

ЛЕКЦІЯ № 9

Тема: Екологія мікроорганізмів

План

1. Мікрофлора повітря.
2. Мікрофлора води.
3. Мікрофлора ґрунту.
4. Взаємини мікроорганізмів з рослинами.
5. Мікрофлора людини і її значення.

Мікроорганізми поширені всюди. Вони заселяють ґрунт, воду, повітря, рослини, організми тварин і людей – *екологічні середовища проживання мікробів*.

Виділяють вільно існуючі й паразитичні мікроорганізми. Усюди, де є хоч якісь джерела енергії, вуглецю, азоту, кисню й водню (цеглинок усього живого), обов'язково зустрічаються мікроорганізми, що різняться за своїми фізіологічними потребами, які займають свої *екологічні ніші*. Титанічна роль мікроорганізмів у кругообігу речовин у природі має виняткове значення для підтримки *динамічної рівноваги біосфери*.

Мікроорганізми в екологічних нішах співіснують у вигляді складних асоціацій – *біоценозів* з різними типами взаємин, в остаточному підсумку численних видів, що забезпечують співіснування, прокаріот і різних царств життя.

Усі типи взаємин мікроорганізмів об'єднуються поняттям *симбіоз*. Він може бути *антагоністичним і синергічним*.

Велика роль мікроорганізмів у кругообігу речовин у природі. Найбільше значення для всього живого має обмін (кругообіг) вуглецю, кисню, водню, азоту, сірки, фосфору й заліза. Етапи кругообігу різних хімічних елементів здійснюється мікроорганізмами різних еколого-фізіологічних груп. Безперервне існування кожної групи залежить від хімічних перетворень елементів, здійснюваних іншими групами мікроорганізмів. Життя на Землі безперервне, оскільки всі основні елементи життя зазнають циклічних перетворень, у значній мірі обумовлених мікроорганізмами.

1. Мікрофлора води

Вода – найдавніше місце існування мікроорганізмів. Прісноводні водойми й річки відрізняються багатою мікрофлорою. Багато видів *галофільних* мікробів живе в морській воді, у тому числі на глибинах у кілька тисяч метрів. Чисельність мікроорганізмів у воді деякою мірою пов'язане зі складом органічних речовин. Серйозною екологічною проблемою є стічні води, що містять значну кількість мікроорганізмів і органічних речовин, що не встигають самоочищатися.

Санітарно-гігієнічна якість води оцінюється різними способами. Частіше визначають *колі-титр* і *колі-індекс*, а також *загальну кількість мікроорганізмів* у мл води. *Колі-індекс* – кількість *E.coli* (кишкової палички) в одному літрі, *колі-титр* – найменший об'єм води, у якому виявляється одна клітина кишкової палички. Санітарно-епідеміологічні показники мікроорганізмів в різних об'єктах вивчає санітарна мікробіологія. До числа її *основних принципів* можна віднести індикацію (виявлення) патогенів у об'єктах навколишнього середовища, до *непрямих методів* – виявлення санітарно-показових мікроорганізмів, визначення загального мікробного числа (ЗМЧ).

Вода має істотне значення в епідеміології кишкових інфекцій. Їхні збудники можуть потрапляти з випорожненнями в зовнішнє середовище (ґрунт), зі стічними водами – у водойми й у деяких випадках – у водогінну мережу.

2. Мікрофлора повітря

Повітря як середовище проживання менш сприятливе, ніж ґрунт і вода – мало живильних речовин, сонячні промені, висушування. Головним джерелом забруднення повітря мікроорганізмами є ґрунт, менше – вода. У видовому відношенні переважають коки (у т.ч. сарцини), спорові бактерії, гриби, актиноміцети. Особливе значення має мікрофлора закритих приміщень (накопичується при виділенні через дихальні шляхи людини). Повітряно-краплинним шляхом (за рахунок утворення стійких аерозолів) поширюються багато респіраторних інфекцій (грип, коклюш, дифтерія, кір, туберкульоз і ін.). Мікробіологічна чистота повітря має велике значення в лікарняних умовах (особливо – операційні й інші хірургічні відділення).

3. Мікрофлора ґрунту

Ґрунт є основним місцем проживання мікробів. Видовий склад мікрофлори складається з багатьох тисяч видів бактерій, грибів, найпростіших і вірусів. Кількість мікробів залежить від складу ґрунтів і ряду інших факторів. У одному грамі орного ґрунту може знаходитись до 10 млрд. мікроорганізмів. Серед них *сапрофіти* («гнила рослина»), тобто мікроорганізми, що живуть за рахунок мертвих органічних субстратів. У процесі самоочищення ґрунту й кругообігу речовин беруть участь нітрифікатори, азотфіксатори, денитрифікатори й інші групи мікроорганізмів.

Патогенні мікроорганізми попадають у ґрунт із біовиділеннями людей і тварин (калом, сечею, мокротинням, слиною, гноєм, потом тощо), а також із трупами. Довше всього в ґрунті зберігаються спорові патогенні мікроорганізми – *збудники сибірської виразки, правця, газової гангрени, ботулізму*, що визначає епідемічне значення ґрунту при цих інфекціях. Збудники *сапронозів* можуть автономно жити в ґрунті й воді й бути пов'язаними із ґрунтовими й водними організмами, тобто це природне середовище проживання для них – основний резервуар збудників. Ґрунт і вода у випадку сапронозів виступає в якості джерела зараження тварин і людей.

4. Взаємини мікроорганізмів з рослинами

Мікрофлора ризосфери. Рослини є гарним середовищем для проживання мікроорганізмів. Коренева система й наземні органи рослин рясно населені мікроорганізмами. Мікрофлору зони кореня прийнято підрозділяти на мікрофлору ризоплану – мікроорганізми, що безпосередньо поселяються на поверхні кореня, і мікрофлору ризосфери – мікроорганізми, що населяють область ґрунту, що прилягає до кореня. Чисельність мікроорганізмів у ризоплані й ризосфері в сотні й навіть тисячі разів перевищує їх чисельність у звичайному ґрунті.

На чисельність і груповий склад мікрофлори ризоплану й ризосфери впливає тип ґрунту, кліматичні умови, характер рослинного покриву й стадія розвитку рослин. Як правило, у динаміці чисельності мікроорганізмів ризоплану й ризосфери спостерігаються два максимуми: перший припадає на *фазу кущіння рослин*, другий – на *фазу цвітіння й початок плодоносіння*. Домінують неспорові бактерії роду *Pseudomonas* і деякі мікроскопічні гриби, бацили, актиноміцети, целюлозоруйнівні бактерії, мікобактерії. Процеси трансформації речовин у ризосфері обумовлюють нагромадження в ній елементів мінерального живлення рослин. Кислоти, що виділяються бактеріями, сприяють розчиненню й засвоєнню рослинами важкодоступних з'єднань, таких, як фосфати кальцію, силікати калію й магнію. Синтезовані мікроорганізмами вітаміни (тіамін, вітамін В₁₂, піридоксин, рибофлавін, пантотенова кислота тощо) і ростові речовини (гіберелін, гетероауксин) виявляють стимулюючу дію на ростові процеси рослин. Багато сапрофітних

бактерій ризосфери є антагоністами фітопатогенних мікробів і виконують роль санітарів у ґрунті.

Епіфітна мікрофлора рослин. Мікроорганізми, що розвиваються на поверхні стебел і листя рослин, одержали назву *епіфітної* мікрофлори. Склад *епіфітної* мікрофлори досить специфічний. Більшість становлять бактерії *Erwinia herbicola*. Друге місце за чисельністю займають різні гриби (*Penicillium*, *Mucor*, *Fusarium* і ін.). На поверхні багатьох тропічних рослин виявлені азотфіксувальні бактерії роду *Beijerinckia*, що постачають азот безпосередньо в листя.

Різноманітна й рясна мікрофлора на поверхні насіння. До складу мікрофлори насіння обов'язково входять неспоріві бактерії *Pseudomonas*, *Arthrobacter* і *Flavobacterium*, дріжджі *Candida*, *Rhodotorula*, *Cryptococcus*, а також гриби *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Mucor* тощо. Розвиток мікроорганізмів на поверхні зерна значною мірою залежить від вологості й температури.

Вважають, що епіфітна мікрофлора утворює певний біологічний бар'єр, що перешкоджає зараженню рослинних тканин фітопатогенними мікробами.

Фітопатогенна мікрофлора. Перше місце серед фітопатогенних мікробів належить грибам, друге місце займають віруси й бактерії й лише невеликий відсоток хвороб рослин викликають актиноміцети. Фітопатогенні мікроорганізми активно синтезують гідролітичні ферменти (пектинази, целюлази, протеази й ін.), які викликають мацерацію рослинних тканин і руйнування клітинних оболонок, що призводить до проникнення збудника хвороби усередину клітини, порушують обмін, отруюють токсинами, що призводить її до загибелі. Джерелами зараження рослин фітопатогенними мікроорганізмами слугує ґрунт, вода й багато комах. Найбільшу небезпеку представляють інфікований насінний матеріал і залишки хворих рослин у ґрунті.

5. Мікрофлора людини і її значення

Дитина розвивається в організмі матері в нормі в стерильних умовах. Формування нової екологічної системи «організм людини + її мікрофлора» починається в момент народження, причому основою її є мікрофлора матері й навколишнього зовнішнього середовища (насамперед повітря). Протягом короткого часу шкіряні покриви й слизові оболонки, що контактують із зовнішнім середовищем, заселяються різноманітними мікроорганізмами. У формуванні мікрофлори дітей першого року (головним чином – біфідобактерії й лактобактерії) істотну роль має природне (грудне) вигодовування.

Нормальна мікрофлора людини й тварин. Сукупність мікроорганізмів, що пристосувалися до життя в організмі людини й тварин і не викликають яких-небудь порушень фізіологічних функцій макроорганізму, має назву *нормальної мікрофлори*.

Нормальну мікрофлору людини й тварин підрозділяють на *облігатну* й *факультативну*. До облігатної мікрофлори належать відносно постійні сапрофітні й умовно-патогенні мікроорганізми, максимально пристосовані до існування в організмі хазяїна. Факультативна мікрофлора є випадковою й тимчасовою. Вона визначається потраплянням мікроорганізмів з навколишнього середовища, а також станом імунної системи макроорганізму.

Нормальна мікрофлора шкіри.

Найбільш заселені мікроорганізмами місця, захищені від дії світла й висихання – шкіра відкритих частин тіла – рук, лиця, шиї. Субстратом для харчування бактерій на поверхні шкіри слугують виділення потових і сальних залоз, клітини епітелію, що відмирають. Основна маса мікроорганізмів шкіри представлена сапрофітними бактеріями – стафілококами, бацилами, мікобактеріями, коринебактеріями й дріжджовими грибами, і тільки в 5 % аналізів виділяється умовно-патогенний мікроб – *золотистий стафілокок*.

Найбільш постійний склад мікрофлори в області сально-волосяних фолікулів. Найчастіше виявляють *Staphylococcus epidermidis* і *S. saprophyticus*, гриби роду *Candida*, рідше – дифтероїди й мікрококи. Виявлення при санітарно-бактеріологічних аналізах на поверхні шкіри *Escherichia coli* свідчить про забруднення її фекаліями.

Мікрофлора дихальних шляхів.

З навколишнього повітря надходить маса мікробів. Більша частина мікроорганізмів затримується у верхніх дихальних шляхах. Слизисті оболонки гортані, трахеї, бронхів і альвеоли здорової людини не містять мікроорганізмів. У складі мікрофлори верхніх дихальних шляхів утримуються відносно постійні мікроби, представлені стафілококами, коринебактеріями, стрептококами, бактероїдами, капсульними грамнегативними бактеріями й ін. Крім бактерій у верхніх дихальних шляхах протягом тривалого часу в латентному стані можуть перебувати деякі віруси, зокрема, аденовіруси.

Мікрофлора сечостатевого тракту.

Мікробний біоценоз убогий, верхні відділи звичайно стерильні. У піхві здорової жінки переважають молочнокислі палички Додерлейна (лактобактерії), що створюють кислу рН, що пригнічує грамнегативних бактерій і стафілококів та дифтероїдів. Існує баланс між лактобактеріями з одного боку й гарднерелами й анаеробами з іншої.

Мікрофлора ротової порожнини й шлунково-кишкового тракту.

Постійними мешканцями *ротової порожнини* є стрептококи, лактобацили, коринебактерії, бактероїди, а також дріжджові гриби, актиноміцети, мікоплазми й найпростіші. До факультативних мешканців належать ентеробактерії, спорові бактерії й синегнійна паличка. Наявність *Escherichia coli* є показником несприятливого стану ротової порожнини.

Головну роль у підтримці якісного й кількісного складу мікроорганізмів у ротовій порожнині відіграє слина, що містить різні ферменти, що володіють антибактеріальною активністю.

Найбільше активно бактерії заселяють *шлунково-кишковий тракт*. При цьому колонізація здійснюється чітко «за поверхнями». У шлунку з кислою реакцією середовища й верхніх відділів тонкої кишки кількість мікроорганізмів не перевищує 1000 у мл, частіше виявляють лактобацили, ентерококи, дріжджі, біфідобактерії, *E.coli*. Іноді в шлунку в незначній кількості зустрічаються *Sarcina ventriculi*, *Bacillus subtilis* і деякі дріжджі.

У тонкому кишечнику живе порівняно мало бактерій (10^2 – 10^3), переважно аеробні форми. Зате в товстому кишечнику є колосальна кількість мікробів, що включають більш 260 різних видів факультативних і облигатних анаеробів. Мікрофлора товстого кишечника найбільш стабільна й різноманітна. Це резервуар бактерій усього організму – загальна біомаса мікробів може досягати 1,5 кг. Основними мешканцями товстого кишечника є бактероїди, біфідобактерії, фекальний стрептокок, кишкова паличка, молочнокислі бактерії. Останні в кишечнику виступають у ролі антагоністів гнильної мікрофлори й деяких патогенних мікробів. Домінуючою групою в нормі є неспорові анаеробні бактерії (бактероїди, біфідобактерії) – до 99 %. Виділяють *мукозную (пристінкову)* і *просвітну* мікрофлору. Пристінкова мікрофлора забезпечує *колонізаційну резистентність* кишечнику, що відіграє важливу роль у попередженні (у нормі) і в розвитку (при патології) екзо- і ендогенних інфекційних захворювань.

Нормальна мікрофлора в організмі людини й тварин відіграє важливу роль у формуванні природного імунітету. Облігатні мікроорганізми, що продукують речовини типу антибіотиків, молочну кислоту, спирти, пероксид водню й інші сполуки, мають яскраво виражені антагоністичні властивості щодо багатьох патогенних бактерій. Якісні й кількісні порушення в складі мікробної флори в організмі людини одержали назву *дисбактеріозу*. Найчастіше *дисбактеріоз* супроводжується збільшенням факультативно-

анаеробної або залишкової мікрофлори (грамнегативних паличок – кишкової палички, протей, псевдомонад), стафілококів, грибів роду *Candida*. Ці мікроорганізми, як правило, стійкі до антибіотиків і при пригніченні нормальної флори антибіотиками й зниженні природної резистентності одержують можливість безперешкодно розмножуватися. Дисбактеріоз виникає найчастіше в **результаті** тривалого приймання антибіотиків, а також при хронічних інфекціях, радіації й дії екстремальних факторів. Розвиток дисбактеріозу пояснюється пригніченням облигатної мікрофлори макроорганізму.

Найбільш важкі форми дисбактеріозів – стафілококові пневмонії, коліти й сепсис, кандидомікози, псевдомембранозний коліт, що викликається *Clostridium difficile*.

Для лікування застосовують біопрепарати, що відновлюють нормальну мікрофлору – *еубіотики* – колібактерин (використовують спеціальний штам *E.coli*, антагоніст шигел), лактобактерин, біфідумбактерин, біфікол, бактисубтил і інші, а також спеціальні бактеріофаги.

Нормальна мікрофлора й особливо мікрофлора товстого кишечника впливає на організм. Основні її функції:

- захисна (антагонізм до інших, у тому числі патогенних мікробів);
- імуностимульовальна (антигени мікроорганізмів стимулюють розвиток лімфоїдної тканини);
- травна (насамперед обмін холестерину й жовчних кислот);
- метаболічна (синтез вітамінів групи В – В1,2,6,12, ДО, нікотинової, пантотенової, фолієвої кислот).

Патогенні мікроорганізми. Патогенними (від грец. *patos* – хвороба) називаються мікроорганізми, здатні викликати захворювання людини, тварин і рослин.

Ступінь патогенності виражається *вірулентністю* бактерій, вимірюваної умовно прийнятою одиницею DLM (*Dosis letalis minima* – мінімальна летальна доза). Одна DLM дорівнює найменшій кількості бактерій, здатних викликати протягом певного часу загибель не менш ніж 80-95 % лабораторних тварин.

Вірулентність пов'язана з утвором *екзо-* і *ендотоксинів*, здатністю до *інвазії* (проникненню в організм хазяїна), формуванням капсульного слизу, а також виділенням *агресинів* (речовин, що пригнічують захисні сили організму).

Впровадження патогенних мікробів, що порушують фізіологічну рівновагу й фізіологічні функції організму, приводить до розвитку *інфекції*. Загальними найбільш типовими ознаками інфекції є запалення, лихоманка, ураження нервової системи, порушення серцево-судинної й дихальної функцій, а при деяких захворюваннях поява висипу на шкірі. У ході інфекційного процесу збудники з первинного вогнища можуть надходити в кров і розноситися по всьому організму, що призводить до розвитку *сепсису*. При сприятливому плінні інфекційний процес закінчується видужанням.