Лекція: Будова прокаріотичної клітини. Морфологія мікроорганізмів. Віруси: будова, класифікація

Навчальна дисципліна: Сільськогосподарська мікробіологія

Спеціальність: Агрономія

Орієнтовна тривалість: 2 академічні години

Мета лекції

Розглянути будову прокаріотичної клітини та форми бактерій, з’ясувати, як умови довкілля впливають на їхній ріст, і пояснити будову вірусів та основні підходи до їх класифікації. Особливу увагу приділено структурам і процесам, важливим для мікроорганізмів ґрунту й рослин.

План

1. Склад і будова клітинних стінок, цитоплазми.
2. Ядерний апарат. Включення.
3. Фімбрії і пілі.
4. Цисти і ендоспори бактерій.
5. Вплив факторів середовища на ріст та розвиток бактерій.
6. Віруси. Основні принципи класифікації.

Вступ

Прокаріоти — бактерії й археї — не мають оформленого ядра та мембранних органел, властивих еукаріотичним клітинам. Незважаючи на простішу клітинну організацію, вони різняться за формою, живленням, рухливістю, стійкістю до умов довкілля та впливом на рослини й ґрунт.

Для агронома важливо розуміти, як будова клітинної оболонки впливає на властивості бактерій, чому одні з них утворюють стійкі спори, а інші швидко розвиваються за сприятливих умов, і як віруси уражають сільськогосподарські рослини.

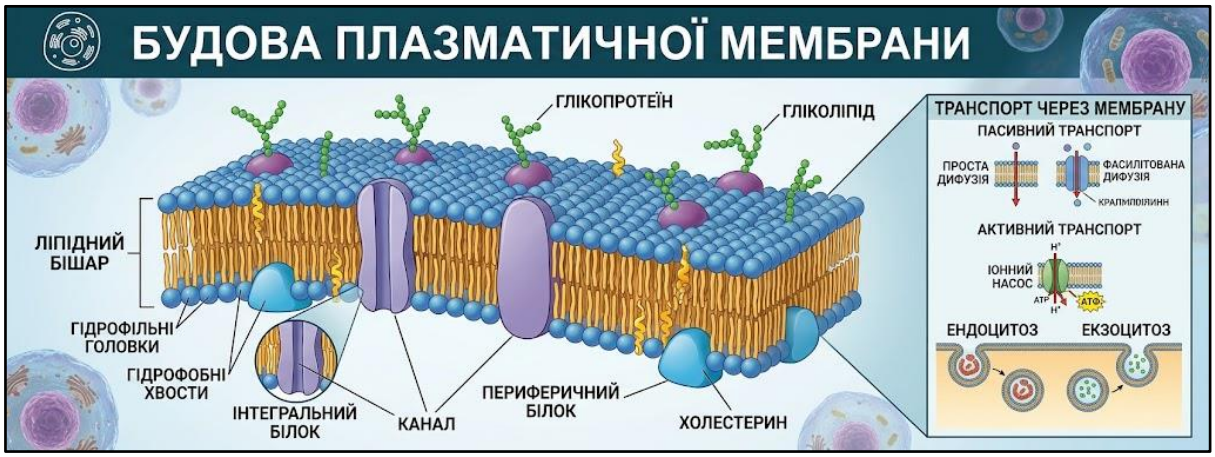
1. Склад і будова клітинної оболонки та цитоплазми

1.1. Клітинна оболонка

Клітинна оболонка бактерії складається з плазматичної мембрани, а в більшості бактерій — також із клітинної стінки. Зовні можуть розташовуватися капсула або слизовий шар.

Плазматична мембрана

Плазматична мембрана відмежовує цитоплазму від середовища та регулює транспорт речовин. У прокаріотів вона також виконує важливі енергетичні функції, зокрема бере участь у процесах клітинного дихання.



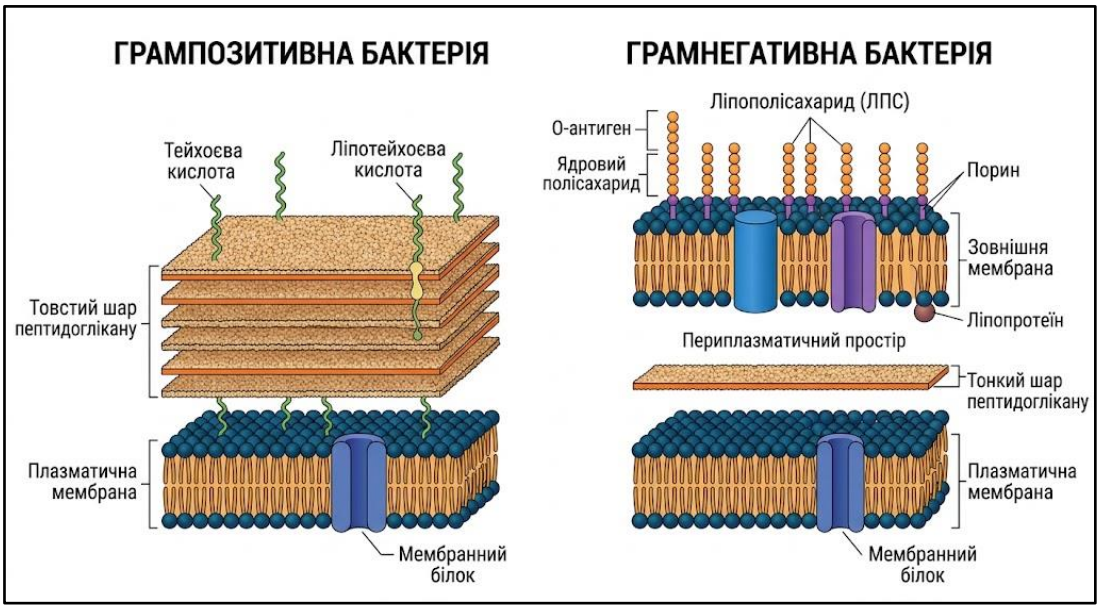
Клітинна стінка

Клітинна стінка надає клітині форму й допомагає захищати її від осмотичного руйнування. У багатьох бактерій її основою є пептидоглікан — сітчастий полімер із цукрових ланцюгів, з’єднаних короткими пептидами.

За будовою оболонки бактерії традиційно поділяють на грампозитивні й грамнегативні.

- Грампозитивні бактерії мають товстий шар пептидоглікану й зазвичай забарвлюються за Грамом у фіолетовий колір. Їхня клітинна стінка може містити тейхоєві кислоти.

- Грамнегативні бактерії мають тонший шар пептидоглікану та додаткову зовнішню мембрану. У зовнішній мембрані містяться ліпополісахариди. Після забарвлення за Грамом такі бактерії зазвичай мають рожеве або червоне забарвлення.



Ці характеристики описують поширені типи бактеріальної оболонки; існують бактерії з іншою будовою. Наприклад, мікоплазми не мають клітинної стінки з пептидоглікану.

Капсула і слизовий шар

Деякі бактерії утворюють зовнішній шар із полісахаридів або білків. Якщо він чітко організований і тісно пов’язаний із клітиною, його називають капсулою; менш упорядкований шар часто називають слизовим.

Ці структури можуть допомагати бактеріям прикріплюватися до поверхонь, утримувати вологу й захищатися від несприятливих впливів. У ґрунті прикріплення до частинок і коренів рослин може бути важливим для формування мікробних угруповань.

1.2. Цитоплазма

Цитоплазма — внутрішнє середовище клітини, у якому містяться ферменти, рибосоми, нуклеоїд та інші компоненти. Бактеріальні рибосоми типу 70S беруть участь у синтезі білків.

Цитоплазма не поділена мембранами на численні відсіки, як у еукаріотичній клітині. Водночас вона має складну організацію: у ній відбуваються численні реакції обміну речовин, копіювання ДНК і синтез молекул, потрібних для росту.

2. Ядерний апарат і цитоплазматичні включення

2.1. Нуклеоїд

У прокаріотів немає ядра, відокремленого ядерною мембраною. Основна частина ДНК зосереджена в ділянці цитоплазми, що називається нуклеоїдом. У багатьох бактерій основний геном представлений кільцевою молекулою ДНК, але трапляються й інші варіанти організації генетичного матеріалу.

У клітині можуть бути також плазміди — невеликі молекули ДНК, які реплікуються окремо від основного геному. Вони можуть нести гени, що надають бактерії певні властивості, наприклад здатність використовувати конкретні речовини або стійкість до окремих чинників середовища.

2.2. Включення

Цитоплазматичні включення — це структури або накопичення речовин, що виконують запасальну чи іншу функцію. Залежно від виду, бактерії можуть накопичувати:

- глікоген або інші вуглеводи;
- ліпіди;
- поліфосфати;
- сполуки сірки;
- газові вакуолі, що впливають на плавучість окремих бактерій.

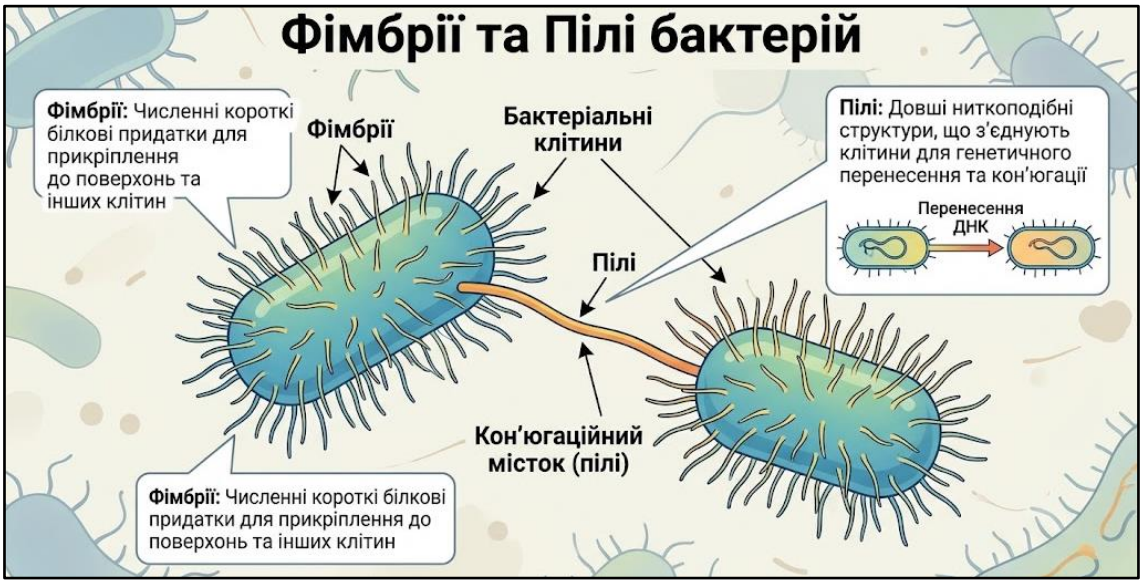
Склад включень може змінюватися залежно від забезпеченості поживними речовинами й умов довкілля. Тому їхня наявність іноді допомагає розпізнати групу бактерій або зрозуміти стан культури.

3. Фімбрії та пілі

Фімбрії — численні короткі білкові вирости на поверхні деяких бактерій. Вони допомагають клітинам прикріплюватися до інших клітин або поверхонь.

Пілі — ниткоподібні структури, які в деяких бактерій беруть участь у контакті між клітинами та перенесенні генетичного матеріалу. Особливу роль у кон'югації відіграють так звані статеві пілі.

У навчальних матеріалах терміни «фімбрії» та «пілі» іноді вживають як близькі за значенням. Проте функції таких структур можуть відрізнятися: короткі прикріплювальні вирости зазвичай називають фімбріями, а довші структури, залучені до контакту клітин і перенесення ДНК, — пілі. У конкретних бактерій будова й функції цих виростів можуть мати особливості.



У ґрунтовому середовищі прикріплення до коренів і частинок ґрунту допомагає бактеріям утримуватися в певній ділянці та взаємодіяти з рослиною. Утім, прикріплення є лише одним із багатьох чинників, що визначають успішне заселення кореня.

4. Цисти й ендоспори бактерій

Цисти й ендоспори можуть підвищувати здатність певних бактерій переживати несприятливі умови, але вони відрізняються за будовою та способом утворення. Вони не є універсальною властивістю всіх бактерій.

4.1. Цисти

Циста — це особлива форма клітини, оточена щільнішим захисним шаром. Цисти утворюють окремі бактерії, зокрема деякі азотфіксувальні ґрунтові бактерії. Вони стійкіші до висихання та інших несприятливих умов, ніж активні вегетативні клітини.

4.2. Ендоспори

Ендоспори утворюють окремі групи бактерій, наприклад представники родів Bacillus і Clostridium. Це внутрішньоклітинні структури з високою стійкістю до низки несприятливих чинників, зокрема висихання, нагрівання й деяких хімічних впливів. Стійкість залежить від виду й умов.

Під час спороутворення всередині клітини формується спорова структура, яка згодом дозріває та може вивільнитися. За сприятливих умов ендоспора проростає й дає початок вегетативній клітині.

Ендоспора — це форма виживання, а не спосіб розмноження. Одна клітина формує одну ендоспору, яка за сприятливих умов проростає в одну вегетативну клітину. Збільшення кількості бактерій відбувається переважно завдяки поділу клітин.

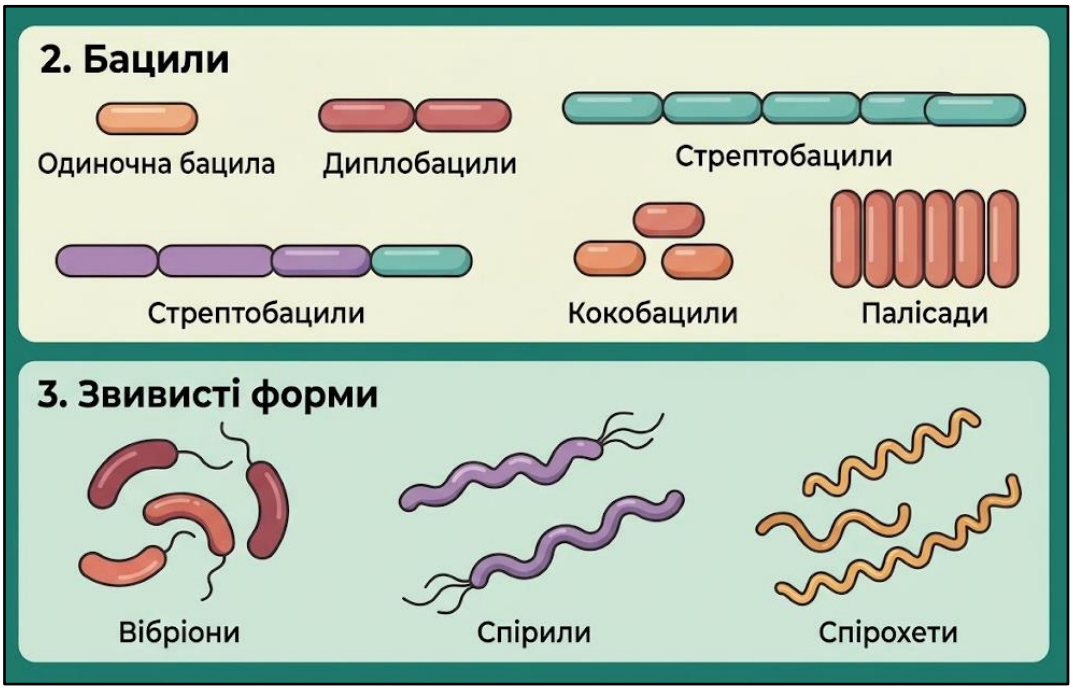
5. Морфологія бактерій

Морфологія вивчає форму й будову мікроорганізмів. Бактерії можуть мати різну форму:

- коки — кулясті клітини;
- бацили — паличкоподібні клітини;
- вібріони — зігнуті, комоподібні клітини;
- спіральні форми — звивисті клітини різного ступеня закручення.



Клітини можуть розташовуватися поодинці, парами, ланцюжками чи скупченнями. Наприклад, після поділу коки можуть залишатися парами або утворювати ланцюжки. Морфологію використовують для первинної характеристики культури, але для точної ідентифікації її поєднують з іншими ознаками.



6. Вплив факторів середовища на ріст і розвиток бактерій

Ріст бактерій залежить від того, чи отримують вони достатньо води й поживних речовин, чи відповідають умови температури, кислотності та газового середовища їхнім потребам.

Температура

Для кожного виду характерні мінімальна, оптимальна й максимальна температури росту. За температури, близької до оптимальної, клітини зазвичай ростуть найшвидше. Низька температура сповільнює обмін речовин, а надмірно висока може пошкоджувати білки й мембрани.

У ґрунті температура змінюється протягом доби та сезону, тому активність мікроорганізмів може змінюватися навіть у межах одного поля.

Вологість і доступність води

Вода потрібна для транспорту речовин і перебігу метаболічних реакцій. За нестачі доступної води ріст більшості бактерій сповільнюється. Важливо враховувати не лише загальну кількість води, а й те, наскільки вона доступна клітинам.

Кислотність середовища

Кислотність ґрунту впливає на ріст бактерій і доступність поживних елементів. Різні види мають різні діапазони переносимого pH. Тому зміна кислотності ґрунту може змінити склад мікробної спільноти та активність окремих процесів.

Кисень

За потребою в кисні бактерії поділяють на:

- облігатно аеробні — потребують кисню;
- облігатно анаеробні — ростуть без кисню, який для них може бути шкідливим;
- факультативно анаеробні — здатні рости як за наявності, так і за відсутності кисню;
- мікроаерофільні — потребують кисню в нижчій концентрації, ніж у повітрі.

У ґрунті доступ кисню залежить, зокрема, від структури, ущільнення, вологості та дренування.

Поживні речовини та засолення

Для росту клітинам потрібні джерела вуглецю, азоту, фосфору, сірки та інших елементів. Склад доступних речовин впливає на те, які саме мікроорганізми можуть активно розмножуватися.

Підвищена концентрація солей у середовищі створює осмотичний стрес і може обмежувати ріст чутливих бактерій. Водночас окремі види пристосовані до солоних умов.

Токсичні речовини та біотичні взаємодії

Ріст можуть пригнічувати токсичні сполуки, важкі метали, деякі пестициди та антимікробні речовини. На бактерії також впливають інші організми: конкуренти, хижаки, гриби й віруси бактерій — бактеріофаги.

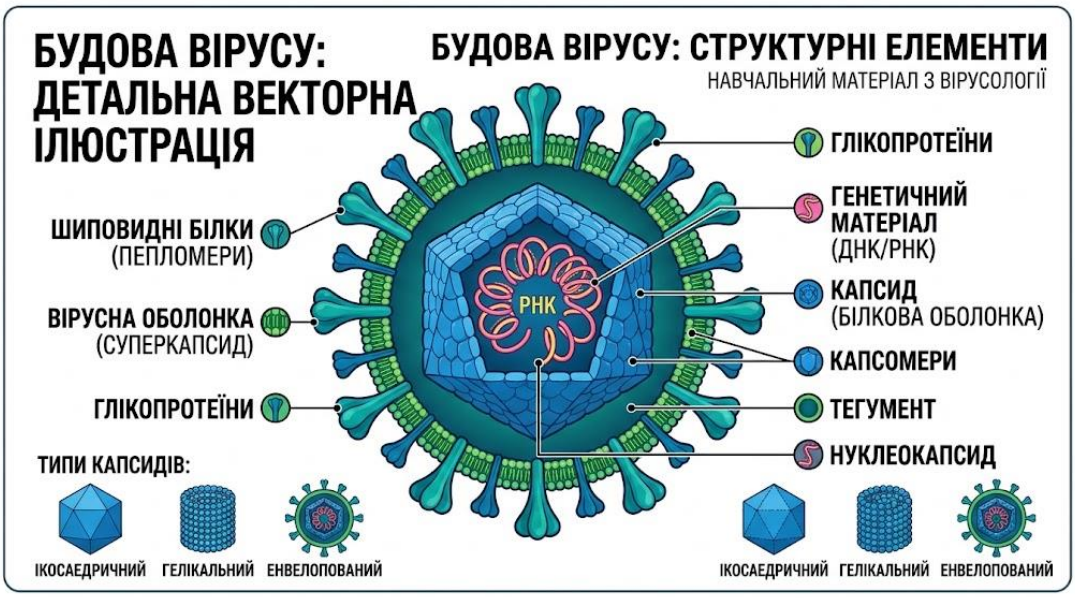
У сільському господарстві ці фактори діють одночасно. Наприклад, надлишок води може зменшити доступ кисню в ґрунті, а зміна pH — вплинути на доступність поживних елементів і склад мікробної спільноти.

7. Віруси: будова та основні принципи класифікації

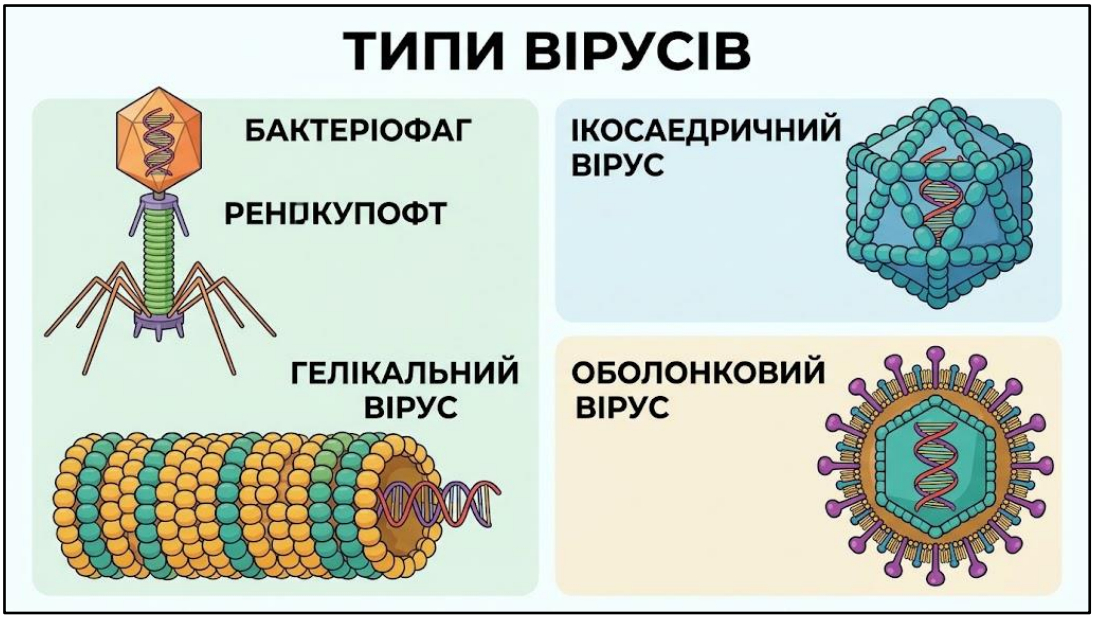
7.1. Загальна будова

Вірус — неклітинний інфекційний агент. Вірусна частинка, або віріон, містить генетичний матеріал — ДНК або РНК — та білкову оболонку, яку називають капсидом. У деяких вірусів є зовнішня ліпідна оболонка.

Віруси не мають власної системи синтезу білка й не розмножуються поділом. Для утворення нових вірусних частинок вони використовують клітину-хазяїна.



За симетрією капсида розрізняють, зокрема, спіральні та ікосаедричні форми. Частинки деяких вірусів бактерій мають складну будову, що включає головку й хвостовий апарат.



7.2. Віруси рослин і агрономічне значення

Віруси рослин можуть уражати різні культури та спричиняти мозаїчність, деформації, затримку росту, некрози й зменшення врожайності. Передавання відбувається різними шляхами: через комах-переносників, насіння, пилок, контакт між рослинами, заражений посадковий матеріал або інші організми.

Наприклад, представники родини Potyviridae мають ниткоподібні частинки й одноланцюговий позитивно-спрямований РНК-геном. До цієї родини належать віруси, важливі для рослинництва, зокрема вірус Y картоплі. ICTV Report: родина Potyviridae



7.3. Основні принципи класифікації вірусів

Класифікація враховує сукупність властивостей вірусу:

- тип і структуру геному;
- будову та форму вірусної частинки;
- наявність або відсутність оболонки;
- спосіб експресії генів і реплікації;
- коло господарів;
- генетичну подібність і філогенетичні зв’язки.

Міжнародну таксономію вірусів розробляє Міжнародний комітет з таксономії вірусів — ICTV. Для актуальних назв і рангів таксонів використовують його офіційний таксономічний браузер і список видів. ICTV зазначає, що для розмежування таксонів використовують різні характеристики, зокрема геном, будову капсида, коло господарів і послідовності геному. ICTV: принципи класифікації, поточна класифікація ICTV

7.4. Класифікація за Балтимором

Окрім офіційної таксономії ICTV, у навчанні часто використовують класифікацію за Балтимором. Вона групує віруси за типом геному та шляхом, яким вірус утворює матричну РНК для синтезу білків. Це функціональна схема, що пояснює стратегії реплікації; вона не замінює таксономічну класифікацію ICTV.

До семи груп Балтимора належать віруси з:

1. дволанцюговою ДНК;
2. одноланцюговою ДНК;
3. дволанцюговою РНК;
4. позитивно-спрямованою одноланцюговою РНК;
5. негативно-спрямованою одноланцюговою РНК;
6. одноланцюговою РНК із проміжною стадією зворотної транскрипції;
7. дволанцюговою ДНК із проміжною стадією зворотної транскрипції.

Для агрономічного курсу корисно розрізняти два запитання: «До якого таксону належить вірус?» — це питання таксономії ICTV; «Як вірус відтворює свій геном і утворює матричну РНК?» — на нього допомагає відповісти класифікація за Балтимором.

Висновки

1. Бактеріальна клітина має плазматичну мембрану, цитоплазму, нуклеоїд і рибосоми; у більшості бактерій є клітинна стінка.

2. Будова стінки, зокрема товщина пептидоглікану й наявність зовнішньої мембрани, лежить в основі відмінностей грампозитивних і грамнегативних бактерій.

3. Фімбрії й пілі — поверхневі вирости, пов’язані з прикріпленням або взаємодією клітин.

4. Цисти й ендоспори допомагають окремим бактеріям переживати несприятливі умови; ендоспори не є способом розмноження.

5. Ріст бактерій залежить від температури, вологи, pH, кисню, поживних речовин, солоності й взаємодій з іншими організмами.

6. Віруси — неклітинні агенти, що розмножуються лише в клітинах господаря. Їхню офіційну таксономію підтримує ICTV, а класифікація за Балтимором описує стратегії експресії геному.

Контрольні запитання

1. Які функції виконує клітинна стінка бактерії?

2. Чим відрізняються грампозитивні й грамнегативні бактерії?

3. Що таке нуклеоїд і чим він відрізняється від ядра еукаріотичної клітини?

4. Які функції можуть виконувати фімбрії та пілі?

5. Чому ендоспору вважають формою виживання, а не способом розмноження?

6. Які фактори довкілля впливають на ріст бактерій у ґрунті?

7. З яких основних компонентів складається вірусна частинка?

8. Чим класифікація ICTV відрізняється від класифікації за Балтимором?