

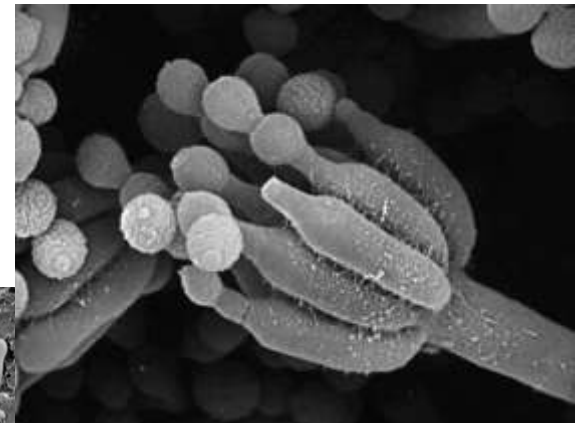
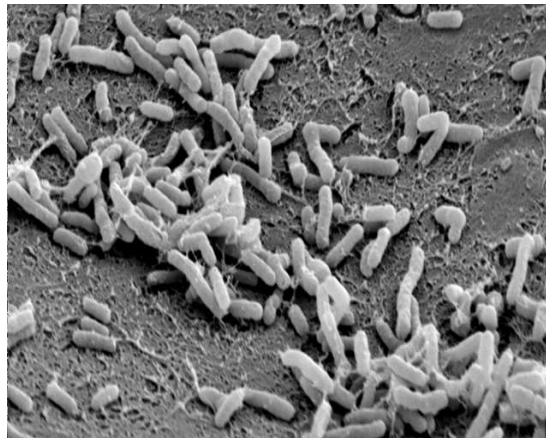


Курс «Екологія ґрунтів»
ІЕК НАНУ, викладач Ірина Шпаківська

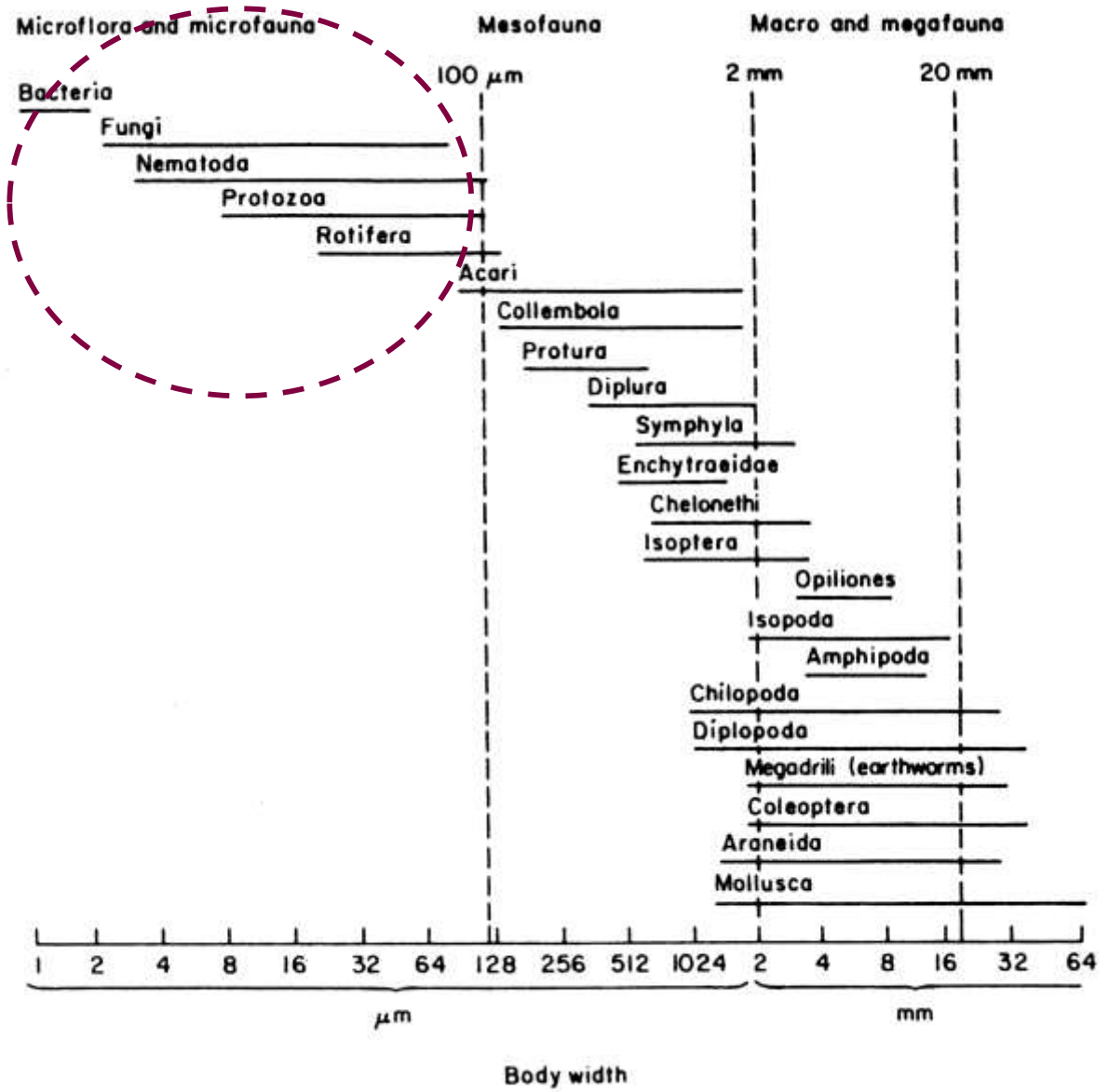


Лекція 10.

Ґрунтові мікроорганізми



Microorganisms: Soil process controllers

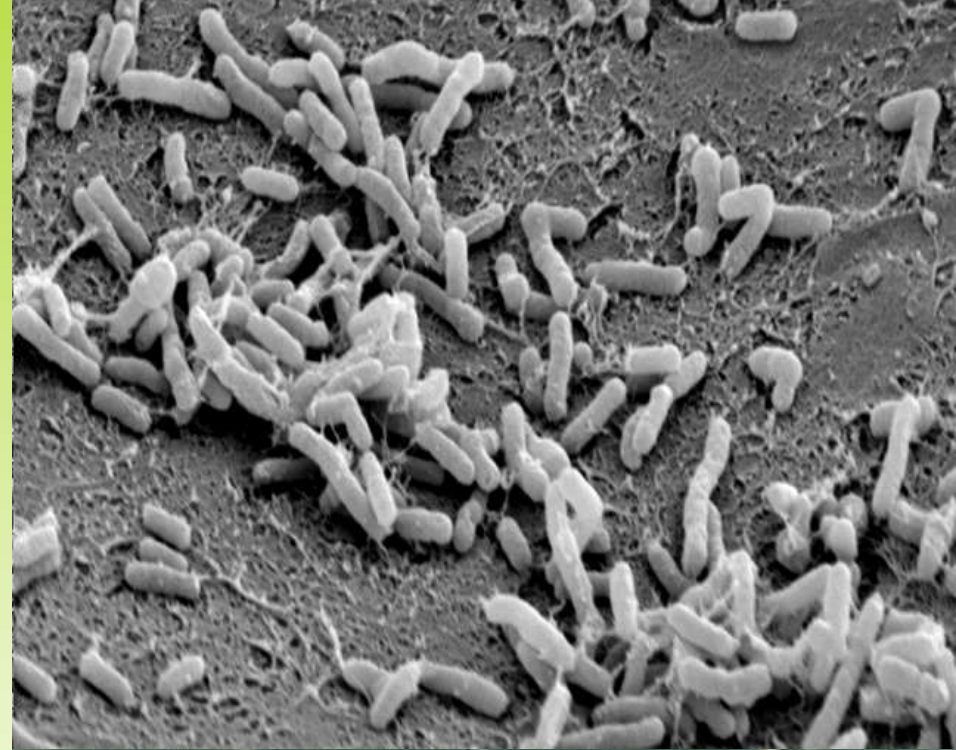


Бактерії – це одноклітинні організми шириною близько 0,2-2,0 мкм (в середньому – 1 мкм) і довжиною близько 1-10 мкм.

За розміром бактерії можна порівняти з частинками глини (<2 мкм) і частинками мулу (2-50 мкм).

Вони ростуть і живуть в тонких водних плівках навколо частинок ґрунту і навколо коренів рослин (ризосфері).

Невеликий розмір бактерій, дозволяє їм рости і адаптуватися до мінливих умов навколишнього середовища швидше, ніж для більш великих і складних мікроорганізмів.





Нормальна
мікробіота
грунту



Фітопатогенні
мікроорганізми



- Масова концентрація сукупності мікроорганізмів в ґрунті складає **від 1 до 12 т/га**
- Відомо що **80-90 %** біомаси поверхневого ґрунту складають різноманітні види грибів

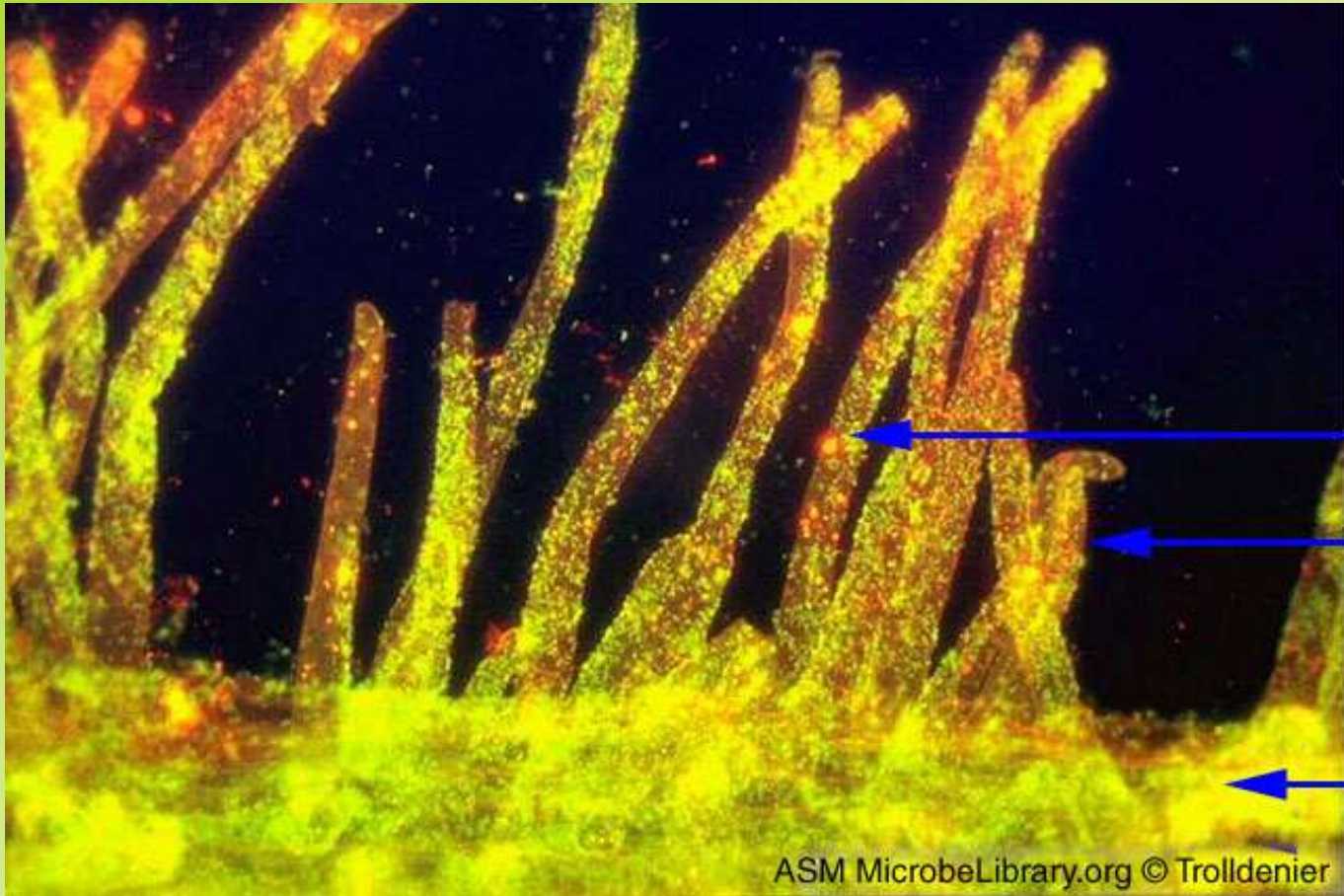


Мікрофлора ґрунту представлена грибами, актиноміцетами, переважно гнильними, маслянокислими, азотфіксуючими, нітрифікуючими, денітрифікуючими, целюлозоруйнуючими, сірко- та залізобактеріями. У меншій кількості містяться водорості, дріжджі, бактеріофаги.

У ґрунті також можуть зустрічатися такі **патогенні** бактерії, як збудники ботулізму, шлунково-кишкових хвороб та ін. Ці мікроорганізми потрапляють з органічними викидами, стічними водами. Вони, як правило, у ґрунті не живуть, але зберігаються тривалий час.

Велика кількість **органічних решток**: опале листя, трава, трупи тварин, які потрапили в ґрунт, і багато іншого – становлять джерело енергії для мікроорганізмів, що перебувають у ґрунті.





Bacteria
(red dots)

Root hair
(green yellow
stalks)

Root
surface

ASM MicrobeLibrary.org © Trolldenier



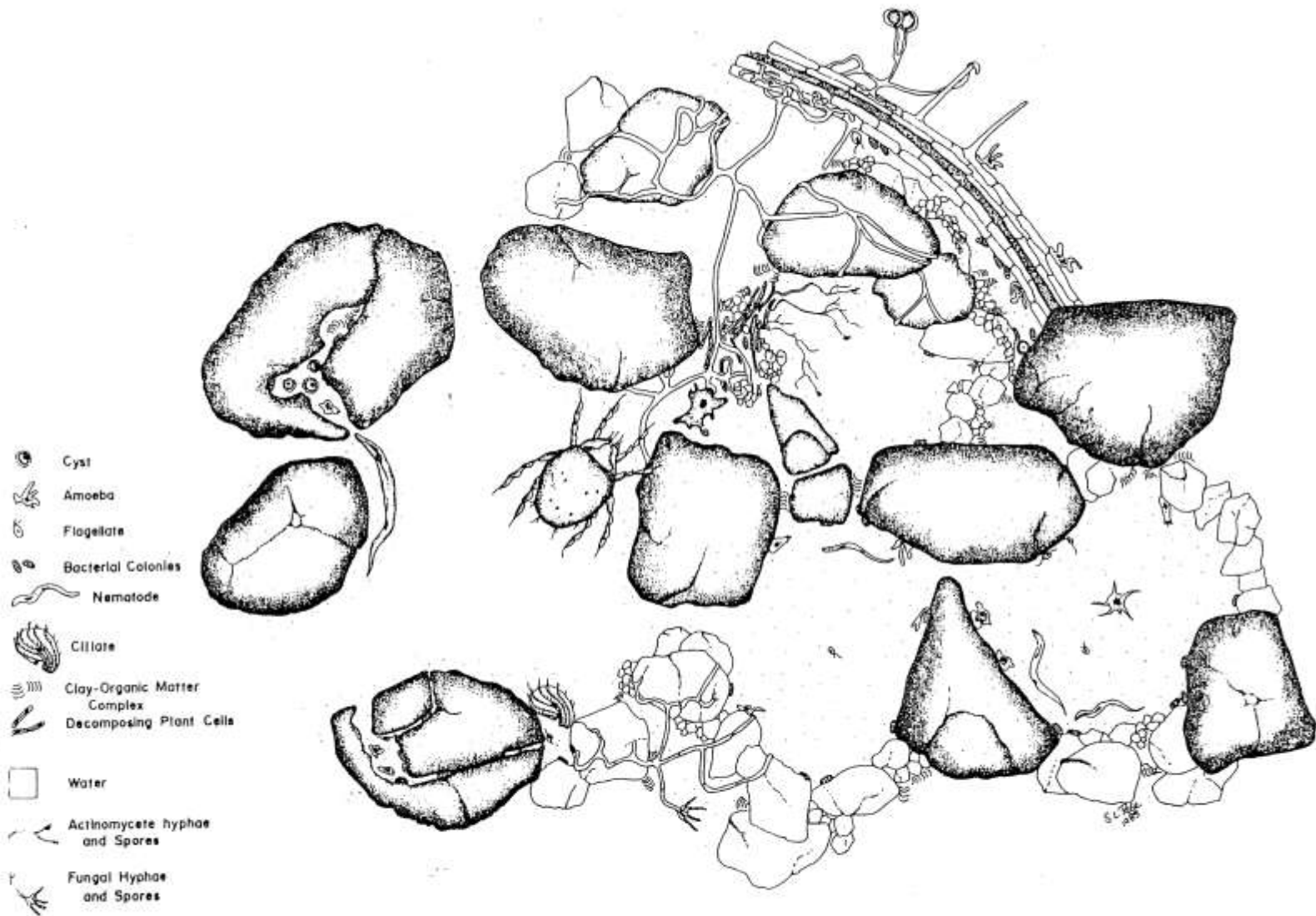


Figure 5.2. Trophic relationships among different groups of soil organisms are controlled by accessibility to their resources. This illustration represents approximately 1 cm² of a highly structured microzone in the surface horizon of a grassland soil. (Courtesy of S. Rose and T. Elliott, personal communication.)

Чисельність мікроорганізмів

1грам ґрунту може містити: до мільярду бактерій, 15 мільйонів актиноміцетів, мільйон грибів і найпростіших, 100 000 водоростей і 1000 дріжджів.

У сукупності все це складає від трьох до п'яти тон живих організмів на гектар ґрунту. Майже всі мікроорганізми знаходяться у верхньому шарі ґрунту. *Наприклад, популяція бактерій може бути більш ніж у чотири рази вищою на глибині ґрунту 0-7 см, ніж на глибині 20-30 см. Більшість мікроорганізмів отримують енергію за рахунок руйнування складних органічних речовин, що надходять від рослин і тварин.*

Різні мікроорганізми по різному/за різних умов збільшують популяцію:

- ✓ **Бактерії** – схильні швидко реагувати на додавання простих цукрів та крохмалю.
- ✓ **Гриби та актиноміцети** – схильні реагувати на целюлозу та інші більш стійкі сполуки та залишки рослин.
- ✓ **Ціанобактерії** – містять хлорофіл, тому вони можуть проводити процес фотосинтезу як і рослини.

Класифікація бактерій

а) В залежності від їх форми

До появи секвенування ДНК, бактерії були класифіковані на основі їх форм і біохімічних властивостей. Більшість бактерій належать до трьох основних форм: **стрижень** (стрижневі бактерії називаються **бацили**), сфера (сферичні бактерії називаються **коки**) і спіраль (спіральні бактерії називаються **спірили**).

б) Аеробні і анаеробні бактерії Бактерії, які мають потребу в кисні для виживання, називаються аеробні бактерії. Бактерії, які не вимагають кисню для виживання - анаеробні бактерії.

в) Грампозитивні і грамнегативні бактерії Розподіл бактерій на грампозитивні і грамнегативні ґрунтується на результатах методу Грама. Грамнегативні бактерії є найменшими і мають тенденцію бути більш чутливими до водного стресу, в той час як грампозитивні бактерії більше за розміром, мають більш товсту клітинну стінку, негативний заряд на зовнішній поверхні, і, як правило, протистоять водному стресу.

г) Автотрофні і гетеротрофні бактерії Автотрофні бактерії (також відомі як автотрофи) отримують необхідний їм вуглець з вуглекислого газу. Гетеротрофні бактерії отримують вуглеводи / або цукри з навколишнього середовища, в якому вони знаходяться.

Філогенетична класифікація бактерій

На основі морфології, секвенування ДНК виділено 12 філогенетичних груп бактерій.

Ця класифікація включає бактерії, які можуть перебувати в різних типах середовищ, наприклад:

1. Бактерії, які можуть виживати в екстремальних температурах (екстремальні холоди і спека)
2. Бактерії, які можуть виживати в різних середовищах (сильно кисле і сильно лужне середовище)
3. Аеробні бактерії
4. Автотрофні бактерії



Функції ґрунтових бактерій

1. **Decomposers** (деструктори) – бактерії, які споживають прості цукри і сполуки вуглецю, такі як кореневі виділення і свіжі рослинні залишки.
2. **Mutualists** – бактерії, що формують партнерські відносини з рослинами; приклад: ризобії – азотфіксуючі бактерії.
3. **Lithotrophs** (хемоавтотрофи) – бактерії, які отримують енергію з сполук азоту, сірки, заліза або водню, а не з вуглецевих з'єднань.
4. Бактерії також можуть бути **патогенами** для рослин. Бактерії в ґрунті перетворюють енергію органічної речовини в форми корисні для інших організмів.



Роль С.М.Виноградського

Сергій Миколайович Виноградський (1 (13) вересня 1856 р.-24 лютого 1953 р., Париж) — український мікробіолог, еколог та ґрунтознавець, іноземний член Лондонського королівського товариства.

Відкрив процес хемосинтезу, заклав фундамент ґрунтової мікробіології та екології.

У 1920 році виїхав спочатку до Швейцарії, а згодом до Белграду, де написав книгу «Залізобактерії як аноргоксиданти». У 1922 році за пропозицією Еміля Ру, директора Інституту Пастера, створив при інституті відділ агробактеріології, яким керував аж до смерті.



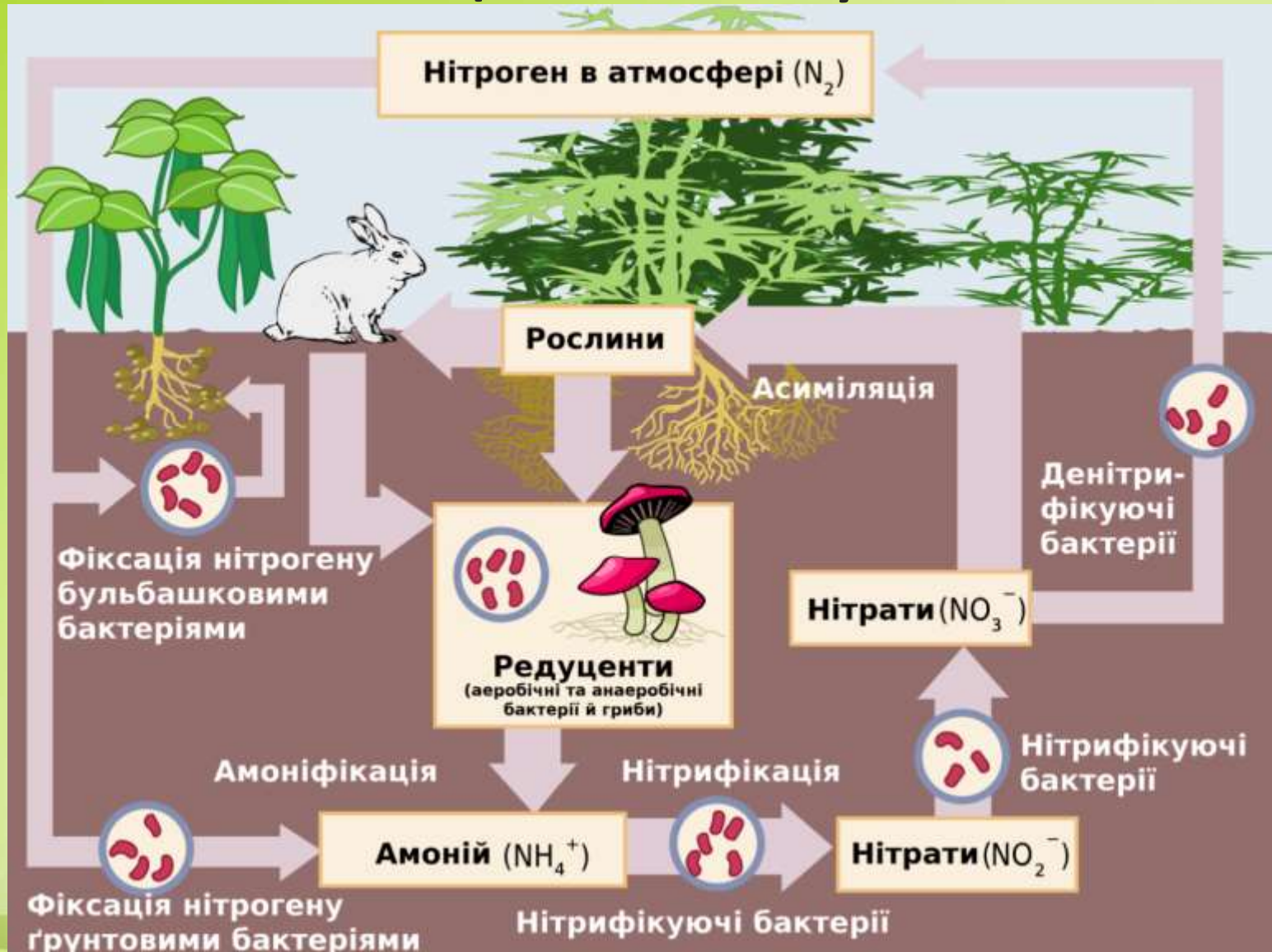
Роль С.М.Виноградського

Вивчаючи ґрунтові мікроорганізми, розділив їх на **автохтонні** (типові, зустрічаються завжди) та **алохтонні** (зимогенні) (розвиток яких пов'язаний із збільшенням концентрації органічної речовини). Цей поділ виявився застосовним для більшості екосистем. Вивчав розкладання целюлози, азотний цикл та фіксацію азоту.

У 1949 році французькою мовою вийшла його книга «Мікробіологія ґрунтів, проблеми і методи», у 1952 в СРСР виданий її переклад російською.



Цикл азоту



Азотфіксуючі бактерії



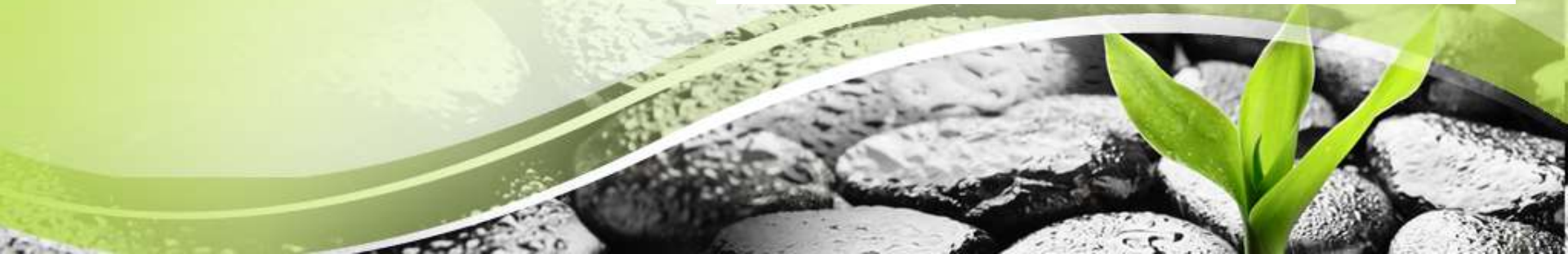
Утворюють симбіотичні асоціації з корінням бобових.

Вони є грамнегативними бактеріями.

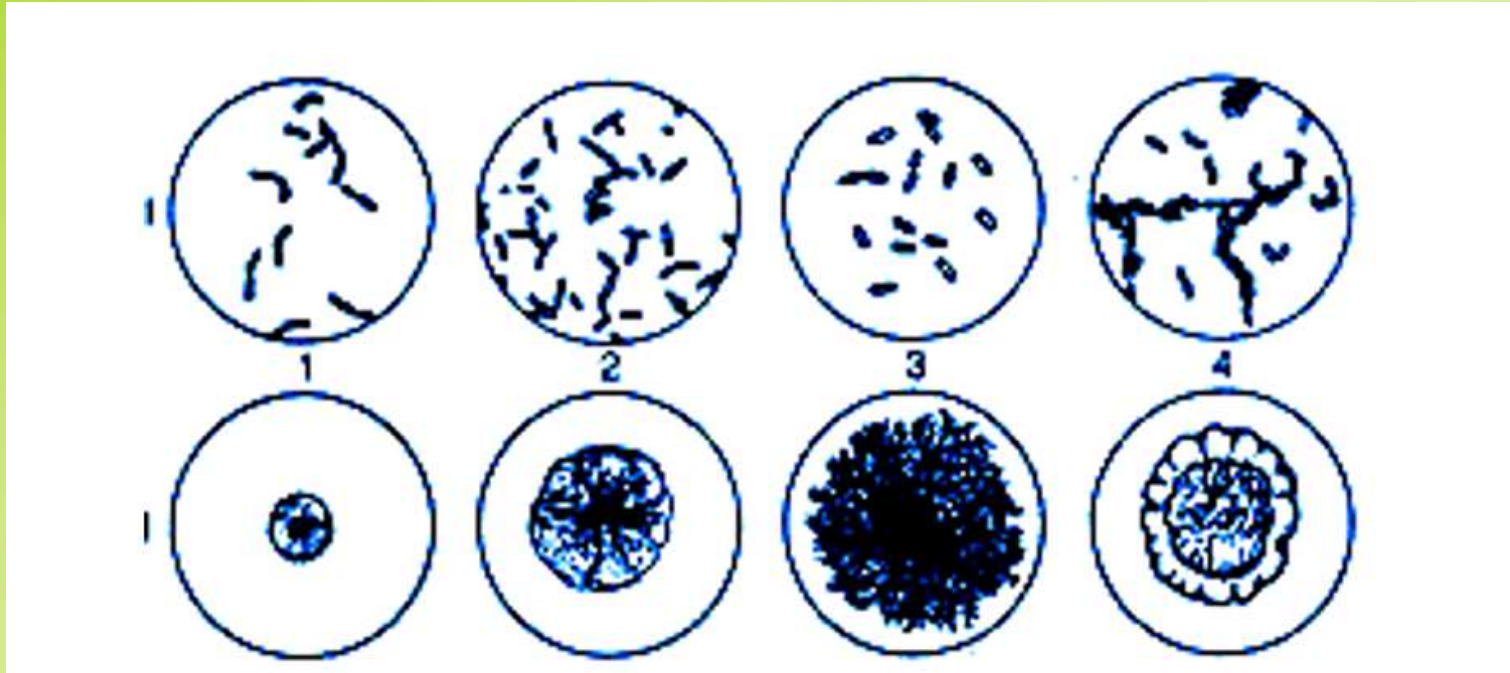
Створюються видимі оком вузлики в місцях, де бактерії заражають корінь рослини.

Рослина поставляє прості цукри до бактерій, а бактерії перетворюють атмосферний азот з повітря в нітратну і амонійну форму, які рослина може використовувати.

Для фіксації бактеріями атмосферного азоту потрібні анаеробні умови.



Амоніфікуючі бактерії



Найпоширеніші спороносні бактерії-амоніфікатори та їхні колонії: I – палички; II – колонії (1 – *B. megaterium*; 2 – *B. subtilis*; 3 – *B. mycoides*; 4 – *B. mesentericus*)

Нітрифікуючі бактерії

Спочатку перетворюють амоній в нітрит, а потім в нітрат, який є кращою формою азоту для більшості рослин.

Нітрифікуючі бактерії послідовно окиснюють аміак (NH_3) до нітритів (солі HNO_2), а потім — до нітратів (солі HNO_3).

Нітрифікуючі бактерії потрібні для ґрунтів з надмірною аерацією (рілля). Нітрат легко вимивається з ґрунту, тому використовують інгібітори нітрифікації, для зниження активності нітрифікуючих бактерій.



Нітрифікуючі бактерії

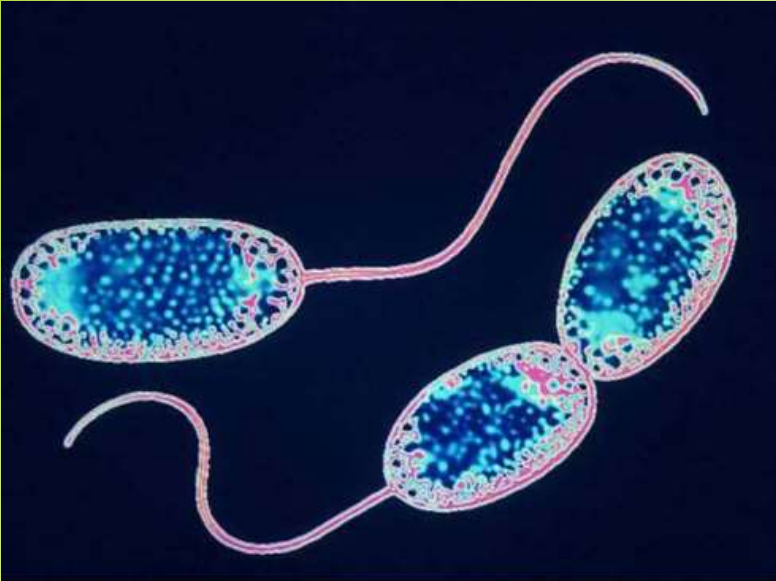
Першу фазу нітрифікації здійснюють нітрозобактерії (Nitrosomonas, Nitrosocystis, Nitrosolobus, Nitrospira, Nitrosovibrio).

У другій фазі нітрифікації азотисту кислоту окислюють Nitrobacter, Nitrospira, Nitrococcus.

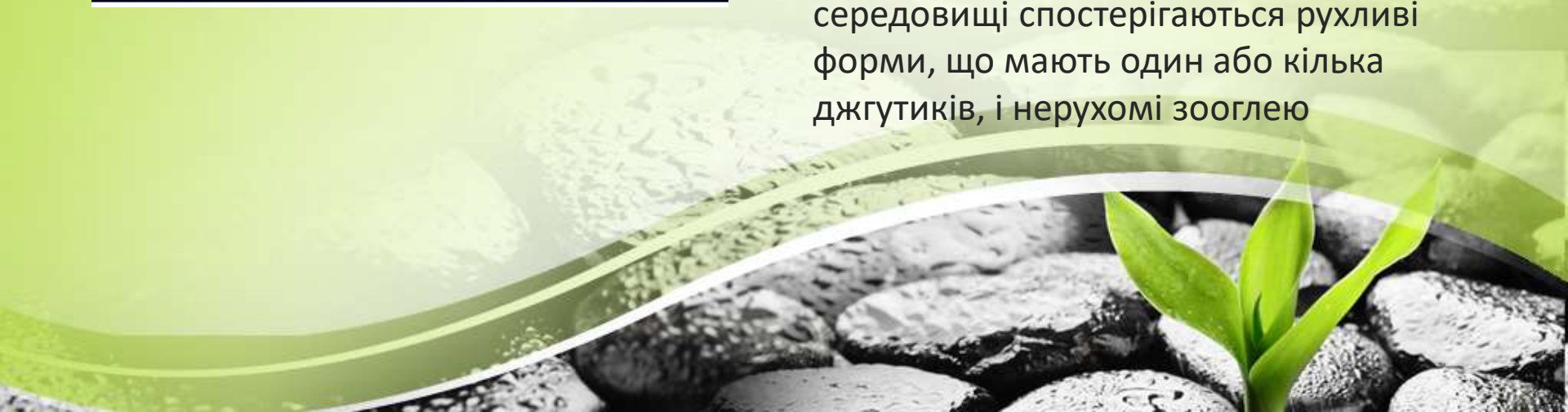
Найкраще серед нітрифікаторів вивчено Nitrobacter winogradskyi, однак описано й інші види збудників цього процесу, серед деяких є навіть гетеротрофні представники з родів Pseudomonas, Achromobacter, Corynebacterium, Nocardia, Bacillus тощо. Нітрифікуючі бактерії переважно належать до типових хемолітотрофів. Між ними існують метаболічні взаємовідносини. Саме етапність процесу нітрифікації є характерною рисою таких взаємовідносин між мікроорганізмами.



Нітрифікуючі бактерії



З них найбільш вивчений вид *Nitrosomonas europaea*, хоча отримання чистих культур цих мікроорганізмів, як і інших нітрифікуючих хемоавтотрофів, до сих пір залишається досить складним. Клітини *N. europaea* зазвичай овальні (0,6–1,0 X 0,9–2,0 мкм), розмножуються бінарним поділом. У процесі розвитку культур у рідкому середовищі спостерігаються рухливі форми, що мають один або кілька джгутиків, і нерухомі зооглею



Друга фаза нітрифікації

Серед бактерій **другої фази нітрифікації** розрізняють три роду: Nitrobacter, Nitrospina і Nitrococcus. Слід також зазначити, що поряд з нітрифікуючі хемоавтотрофними бактеріями відомі гетеротрофні мікроорганізми, здатні вести близькі процеси.

До **гетеротрофних нітрифікаторів** відносяться деякі гриби з роду Fusarium і бактерії таких родів, як Alcaligenes, Corynebacterium, Achromobacter, Pseudomonas, Arthrobacter, Nocardia. Arthrobacter sp. окисляє в присутності органічних субстратів амоній з утворенням гідроксиламіну і далі нітритів і нітратів. Крім того, може утворюватися гідроксамової кислота.

Гідроксамові англ. hydroxamic acids) — хімічні сполуки $RC(=O)NHOH$, похідні від оксокислот $R_kE(=O)_l(OH)_m$ ($l \neq 0$) при заміні $-OH$ на $-NHOH$ та їх гідрокарбильні похідні. Окремі сполуки називаються як *N-гідроксиаміди (N-hydroxy amides).*



Денітрифікуючі бактерії

До денітрифікуючих бактерій відносяться представники родів *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacillus* і *Micrococcus*



Бактерії роду *Pseudomonas aeruginosa*

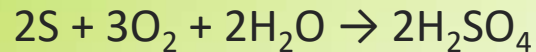
Можуть перетворювати нітрати в атмосферний азот або в газоподібні оксиди азоту. Денітрифікатори є анаеробними бактеріями, присутні в ущільнених ґрунтах або всередині ґрунтових мікроагрегатів. У важких глинистих ґрунтах до 40-60% азоту може бути втрачено при денітрифікації.



Сіркобактерії

Сіркобактерії, або тіобактерії – група бактерій і архей, що спеціалізуються на отриманні енергії за рахунок сірчаного циклу, тобто окислення або відновлення елементарної сірки на сульфіди, сульфати з воднем або органічними сполуками. Вони включають представників декількох типів бактерій.

Деякі з них використовують процес анаеробного дихання для засвоєння сірки і її сполук, виробляючи газ сірководень.



Залізобактерії

Залізобактерії – мікроорганізми, окислюють солі двовалентного заліза до тривалентного. Вони надзвичайно широко поширені як в прісних, так і в морських водоймах, відіграють велику роль в кругообігу заліза в природі. Завдяки їх життєдіяльності на дні боліт і морів утворюється величезна кількість відкладених руд заліза і марганцю.



Роль ґрунтових бактерій

Бактерії змінюють ґрунтове середовище таким чином, що воно стає більш сприятливим для проростання одних і менш сприятливим для розвитку інших культур.

Перш ніж на новій ділянці ґрунту виростуть рослини, необхідно, щоб там заселилися передусім хемосинтезуючі бактерії.

Вони фіксують атмосферний азот і вуглець, виробляють органічні речовини і зв'язують достатню кількість азоту та інших поживних речовин, необхідних для кругообігу азоту в новому ґрунті. І тільки після цього виростуть перші види рослин.

Коли формується рослинна спільнота, до ґрунту надходять різні типи органічних речовин і змінюються види поживних елементів, доступні бактеріям. Змінена спільнота бактерій своєю чергою змінює структуру ґрунту і середовище для проростання рослин. Деякі дослідники вважають, що є можливість контролювати на окремій ділянці популяції видів рослин, керуючи спільнотою ґрунтових бактерій.

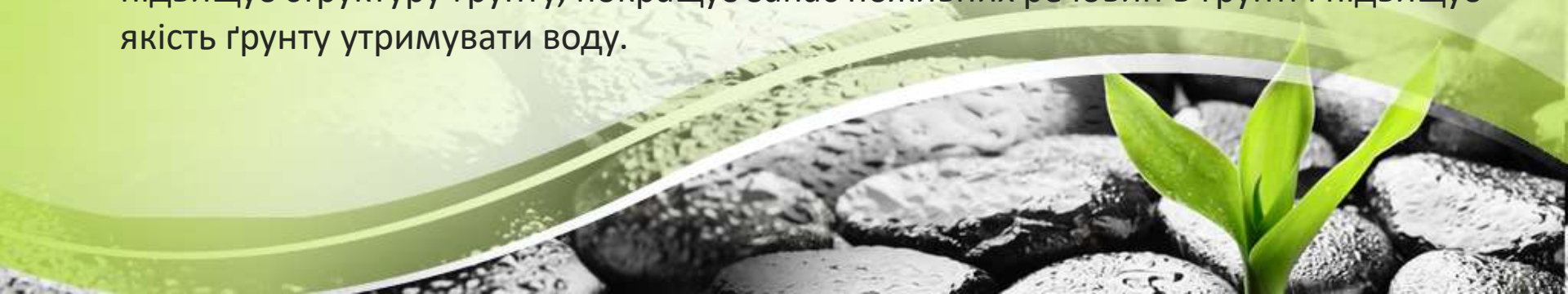


Актиноміцети

Велика група бактерій, які ростуть як гриби і аналогічні грибам функціонально. Актиноміцети за розміром (1-2 мкм) менше грибів (10-50 мкм) і досить чутливі до антибактеріальних агентів.

Коли орють ґрунт, саме актиноміцети відповідальні за специфічний “земляний” запах, джерелом якого є стрептоміцети.

Актиноміцети розкладають багато речовин і є більш активними при високих значеннях рН. Вони особливо важливі в деградації речовин, що важко розкладаються, таких як хітин, лігнін, кератин, грибкова целюлоза і тварини полімери. При низькому значенні рН більш активними в деградації подібних сполук є гриби. Актиноміцети важливі у формуванні стабільного гумусу, що підвищує структуру ґрунту, покращує запас поживних речовин в ґрунті і підвищує якість ґрунту утримувати воду.



Ґрунтові гриби (мікроміцети)

Ґриби відіграють важливу роль у процесах, пов'язаних з динамікою води, кругообігом поживних речовин і пригніченням захворювань.

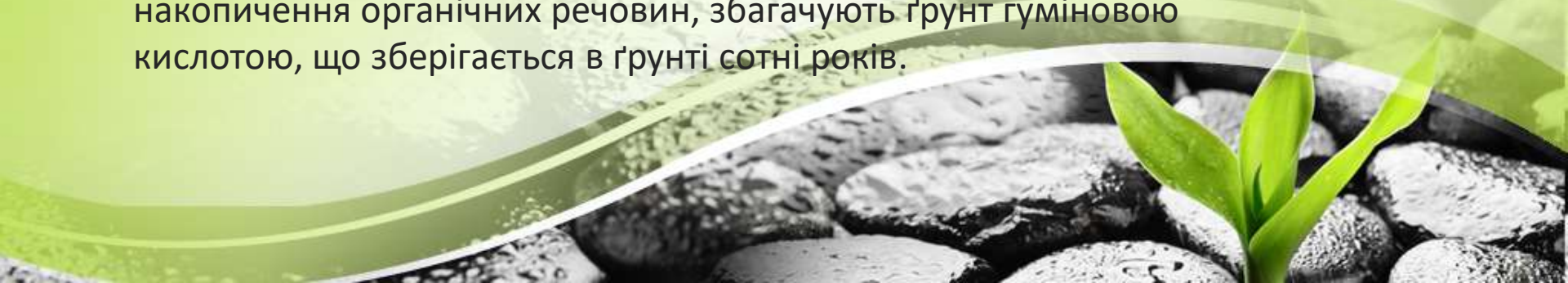
Поряд з бактеріями гриби є важливими редуцентами в ґрунтовому ланцюгу живлення. Вони перетворюють важкорозчинні органічні речовини у форми, доступні для живлення іншими організмами. Гіфи ґрибів фізично пов'язують частки ґрунту, що створюють стійкі агрегати, нормалізують інфільтрацію води і вологовміст ґрунту



Функціональні групи грибів

Залежно від джерела отримання грибами енергії їх поділяють на три функціональні групи.

Редуценти – сапрофітні гриби – перетворюють мертву органічну речовину в грибну біомасу, вуглекислий газ (CO_2) – на прості сполуки. Ці гриби зазвичай використовують складні речовини, наприклад целюлозу і лігнін у деревині, і виконують важливу роль при розщепленні вуглецевих циклічних структур у забруднюючих агентів. Деякі гриби називають цукровими, оскільки вони використовують ті самі прості субстрати, що й більшість бактерій. Подібно до бактерій гриби фіксують (утримують) поживні речовини в ґрунті. До того ж багато вторинних метаболітів грибів є органічними кислотами, які стимулюють накопичення органічних речовин, збагачують ґрунт гуміновою кислотою, що зберігається в ґрунті сотні років.



Penicillium spp.



До сапрофітних грибів передусім відносять гриби класу *Zygomycetes*, мукорові гриби, а також деякі види незавершених грибів, зокрема родів *Penicillium*, *Aspergillus*, які викликають пліснявіння насіння, стрес у рослин, та *Alternaria*, *Rhizopus*, що спричинюють чорну гниль, й ін.



Функціональні групи грибів

Мутуалісти – мікоризні гриби, що колонізують коріння рослин. В обмін на одержуваний від рослини вуглець мікоризні гриби допомагають асимілювати фосфор і постачають рослині поживні речовини ґрунту (фосфор, азот, мікроелементи). Одна з основних груп мікоризних грибів – ектомікоризні (*ectomycorrhizae*). Вони ростуть на верхніх шарах коренів і утворюють спільноти з деревами. Друга основна група – ендомікоризні (*endomycorrhizae*), розвиваються всередині клітин рослин і, як правило, утворюють спільноти зі злаковими, просапними культурами, овочами та чагарниками.



Функціональні групи грибів

Патогени, або паразити: при колонізації коренів або інших організмів знижують продуктивність або призводять до загибелі. Патогенні гриби, що розвиваються на коренях (*Verticilium*, *Pythium* і *Rhizoctonia*), щороку стають головною проблемою в сільському господарстві.

Багато грибів допомагають контролювати поширення захворювань. Наприклад, гриби, які паразитують на хвороботворних нематодах, і гриби, що харчуються комахами, можуть бути корисними елементами біоконтролю.



ОТОЖ

Ґрунтові мікроорганізми трансформують рослинні рештки, беруть участь у формуванні структури ґрунту, утворенні гумусу і його мінералізації.

Глобальною є роль мікроорганізмів у поповненні біосфери, в тому числі ґрунтів, азотом, мобілізації фосфору з органічних та важкорозчинних неорганічних сполук.

