

MIKROBIOLOGIA ROLNICZA



Hanna Kwaśna

MIKROBIOLOGIA ROLNICZA

Wydawnictwo
Uniwersytetu Przyrodniczego
w Poznaniu

Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego
prof. dr hab. Waldemar Uchman

Redaktor Działu
dr hab. Roman Jaszczak, prof. nadzw.

Recenzent I wydania
prof. dr hab. Hanna Dahm

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu
Poznań 2014, Poland

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich

ISBN 978-83-7160-711-0

Redakcja
Lucyna Borowczyk

Skład i łamanie
Stanisław Tuchołka

Na okładce: Zarodnikowanie w rodzaju *Penicillium*, fot. Hanna Kwaśna

Projekt okładki
Jacek Grześkowiak

WYDAWNICTWO UNIwersytetu PRZYRODNICZEGO W POZNANIU
ul. Witosa 45, 61-693 Poznań
tel./faks 61 848 78 08, e-mail: wydawnictwo@up.poznan.pl
<http://www.up.poznan.pl/wydawnictwo>

Nakład 500 egz.
Wydanie II popr. i uzup. Ark. wyd. 21,2. Ark. druk. 24,4.

Wydrukowano w Zakładzie Graficznym Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 67, 60-625 Poznań
e-mail: zakgraf@up.poznan.pl

Spis treści

1. Początki i rozwój mikrobiologii 9
2. Znaczenie drobnoustrojów 16
3. Ogólna charakterystyka drobnoustrojów 23
4. Struktura oraz organizacja DNA i RNA 26
5. Kontrola ekspresji genów 33
6. Priony 35
 - 6.1. Wprowadzenie 35 • 6.2. Charakterystyka prionów 35
7. *Virales* – wirusy 37
 - 7.1. Wprowadzenie 37 • 7.2. Budowa wirusów 38 • 7.3. Podział wirusów 42 • 7.4. Przenoszenie i przemieszczanie się wirusów 43 • 7.5. Objawy chorób wirusowych na roślinach 45 • 7.6. Namnażanie się wirusów 45 • 7.7. Zmienność wirusów 49 • 7.8. Klasyfikacja i systematyka wirusów 50 • 7.9. Metody wykrywania i identyfikacji wirusów 51 • 7.10. Bakteriofagi 54
8. *Bacteria* – bakterie 59
 - 8.1. Systematyka bakterii 59 • 8.2. Kształt bakterii 60 • 8.3. Budowa komórki bakteryjnej 62 • 8.4. Domena *Bacteria* 73
9. Domena *Archaea* 82
10. Domena *Eucarya* – organizmy jądrowe 84
 - 10.1. Królestwo *Fungi* – grzyby właściwe: Wprowadzenie 84, Budowa grzybów 84, Odżywianie grzybów 89, Rozmnażanie grzybów 90, Wybrane gromady w królestwie *Fungi* 97, Gromada *Glomeromycota* – arbuskularne grzyby mikoryzowe 97, Gromada *Chytridiomycota* – skoczkowce 98, Gromada *Zygomycota* – sprzężniowce 99, Gromada *Ascomycota* – workowce 101, Gromada *Basidiomycota* – podstawczaki 108, Grzyby niedoskonałe 115
11. *Protozoa* – pierwotniaki i *Algae* – glony 117
 - 11.1. Wprowadzenie 117 • 11.2. Ważniejsze taksony pierwotniaków i glonów 119 • 11.3. Znaczenie pierwotniaków 132 • 11.4. Znaczenie glonów 133

12. Metabolizm mikroorganizmów 136
 - 12.1. Wprowadzenie 136 • 12.2. Rodzaje procesów metabolicznych 136
13. Odżywianie mikroorganizmów 139
 - 13.1. Źródła pokarmu 139 • 13.2. Pobieranie pokarmu 142
14. Enzymy mikroorganizmów 147
15. Energetyczne podstawy funkcjonowania komórki 150
16. Oddychanie 152
 - 16.1. Wprowadzenie 152 • 16.2. Oddychanie tlenowe 154 • 16.3. Oddychanie beztlenowe: Wprowadzenie 155, Oddychanie azotanowe (denitryfikacja) 156, Oddychanie siarczanowe (redukcja siarczanów) 157, Oddychanie węglanowe 157
17. Przemiany substratu zachodzące podczas oddychania i fermentacji 159
 - 17.1. Wprowadzenie 159 • 17.2. Glikoliza (szlak Embdena-Meyerhofa-Parnasa, EMP) 159 • 17.3. Cykl pentozofosforanowy (droga heksozomonofosforanowa, HMP) 163 • 17.4. Szlak Entnera-Doudoroffa (ED) 164
18. Fermentacja 166
 - 18.1. Wprowadzenie 166 • 18.2. Fermentacja mlekowa: Wprowadzenie 168, Drobnoustroje w mleku i napojach oraz produktach mlecznych 170, Drobnoustroje w kiszoncek 174 • 18.3. Fermentacja alkoholowa: Wprowadzenie 177, Gorzelnictwo 178, Browarstwo 179, Winiarstwo 180, Produkcja drożdży piekarniczych 180 • 18.4. Fermentacja propionowa 181 • 18.5. Fermentacja masłowa 182 • 18.6. Fermentacja octowa 183 • 18.7. Fermentacja metanowa 184 • 18.8. Fermentacja powodowana przez *Enterobacteriaceae* (typu coli-aerogenes) 187 • 18.9. Praktyczne zastosowanie innych fermentacji tlenowych 187
19. Asymilacja dwutlenku węgla 189
 - 19.1. Wprowadzenie 189 • 19.2. Fotosynteza 189 • 19.3. Wiązanie i redukcja dwutlenku węgla (cykl Calvina) 193 • 19.4. Bakterie fotosyntetyzujące 194
20. Chemosynteza 196
 - 20.1. Wprowadzenie 196 • 20.2. Bakterie metylotroficzne (metylotrofy) 197 • 20.3. Wiązanie dwutlenku węgla przez chemoorganotrofy 198 • 20.4. Znaczenie chemosyntezy w przyrodzie 199
21. Synteza związków prostych i wielkocząsteczkowych 200
 - 21.1. Wprowadzenie 200 • 21.2. Synteza cukrów 200 • 21.3. Synteza lipidów 201 • 21.4. Synteza aminokwasów 202 • 21.5. Rola kwasów nukleinowych w metabolizmie biosyntezy aminokwasów i białka 203 • 21.6. Synteza kwasów nukleinowych 204 • 21.7. Polimeryzacja. Synteza związków wielkocząsteczkowych 205
22. Intensywność metabolizmu 206

- 23. Wzrost i rozmnażanie mikroorganizmów 208**
23.1. Wzrost komórki 208 • 23.2. Podział komórki 209 • 23.3. Cykle rozwojowe 210 • 23.4. Wzrost populacji bakterii: Wprowadzenie 210, Hodowla okresowa (stacyczna) 211, Hodowla ciągła 213, Hodowla zsynchronizowana 214, Wzrost mikroorganizmów w warunkach naturalnych 216
- 24. Genetyka bakterii 217**
24.1. Wprowadzenie 217 • 24.2. Mutacje 217 • 24.3. Działanie mutagenne: Wprowadzenie 220, Fizyczne czynniki mutagenne 220, Chemiczne czynniki mutagenne 221, Biologiczne czynniki mutagenne 222, Hybrydyzacja 224
- 25. Procesy paraseksualne u bakterii 226**
25.1. Wprowadzenie 226 • 25.2. Transformacja 226 • 25.3. Koniugacja 228 • 25.4. Transdukcja 230 • 25.5. Transfekcja 232 • 25.6. Kapsdukcja 232 • 25.7. Konwersja lizogenna 232 • 25.8. Powiększanie genomu 232
- 26. Inżynieria genetyczna 233**
26.1. Wprowadzenie 233 • 26.2. Metoda replik płytkowych (ang. *screening*) 233 • 26.3. Konstruowanie sztucznych kombinacji genów *in vitro* 234 • 26.4. Schemat klonowania genów u *Escherichia coli* 235 • 26.5. Schemat klonowania genów u *Saccharomyces cerevisiae* 236
- 27. Wpływ czynników środowiska na mikroorganizmy 238**
27.1. Wprowadzenie 238 • 27.2. Pokarm 238 • 27.3. Temperatura 239 • 27.4. Woda 241 • 27.5. Ciśnienie osmotyczne 242 • 27.6. Ciśnienie hydrostatyczne 243 • 27.7. Napięcie powierzchniowe 243 • 27.8. Fale dźwiękowe i ultradźwięki 244 • 27.9. Promieniowanie 244 • 27.10. Odczyn środowiska (pH) 245 • 27.11. Potencjał oksydoredukcyjny (E_h) 246 • 27.12. Kationy i aniony mineralne 248 • 27.13. Czynniki bakteriobójcze 249
- 28. Zmiany wywoływane przez mikroorganizmy w środowisku 251**
28.1. Wydzielanie światła widzialnego 251 • 28.2. Wydzielanie ciepła 251 • 28.3. Zmiana potencjału oksydoredukcyjnego 252 • 28.4. Zmiana odczynu (pH) 252 • 28.5. Zmiany składu chemicznego 253
- 29. Wpływ człowieka na procesy mikrobiologiczne w glebie 254**
29.1. Wprowadzenie 254 • 29.2. Nawożenie 255 • 29.3. Uprawa roli i roślin 260 • 29.4. Melioracje 261 • 29.5. Stosowanie pestycydów 261
- 30. Drobnoustroje w surowcach roślinnych 264**
30.1. Wprowadzenie 264 • 30.2. Zboża 264 • 30.3. Zielonki 265 • 30.4. Siano 265 • 30.5. Rośliny okopowe 265 • 30.6. Owoce i warzywa 266 • 30.7. Ochrona płodów rolnych i żywności przed zepsuciem 266
- 31. Relacje między organizmami 269**
31.1. Wprowadzenie 269 • 31.2. Relacje między mikroorganizmami i roślinami: Bezpośrednie stosunki antagonistyczne 270, Bezpośrednie stosunki mutualistyczne 271, Bezpośrednie stosunki komensalistyczne 279, Pośrednie stosunki antagonistyczne 279, Pośrednie stosunki mutualistyczne 280 • 31.3. Relacje między

mikroorganizmami i zwierzętami: Bezpośrednie stosunki antagonistyczne 282, Bezpośrednie stosunki mutualistyczne 283, Pośrednie stosunki antagonistyczne 284, Pośrednie stosunki mutualistyczne 284

32. Występowanie i rola mikroorganizmów w różnych środowiskach 285

32.1. Powietrze 285 • 32.2. Woda: Wprowadzenie 286, Zanieczyszczenia chemiczne 288, Eutrofizacja wód 289, Zanieczyszczenia biologiczne 290, Mikrobiologiczne badanie jakości wód 291, Samooczyszczanie wody 295, Uzdatnianie wody 297, Oczyszczanie ścieków 297 • 32.3. Gleba: Wprowadzenie 304, Ryzosfera i ryzoplana 307

33. Metabolizm gleby 309

33.1. Wprowadzenie 309 • 33.2. Przemiany węgla: Wprowadzenie 309, Rozkład cukrów prostych 311, Rozkład celulozy (błonnik) 311, Rozkład hemicelulozy 313, Rozkład ligniny 314, Rozkład pektyn 315, Rozkład skrobi 315, Rozkład związków aromatycznych 316, Rozkład tłuszczów 317, Rozkład węglowodorów 317 • 33.3. Przemiany azotu: Wprowadzenie 318, Proteoliza i amonifikacja 320, Unieruchomienie azotu 323, Nityfikacja 324, Denityfikacja 327, Wiązanie azotu atmosferycznego 329, Niebiologiczne wiązanie azotu 336 • 33.4. Niektóre przemiany wodoru i tlenu: Bakterie wodorowe 336 • 33.5. Przemiany siarki 338 • 33.6. Przemiany fosforu 343 • 33.7. Przemiany potasu 345 • 33.8. Przemiany żelaza 345 • 33.9. Przemiany wapnia 347 • 33.10. Przemiany manganu 347

34. Próchnica glebowa 348

34.1. Wprowadzenie 348 • 34.2. Synteza próchnicy 349 • 34.3. Rozkład próchnicy 350

35. Metody badawcze 352

35.1. Wprowadzenie 352 • 35.2. Określanie liczby drobnoustrojów 352 • 35.3. Izolacja z gleby 354 • 35.4. Izolacja z roślin 357 • 35.5. Sanitarna analiza bakteriologiczna wody 358 • 35.6. Sanitarna analiza bakteriologiczna powietrza 358 • 35.7. Sanitarna analiza powierzchni laboratoryjnych i rąk 359 • 35.8. Kultury czyste bakterii i jednozarodnikowe grzybów 359 • 35.9. Pożywki 360 • 35.10. Dezynfekcja i sterylizacja: Wprowadzenie 364, Dezynfekcja chemiczna 365, Sterylizacja fizyczna 374, Sterylizacja mechaniczna 377 • 35.11. Przechowywanie kultur 378 • 35.12. Charakterystyka kolonii bakteryjnych 380 • 35.13. Barwienie bakterii: Wprowadzenie 382, Sposób przygotowania preparatu do barwienia 382, Barwienie metodą Grama 383, Barwienie metodą Schöffera-Fultona 384

Literatura 385

Spis źródeł ilustracji 389

1. Początki i rozwój mikrobiologii

Drobnoustroje, będące obiektem zainteresowania mikrobiologii, zasiedlają Ziemię od najdawniejszych czasów. **Mikroskopijne struktury**, często jednokomórkowe, były najprawdopodobniej **pierwszymi żywymi istotami**, które zapoczątkowały **ewolucję**. Bakterie pojawiły się na Ziemi 3-4 miliardy lat temu. **Potomstwo** pierwszych istot żywych opanowało wszystkie nadające się do zasiedlenia na kuli ziemskiej środowiska i dało początek niezliczonym gatunkom organizmów żyjących obecnie.

Człowiek od początku istnienia stykał się z mikroorganizmami, podlegał ich wpływowi, początkowo nieświadomie wykorzystywał je na własne potrzeby, był nieustannie narażony na ich chorobotwórcze działanie, zapobiegał stratom wynikającym z rozkładu produktów spożywczych i skutkom wyjałowienia gleby uprawnej, nauczył się wykorzystywać mikroorganizmy do przetwarzania i konserwowania żywności, a metabolity mikroorganizmów do produkcji leków.

Z uwagi na wielkość mikroorganizmów, rozwój mikrobiologii stał się możliwy z chwilą wynalezienia soczewek. Według niektórych źródeł znano je już w starożytności. Ich bardziej powszechne wykorzystanie nastąpiło w średniowieczu i przyczyniło się do rozwoju optyki i mikroskopii. Prawdziwy rozkwit sztuki i nauki nastąpił w okresie **Odrodzenia** (XVI w.), częściowo dzięki wynalezieniu druku (Johann Gutenberg 1398-1468), odkryciu Ameryki (Krzysztof Kolumb 1451-1506), a także powstawaniu towarzystw naukowych na uniwersytetach.

Pionierzy mikroskopii

Roger Bacon (1214-1295) – angielski filozof, prawdopodobny wynalazca okularów znanych również w ówczesnych Włoszech.

Hans Jensen i Zacharias Jensen (1590) – fryzyjscy producenci luster, konstruktorzy pierwowzoru lunety i pierwszego mikroskopu optycznego (kompletu soczewek połączonych tubusem, o niedoskonałej ostrości obrazu ze względu na silną aberrację sferyczną i chromatyczną).

Galileusz (Galileo Galilei, 1564-1642) – włoski astronom, astrolog, fizyk i filozof. Twórca podstaw nowożytnej fizyki, konstruktor lunety i pierwszych mikroskopów wykorzystywanych w celach naukowych.

Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) – holenderski samouk, badacz amator, konstruktor i producent mikroskopów o 270-krotnym powiększeniu (obudowa z zespolonych płytek mosiężnych z centralnie umieszczoną soczewką o doskonałym szlifie eliminującą aberrację sferyczną i chromatyczną). Odkrywca bakterii (1683 r., udokumentował ich kształt oraz możliwość poruszania się) oraz obserwator wielu struktur anatomicznych i organizmów. Współuczestnik w obalaniu Arystotelesowskiej abiogenezy (teorii samoródtwa) przez znalezienie jaj much w mięsie wołowym. Członek Towarzystwa Królewskiego w Londynie (The Royal Society of London).

Robert Hooke (1635-1703) – angielski przyrodnik, eksperymentator i wynalazca, konstruktor mikroskopu złożonego, odkrywca komórek (roślinnych), współorganizator Towarzystwa Królewskiego.

Wilhelm Friedrich Freiherrn von Gleichen–Russworm (1717-1783) i **Carl Weigert (1845-1904)** – niemieccy wynalazcy barwienia preparatów mikroskopowych z użyciem indygo i karminu naturalnego.

Ernst Abbe (1840-1905) i **Carl Friedrich Zeiss (1816-1888)** – niemieccy optycy i przedsiębiorcy, konstruktorzy przyrządów optycznych. **Ernst Abbe** jest twórcą mikroskopu z przyrządem oświetlającym (prototyp umożliwiał obserwację przedmiotów o wymiarach 0,2 μm).

Henry Siedentopf (1872-1940) i **Richard Adolf Zsigmondy (1865-1929)** – niemieccy chemicy, konstruktorzy ultramikroskopu (z bocznym układem oświetlenia wykorzystującym efekt Tyndalla, do badania cząstek koloidalnych).

Fritz Zernike (1888-1966) – niemiecki konstruktor mikroskopu kontrastowo-fazowego (do obserwacji obiektów ubogich w kontrasty bez konieczności ich barwienia). Zastosowanie ultramikrotomu umożliwiło obserwację składników komórek.

Ernst Ruska (1906-1988) – niemiecki konstruktor mikroskopu elektronowego. Laureat Nagrody Nobla z dziedziny fizyki (1986).

Twórcy współczesnej mikrobiologii

Pierre Antonio Micheli (1679-1737) – włoski botanik i mykolog, twórca opisów grzybów, odkrywca zarodnikowania u grzybów, autor nazw *Aspergillus*, *Mucor*.

Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876) – niemiecki przyrodnik, zoolog, lekarz i geolog, badacz grzybów. Twórca nazwy **bakterie** (1838 r.).

Ludwik Pasteur (1822-1895) – francuski chemik i biolog, prekursor mikrobiologii, odkrywca izometrii optycznej (kwas winowy), twórca podstaw mikrobiologicznych technik laboratoryjnych; metod hodowli, podłoży płynnych do hodowli bakterii. Badacz procesów fermentacji alkoholowej i mlekowej, odkrywca drobnoustrojów aktywnych w tych procesach i metod zapobiegających ich zakłóceniom. Twórca metody konserwacji żywności przez obróbkę termiczną (pasteryzacja). Autor pracy „O ciałkach zorganizowanych istniejących w atmosferze”, obalającej teorię samoródtwa bakterii (1862 r.). Badacz zjawisk odporności poszczepiennej. Twórca szczepionek przeciwko:

- **cholercze drobiu (*Pasteurella multocida*, 1880 r.)**
- **wąglikowi (*Bacillus anthracis*, niebezpieczny dla zwierząt kopytnych, prace nad szczepionką poprzedziło odkrycie możliwości szczepień ochronnych przeciwko ospie prawdziwej z użyciem szczepów ospy krowianki (wirus krowianki CPXV) przez angielskiego lekarza **Edwarda Jennera (1749-1823)**, 1881 r. – pierwsze czynne i skuteczne szczepienie owiec i bydła awirulentnym szczepem *B. anthracis* uzyskanym przez **atenuację**, czyli odzjadliwienie po kilkunastomiesięcznej inkubacji w temperaturze 42-52°C**
- **różycy świń (*Erysipelothrix rhusiopathiae*, niebezpieczny dla świń i człowieka, 1883 r.)**
- **wściekliznie (wirus wścieklizny, *Rabies virus* RABV, niebezpieczny dla ssaków, pierwsze zastosowanie szczepionki – 1885 r.; została podana 9-letniemu Józefowi Meisterowi pogryzionemu przez psa chorego na wściekliznę, szczepionka uratowała chłopcu życie).**

W 1888 r. założono Instytut Pasteura. Ludwik Pasteur był jego dyrektorem do śmierci.

Sir Joseph Lister (1827-1912) – angielski chirurg, pionier antyseptyki (wprowadził metodę odkażania ciała do operacji chirurgicznych). Twórca metody rozcieńczeń, m.in. zawiesin bakteryjnych.

Robert Koch (1843-1910) – niemiecki lekarz i bakteriolog. Pionier mikrobiologii medycznej. Twórca podstaw mikrobiologicznych technik laboratoryjnych; metod i podłoży do hodowli bakterii, m.in. zestalonych żelatyną (za radą pani Hesse – żony współpracownika), barwienia bakterii barwnikami anilinowymi. Odkrywca i badacz laseczki wąglika (*B. anthracis*, odkrył formy przetrwalnikowe, udowodnił, że bakteria jest przyczyną choroby zwierząt, 1876 r.), prątka gruźlicy (*Mycobacterium tuberculosis*, 1882 r.), przecinkowca cholery (*Vibrio cholera*, 1883 r., w trakcie wyprawy do Indii), gronkowców (1878 r.). Twórca systemu taksonomicznego ówczesznie znanych bakterii i skutecznej metody walki z niektórymi chorobami zakaźnymi zwierząt i człowieka. Odkrywca **tuberkuliny**, która nie okazała się lekiem przeciwgruźliczym (jak tego oczekiwał), ale jest wykorzystywana w diagnozowaniu gruźlicy i badaniu związanych z tą chorobą zmian uczuleniowych (tzw. odczyn tuberkulinowy).

Twórca **postulatów** (1892 r.) sformułowanych w wyniku prac nad wąglikiem. Stosowane do dziś **postulaty Kocha** zawierają metodologiczne kryteria, wymagane do określenia roli danego mikroorganizmu w rozwoju choroby zakaźnej.

Zgodnie z nimi podstawowymi regułami diagnostycznymi są:

- **postulat 1** – stałe występowanie danego mikroorganizmu w osobniku chorym
- **postulat 2** – jego wyosobnienie z osobnika chorego i hodowla w czystej kulturze (patogen fakultatywny) lub na wrażliwym żywicielu (patogen obligatoryjny)
- **postulat 3** – eksperymentalne zakażenie osobnika zdrowego i wywołanie tej samej choroby
- **postulat 4** – wyosobnienie danego mikroorganizmu z eksperymentalnie zakażonego osobnika, jego ponowna hodowla w czystej kulturze, w celu spełnienia postulatu 3.

Postulat 4 został sformułowany przez Erwina Smitha z USA (1905 r.).

Od 1865 r. Robert Koch był lekarzem powiatowym w Wolsztynie. Jest laureatem Nagrody Nobla z dziedziny fizjologii i medycyny (1905 r.).

Ilia Miecznikow (1845-1916) – rosyjski zoolog. Badacz reakcji organizmów zwierzęcych na drobnoustroje chorobotwórcze, m.in. na wirulentne i awirulentne szczepy *B. anthracis*. Twórca teorii o komórkowej odporności

organizmów, realizowanej głównie poprzez fagocytozę – wychwytywanie i wchłanianie bakterii. Pracował w Instytucie Pasteura w Paryżu.

Martinus Willem Beijerinck (1851-1931) – holenderski bakteriolog i twórca wirusologii. Odkrywca z zakresu mikrobiologii rolniczej i przemysłowej; głównie procesów redukcji siarczanów. Odkrywca wirusów. Badacz wirusa mozaiki tytoniu (WMT).

Hans Christian Gram (1853-1938) – duński bakteriolog. Twórca metody barwienia bakterii umożliwiającej ich podział na dwie kategorie taksonomiczne (Gram-dodatnie – fioletowe, Gram-ujemne – czerwone, 1884 r.).

Paul Ehrlich (1854-1915) – niemiecki chemik i bakteriolog. Wynalazca pierwszego w miarę skutecznego lekarstwa do walki z chorobą wywołaną przez bakterie (salwarsanu przeciwko kile), stosowanego przed wynalezieniem antybiotyków. Twórca podstaw chemioterapii. Laureat Nagrody Nobla w dziedzinie medycyny (1908 r.).

Sergiej N. Winogradski (1856-1955) – rosyjski bakteriolog, badacz bakterii glebowych, fotosyntetyzujących, wiążących azot atmosferyczny, rozkładających błonnik. Odkrywca zjawiska chemoautotrofii u bakterii nityfikacyjnych, żelazowych i siarkowych. Członek Towarzystwa Królewskiego w Londynie.

Dmitrij J. Iwanowski (1864-1920) – rosyjski botanik i mikrobiolog. Odkrywca wirusów. Badacz wirusa mozaiki tytoniu (WMT). Pracował w ówczesnym Instytucie Gospodarstwa Wiejskiego i Leśnictwa w Puławach.

Alexander Fleming (1881-1955) – szkocki bakteriolog i lekarz, odkrywca penicyliny (1928 r.). Jej praktyczne zastosowanie było możliwe po opracowaniu sposobu wytwarzania przemysłowego przez Howarda Floreya (1941 r.). Laureat Nagrody Nobla w dziedzinie medycyny (1945 r.).

Albert J. Kluyver (1888-1956) – holenderski bakteriolog. Następca M.W. Beijerincka. Badacz procesu nityfikacji. Twórca zasady **biochemicznej jedności świata**. Zakłada ona, że wszystkie organizmy żywe zamieszkujące Ziemię powstały w wyniku ewolucji i są spokrewnione ze sobą w znacznym stopniu, ponieważ są podobne, a często identyczne pod względem obecności zasadniczych składników komórki, rodzajów procesów metabolicznych i sposobu przenoszenia materiału genetycznego.

Polscy pionierzy mikrobiologii

Leon Cienkowski (1822-1887) – bakteriolog, twórca mikrobiologii rosyjskiej. Badacz bakterii z rodzaju *Leuconostoc*. Autor metod zabezpieczania cukru przed *Leuconostoc* powodującej śluzowacenie roztworów cukru. Wynalazca szczepionki przeciwko *B. anthracis* (niezależnie od Ludwika Pasteura). Był emigrantem pracującym w głębi Rosji.

Adam Prażmowski (1853-1920) – twórca licznych prac z morfologii i fizjologii bakterii, głównie brodawkowych; ich udziału w wiązaniu azotu atmosferycznego oraz wpływu na żyzność gleby. Współtwórca systemów taksonomicznych bakterii.

Odon Bujwid (1857-1942) – pierwszy polski bakteriolog. Badacz chorób zakaźnych, głównie cholery, czerwonki, gruźlicy. Pionier higieny i profilaktyki lecznictwa. Propagator szczepień przeciwko wściekliźnie. Uczeń Ludwika Pasteura.

Jan Danysz (1860-1928) – lekarz, mikrobiolog i serolog. Twórca pionierskich badań nad zwalczaniem szkodników metodami biologicznymi. Opracował podstawy biologicznej filozofii ewolucyjnej.

Julian Nowak (1865-1946) – lekarz, lekarz weterynarii, mikrobiolog. Badacz organizmów i chorób zakaźnych. Twórca nazwy *Mycoplasma*.

Seweryn (1871-1945) i **Helena (1878-1966) Krzemieniewscy** – botanicy, mikrobiolodzy. Badacze śluzowców oraz bakterii z rodzaju *Azotobacter* (wiążących azot atmosferyczny).

Ludwik Hirschfeldt (1884-1954) – lekarz, mikrobiolog, immunobiolog, serolog. Twórca podstaw nauki o grupach krwi. Poznał mechanizmy dziedziczenia grup krwi i wprowadził ich oznaczenie (A, B, AB, 0) uznane powszechnie na całym świecie (1928 r.). Odkrywcą pałeczki duru rzekomego C (*Salmonella hirschfeldi*).

Rudolf Weigl (1883-1957) – biolog. Twórca pierwszej w świecie skutecznej szczepionki przeciwko tyfusowi plamistemu.

Jadwiga Marszewska-Ziemiecka (1891-1968) i **Ludmiła Janota-Bassalik (1924-1994)** – badaczki bakterii glebowych, głównie rodzaju *Azotobacter*.

Obecnie mikrobiologia podzieliła się na wiele odrębnych działów i specjalności. Wyróżniamy **mikrobiologię**:

- **ogólną** – zajmującą się charakterystyką ogólnych pojęć i dziedzin mikrobiologii; budową i kształtem mikroorganizmów, czynnościami życiowymi, środowiskiem życia drobnoustrojów, wpływem drobnoustrojów na środowisko i inne organizmy

- **lekarską** – zajmującą się mikroorganizmami chorobotwórczymi dla człowieka; ich diagnostyką, profilaktyką, walką z drobnoustrojami chorobotwórczymi, zjawiskami zachodzącymi w ustroju człowieka po infekcji

- **weterynaryjną** – zajmującą się mikroorganizmami chorobotwórczymi dla zwierząt: diagnostyką, profilaktyką, walką z nimi, zjawiskami występującymi w ustroju zwierząt po infekcji, kontrolą sanitarną produktów pochodzenia zwierzęcego

- **rolniczą** – zajmującą się mikroorganizmami chorobotwórczymi dla roślin, drobnoustrojami mającymi znaczenie w procesach krążenia pierwiastków w przyrodzie, procesami mikrobiologicznymi zachodzącymi w glebie

- **sanitarną** – badającą zagadnienia czystości wody, powietrza, pomieszczeń produkcyjnych, urządzeń i opakowań, zajmującą się problemami oczyszczania ścieków metodą biologiczną, kontrolującą higienę osobistą pracowników przemysłu spożywczego oraz starającą się zapobiegać zatruciom pokarmowym

- **przemysłową** – zajmującą się zastosowaniem wiedzy mikrobiologicznej i inżynierskiej w procesach przemysłowych, wykorzystującą mikroorganizmy lub komórki roślin i zwierząt do produkcji użytecznych dóbr konsumpcyjnych lub półproduktów.

2. Znaczenie drobnoustrojów

Drobnoustroje (mikroorganizmy) są istotnym składnikiem każdego ekosystemu. Ze względu na małe rozmiary są widoczne tylko po powiększeniu, np. pod mikroskopem. Mają szczególne właściwości umożliwiające uczestnictwo w wielu naturalnych procesach zachodzących w przyrodzie i technologiach wykorzystywanych w przemyśle. O ich przydatności decyduje szybkość przemiany materii, bogactwo i różnorodność przeprowadzanych procesów biochemicznych oraz duża zmienność fizjologiczna, umożliwiającą szybkie tworzenie szczepów o pożądanych właściwościach lub szybkie dostosowywanie się do zmian w środowisku. Ta ostatnia cecha umożliwia inicjowanie i sterowanie wieloma procesami technologicznymi przez zmianę warunków otoczenia. Ponieważ mikroorganizmy stosunkowo łatwo poddają się manipulacjom genetycznym, są wykorzystywane w badaniach biochemicznych i genetycznych jako organizmy modelowe. Działalność drobnoustrojów w środowisku jest warunkiem podtrzymywania życia na Ziemi.

Działalność drobnoustrojów saprotroficznych

Uczestniczą w obiegu węgla, azotu, fosforu i innych podstawowych pierwiastków budujących żywe organizmy (w cyklach biogeochemicznych, w obrębie całej ekosfery, łącznie z biosferą).

Rozkładają i mineralizują wszelką substancję organiczną oraz przekształcają różnorodne związki mineralne. Grzyby mają zdolność rozkładu roślinnych resztek celulozowych, których ilość w tropikalnych lasach deszczowych sięga do 12 t/ha rocznie.

Uwalniają do podłoża wiele prostych związków, głównie mineralnych, pobieranych następnie przez rośliny.

Tworzą oraz odnawiają związki humusowe, które kształtują i poprawiają strukturę gleby i jej żyzność.

Kształtują właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby przez uczestnictwo w tworzeniu humusu oraz kształtowanie i poprawę struktury gleby. Śluz bakteryjny, strzępki grzybów i promieniowców oraz tworzone przez mikroorganizmy związki humusowe spajają niewielkie gruzelki gleby (0,1-5 mm średnicy) w większe agregaty. Te stwarzają lepsze warunki fizyczne do rozwoju bakterii tlenowych i korzeni roślin, stabilizują glebę, przeciwdziałają erozji, zwiększają przewietrzenie gleby i jej drenaż, zatrzymują wodę i zabezpieczają glebę przed wysychaniem, zwiększają zawartość rozpuszczalnych w wodzie związków organicznych i mineralnych, a także poprawiają żyzność gleby.

Uczestniczą w procesach glebotwórczych przez udział w wietrzeniu minerałów i tworzeniu poziomów glebowych w wyniku rozpadu mechanicznego oraz rozkładu chemicznego pod wpływem kwasów organicznych i mineralnych syntetyzowanych przez mikroorganizmy (np. kwasu siarkowego przez bakterie siarkowe). Kwasy rozpuszczają trwałe związki mineralne, m.in. potasowe, wapniowe, magnezowe, krzemowe i żelazowe. Tworzenie poziomów glebowych jest intensywniejsze w górnej warstwie gleby ze względu na obfitość substancji organicznej oraz częste zmiany temperatury i wilgotności sprzyjające rozpadowi mechanicznemu. W początkowych etapach powstawania gleby uczestniczą przede wszystkim sinice, glony i porosty. Zdolność asymilacji i fotosyntezy, a często wiązania wolnego azotu, pozwala im egzystować w początkowych, ubogich, pionierskich warunkach. Te z czasem ulegają przekształceniu pod wpływem tworzonych przez mikroorganizmy związków organicznych.

Transportują przez mikoryzy podstawowe związki chemiczne i pierwiastki oraz wodę z gleby do korzeni roślin. Mikoryzy zwiększają powierzchnię sorbcyjną korzeni, zaopatrują rośliny w wodę i składniki uwolnione w wyniku aktywności enzymów mikroorganizmów. Poprawiają kondycję roślin. Substancje pokarmowe z gleby są gromadzone w mufce grzybniowej i przekazywane roślinie w ilościach niezbędnych. Działalność mikoryz ułatwia przenikanie CO₂ do mezofilu, zwiększa koncentrację chlorofilu w zielnych częściach roślin, intensyfikuje fotosyntezę i asymilację. Siewki sosny z mikoryzą pobierają więcej azotu – 90%, potasu – 75% i fosforu – 200%, w porównaniu z siewkami pozbawionymi mikoryzy.

Kształtują właściwe ciśnienie osmotyczne roślin dzięki działalności mikoryz i transportowi wody. Brak właściwego ciśnienia osmotycznego często powoduje deformację korzeni.

Zwiększają dostępność jonów amonowych dla rośliny poprzez wiązanie azotu atmosferycznego, głównie w ryzosferze.

Uczestniczą w kształtowaniu biosfery przez udział w cyklach obiegu materii i energii. Odnawiają zapasy i dostarczają podstawowych składników budulcowych. Umożliwiają utrzymanie równowagi chemicznej w biosferze, a w konsekwencji życia na ziemi. Rozkład, mineralizacja oraz uwalnianie pierwiastków umożliwia wzrost roślin, egzystencję zwierząt i człowieka w odwiecznym cyklu krążenia materii i energii. Jednocześnie świat jest oczyszczany ze zbędnej masy organicznej.

Okresowo immobilizują związki chemiczne i pierwiastki, przejściowo przekształcając formę mineralną w formę organiczną na drodze asymilacji pierwiastków i wbudowania ich w struktury komórkowe. **Zabezpieczają związki przed wymywaniem** i dostarczają je roślinom, jeżeli brakuje ich w otoczeniu. Koncentracja azotu (N), fosforu (P), potasu (K), wapnia (Ca), magnezu (Mg) i sodu (Na) w drewnie rozkładanym przez grzyby wzrasta 2-9-krotnie, co dowodzi zjawiska ich gromadzenia w strzępkach grzybów. Najszybciej jest gromadzony azot i fosfor. Obecność sodu i wapnia w grzybach jadalnych zwiększa ich walory odżywcze.

Gromadzą metale ciężkie. Grzyby mogą magazynować: arsen (As), bizmut (Bi), cesz (Cs), cynk (Zn), kadm (Cd), kobalt (Co), molibden (Mo), nikiel (Ni), rtęć (Hg), srebro (Ag), tellur (Te), uran (U) i wanad (V).

Biorą udział w detoksykacji gleby przez rozkład hormonów, antybiotyków, węglowodorów, materiałów wybuchowych, pestycydów. Uczestniczą w **kometabolizmie** – niezależnym współdziałaniu dwóch organizmów polegającym na tym, że jeden przypadkowo modyfikuje daną cząsteczkę (nie odnosząc przy tym żadnych korzyści) i udostępnia ją drugiemu organizmowi, który odnosi korzyść z jej rozkładu. W ten sposób są metabolizowane substancje nierozkładalne lub trudnorozkładalne (detergenty, DDT, aldryny, chlordan HCH (6-chlorocykloheksan). Często zmiana w cząsteczce nie pozwala na wykorzystanie jej przez rośliny jako źródła pokarmu, umożliwia jednak wykorzystanie jej przez drobnoustroje w ekosystemie.

Uczestniczą w samooczyszczaniu się zbiorników wodnych.

Przyczyniają się do powstawania złożeń składających się z produktów ich metabolizmu, na przykład: 1. siarki elementarnej (krystalicznej) powstałej w strefie przydennej w wyniku utleniania wulkanicznego siarkowodoru przez bakterie siarkowe – *Beggiatoa*, *Thiobacillus thioparus* czy *Desulfovibrio*,

które rozwijają się bujnie (do 100 000 komórek/ml wody) i uczestniczą w odkładaniu siarki z szybkością do 200 t/ha/rok; 2. **saletry potasowej i sodowej** powstałych na zachodnim przedgórzu Andów (w klimacie pustynnym, bezdeszczowym, sprzyjającym gromadzeniu się azotanów) w wyniku aktywności bakterii nitryfikacyjnych; 3. **siarczkowych rud żelaza** powstałych w wyniku działalności bakterii redukujących siarczany.

Uczestniczą w **przemianach związków chemicznych**, np. glinokrzemianu z wytworzeniem kaolinu lub połączeń żelaza, doprowadzając do korozji przedmiotów metalowych.

Utrzymują organizmy patogenne we właściwej proporcji.

Inne wykorzystanie mikroorganizmów

Produkcja żywności z wykorzystaniem procesów fermentacji beztlenowej i/lub tlenowej (mikrobiologia przemysłowa w przemyśle spożywczym). Mikroorganizmy uczestniczą w produkcji wina, piwa i spirytusu spożywczego, octu, kwasu cytrynowego i mlekowego, serów i fermentowanych napojów mlecznych (jogurty, kefiry), chleba i ciast, kiszonek (kapusta, ogórki), kakao, herbaty.

Produkcja białka, np. ekstrahowanego z grzybni *Fusarium venenatum*, znanego pod nazwą **Quorn**. Jest to użyteczna alternatywa dla białka zwierzęcego i roślinnego.

Produkcja leków (mikrobiologia przemysłowa w przemyśle farmaceutycznym). Uczestniczą w produkcji antybiotyków, leków steroidowych, witamin, probiotyków (preparatów farmaceutycznych przywracających naturalną mikrobiotę układu pokarmowego). Hodowle komórkowe i tkankowe są wykorzystywane w produkcji szczepionek (przeciwko HBV, poliomyelitis), przeciwciał monoklonalnych stosowanych w diagnostyce medycznej i badaniach naukowych. Rekombinantowe szczepy mikroorganizmów są stosowane w produkcji szczepionek (przeciwko HBV), insuliny czy hormonu wzrostu.

Produkcja preparatów enzymatycznych na drodze izolacji enzymu z hodowli jego naturalnego producenta lub produkcji z wykorzystaniem mikroorganizmu rekombinantowego. Enzymy stosuje się w przetwórstwie skrobi (α -amylaza, β -amylaza, glukoamylaza, izomeraza glukozy), przemyśle spożywczym (pektynaza – produkcja soków owocowych, β -galaktozydaza – przemysł mleczarski, transglutaminaza – przemysł mięsny), przemyśle

tekstylnym i skórzanym (lakkaza, peroksydaza, lipazy, proteazy), w przemyśle chemicznym (proteazy, lipazy, celulazy – składniki proszków do prania).

Produkcja czystych związków i substancji chemicznych (mikrobiologia przemysłowa w przemyśle chemicznym). Uczestniczą w produkcji aminokwasów (L-lizyny, L-cysteiny, kwasu L-asparaginowego, kwasu L-glutaminowego), rozpuszczalników (acetonu, butanolu), dekstranu, kwasu glukonowego i kwasu itakonowego.

Diagnostyka mikrobiologiczna na potrzeby mikrobiologii przemysłowej. Mikroorganizmy bywają używane do produkcji odczynników, testów diagnostycznych, aparatury do diagnostyki mikrobiologicznej w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, kosmetycznym i weterynarii. Służą do opracowania zasad kontroli czystości mikrobiologicznej licznych procesów technologicznych (np. w przemyśle spożywczym), zapewniających ochronę produktów przed psuciem i/lub kolonizacją przez mikroorganizmy szkodliwe i/lub patogenne.

Oczyszczanie ścieków, dezaktywacja i utylizacja odpadów przemysłowych i bioremediacja gleby (mikrobiologia przemysłowa w ochronie środowiska). Uczestniczą w bioremediacji wód i gleb skażonych produktami ropopochodnymi (np. bakterie rodzaju *Acinetobacter* lub *Pseudomonas*). Bakterie wykorzystuje się do określania „stopnia biologicznego” powiązanego z produkcją biogazu w oczyszczalniach ścieków czy produkcji bioetanolu.

Uczestnictwo w przemysłowych procesach biohydrometalurgicznych do wydobywania rzadkich metali (molibdenu, cynku, chromu, miedzi, uranu z rud żelaza, dzięki zdolności utleniania soli żelazowych i siarczków metali przez bakterie rodzaju *Thiobacillus ferrooxidans* i *Thiobacillus thiooxidans*), **ługowania miedzi** (uzyskiwania miedzi z rud siarczkowych w środowisku kwaśnym), **zateżnienia metali** z wód kopalnianych lub wody morskiej (np. złota, miedzi, srebra, plutonu, uranu z zastosowaniem biosorbentów z żywymi kulturami mikroorganizmów), **oczyszczania węgla** z zanieczyszczeń pirytowych.

Biologiczna ochrona roślin przed grzybami, owadami i chwastami (np. *Bacillus thuringiensis* zwalcza gąsienice owadów). W środowisku roślin wiele saprotrofów skutecznie konkuruje z patogenami o substrat i przestrzeń życiową, chroniąc rośliny w sposób naturalny.

Drobnoustroje uczestniczą również w procesach niepożądanych. Powodują rozkład: (1) żywności (np. kwaśnienie mleka, bombaż konserw mięsnych),

(2) obiektów muzealnych (papieru, tkanin, skóry, farb), (3) materiałów budowlanych (pod wpływem wytwarzanych kwasów organicznych).

Drobnoustroje chorobotwórcze są sprawcami wielu chorób człowieka i zwierząt. Zakażona bakteriami żywność powoduje zatrucia pokarmowe. Żywność najczęściej jest zasiedlana przez: *Bacillus cereus* (zatrucia), *Clostridium botulinum* (laseczka jadu kielbasianego, zatrucia), *C. perfringens* (laseczka zgorzeli gazowej, zatrucia), *Escherichia coli* (zapalenie jelit), *Listeria monocytogenes* (listerioza), *Salmonella enteritidis* (salmonelloza), *Vibrio parahaemolyticus* (zapalenie żołądka). Innymi groźnymi dla człowieka bakteriami są: *Bordetella pertussis* (pałeczka krztuśca), *Borrelia burgdorferi* (krętek, borelioza), *Clostridium tetani* (laseczka teźca, infekcja głębokich ran), *Corynebacterium diphtheriae* (maczugowiec błonicy, infekcja górnych dróg oddechowych), *Helicobacter pylori* (wrzody żołądka), *Legionella pneumophila* (legionelloza, zapalenie płuc), *Mycobacterium leprae* (prątki trądu), *Neisseria gonorrhoeae* (dwoinka rzeżączki), *Shigella dysenteriae* (czerwonka), *Streptococcus pyogenes* (paciorkowiec ropny, angina), *Treponema pallidum* (krętek błądy, kiła), *Vibrio cholerae* (przecinkowiec cholery), *Yersinia pestis* (pałeczka dżumy).

Grzyby mogą powodować (1) **grzybice** (mikozy) wywołane obecnością grzyba w organizmie lub (2) **zatrucia ostre**, chroniczne i przewlekłe, połączone na ogół z utratą kondycji (mikotoksykozy) występujące w wyniku obecności i działania mikotoksyn – metabolitów wtórnych grzybów. Mikotoksyny są silnie toksyczne dla kręgowców.

Zarówno u ludzi, jak i u zwierząt grzybice są wysoce zaraźliwe. Wywołują je grzyby mikroskopowe. Znamy 200 gatunków grzybów powodujących grzybice. Najczęściej występują: aspergiloza, blastomycoza (drożdżycza), chromomikoza, dermatofitoza, histoplazmoza, kandydoza, kokcidioidomykoza, kryptokokoza, kryptosporydioza, maduromykoza, mukormykoza czy sporotrychoza.

Mikotoksyny najczęściej są tworzone przez grzyby z rodzaju *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*. Dostają się do organizmu drogą pokarmową, przez układ oddechowy lub skórę. Znamy ponad 400 mikotoksyn. Kilka ma podstawowe znaczenie w toksykologii weterynaryjnej i medycznej (np. aflatoksyny, trichoteceny, zearalenony, fumonizyny, ochratoksyny). Atakują nerki, centralny układ nerwowy, serce i układ krwionośny oraz wątrobę. Prowadzą do uszkodzeń skóry i błon śluzowych. Mają właściwości kancerogenne,

działają na regulację hormonalną, zmniejszają odporność organizmu. Zagrożenia ze strony aflatoksyn i ochratoksyn (m.in. w soku jabłkowym i orzeszkach ziemnych) wymusiły wprowadzenie nowych technologii produkcji i przechowywania.

Grzyby mogą zawierać substancje psychoaktywne (halucynogenne). *Psilocybe cubensis* zawiera psylocybinę i psylocynę. W zależności od dawki wywołują one stan euforii lub ostre zatrucia żołądkowo-jelitowe. W przetrwalnikach *Claviceps purpurea* znajduje się ergometryna. W zależności od dawki wywołuje ona objawy zatrucia i halucynacji (ergotyzm – ogień św. Antoniego) lub przykurcze mięśni i martwicę tkanek (w szczególności kończyn) w wyniku uszkodzenia nerwów i niedokrwienia.

Mikroorganizmy powodują wiele chorób roślin. Światowa literatura fitopatologiczna zawiera opisy 80 000 chorób grzybowych, 700 chorób wirusowych, 200 chorób bakteryjnych, 75 chorób powodowanych przez mykoplazmy. Choroby są przyczyną utraty połowy potencjalnych zbiorów. Dodatkowo, do 30% zebranego plonu traci się w wyniku występowania chorób przechowywalnianych.

3. Ogólna charakterystyka drobnoustrojów

Do drobnoustrojów (mikroorganizmów) zaliczamy następujące, nierównorzędne pod względem systematycznym, grupy organizmów:

- bakterie
- grzyby (z wyłączeniem grzybów kapeluszowych)
- pierwotniaki
- glony jednokomórkowe i kolonijne (z wyłączeniem glonów plechowych).

Odrębną grupę tworzą wirusy, które nie mają budowy komórkowej (tab. 1).

Tabela 1. Typy mikroorganizmów, ich wielkość i budowa komórki

Drobnoustroje	Wielkość, w przybliżeniu	Rodzaj komórki
Wirusy	0,01-0,25 μm	budowa niekomórkowa
Bakterie	0,1-10 μm	prokariotyczna
Grzyby	2 μm – >1 m	eukariotyczna
Pierwotniaki	2-1000 μm	eukariotyczna
Glony	1 μm – kilka metrów	eukariotyczna

Organizmy należące do domeny *Archaea* (archebakterie) i domeny *Bacteria* (bakterie właściwe; Woese i in. 1990) mają: **nukleoid** (nieobłoniony aparat jądrowy przejmujący funkcję jądra, zbudowany z dużego, spiralnie zwiniętego chromosomu, składającego się z DNA), **plazmidy** (kolista cząsteczka dwuniciowego DNA występująca w cytoplazmie, dodatkowe źródło informacji genetycznej mające zdolność niezależnej replikacji) i **rybosomy** (służą do produkcji białek, są małych rozmiarów). Ściana komórkowa zawiera mureinę i jest wrażliwa na działanie lizozymu. Błona komórkowa zawiera hopanoidy (lipidy cykliczne). Materiałami zapasowymi są kwas poli-2- β -hydroksymasłowy,