść do jakiejś organicznej drobinki. W glebie mamy przemieszaną materię organiczną z częściami mineralnymi, a wszystko połączone jest grzybnią.

Ale to znaczy, że cała ziemia jest zagrzybiona!

I woda też. Jeśli pływasz w jeziorze i przypadkiem połkniesz nieco wody, to prawie na pewno wylądują w tobie miniaturowe grzyby z rodzaju *Chytrium*, *Rhizophyidium* albo *Rozella*, albo inni przedstawiciele *Cryptomycota*. Molekularne badania różnych środowisk wodnych wykazują obecność tych grzybów zarówno w wodach słodkich, jak i słonawych czy słonych. Przedrostek *crypto*- wskazuje, że wciąż niemal nic o nich nie wiemy.

I co się dzieje, kiedy połknimy takiego grzyba?

Zarodniki natychmiast zostają unieszkodliwione przez nasze soki żołądkowe. Tylko nieliczne grzyby są w stanie przeżyć taką kąpiel.

To jakie rozmiary mają zwykłe grzyby, skoro niektórych możemy nie zauważyć?

Bywają bardzo różne. Wiele osób słyszało o ogromnej opieńce – gdybyś chciała, to potem więcej ci o niej opowiem, ale już teraz mogę zdradzić, że zajmuje naprawdę spore połacie terenu. Jej sznury grzybniowe są niczym

rozpostarte ramiona zagarniające kłody drzewne i obejmujące pnie żywych drzew. Zazwyczaj jednak grzyby nie bywają aż tak rozłożyste. Oczywiście sporo z nich, w tym nasze ulubione borowiki, boczniaki, rydze, da się dostrzec gołym okiem, ale to dlatego, że jak na grzyby mają one duże owocniki.

Wspomnianego grzyba *Pilobolus* też mogłabyś wypatrzeć bez mikroskopu, ale musiałabyś się mocno pochylić nad krowim plackiem. Czasem pokrywa całe odchody i wtedy widać go już z daleka. Sporangiofory przypominają wówczas kryształowe żdźbła trawy. Balonikowate rozszerzenie i czarny berecik zobaczymy, dopiero kiedy zaopatrzymy się w dobrą lupę. Natomiast innych przepięknych grzybów nie da się obserwować bez dobrego mikroskopu.

Zostańmy na łące i przyjrzymy się jej różnorodności, włączając w to krowie placki. Czy wiesz, jakiej wielkości może być choćby taki grzyb jak główinka, która po łacinie nazywa się *Syncephalis*? Jest przynajmniej dwudziestokrotnie mniejsza od *Pilobolus*. Wygląda jak miniaturowa stokrotka. Mierzy około 30–50 mikrometrów (jednomilionowej metra). Tuż obok możemy zobaczyć jej kuzynkę zwaną drzewinką. Ten grzyb, przypominający oszronioną, delikatną gałązkę, wczepia się drobnymi chwytnikami w strzępki innych grzybów. Jego wielkość rzadko przekracza 150

mikrometrów. Prawdziwym wielkoludem w tym środowisku jest *Sordaria* – grzyb na pierwszy rzut uzbrojonego oka przypominający wulkan, z którego wydobywa się lava. Może mierzyć nawet 300 mikronów. „Lawę” wydostającą się z czubka wulkanu tworzy lepki śluz.



NA KROWIEJ KUPIE KWITNIE ŻYCIE –
NA RYSUNKU WIDOCZNE PILOBOLUS,
THAMNOSTYLUM, ALTERNARIA,
PENICILLIUM, SYNCEPHALIS

Robi się coraz ciekawiej! Powiedziałaś o strzępkach u grzybów. Niby każdy coś o nich wie ze szkoły, ale przypomnij, proszę, jak działają.

Cóż, podstawowe procesy życiowe są uniwersalne, więc w tym sensie strzępki działają podobnie do komórek zwierzęcych i roślinnych. Poza tym grzyby strzępkowe są zbudowane z powyginanych i rozgałęziających się rur. Te rury to strzępki. Są to ciągi komórek lub po prostu rozbudowane komórki, które mają zdolność wzrastać, rozgałęziać się, drażnić glebę, wciskać się między komórki roślin, zwierząt i innych grzybów oraz do ich wnętrza.

I te rury są długie i otwarte? Jak wielkie komórki o oryginalnym kształcie?

To zależy. U wspomnianych już podstawczaków, do których należy m.in. zdecydowana większość hub czy grzyby z owocnikami w formie trzonów i kapeluszy (ale także formy resupinatowe, czyli przypominające plamy na drewnie), rury są podzielone ścianami, które pod pewnymi względami przypominającymi zastawki. Niektóre z tych ścian poprzecznych mają co prawda otwory pozwalające na przepływ cytoplazmy między sąsiadującymi komórkami, ale jednocześnie są otoczone perforowanymi strukturami błonowymi, które nie przypuszczają wszystkiego, dzięki czemu transport jest „pod kontrolą”.

Inaczej sprawa wygląda u workowców, choć i one mają swoje punkty kontrolne na przegrodach. Nazwa tych grzybów pochodzi od słowa „worek”, po łacinie *ascus*, i jest adekwatna do strukturyty powyżej dla tej grupy organizmów. *Ascus* to zwykle wydłużona komórka, w której dochodzi do połączenia jąder i podziałów skutkujących wytworzeniem zarodników. Gdy te są



**{ SORDARIA SP. – WIDOCZNE
WYDOSTAJĄCE SIĘ ZARODNIKI
OTOCZONE ŚLUZEM }**

dojrzałe, worek rozrywa się lub otwiera na szczycie i uwalnia swoją zawartość. Zarodników zwanych askosporami jest zazwyczaj osiem. Grupę workowców tworzy imponująca armia ponad 70 000 gatunków. Wiele grzybów workowców ma w ścianie poprzecznej dużą porę, dziurę, dookoła której krążą ciała Woronina – małe kuleczki w razie konieczności gotowe tę dziurę zatkać. Zwykle jednak pora jest otwarta i przez ścianę może się przecisnąć nawet jądro komórkowe.

To po co dziura w ścianie? Może lepszy byłby mur między komórkami? Wtedy po obu stronach ściany mogłyby zachodzić inne procesy.

Ależ wytworzenie pory w otoczeniu ciałek Woronina to bardzo sprytnie rozwiązanie ewolucyjne. Strzępka jest strukturą, która może działać jako całość, ale w pewnych okolicznościach może też funkcjonować jako zbiór odrębnych komórek. To się przydaje, kiedy w jednej komórce dzieje się chemicznie coś innego niż w komórkach sąsiednich. Gdy zaczyna się intensywna przemiana materii, rośnie ciśnienie cytoplazmy, a ciała Woronina są spychane w miejsce pory. Komórka zostaje odizolowana. Kiedy wraca zwykły metabolizm, ciśnienie spada i ciało może odetkać dziurę. Wtedy transport przez strzępkę przyspiesza, a niektóre związki są tłoczone w miejsca, w których ich brakuje.

A grzyby szybko rosną?

Przede wszystkim pamiętajmy, że niektóre grzyby nie mają budowy strzępkowej. Znane doskonale drożdże są przecież jednokomórkowe. Ale jeśli pytasz o szybkość wzrostu strzępek ... to tak, czasami następuje to niemal w oczach. Są grzyby, których strzępki rosną nawet do kilku centymetrów na dobę, ale są też takie, które przyrastają milimetr albo nawet mniej w ciągu całego roku. Każdy grzyb ma w danych warunkach swoje tempo wzrostu.

Wiedza o tej szybkości przydaje się w dochodzeniach kryminalnych. Dzięki niej, na podstawie wielkości kolonii grzybów, możemy oszacować na przykład moment śmierci albo możemy dojść do tego, jak dawno dom przestał być ogrzewany i pozostaje niezamieszany.

Czyli grzyby pomagają śledczym?

Och tak, ale o tym też ci później opowiem, bo kompletnie bym cię zagadała, a to dopiero początek naszej rozmowy. Wyjawię tylko, że mam w zanadru intrygujące, mroczne historie.

Poza tym grzyby mogą być pomocne również dla historyków. Na przykład wiedzę o plechach porostowych, należących do najwolniej rosnących grzybów, wykorzystujemy do określenia momentu odsłonięcia danej powierzchni. Stąd wiemy, jak stare są posągi na Wyspach Wielkanocnych! Lichenometria, bo tak się nazywa ta dziedzina wiedzy, pozwala też na przykład wyznaczyć czas, jaki upłynął od wystawienia nagrobka.

Czy grzyby są stare? Jako grupa organizmów?

Owszem.

Jak bardzo?

Przecież nie powiem ci wszystkiego od razu. Starsze niż większość roślin.

Hm. A są ważne?

Co to znaczy „ważne”?

No nie wiem, że jest ich na przykład dużo.

Grzybów jest wielokrotnie więcej niż ssaków, ptaków czy gadów, i to zarówno pod względem liczby gatunków, jak i masy. Więcej niż wszystkich zwierząt kręgowych razem wziętych, ale znacznie mniej niż bezkręgowców.

Poważnie? To trzeba przyznać, że są dużo bardziej nieśmiałe. Praktycznie się ich nie zauważa.

Ależ wystarczy zmienić perspektywę. Efekty ich działalności widzisz na co dzień. Zawdzięczasz im choćby to, że chodząc po świecie, nie brodzisz w stertach starej materii organicznej.



{ STARY MUR CMENTARNY POKRYTY DUŻYMI PLAMAMI ROZ-
MAITYCH POROSTÓW. TO JEDEN Z DOWODÓW NA DŁUGĄ
HISTORIĘ TEGO MIEJSCA POCHÓWKU }

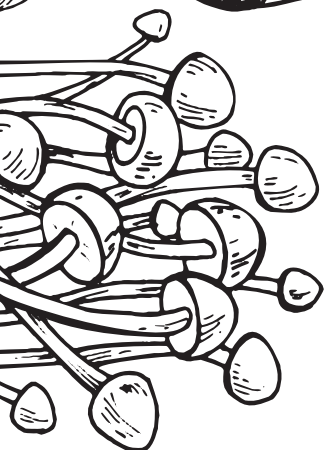
Nie powiedziałabym też, że są takie „nieśmiałe”. Zresztą w biologii staramy się unikać takich antropomorficznych określeń, bo są mylące. Wiedziałaś, że grzyby potrafią przejmować kontrolę nad innymi organizmami, zmuszając je, by „tańczyły, jak im grzyby zagrają”, i dopiero potem je zabijają i ostatecznie wykorzystują jako pokarm? A z drugiej strony bywają podstawą funkcjonowania ekosystemów. U człowieka mogą powodować choroby, ale też je leczyć, co wiedzieli już nasi najdawniejsi przodkowie.

I odurzać.

Jak najbardziej. A przy okazji być inspiracją dla artystów.

Jak cię tak słucham, to myślę sobie, że grzyby kryją niejedną tajemnicę.

Mam co nieco w zanadrzu! Grzyby, królestwo *Fungi*, zwane też po prostu funga, czyli odpowiednik flory i fauny, to świat, który warto poznać i docenić. Nie pożałujesz.



1

WŁASNĄ DROGĄ

Grzybowy pomysł na życie

Dla ciebie to pewnie będzie zabawne.

Co takiego?

Jak wiadomo, kiedy w wyszukiwarce Google wpisuje się jakieś hasło, wyświetlają się podpowiedzi wynikające z najczęstszych wyszukiwań. Jeśli wpiszesz „grzyby to...”, podpowiedzi są między innymi takie: „...warzywa”, „...rośliny”, „...bardziej rośliny czy zwierzęta?”. Ciągłe nie wiemy, czym są grzyby.

To bardzo dziwne. Może zamęt bierze się stąd, że w sklepach grzyby są w dziale z warzywami?

Sugerujesz, że za zamieszanie odpowiadają handlowcy i sprzedawcy, a przecież naukowcy nie są bez winy.

Masz rację, prawdziwym winowajcą jest w tym wypadku Karol Linneusz, XVIII-wieczny szwedzki przyrodnik i twórca systematyki. Twierdził on, że minerały istnieją, rośliny istnieją i żyją, a zwierzęta istnieją, żyją i czują. Grzyby, jak się wydawało, nie reagują, a już na pewno nie uciekają i nie piszczą, do tego stoją obok roślin na leśnej ściółce. Nie było wątpliwości, według Linneuszowskiej definicji musiały być roślinami. Długo zresztą zaliczano je do kryptogamów, czyli roślin skrytopłciowych, niewytwarzających kwiatów i rozmnażających się przez zarodniki.

Stąd pewnie taki często słyszany zbitek wyrazów „mchy i porosty”?

Tak myślę. Są to co prawda organizmy współwystępujące, nieco podobne na pierwszy rzut oka, ale przecież odległość genetyczna między nimi jest znacznie większa niż pokrewieństwo człowieka i dinozaura!

Kiedy w oczach przyrodników zaczęły wybijać się na niepodległość?

Bardzo późno. Najpierw trzeba było poznać funkcję chlorofilu. W pewnym momencie zorientowano się, że wszystkie rośliny zielone i różne glony, czyli organizmy, w których jest obecny chlorofil albo inne barwniki asymi-

lacyjne, prowadzą fotosyntezę: potrafią same tworzyć cukry z wody i dwutlenku węgla przy udziale światła, a potem budować na węglowych szkieletach inne związki organiczne. Organizmy pozbawione chlorofilu tego nie potrafią. Potrzebują gotowych związków węgla. To okazało się kluczową różnicą między zwierzętami a roślinami – te pierwsze nie prowadzą fotosyntezy.

Grzyby też nie mają chlorofilu.

I nie mogą prowadzić fotosyntezy, przestały więc mieścić się w definicji roślin. Funkcje chlorofilu poznano pod koniec XIX wieku, ale wyodrębnienie królestwa grzybów nastąpiło dopiero w 1969 roku za sprawą amerykańskiego biologa Roberta Whittakera. Co więcej, skutki długotrwałego traktowania grzybów jako części świata roślin widać do dziś nie tylko na półkach sklepowych. Na całym świecie mykolodzy pracują w instytutach botaniki, chociaż bliżej nam do mikrobiologów niż do botaników.

A to dlaczego?

Przedmiotem naszych badań są organizmy o mikroskopowych rozmiarach, a badamy je metodami przypominającymi metody mikrobiologiczne. No wiesz, używamy szalek, pożywek, mikroskopów, a na twarze zakładamy maseczki.

Tyle że u mikrobiologa coś się chociaż dzieje, bakterie są w ciągłym ruchu. A mykolog co? Może sobie najwyżej popatrzeć na nieruchome grzyby.

Ależ skąd! Grzyby są jak najbardziej dynamiczne. Nam się wydaje, że pozostają w bezruchu, bo skupiamy się na owocnikach. Gdybyśmy potrafili przeświecić wzrokiem ściółkę, zobaczylibyśmy wzrost strzępek.

Wzrost to nie ruch.

A co innego? Wzrost strzępek, czyli rozgałęziających się rurkowatych struktur otoczonych ścianą komórkową z chityny, to jest poruszanie się

w bardzo określonym kierunku. Jeżeli w pobliżu grzyba wystawimy coś, co mu smakuje, to grzybnia poprowadzi swoje sznury właśnie w kierunku tego atrakcyjnego obiektu. Jeśli wybarwię barwnikami fluorescencyjnymi żywą grzybnię, widzę, że pulsujące życiem centrum kolonii wędruje. Ale to nie wszystko – choć ruch grzybów jest zasadniczo związany ze wzrostem strzępek, to są też grzyby, które ruszają w sposób bardziej, nazwijmy to, klasyczny. Otóż jest mnóstwo grzybów żyjących w środowiskach wodnych, które za pomocą wici poruszają się równie sprawnie jak ludzkie plemniki.

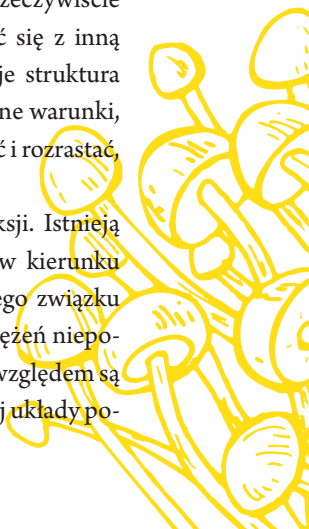
Czyli są grzyby, które wykonują dające się obserwować ruchy?

Och tak! Grzyby, które mam na myśli, skoczkowce lub te należące do *Cryptomycota* albo te żyjące w żwaczach roślinożerców, poruszają się bardzo szybko. Da się zobaczyć, jak ich zarodniki, czyli tzw. pływki, opuszczają zarodnię, będącą komórką macierzystą dla dziesiątków lub setek komórek potomnych. Zarodnie są okrągłe lub wydłużone i wyglądają jak baloniki wypełnione kulkami. W ścianie takiego balonika tworzy się dziura, przez którą zarodniki, wyposażone w wicę, a czasem nawet pęczek wici, wydostają się z niezwykłą szybkością. Wyglądają jak mikroskopijne kijanki albo właśnie plemniki.

Wiedzą, dokąd płynąć?

Mają tylną wicę, która może je pchać w konkretnym kierunku i rzeczywiście to robi. Nie pływają bez sensu. Chodzi o to, żeby spotykać się z inną pływką i ... się z nią seksualnie zespolic. W efekcie powstaje struktura przetrwalna, czyli taka, która pozwala przetrzymać niekorzystne warunki, albo pływki od razu znajdują miejsce, w które mogą się wczepić i rozrastać, tworząc nową zarodnię.

Taki ruch w konkretnym kierunku określamy mianem taksji. Istnieją różne odmiany tego zjawiska. Jest więc fototaksja – ruch w kierunku światła, chemotaksja dodatnia – ruch w kierunku konkretnego związku chemicznego, chemotaksja ujemna – ucieczka od wysokich stężeń niepożądanego środka chemicznego. Szczególnie ciekawe pod tym względem są grzyby należące do *Neocallimastigomycota* – grupy zasiedlającej układy po-



karmowe przeżuwaczy. Okazuje się, że w ciemnym i dusznym żwaczu bezbłędnie znajdują drogę do kwiatostanów. Ciągnie je tam słodycz nektaru.

Chcesz powiedzieć, że grzyby mają zmysły?

Nie takie jak my, ale to nie znaczy, że nie mają kontaktu z otoczeniem. Nam się wydaje, że żeby mieć kontakt ze środowiskiem, koniecznie trzeba mieć układ nerwowy, najlepiej z rozwiniętym mózgiem.

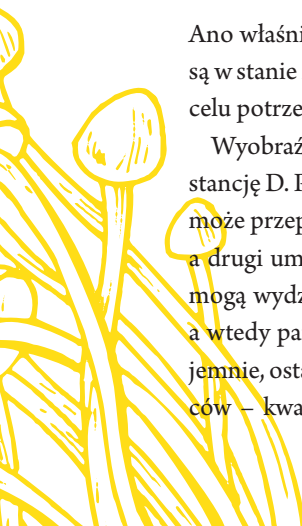
A nie trzeba?

Oczywiście, że nie. U grzybów funkcję układu nerwowego pełnią receptory, czyli białkowe struktury, które się łączą z konkretnymi substancjami obecnymi w środowisku. Najczęściej są to receptory chemiczne rozmieszczone na powierzchni ciała. Dość dobrze rozpoznają one alkohol etylowy, który sączy się z młodych, rosnących korzeni. Bez pudła odnajdują również czysty tlen, który jak z kominów wydostaje się ze szparek w liściach. Grzyby są w stanie bardzo precyzyjnie odbierać sygnały z otoczenia. Jest im to potrzebne chociażby do osiągnięcia porozumienia w sprawach seksualnych.

Ha! Wszystko zawsze ostatecznie się do tego sprowadza, w kwestii przetrwania oczywiście.

Ano właśnie. Weźmy na przykład pleśniakowce. Mamy dwa grzyby, które są w stanie razem wydać na świat potomstwo. Muszą się odnaleźć. Do tego celu potrzebna będzie komunikacja chemiczna.

Wyobraźmy sobie, że grzyb musi z substancji A wyprodukować substancję D. Potrzebuje do tego substancji pośrednich B i C. Jeden szczep nie może przeprowadzić całego cyklu, bo potrafi stworzyć tylko substancję B, a drugi umie wyprodukować tylko C. Jeżeli znajdą się w swoim pobliżu, mogą wydzielić te substancje do środowiska – rozpylić je w powietrzu – a wtedy partner wchłonie brakujący związek. I tak pomagając sobie wzajemnie, ostatecznie wytworzą substancję D, czyli w przypadku pleśniakowców – kwas trisporowy. W wyniku jej pojawienia się powstają strzępki



zwane zygoforami. Obecne na ich końcach gametangia pęcznieją, lgną ku sobie, łączą się i na świat przychodzi zygospora, czyli grzybowy potomek.

I cała ta komunikacja następuje mimo braku jakiegoś ośrodka decyzyjnego?

Tak, co jest pewnie trudne do wyjaśnienia i zrozumienia, jeżeli się myśli w kategoriach człowieka czy w ogóle zwierzęcia.

No dobrze, ale mówiłaś, że strzępki rosną w konkretną stronę. Co w grzybie powoduje... czy może raczej decyduje, że strzępki obierają taki, a nie inny kierunek wzrostu?

Na razie nie mamy co do tego pewności. Wiemy, że na szczycie strzępki znajduje się małe, jeszcze nie do końca poznane przez naukę ciało, zwane z niemieckiego *Spitzenkörper*. Widać je pod mikroskopem jako opalizujący twór zbudowany z licznych pęcherzyków. Barwi się dobrze hematoksyliną. Nie wymyślono dla niego żadnego uniwersalnego terminu i badacze na całym świecie po dziś dzień nazywają owo ciało po niemiecku, tak jak nazwał je Brunswick, który po raz pierwszy zaobserwował ten twór w 1924 roku.

Kiedy jakaś kusząca dla grzyba substancja pojawi się w pobliżu, ale nie bezpośrednio przed rozrastającą się strzępką, to pęcherzyk przesuwając się troszkę w bok, właśnie w stronę bodźca, a strzępka zaczyna rosnąć w tym kierunku. Pęcherzyk pełni więc w grzybie funkcję sprawczą, a może zwiadowczą, coś takiego jak główne centrum decyzyjne tam jednak nie istnieje. *Spitzenkörper* jest ciałkiem kierunkowym, działającym lokalnie. W grzybowej strzępce występuje co prawda jądro, zawierające geny odpowiedzialne za tworzenie białek receptorowych, związków lotnych czy za mechanizm wzrostu strzępki, ale jądro nie podejmuje decyzji, w którym kierunku strzępka ma rosnąć. Co więcej, w jednym grzybie mogą być różne jądra.

Jak to?

Na przykład u dużych grzybów lądowych, takich jak workowce czy podstawczaki, grzybnie mogą się ze sobą zrastać. To, czy do tego dojdzie, zależy od pewnego rodzaju zgodności, która jednak nie ma charakteru seksualnego. Naukowo określa się ją jako kompatybilność wegetatywną. Jeśli grzybnie są niekompatybilne, wytwarza się pomiędzy nimi martwa strefa. Strzępki, które próbują się przebić do drugiej grzybni, ulegają apoptozie, czyli programowanej śmierci komórki. Mówiąc wprost: rozpuszczają się.

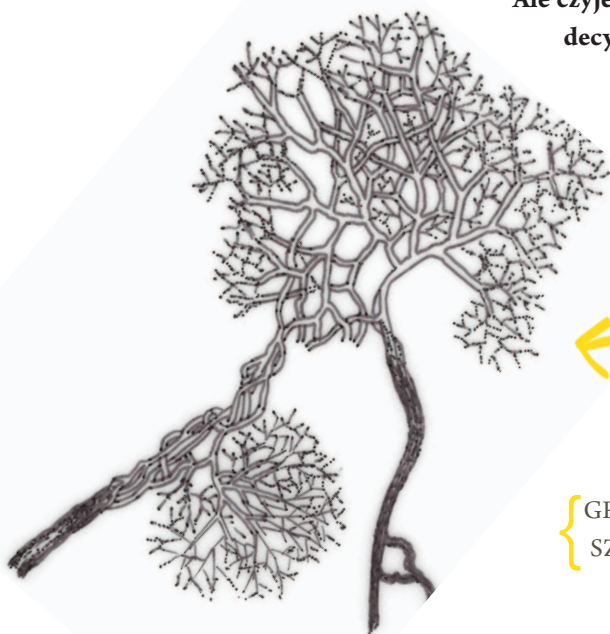
Nieprzyjemnie.

Ale bardzo często jest tak, że między szczepami spotykających się grzybni występuje kompatybilność, wtedy grzyby mogą się ze sobą łączyć. W efekcie powstaje grzybnia o różnych jądrach. Jeśli takich połączeń jest sporo, wytwarza się superorganizm – mozaika strzępek z różnymi jądrami. Mówimy wtedy o heterokariozie grzybni. To powszechne zjawisko.

Ale czyje jądra są ważniejsze? Kto decyduje w takim superorganizmie?

W jakimś sensie decyzje zapadają lokalnie.

**{ GRZYBNIA TWORZĄCA
SZNURY GRZYBNIOWE }**



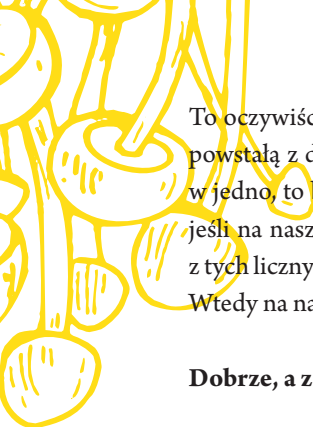
To naprawdę ciekawe. Ty na przykład jesteś osobnikiem *Homo sapiens*, podobnie jak ja, każda z nas jest oddzielnym organizmem i nie da się nas połączyć. Wygląda na to, że w przypadku grzybów sprawa nie jest tak jednoznaczna.

W przypadku grzybów ustalenie, gdzie zaczyna się i kończy osobnik, jest naprawdę trudne właśnie ze względu na umiejętność zrastania się poszczególnych grzybni. Czasami grzyby łączą się zresztą z rozmachem, jak stało się w przypadku prawdopodobnie największego grzyba na świecie, czyli opieńki rosnącej w stanie Oregon w USA. Wspomniałam ci o niej na początku naszej rozmowy. Grzyba odkryto z samolotu. Podczas lotu nad lasem zauważono duże polacie terenu pokryte wysychającymi drzewami. Okazało się, że za zamieranie drzew odpowiada opieńka, pasożyt atakujący rośliny od strony korzeni. Postanowiono sprawdzić jej genetyczny odcisk palca. Badania przeprowadzone w pierwszej dekadzie XXI wieku wykazały, że ten rozciągający się na wiele hektarów grzyb to jeden osobnik, który rozwijał się z początkowej grzybni od około 2500 lat.

Oj, to sędziwy.

Tak, wydaje się, że to naprawdę stary osobnik, choć dziś szacunki dotyczące jego wieku są nieco inne niż początkowo. Najnowsze badania wskazują, że ten okaz jest konglomeratem kompatybilnych osobników. Wynika z tego, że nie było jednego miejsca, z którego grzybnia zaczęła się rozchodzić. Być może istniał punkt centralny, od którego zaczęła się rozprzestrzeniać, ale do tej grzybni początkowej dorastały inne, „boczne” linie, genetycznie zbliżone, choć nie identyczne. A skoro tak, to prawdopodobnie grzybnia jest młodsza, niż uznawano – o ile oczywiście nie istnieje linia grzybni wychodząca od punktu centralnego i dochodząca do samych krawędzi kolonii. Badania tego fenomenu nadal trwają.

A jak to jest w przypadku grzybów, które znamy najlepiej? Czy jeśli zbiorę kilka pieczarek rosnących obok siebie na mojej działce – a mówiąc precyzyjniej: kilka sąsiadujących ze sobą owocników pieczarki – to wszystkie będą pochodziły od jednego osobnika?



To oczywiście zależy od rodzaju uprawy. Jeśli kupujemy gotową grzybnie powstałą z dwóch zarodników, które tuż po wykiełkowaniu połączyły się w jedno, to będziemy mieli do czynienia tylko z jednym osobnikiem. Ale jeśli na naszej działce posłużymy się płynem z zarodnikami, to wówczas z tych licznych zarodników wyrosnie wiele grzybni, czyli wiele osobników. Wtedy na naszej grządce powstanie pieczarkowy patchwork.

Dobrze, a z czego grzyby żyją? Czego im na co dzień potrzeba?

Przede wszystkim wody. Niektóre, jak wspomniane skoczkowce, są po prostu grzybami wodnymi i potrzebują wody tak samo jak potrzebują jej ryby albo dafnie. Te grzyby spędzają całe życie w pełnym zanurzeniu. Inne, które ewoluowały już w warunkach lądowych, nie mogą rosnąć, gdy wody w środowisku jest zbyt mało. Kiedy więc nastaje susza, w oczekiwaniu na deszcz przyjmują formę przetrwalną.

Po drugie, grzyby potrzebują związków organicznych, czyli związków zawierających węgiel – budulca grzybowych ciał i ich źródeł energii. Chodzi tu o cukry, ale nie muszą to być cukry proste. Jest mnóstwo grzybów, które zadowolą się bardziej złożonymi związkami: celulozą, ligniną, a nawet taninami. Wykorzystanie tych ostatnich jest szczególnie ciekawe, bo taniny służą zwykle roślinom do ochrony przed grzybami?

I znalazły się grzyby, które zamieniły oręż roślin w posilek?

Tak, choć nie ma ich zbyt wiele. Niektóre grzyby są jednak wyposażone w odpowiedni zestaw narzędzi, żeby taninę unieszkodliwić, rozłożyć na drobne części i wykorzystać. Do takich grzybów należy ozorek dębowy – grzyb, który czasem wyrasta u nasady starych dębów. Wygląda jak język lub płat wątroby, co znajduje odzwierciedlenie w nazwie.

Wspomniałeś o grzybach wodnych. Spodziewamy się grzybów raczej w lesie niż pływających swobodnie w wodzie.

Przyznaję, że grzyby wodne są najmniej poznane z całego grzybowego świata. Wiadomo jednak, że w warunkach wodnych występują przedsta-



wiciele wszelkich strategii życiowych. Są i mutualiści, i pasożyty, i komensale. Mutualiści to grzyby, które wchodzi w porozumienie z innymi organizmami dla obopólnej korzyści, a komensale to, mówiąc kolokwialnie, „darmozjady”, które nie szkodzą, ale żywią się tym, co zdobędą lub wyprodukują inni. Oczywiście musimy pamiętać, że zachowania mutualistyczne, tak samo zresztą jak komensalne, upowszechniły się tylko z tego względu, że dawały ewolucyjną przewagę – organizmy współpracujące z innymi i te korzystające w pewnym stopniu z efektów cudzej pracy po prostu pozostawiały więcej potomstwa.

W wodzie znajdziemy zarówno wspomniane prymitywne skoczkowce, jak i podstawczaki.

Podstawczaki? Przecież podstawczakami są grzyby leśne, wszystkie znajome borowiki, kanie, rydze...

Istotnie, dawniej wydawało się, że grzybom znanym z lasu daleko do jakichkolwiek środowisk morskich, ale to nieprawda. One w tych środowiskach są, tylko że dostosowane do panujących tam warunków. Chociaż oczywiście nie wszystkie. Na próżno tam szukać grzybów kapeluszowych.

Ale formy drożdżakowe, pospolite w wodach, bywają zaliczane i do workowców, i do podstawczaków. Grzyby z tych dwu grup upodabniają się do siebie, bo stają przed nimi podobne wyzwania. Takie upodobnienie nazywamy konwergencją. W toni wodnej można na przykład znaleźć pewne grzyby workowce rosnące na ścianach domów. W wodzie spotyka się nawet gatunek grzyba, który w mykologii budowlanej jest uznawany za wskaźnik bardzo wilgotnych siedlisk.

Mykologia budowlana? Istnieje taki dział?

O tak, i jeśli się zgodzisz, potem jeszcze o tym pogadamy. W każdym razie ten grzyb to *Acremonium kiliense*. Jeśli go znajdziemy na murze, to wiadomo, że mur jest stary i zawilgocony. No i ten właśnie grzyb występuje również w środowiskach morskich.

Grzyby potrafią żyć również w morskich głębinach? Napomknęłaś o morzu, mówiąc o *Cryptomycota*.

Potrafią to tylko nieliczne. W głębinach mogą przeżyć jedynie grzyby wyspecjalizowane, prowadzące metabolizm beztlenowy i wytrzymujące bardzo wysokie ciśnienie hydrostatyczne. Nawet w Rowie Mariańskim występują grzyby.

Bardzo interesujące gatunki znajdujemy też w strumieniach, szczególnie takich o wartkim nurcie, w których tworzy się piana. Jeżeli nabralibyśmy do pojemniczka trochę piany i dosyć szybko, w ciągu godziny, obejrzelibyśmy ją pod mikroskopem, to zachwycilibyśmy się zróżnicowaniem grzybów.

To ile może ich być w małej porcji wody?

W jednej kropli znajdują się ich setki. Będą występować w postaci zarodników o najrozmaitszych kształtach. Odkryjemy spory grzybów, które przypominają gwiazdki, ptaszki, motylki, choineczki, beczułki, sprężynki, spiralki. Zróżnicowanie jest nieprawdopodobne.

Po co grzybom tak różne kształty?

To jest związane z przystosowaniem do unoszenia się w wodzie. W niektórych wypadkach celem jest po prostu zwiększenie powierzchni, a w innych chodzi o zastosowanie sprytnego triku. Na przykład zarodniki w kształcie spiralek mają w środku pęcherzyk powietrza, dzięki czemu mogą unosić się na wodzie jak puste beczułki. Zarodniki gwiazdkowate unoszą się na powierzchni jak parasole. Długie i chude sigmoidalne spory czepiają się stałego podłoża jak haczyki. A jakie jest to podłoże? Zwykle to jakiś płynący z prądem liść lub źdźbło porwane z brzegu. Te zarodniki są niezwykle wrażliwe na dotyk. Musnięte natychmiast zaczynają kiełkować.

Czy to nie zbyt pochopne?

Absolutnie nie. Pamiętaj, że chodzi o rzekę – nurt jest wartki i nie można przegapić momentu, kiedy do wody spada jesienią liść. Ten liść to dla zarodnika ziemia obiecana. Może żywić dużą grzybnię przez kilka miesięcy. Zarodnik jest więc przystosowany, by wykorzystać tę – może jedyną – okazję. Natychmiast kiełkuje, wczepia się w tkanki liścia i zaczyna się rozwijać.

Ale skąd się te zarodniki w ogóle biorą w wodzie? Gdzie się pojawiają?

Właśnie z tym pytaniem zostawił mnie kiedyś, jeszcze jako studentkę, mój śp. szef, prof. Uniwersytetu Warszawskiego Andrzej Batko. Zapytał: „Mar-to, skoro te zarodniki ciągle spływają z prądem, to skąd się biorą stale u źródła?”. Przez parę godzin się nad tym zastanawiałam, bezskutecznie. Wreszcie, w połowie drogi do domu, zrozumiałam, w czym rzecz, i rzuciłam się biegiem z powrotem, żeby krzyknąć: wiem!

Otóż grzyby, o których mówimy, występują w formie bezpłciowej. Kiedy przegniły liść, rozłożony przez takiego grzyba, osadza się gdzieś w zakolu rzeki, to ów grzyb przechodzi do innej fazy życia. Następuje proces płciowy, pojawiają się owocniki, które wytwarzają już zarodniki o mniej wyszukanych kształtach, łatwo unoszące się w powietrzu. I one sobie lecą, gdzie chcą, a wiatr je może przecież przewiać z powrotem w górę rzeki.

Unoszą się w powietrzu, pływają w rzece, mówisz... Czyli nawet jeśli nie widzimy akurat borowika czy rydza, to grzyby są gdzieś w pobliżu.

One są absolutnie wszędzie. W glebie, wodzie i powietrzu. Potrafią też zupełnie zaskoczyć i pojawić się „znikąd”. Od dziecka mieszkam na Mokotowie, dużo chodzę pieszo i czasem w najdziwniejszych miejscach zauważam wysyp nigdy wcześniej niewidzianych grzybów. Dwa lata temu na wale ziemnym nieopodal domu znalazłam tysiące, nie przesadzam, tysiące owocników pieczarki *Agaricus xanthodermus*, jedynej, która jest niejadalna, smrodliwa, a bywa nawet mocno trująca. Trawnik nie był zielony, tylko biały od ich kapeluszy. W miejscu nadgryzienia owocników przez myszy pojawiała się charakterystyczna siarkowożółta barwa. Zdarzało się też, że mijałam brzozę w środku miasta, a pod nią kilka gatunków typowo leśnych grzybów. Były tam i piękne, kolorowe gołąbki, i kuliste tęgoskóry.

Myślałam, że grzyby są dość specyficznie przystosowane do konkretnego środowiska.



**{ AGARICUS XANTHODERMUS – JEDYNA
PIECZARKA, KTÓREJ NALEŻY UNIKAĆ }**

Są, w tym sensie, że większość grzybów, które dobrze znamy z widzenia, wchodzi w mykoryzowe układy współpracy z konkretnymi roślinami. Te grzyby, które znalazłam pod brzozą, gołąbki z gatunku *Russula betularum*, mogą, a właściwie muszą wiązać się właśnie z tym drzewem. Czasem żyją długo wśród korzeni, nie ujawniając się naszym oczom, aż nagle warunki zewnętrzne powodują, że grzybnia zaczyna owocnikować. Nie mamy pojęcia dlaczego. Nie wiemy, co dokładnie stymuluje rozmnażanie płciowe – bo owocniki są właśnie dowodem udanego procesu płciowego. Wiemy za to z pewnością, że ten właśnie grzyb nie wyrósłby pod pobliskim klonem.

Na podstawie obecności grzybów można czasem coś powiedzieć o zwyczajach lokalnych mieszkańców.



{ CZERNIDŁAKI TO GRZYBY, KTÓRE LUBIĄ
GLEBĘ BOGATĄ W ZWIĄZKI AZOTOWE }

Co masz na myśli?

Na przykład idę przez park w kierunku Zamku Ujazdowskiego i pod niemal każdym drzewem widzę grupę grzybów z rodzaju *Coprinus*, czyli czernidlaki. To nie jest przypadek. Ten grzyb lubi mocno azotowe gleby, więc rośnie tam, gdzie właściciele psów spacerują ze swoimi pupilami.

Dobrze, czyli grzyby są w powietrzu, glebie, wodzie. A gdzie ich nie ma? Może na lodowcach?

Na lodowcach też są. My, mykolodzy z pracowni Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych i Wydziału Biologii Uniwersytetu Warszawskiego, prowadzimy badania bardzo ubogich gleb inicjalnych, takich jak ziemie odsłonięte w wyniku cofania się lodowca, i znajdujemy tam grzyby. Może nie jest ich tak dużo jak na przykład w glebach tropikalnych, ale są! Przy czym, oczywiście, w takich warunkach mniej będzie grzybów wielkoowocnikowych, a więcej pleśniowych, szczególnie takich, które współpracują z bakteriami. W ogóle, im trudniej, tym częściej współpraca jest konieczna. W skrajnych warunkach przeżyją tylko takie grzyby, które zawrą przy mierze albo z glonami, albo z bakteriami.

Ostatnia próba: nie ma ich na pustyni. Nie ma wody, nie ma grzybów.

Są, są. Najczęściej w postaci zmelanizowanej, czyli w formie zarodników pełnych melaniny chroniącej je przed światłem UV, takiej samej zresztą jak ta, która znajduje się w naszej skórze i odpowiada za opaleniznę. Kolega astronom Michał Szymański, który na moją prośbę zbierał próbki na pustyni znajdującej się na przedgórzu Andów, powiedział mi po powrocie: „Marto, krajobraz jest całkiem pustynny, ale kiedy jednak spadnie deszcz, to pustynia kwitnie”. Okazało się, że „kwitną” też grzyby, które tylko czekały na moment zroszenia. Rozmnażają się i szybko przechodzą w kolejny stan oczekiwania. Ale zarodniki trwają i z czasem wydają nowe pokolenie.

Moja studentka Katarzyna Duk przywiozła z Sahary słoiczek piasku. Gdy przeglądałam ziarenka wysypane na szalki, myślałam, że nie ma szans na obecność grzybów. Widziałam jednolitą warstwę mineralnych drobi-