

ZAJĘCIA nr 3

ZAGADNIENIA TEORETYCZNE DO PRZYGOTOWANIA NA ĆWICZENIE: „Grzyby i porosty”

Budowa i rozmnażanie: skoczkowców, sprężniaków, workowców, podstawczaków; porostów (skala porostowa).

LITERATURA

1. Szwejkowscy A.J.: *Botanika*. PWN, Warszawa 2012.
2. Podbielkowski Z.: *Rośliny zarodnikowe*. PWN, Warszawa 1986.

I. Część teoretyczna

Grzyby (*Fungi*, *Mycota*) to odrębne królestwo, do którego należą :

- grzyby właściwe: skoczkowce (*Chytridiomycota*), sprężniaki (*Zygomycota*), workowce (*Ascomycota*), podstawczaki (*Basidiomycota*),
- porosty (*Lichenocota*).

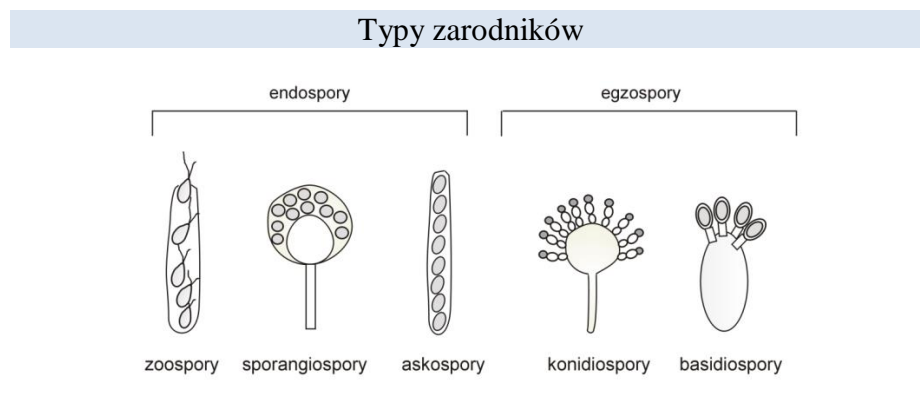
Charakterystyka ogólna grzybów:

- są organizmami jedno lub wielokomórkowymi; ciało wegetatywne grzybów wielokomórkowych stanowi grzybnia (mycelium) zbudowana z nitkowatych tworów – strzępek
- głównym składnikiem ściany komórkowej jest chityna,
- brak barwników asymilacyjnych, w tym chlorofilu,
- są heterotrofami; ze względu na sposób odżywiania wyróżnia się:
 - saprobionty** (saprotrofy) – rozkładają martwą materię organiczną (np. borowik szlachetny- *Boletus edulis*),
 - pasożyty**- odżywiają się żywą materią organiczną (np. rdza żdźbłowa – *Puccini graminis*; kropidlak dymnicowy- *Aspergillus fumigatus*- groźny pasożyt dróg oddechowych człowieka),

symbionty - tworzą z innymi roślinami związek korzystny dla obu stron; np. wnikanie strzępek do korzeni roślin naczyniowych (mikoryza) lub obligatoryjna symbioza z glonami w plechach porostów umożliwia grzybom zaopatrywanie się w organiczne substancje odżywcze

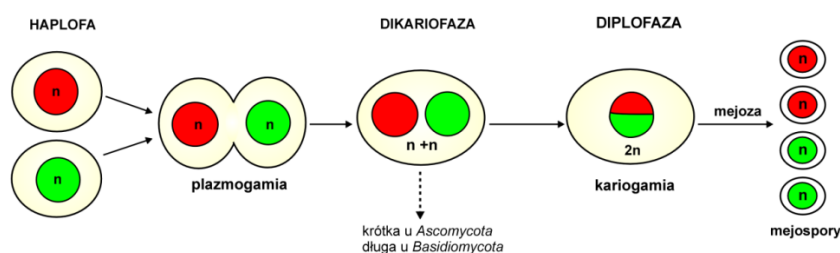
- o substancjami zapasowymi są : glikogen, lipidy lub wolutyna.
- o rozmnażają się bezpłciowo (wegetatywnie) i/lub płciowo (generatywnie).

Bezpłciowo rozmnażają się przez podział komórki, pączkowanie (np. drożdże), fragmentację plech (strzępek i grzybni, np. u pieczarki) lub przez zarodniki: zoospory (skoczkwce), sporangiospory (sprzężniaki), askospory (workowce), konidie (np. pędzlaki, kropidlaki), basidiospory (podstawczaki).



Płciowo rozmnażają się na drodze **gametogamii** (izogamii, anizogamii lub oogamii – skoczkwce), **gametangioamii** (kopulacji całych gametangiów - sprzężniaki i workowce) lub **somatogamii** (kopulacji różnoimiennych strzępek – podstawczaki).

- o w cyklu życiowym workowców (*Ascomycota*) i podstawczaków (*Basidiomycota*), obok haplofazy (n) i diplofazy ($2n$) występuje **faza jąder sprzężonych- dikariofaza**.



Skoczkowce (*Chytridiomycota*)

Gromada *Chytridiomycota* obejmuje 1000 gatunków. Przedstawiciele: *Synchytrium endobioticum* (rak ziemniaka), *Olpidium brassicae* (rak kapusty), *Batrachochytrium dendrobatidis*.

- zdecydowana większość to grzyby wodne i glebowe,
- występują w formie jednokomórkowej (monadalnej lub kokalnej); rzadziej w formie nitkowatej grzybni,
- rozmnażają się bezpłciowo przez zoospory (pływki zawierające wici) oraz płciowo na drodze izogamii, oogamii lub anizogamii,
- są pasożytami lub saprotrofami (żyją na roślinach i drobnych zwierzętach). Niektóre gatunki są groźnymi patogenami; np. *Synchytrium endobioticum* powoduje raka ziemniaka, a *Batrachochytrium dendrobatidis* masowe wymieranie wielu gatunków płazów na świecie. W Polsce gatunek ten został po raz pierwszy zidentyfikowany w 2010 roku.

Sprzężniaki (*Zygomycota*)

Do gromady *Zygomycota* należy około 500 gatunków. Przedstawiciele: *Mucor mucedo* (pleśniak biały), *Rhizopus nigricans* (rozłóżek czarniejący), *Pilobolus* sp. (zrywka).

- organizmy wybitnie lądowe; zdecydowana większość to saprobionty,
- **haploidalna grzybnia** zbudowana jest z **wielojądrowych strzępek**, z których wyrastają pionowe odgałęzienia (trzonki) z kulistymi zarodnikami - **sporangiami**. Powstają w nich zarodniki – **sporangiospory**. Rozmnażanie płciowe polega na łączeniu się prymitywnych różnojądrowych gametangiów (oznaczanych jako „+” i „-“). Po plazmogamii (złanie się cytoplazmy) następuje od razu kariogamia (złanie się jąder); powstała zygota ($2n$) otacza się grubą ścianą tworząc **zygosporę** (formę przetrwalną). Po okresie spoczynku zygospora przechodzi podział redukcyjny (mejozę). Z powstałych **mejospor** tworzy się haploidalna grzybnia,

- rozwijają się na szczątkach organicznych (np. *Mucor mucedo* tworzy białą pleśń na wilgotnym chlebie, sokach owocowych; *Rhizopus nigricans* - czarną pleśń i ciemne zarodnie na chlebie, owocach i warzywach).

Workowce (*Ascomycota*)

Do gromady *Ascomycota* należy ponad 64000 gatunków. Są grzyby lądowe, ale adaptują się również do środowiska wodnego. Prowadzą saprotroficzny, pasożytniczy lub symbiotyczny tryb życia. Do workowców należą między innymi:

- drożdżaki (*Endomycetes*), np. *Saccharomyces cerevisiae* (drożdże piwne) i *Saccharomyces elipsoideus* (drożdże winne), *Candida albicans* (na zdjęciu) i *Candida krusei*.

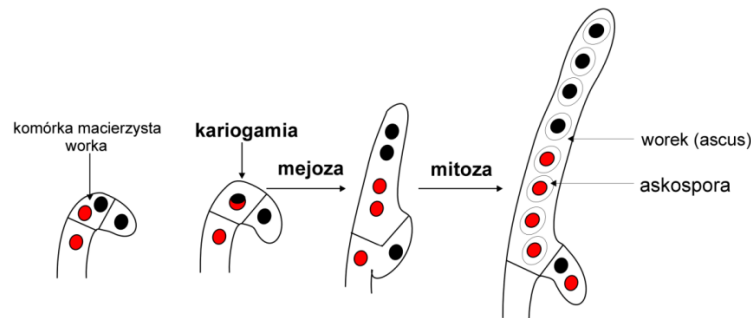
Występują w formie pojedynczych (kulistych lub owalnych) **jednojądrowych komórek**, które tworzą nieregularne skupienia lub nitkowate wypustki – pseudostrzępki (brak typowej grzybni). Rozmnażają się bezpłciowo przez podział komórkowy lub pączkowanie (dzięki niewielkiej ilości chityny w ścianie komórkowej). Proces płciowy polega na zlaniu się haploidalnych komórek o przeciwnych znakach koniugacyjnych. Po plazmogamii (zlanie się cytoplazmy) dochodzi do kariogamii z wytworzeniem komórki 2n (zygoty). Po mejozie i mitozie powstają haploidalne zarodniki (4-8 sztuk); każdy otacza się plazmą i wytwarza własną ścianę. Cała komórka wraz z zarodnikami tworzy worek (*ascus*). Nie powstają strzępki ani owocniki.

- workowce właściwe (*Ascomycetes*); np. *Penicillium chrysogenum* (pędzlak złocisty), *Aspergillus niger* (kropidlak czarny), *Aspergillus fumigatus* (kropidlak dymnicowy), *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp., *Alternaria* sp. *Claviceps purpurea* (buławinka czerwona), *Tuber melanosporum* (trufla czarnozarodnikowa), *Morchella esculenta* (smardz jadalny), *Gyromitra esculenta* (piestrzenica).

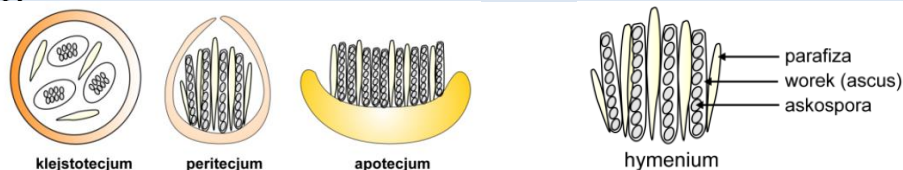
Ich **haploidalna grzybnia** zbudowana jest z nitkowatych strzępek podzielonych ścianami poprzecznymi (septami). Rozmnażają się **bezpłciowo** przez konidia (powstają w następstwie mitozy) lub askospory (powstają w następstwie mejozy) oraz **płciowo** poprzez łączenie się wielojądrowych gametangiów: **lęgni** i **plemni**. Lęgnia (**askogon**) wytwarza włostek (trychogyne), za pomocą którego zawartość plemni przelewa się do lęgni. Po plazmogamii pary jąder sprzężonych przemieszczają się do powstających na szczycie lęgni nitkowatych wyrostków zwanych **strzępkami workotwórczymi**.

Szczytowa partia każdej strzępki workotwórczej tworzy ścianę poprzeczną i powstające w ten sposób komórki zawierają po jednej parze jąder sprzężonych (patrz schemat poniżej). Strzępka wygina się tworząc haczyk. Jedna z par jąder sprzężonych zostaje odcięta ścianami w rejonie zagięcia i w tej szczytowej komórce dochodzi do **kariogamii** (złania się jąder sprzężonych w jedno diploidalne jądro zygotyczne). W wyniku podziału redukcyjnego (mejoza), a następnie mitozy powstaje 8 jąder; każde otacza się własną ścianą komórkową; w ten sposób powstaje 8 zarodników – **askospor** (mejospor). Równocześnie strzępki workotwórcze przekształcają się w zarodnie – **worki**; każdy worek zawiera 8 mejospor. Worki z zarodnikami powstają w **owocnikach** typu: klejstotecjum (okrągłe i zamknięte; zarodniki wydostają się po pęknięciu ścian owocnika), perytecjum (otocznia; kształt butelkowaty; otwiera się otworkiem) i apotecjum (miseczka z otwartym hymenium).

Powstawanie zarodników workowych (askospor)



Typy owocników



Hymenium (warstwa rodzajna) składa się z worków i strzępek płonnych (wstawek; parafiz)

Znaczenie workowców:

- o drożdże *Saccharomyces cerevisiae* (drożdże piwne) i *S. ellipsoideus* (winne) są wykorzystywane w browarnictwie i winiarstwie (rozkładają glukozę do etanolu i CO₂ w środowisku beztlenowym); *Aspergillus niger* wytwarza kwas cytrynowy; niektóre

Projekt „Przedmioty przyrodnicze – kluczem do zawodów przyszłości”. Wyższa jakość kształcenia przedmiotów chemiczno-biologicznych w I LO w Białymstoku dzięki nauczaniu poprzez eksperyment i współpracy z jednostką naukowo-badawczą”

współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podlaskiego na lata 2014-2020

gatunki z rodzaju *Penicillium* są wykorzystywane do produkcji serów pleśniowych (np. camambert, brie, rokfor; nadają specyficzny smak i aromat); *Aspergillus oryzae* do sporządzania wina ryżowego (sake), a *Aspergillus awamorii* do produkcji napojów alkoholowych.

- *Penicillium notatum* i *Penicillium chrysogenum* wykorzystuje się do produkcji antybiotyków; *Aspergillus niger* ma zastosowanie w biotechnologii do syntezy kwasu cytrynowego.
- wiele gatunków wytwarza toksyny (tzw. mykotoksyny), które mogą być patogenne dla człowieka. Do tych gatunków należą między innymi: *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, niektóre szczepy *Penicillium*; *Cladosporium* sp. i *Alternaria alternata*, *Alternaria tenuissima*, *Fusarium* sp.

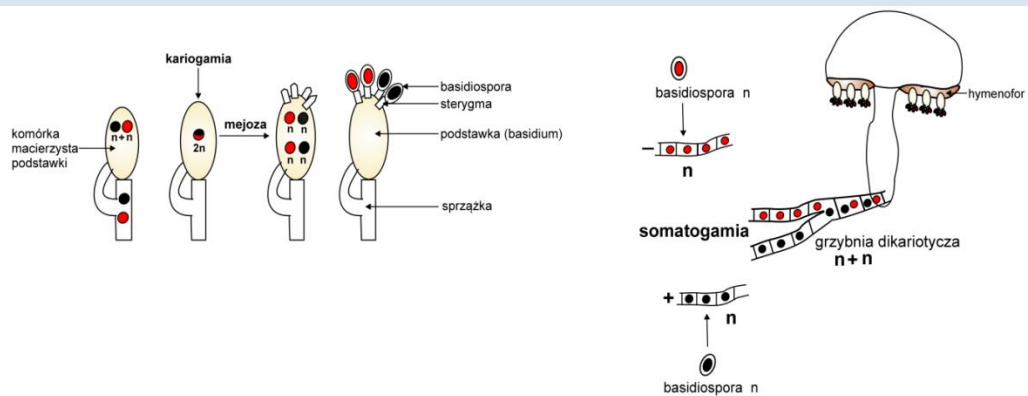
Podstawczaki (*Basidiomycota*)

Gromada *Basidiomycota* skupia 30000 gatunków. Przedstawiciele: *Agaricus campestris* (pieczarka polna), *Boletus edulis* (borowik szlachetny), *Cantharellus cibarius* (pieprznik jadalny), *Amanita phalloides* (muchomor sromotnikowy), *Amanita muscaria* (muchomor czerwony), *Puccinia graminis* (rdza żółtobłowa), *Ustilago tritici* (głownia pszenicy), *Ustilago zeae* (głownia kukurydzy).

- Grzybnię podstawczaków tworzą silnie splecione **strzępki dikariotyczne**, czyli w rozwoju tej gromady grzybów **dominuje faza jąder sprzężonych** (dikariofaza).
- Cechą charakterystyczną jest brak organów rozmnażania płciowego. Rozmnażanie płciowe następuje poprzez połączenie się różnoimiennych strzępek, natomiast bezpłciowe poprzez basidiospory. W dikariotycznych strzępkach wymiana jąder powielonych w wyniku mitozy następuje dzięki tworzącej się sprzążce na pograniczu sąsiadujących komórek podszczytowej i szczytowej (patrz schemat poniżej). Komórka szczytowa (macierzysta) rośnie i tu zachodzi kariogamia. Po połączeniu się jąder komórka szczytowa grubieje, jądro (2n) ulega mejozie wskutek czego powstają 4 haploidalne jądra. Na wierzchołku komórki formują się 4 wyrostki (tzw. sterygmy); do każdego z nich wędruje 1 jądro wraz z częścią cytoplazmy. Każde jądro otacza się własną ścianą komórkową, tworząc zarodniki - **basidiospory (mejospory)**, które są zróżnicowane płciowo na „+” i „-” Po uwolnieniu z podstawki, z rozwijających się

zarodników powstaje **krótkotrwała haploidalna grzybnia pierwotna** (patrz schemat – strona prawa). Różnoimienne strzępki tej grzybni łączą się ze sobą (somatogamia), jądra tworzą pary i rozwija się **grzybnia wtórna - dikariotyczna**, która może rozrastać się przez wiele lat. Po pewnym czasie dikariotyczne strzępki zaczynają tworzyć owocniki. U większości podstawczaków owocniki zróżnicowane są na trzon i kapelusz. Warstwa rodzajna zawierająca podstawki z zarodnikami znajduje się na spodniej stronie kapelusza w strukturze zwanej **hymenoforem**.

Powstawanie basidiospor, grzybni pierwotnej i wtórnej (dikariotycznej)



Typy hymenoforów

- blaszkowaty (zdjęcie obok)
- rurkowaty – np. u borowika szlachetnego
- listwowy – np. u pieprznika jadalnego (tzw. kurka)



Hymenofor blaszkowaty owocnika
gołąbka wymiotnego

Znaczenie podstawczaków:

- grzyby kapeluszowe dostarczają znacznych ilości witamin: pirydoksyny (B_6), niacyny, ryboflawiny (B_2), tiaminy (B_1), witaminy C oraz pierwiastków (Fe, K, P, Mg, Zn, Cu, Mn i Se).

- z gatunków: *Agaricus campestris* (pieczarka dwuzarodnikowa), *Suillus luteus* (maślak zwyczajny), *Lepista nuda* (gąsówka fioletowa), *Laccaria laccata* (lakówka pospolita), *Agrocybe* sp. (polówka) pozyskuje się substancje o charakterze antybiotyków.
- **wiele gatunków jest trujących**, między innymi: *Amanita virosa* (muchomor jadowity), *Amanita phalloides* (muchomor sromotnikowy), *Amanita muscaria* (muchomor czerwony), *Clitocybe dealbata* (lejkówka odbielona), *Russula emetica* (gołąbek wymiotny; na zdjęciu powyżej), *Phallus impudicus* (sromotnik bezwstydy) oraz *Boletus satanas* (borowik szatański). Wytwarzają one białka – cyklopeptydy (np. amanityna, faloidyna, muskaryna), które nie ulegają rozkładowi nawet podczas gotowania. Uszkadzają przede wszystkim komórki wątroby; objawy zatrucia występują już po 30 minutach od spożycia tych grzybów. Za toksyczne właściwości muchomora sromotnikowego (*Amanita phalloides*) odpowiada głównie α -amanityna, która jest silnym inhibitorem polimerazy RNA II. Zablokowanie aktywności tego enzymu powoduje zahamowanie biosyntezy białek enzymatycznych i strukturalnych w komórkach.

Porosty (*Lichenomycota*)

Plechę porostową budują dwa organizmy żyjące symbiotycznie:

- glon (fotobiont) – sinice lub zielenice; komponent autotroficzny (dostarcza substancji organicznych),
- grzyb lichenizujący (mikobiont) – workowce (w 98%), sporadycznie podstawczaki; dostarczają sole mineralne i ochraniają fotobiont przed wysychaniem.

Liczbę dotychczas opisanych porostów szacuje się na około 20000 gatunków (w Polsce występuje 1600 gatunków). Osiedlają się one na różnych podłożach; w zależności od rodzaju podłoża wyróżnia się następujące grupy ekologiczne porostów:

- naziemne (epigeity), np. chrobotek reniferowy
- nadrzewne (epifity), np. złotorost ścienny
- naskalne (epility), np. wzorzec geograficzny
- martwego drewna (epiksylity), np. chrobotek szydlasty

- o porosty ubikwistyczne (różne podłoża naturalne i pochodzenia antropogenicznego, np. słupy, murki betonowe, ogrodzenia, szkło, metal), np. pustułka pęcherzykowata

Formy morfologiczne porostów

Plecha skorupiasta - przylega ściśle do podłoża; gatunki naskalne i nadrzewne: np. *Graphis* sp. (literak), *Rhizocarpon* sp. (wzorec), *Lepraria* sp. (liszajec)



Porosty skorupiaste

Plecha liściasta – płaska, luźno przytwierdzona do podłoża chwytnikami lub zmarszczkami kory: np. *Peltigra* (pawężnica), *Parmelia* (tarczownica), *Xanthoria* sp. (złotorost), *Lobaria* sp. (granicznik)



Porosty listkowe

Plecha krzaczkowata - przypomina drobne krzaczki, przytwierdzona jest do podłoża w jednym punkcie: np. *Usnea* sp. (brodaczką), *Alectoria* sp. (włostka), *Cladonia* sp. (chrobotek), *Ramalina* sp. (odnożyca)



Porosty krzaczkowate

Pod względem anatomicznym plechy porostów mogą być:

- o homeomeryczne (niewarstwowane; rzadko spotykane) – nici fotobionta (Cyanobakterii) układają się nieregularnie między strzępkami mikrobionta; mają postać listkową (np. *Leptogium tremelloides*) lub galaretowatą (np. *Collema* sp.)
- o heterometryczne: (warstwowane) - komórki fotobionta tworzą skupienia (warstwy), a strzępki grzyba miąższ i okorowanie (korę górną i dolną z chwytnikami). Występują plechy grzbietowo-brzuszenie spłaszczone (zdjęcie poniżej), np. u *Hypogymnia*

physodes, *Parmelia sulcata*, *Xanthoria parietina*) lub promieniste (poszczególne warstwy rozmieszczone są dośrodkowo, np. u *Usnea* sp., *Alectoria* sp, *Bryoria* sp., *Ramalina* sp., chrobotków *Cladonia* sp. i *Cladina* sp.



Plecha heteromeryczna (grzbietowo-brzusznie spłaszczona)

Rozmnażanie porostów:

- **cały organizm-** bezpłciowo (wegetatywnie) przez fragmentację plechy oraz przez wytwory plechy:
 - soredia (urwistki)** - wykształcają się w postaci mączystych, ziarenkowatych lub igiełkowatych tworów w określonych miejscach plech (soraliach); pojedyncze soredia składają się z jednej lub kilku komórek glonu, otoczonych strzępkami grzyba; wydostają się na powierzchnię plechy poprzez spękania warstwy korowej,
 - izydia (wyrastki)** - wyrastają na plesze pojedynczo lub w grupach; najczęściej są zlokalizowane w środkowej części plechy; mają postać igiełek, łuseczek, koralików, brodawek.
- **fotobiont - wyłącznie bezpłciowo** przez podział komórki i zarodniki (aplanospory i autospory),
- **mikobiont- wyłącznie płciowo** przez gametangio gamię (workowce) lub somatogamię (podstawczaki). Efektem jest powstanie mejospor, odpowiednio: askospor i bazydiospor, które kiełkując powodują wzrost grzybni tworzącej plechę porostową.

Znaczenie porostów :

- **kwasy porostowe jako środki lecznicze**

To swoiste wtórne metabolity produkowane w strzępkach grzyba lichenizującego. Powstają z węglowodanów (glukozy, erytrytolu albo sorbitolu) pobranych od fotobionta. Następnie są wydzielane poza komórki mikobionta i gromadzą się w postaci kryształów, granulek na ich powierzchni w korze lub miąższu oraz w niektórych strukturach plechy (owocniki, soralia, izydia) (są niezbędne do przetrwania i życia plechy).

Znanych jest obecnie około 1000 kwasów porostowych, które wykazują aktywność przeciwbakteryjną, przeciwgrzybiczą, przeciwwirusową, przeciwzapalną, antyoksydacyjną, cytotoksyczną, a nawet przeciwnowotworową. Do najważniejszych należą: kwas usninowy, protolichesterynowy, ewerninowy, kaperatowy i fizodowy. Kwas usninowy izolowany głównie z plech *Usnea sp.*, *Ramalina sp.*, i *Evernia sp.*, wykazuje silne działanie antybiotyczne wobec bakterii Gram-dodatnich (np. *Staphylococcus aureus*) i Gram-ujemnych (np. *Escherichia coli*) oraz hamuje rozwój wielu grzybów chorobotwórczych (np. *Candida albicans* i *Trichophyton sp.*), a nawet pierwotniaków (np. *Trichomonas vaginalis*). Kwas protolichesterynowy (z *Cetraria islandica*) hamuje rozwój *Helicobacter pylori*; kwas ewerninowy (z *Evernia sp.*, *Usnea sp.* i *Ramalina sp.*) i kaperatowy (z *Flavoparmelia caperata*) hamują rozwój *Mycobacterium tuberculosis*, a kwas fizodowy (z *Hypogymnia physodes* i *Pseudevernia furfuracea*) hamuje rozwój *Diplococcus pneumoniae*. Plechy wielu gatunków są składnikiem preparatów odkażających jamę ustną i gardło (krople, syropy, tabletki do ssania, cukierki ziołowe, płyny i pasty stomatologiczne), a także dezodorantów i balsamów.

- **porosty jako bioindykatory czystości powietrza**

Nadrzewne gatunki porostów są dobrymi bioindykatorami czystości powietrza. Wymiana gazowa i pobieranie wody odbywa się całą powierzchnią plechy (brak korzeni), dlatego też wszelkie zanieczyszczenia atmosferyczne dostają się bez trudu do ich wnętrza. Wrażliwość porostów wynika z braku barier ochronnych w postaci kutikuli i epidermy, niskiej zawartości chlorofilu w stosunku do masy plechy oraz małej tolerancji glonu na zanieczyszczenia. Szczególnie negatywnie na plechy porostów działają „kwaśne deszcze”. Kwas siarkowy niszczy błonę komórkową fikobionta i powoduje degradację chlorofilu do feofityny, co przyczynia się do obumarcia komórek glonów, a następnie całej plechy. W podobny sposób oddziałują na porosty pyły i metale ciężkie, zwłaszcza w środowisku kwaśnym. Jako pierwsze wymierają porosty krzaczkowate, później listkowate. Najbardziej odporne są formy skorupiaste. Odporność określonych gatunków porostów epifitycznych, głównie na zanieczyszczenia powietrza, stała się podstawą do opracowania **skali bioindykacyjnej** (patrz tabela poniżej). Strefy tej skali od 1–7 są wyznaczane przez maksymalne stężenia SO_2 , przy którym rosną określone gatunki porostów epifitycznych. Strefa 1 to tzw. pustynia porostowa, strefa 2 i 3 to strefy walki o ograniczonej wegetacji, strefa 4 i 5 to strefy zubożałe w lichenoflorę o ograniczonej wegetacji porostów, natomiast strefy 6 i 7 to strefy czystego powietrza.

Przykłady gatunków porostów strefy 5 i 6 skali porostowej



Anaptychia ciliaris



Usnea filipendula

Strefa skali porostowej	SO ₂ (µg/m ³)	Przykłady gatunków porostów
Strefa 1 duże miasta przemysłowe	>170	brak porostów, występuje wyłącznie glon <i>Desmococcus viridis</i>
Strefa 2 ośrodki przemysłowe	100 – 170	porosty skorupiate i proszkowate: <i>Lecanora conizaeoides</i> (misecznica proszkowata), <i>Lepraria incana</i> (liszajec zwyczajny), <i>Buellia punctata</i> (brunatka kropkowana)
Strefa 3 obrzeża miast	70 – 100	porosty listkowate: <i>Hypogymnia physodes</i> (pustułka pęcherzykowata), <i>Hypocenomyce scalaris</i> (krążniczka ostrogwa), <i>Xanthoria parietina</i> (złotorost ścienny), <i>Parmelia sulcata</i> (tarczownica bruzdkowana), <i>Parmelia saxatilis</i> (tarczownica skalna), <i>Physcia adscendens</i> (obrost wzniesiony)
Strefa 4 obszary leśne w pobliżu miast	50 – 70	porosty listkowate: <i>Physciastellaris</i> (obrost gwiazdkowaty), <i>Parmeliopsis ambigua</i> (płaskotka rozlana), <i>Melanelia fuliginosa</i> (tarczownica okopcona) oraz krzaczkowate: <i>Evernia prunastri</i> (mąkla tarniowa), <i>Platismatia glauca</i> (płucnica modra)
Strefa 5 obszary leśne	40 – 50	gatunki listkowate: <i>Flavoparmelia caperata</i> (żółtlca chropowata), <i>Parmelina tiliacea</i> (szarzynka skórzasta), <i>Xanthoria polykarpa</i> (złotorost wieloorowocnikowy), <i>Candelaria concolor</i> (świecinka pospolita), gatunki krzaczkowate: <i>Pseudevernia furfuracea</i> (mąklik otrębiasty)
Strefa 6 naturalne kompleksy leśne	30 – 40	porosty krzaczkowate: <i>Ramalina farinacea</i> (odnożyca mączysta), <i>Ramalina fraxinea</i> (odnożyca jesionowa), <i>Ramalina pollinaria</i> (odnożyca opylona), <i>Usnea hirta</i> (brodaczkę kępkowa), <i>Usnea subfloridana</i> (brodaczkę nadobną), <i>Usnea filipendula</i> (brodaczkę zwyczajną), <i>Bryoria fuscescens</i> (włostka brązowa)
Strefa 7 nieliczne obszary m.in. Puszcza Białowieska	< 30	<i>Lobaria pulmonaria</i> (granicznik płucny), <i>Nephroma</i> sp. (pawężniczka)

II. Część praktyczna

1. Badanie przeżywalności *Saccharomyces cerevisiae*

Materiał badany będą stanowiły hodowle drożdży (po 24 godzinach i 3 dniach).

Na odtłuszczone szkiełka podstawowe należy nanieść kroplę hodowli drożdży. Następnie dodać niewielką ilość barwnika (błękit metylenowy) i przykryć szkiełkiem nakrywkowym.

Martwe komórki wybarwią się na niebiesko, natomiast żywe pozostaną niezabarwione. Należy policzyć ilość komórek żywych i martwych w polu widzenia mikroskopu i obliczyć % liczby komórek martwych i żywych w badanej populacji drożdży.

	hodowla drożdży 24g	hodowla drożdży 3 dni
% komórek żywych		
% komórek martwych		

Wskazówki: preparat przyżyciowy drożdży mikroskopuje się przy obniżonym kondensorze, przymkniętej przysłonie (ograniczona ilość światła), przy powiększeniu obiektywu 40x (obiektyw suchy!).

2. Obserwacje mikroskopowe (preparaty trwałe):

- *Mucor mucedo* (pleśniak biały) –grzybnia

Grzybnię budują białe, nierozgałęzione strzępki (nie są podzielone ścianami poprzecznymi na pojedyncze komórki). Strzępki wznoszące się do góry to strzępki zarodniośne (sporangiofory), zakończone kulistą zarodnią (sporangium). Wewnątrz niej między ścianą a kolumnką powstają endogeniczne zarodniki - endospory.

- *Aspergillus* sp. - grzybnia z konidioforami

Strzępki zakończone są główkowatym konidioforem, na którym tworzą się zarodniki konidialne.

- *Morchella* sp. - przekrój poprzeczny przez hymenium

Warstwa rodzajna (hymenium) składa się z worków z zarodnikami i strzępek płonnych (wstawki; parafizy); powstaje w obrębie owocników.

- *Boletus edulis* (borowik szlachetny) - przekrój poprzeczny przez hymenofor rurkowaty
- *Cantharellus cibarius* (pieprznik jadalny) – przekrój poprzeczny przez hymenofor blaszkowaty

Na podstawie obserwacji w/w preparatów mikroskopowych uczniowie wykonują i opisują rysunki.

3. Obserwacja plech porostów poszczególnych stref skali porostowej.

Uczniowie korzystają z okazów zielnikowych.