

СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ БАКТЕРІАЛЬНОГО НАСЕЛЕННЯ РИБНИЦЬКИХ СТАВІВ

В.І. Щербак¹, Н.М. Пономаренко²

¹ Інститут гідробіології НАН України

² Інститут рибного господарства НААН України

Встановлено роль бактеріофлори у формуванні та трансформації потоків енергії на різних рівнях організації, розроблено схему структурної організації бактеріального населення екосистеми рибницьких ставів.

Нині у рибній галузі ведуться широкі дослідження щодо селекції, розведення, годівлі, генетики риб, гідрохімії та гідробіології, проте мало уваги приділяється водним мікроорганізмам, які є важливим біотичним компонентом рибницьких ставів. Мікроорганізми визначають направленість та інтенсивність енергетичних потоків та колообігу речовин між трофічними ланцюгами різних рівнів, кінцевою ланкою яких є рибна продукція. Їх найважливішими функціями є деструкція

та мінералізація завислих та розчинних органічних речовин, формування гідробіологічного режиму, велике значення вони мають в самоочищенні водойм. Бактерії беруть участь у харчових ланцюгах рибницьких ставів, є важливим джерелом живлення планктонних і донних безхребетних та більшості видів риб на ранніх стадіях онтогенезу та впливають на якість води. Схематично роль мікроорганізмів в процесі потоку енергії в екосистемах ставів представлено на рис. 1.

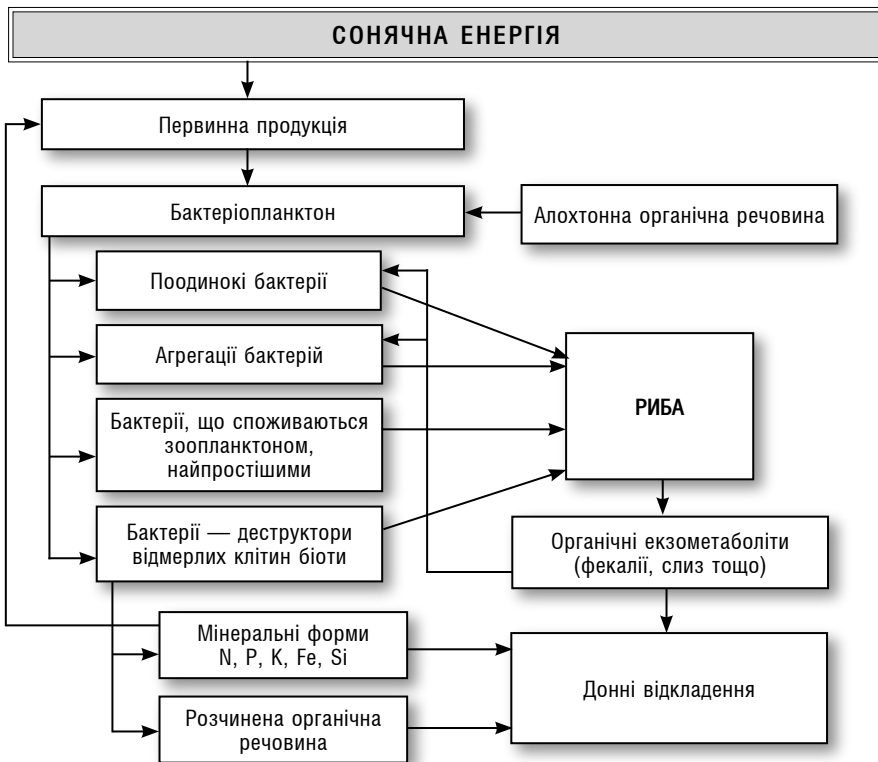


Рис. 1. Схема потоку енергії в екосистемах ставів

Водночас у рибництві відсутні дослідження, які визначають структурну організацію бактеріального населення рибницьких ставів та його роль у функціонуванні різних компонентів біоти.

Мета роботи — характеризувати структурну організацію бактеріального населення рибницьких ставів та його взаємозв'язки з іншими компонентами біоти на прикладі рибгоспу “Нивка”.

Інформаційний пошук літературних джерел, що характеризують структурну організацію бактеріального населення водних об'єктів, а також аналіз власних напрацювань з мікрофлори рибницьких ставів рибгоспу “Нивка” дозволили узагальнити існуючі нечисленні дані та розробити схему структурної організації бактеріального населення (рис. 2).

За біотопічною приуроченістю розрізняють такі екологічні групи бактерій: бактеріопланктон — мікроорганізми товщі води; бактеріобентос — бактеріальне населення дна водойм; бактеріоперифітон — мікроорганізми, що вегетують на твердих субстратах. Це сукупність мікроскопічних, одноклітинних та колоніальних бактерій, різних фізіологічних груп — азотфіксаторів, амоніфікаторів,

нітрифікаторів, денітрифікаторів, залізо- і сіркобактерій, сульфатредукуючих, амілолітичних тощо.

За морфологічною структурою мікрофлора водойм поділяється на мікроскопічні кулясті, паличкоподібні та звивисті форми бактерій. Коки мають форму кулі, в процесі поділу нові молоді клітини можуть зберігати між собою зв'язок, утворюючи асоціації кокових форм. Паличкоподібні мають форму циліндричних клітин, до групи звивистих форм відносять бактерії, що мають один чи декілька витків — вібріони та спірили [1].

При дослідженнях із внесенням пивної дробини [2] у вирощувальних ставах переважали кокові форми, незначну кількість займали паличкоподібні форми (рис. 3).

Бактеріопланктон при дослідженнях вирощувальних ставів рибгоспу “Нивка” при внесенні органічних добрив був представлений кулястими та паличкоподібними формами бактерій. Переважали кокові форми — 76–93%, паличкоподібні займали 7–24%, інші морфологічні групи — в незначній кількості. Переважання кокових форм бактерій у воді рибоводних ставів обґрунтовано А.Ф. Антипчук [3].



Рис. 2. Структурна організація бактеріального населення рибницьких ставів

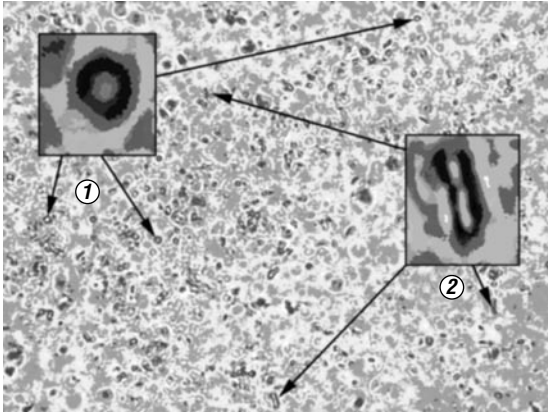


Рис. 3. Морфологічна структура бактеріофлори ставів: 1 — кокові форми; 2 — паличкоподібні форми

Трофічні групи бактерій представлені сапрофітними та гетеротрофними бактеріями. Останні є індикаторами наявності у воді легкодоступних органічних речовин. Сапрофітні бактерії мінералізують нестійкі органічні сполуки та розвиваються на мертвих органічних залишках [4].

Дослідження у вирощувальних ставах рибгоспу “Нивка” засвідчили, що показники чисельності та біомаси бактеріопланктону протягом вегетаційного сезону коливались в межах 1,70–6,31 млн кл./мл та 1,36–5,05 мг/дм³ відповідно. Середньосезонні показники чисельності були на рівні 3,04 млн кл./мл, біомаса — 2,45 мг/дм³.

Навесні кількісний розвиток бактеріопланктону перевищував показники, що відмічались у червні. Після внесення пивної дробини спостерігалось зниження цих показників, оскільки інтенсивно розвивався зоопланктон [5] і за рахунок виїдання абсолютні показники бактеріопланктону знизились на 30%. У серпні відбулось помітне збільшення розвитку бактеріопланктону — до 3,56 млн кл./мл. У вересні з накопиченням органічних речовин, відмиранням і розкладанням фітопланктону [5] чисельність бактеріопланктону значно зростає. Кількість гетеротрофних бактерій коливалась у межах 0,82–1,89 тис. кл./мл.

Форми існування мікроорганізмів різноманітні. Бактеріопланктон водної товщі представлений поодинокими клі-

тинами, що перебувають у завислому стані, та різноманітними агрегаціями.

Особливістю рибницьких ставів, багатих на органічні речовини, є те, що більша частина бактерій перебуває у агрегованому стані, це підвищує їх харчову цінність. Агрегації — це скупчення бактеріальної флори на часточках детриту та відмерлих рештках флори і фауни. Велика частина водоростей та безхребетних тварин після відмирання осідає на дно водойм і накопичується там у вигляді органічних залишків або детриту. Бактерії розкладають складні органічні речовини, азото- й вуглецевмісні сполуки відмерлих рослинних і тваринних решток, перетворюючи їх до сполук, які легко засвоюються водоростями та вищими рослинами. Мінералізуючи органічні рештки, бактерії повертають у кругообіг вуглець, азот і фосфор, які були витрачені на формування органічних речовин живих істот. Багато бактерій використовують для своєї життєдіяльності неорганічні сполуки N, P, K, Fe, Si тощо, окислюючи їх, вони одержують енергію для побудови свого тіла. Агрегації бактерій, що перебувають у завислому стані в товщі води та на дні ставів, можуть відігравати важливу роль у живленні більшості мирних видів риб, особливо в періоди нестачі основного корму. Накопичення у мертвій детритній масі живих бактеріальних клітин значною мірою відновлює втрачену поживну цінність цього мертвого органічного матеріалу [4].

Дослідження на базі рибгоспу “Нивка” показали, що навесні до внесення пивної дробини кількість агрегацій у полі зору становила від 1 до 5, які формувались від 5 до 80 клітин, а після внесення пивної дробини в полі зору спостерігалось 4–10 агрегацій із 5–360 клітинами. Ці показники восени зменшилися до 3–5 по 8–42 клітин у конгломераті. До внесення пивної дробини кількість бактерій у агрегованому стані становила 30–40%, після внесення — зросла до 60–80% у кінці вегетаційного періоду спостерігалось зниження до 40–50%, проте було вищим ніж до внесення добрив. У контролі кількість мікроорганізмів у

агрегатах за весь сезон тримається на рівні 20–50%.

Бактеріофлора водоростей. Для природних водоймищ між бактеріо- і фітопланктоном встановлено три типи співвідношень: синхронний розвиток; максимум бактерій при максимумі водоростей; максимум бактерій при мінімумі водоростей.

Найчастіше великій кількості водоростей відповідає і максимум мікробного населення. Причиною цього є поживні речовини, які накопичуються в зв'язку з посмертним аутолізом клітин водоростей, що використовуються бактеріями. За даними С.І. Кузнецова [6], у водній масі кількість бактерій, які зумовлюють аеробний розпад клітковини, дорівнює 1–40 кл. у 1 мл, але влітку, тобто в період масового відмирання фітопланктону, число їх зростає до кілька сотень (до 600 кл. у 1 мл води).

Водночас іноді спостерігається таке явище, коли максимальному розвитку фітопланктону відповідає незначна кількість бактерій, і навпаки [4].

Існують різні погляди на механізм інгібування водоростями розмноження бактерій: виділення водоростями в середовище антибіотичних речовин, негативний вплив на бактерії високих показників рН внаслідок інтенсивного фотосинтезу водоростей; конкуренція за органічні живильні речовини.

Під час інтенсивного фотосинтезу водоростей у воді швидко вичерпуються азот і фосфор, підвищується рН і збільшується концентрація кисню [7]. Взаємовідношення між бактеріями і водоростями у водоймах складаються таким чином: відмирання водоростей веде до масового розвитку бактерій, живі водорості є їх антагоністами, оскільки виділяють речовини типу антибіотиків і фітонцидів [8]. Поряд з іншими факторами на чисельність бактерій у воді впливає вміст водоростей, їх фізіологічний стан. При спільному розвитку водоростей і бактерій між ними за певних умов можуть виникати різні взаємовідношення: метабіоз — взаємний позитивний вплив, антагонізм — пригнічення водоростями бактерій або навпаки. Найчастіше спостерігається пригнічення водоростями бактерій, що розмножуються [4].

У рибоводних ставках взаємовідношення між бактеріями і водоростями формуються під впливом інтенсифікаційних заходів (кількість і частота внесення добрив, щільність посадки риби, співвідношення видів риби у полікультурі тощо) і можуть змінюватися протягом вегетаційного сезону. Динаміка чисельності бактеріопланктону відповідає ходу розвитку зелених водоростей або динаміці чисельності синьо-зелених водоростей [9].

Незалежно від типу цвітіння води, зумовленого масовим розвитком водоростей, встановлено, що між бактеріями і водоростями в ставках зазвичай є певна залежність. Наприклад, при домінуючій ролі синьо-зелених водоростей зв'язок між бактеріями і фітопланктоном зворотний; у разі переважання хлорококових водоростей — позитивний. Наявність негативного зв'язку між бактеріями і синьо-зеленими водоростями вказує на негативний вплив прижиттєвих виділень останніх на мікроорганізми [10].

Дослідження при внесенні пивної дробини у вирощувальні стави рибгоспу "Нівка" показали, що основу чисельності фітопланктону визначали синьо-зелені (70%) та зелені (29%) водорості, а біомасу — зелені (43–54%) та синьо-зелені (25–31%), пік розвитку припадав на серпень: чисельність — 1030,7 млн кл./дм³ а біомаса — 101,86 мг/дм³ [5]. Відповідно, порівнюючи з нашими даними за мікробіологічними показниками достатньо висока чисельність та біомаса фітопланктону відповідала достатньо високим показникам бактеріопланктону. Водночас пік розвитку бактеріопланктону припадає на вересень — 6,31 млн кл./мл та 5,05 мг/дм³, що є синхронним з початком відмирання фітопланктону, де чисельність і біомаса у вересні знизилась у 2–3 рази [5]. Це обумовлено тим, що при деструкції водоростевих клітин у водну товщу виділяється значна кількість розчиненої органічної речовини, що є енергетичним субстратом для ставової мікрофлори. Отже, вважаємо, що постлетальне надходження розчиненої органічної речовини водоростевого походження є важливим біотичним чинником, який визначає інтенсивність розвитку бактерій, особливо їх сезонну динаміку.

Бактеріофлора вищих водних рослин. Розпад макрофітів, починаючи з моменту їх відмирання, супроводжується різким підвищенням на їх поверхні бактерій, які зброджують цукор, крохмаль, клітковину, число бактерій зростає до сотень мільйонів на 1 г сухої рослинної маси [4]. Показано, що виділення органічних речовин у навколишнє середовище відбувається в результаті автолізу клітин, що відмирають [11]. Ці продукти значною мірою представлені азотистими сполуками і вони можуть служити поживними речовинами для розвитку бактерій.

Дослідження бактеріального обростання листків і стебел плаваючих та занурених рослин свідчать, що у рибоводних ставах бактерій у десятки і сотні разів більше ніж на ділянках відкритого плеса та у зоні заростей. Водночас на листках обстежених рослин мікроорганізмів більше ніж на стеблах та черешках, що є результатом засвоєння бактеріями прижиттєвих виділень макрофітів, а також детриту, що накопичується в зоні рослинності. За деякими даними, епіфітні бактерії порівняно з планктонними і бентичними активніше розкладають амінокислоти та деякі інші сполуки [12].

Бактеріофлора безхребетних. Бактерії, особливо в агрегованому стані, є кормом для безхребетних, їх споживають личинки комах, нижчі ракоподібні, коловертки тощо, тобто організми зоопланктону та зообентосу, які, як відомо, є основною поживою для багатьох видів риб. Є відомості [13], що вказують на різке зниження чисельності бактерій у ставках у зоні скупчення зоопланктону, на паралельний розвиток, конкурентні взаємовідносини мікроорганізмів і зоопланктону та відсутність зв'язків між цими групами гідробіонтів.

Статистичний аналіз результатів кількісного розвитку бактеріо- і зоопланктону в ставках із різним типом цвітіння [13] показав, що залежно від переважаючої тієї або іншої групи водоростей, що спричинює цвітіння, зв'язок між бактеріями і зоопланктоном істотно змінюється. Під час цвітіння, що зумовлюється інтенсивним розвитком синьо-зелених водоростей, зв'язок мікроорганізмів із гіллястовусими ракоподібними негативний, із коловертками — позитивний, із веслоноги-

ми — зв'язок не виявлений. У разі цвітіння через інтенсивний розвиток хлорококових водоростей зв'язок між бактеріями, гіллястовусими, веслоногими ракоподібними позитивний; між бактеріями і коловертками — негативний. Наявність негативного зв'язку між бактеріями і зоопланктоном вказує на споживання мікроорганізмів цими гідробіонтами. Позитивний кореляційний зв'язок свідчить про зниження пресу зоопланктону на мікроорганізми при інтенсивному розвитку синьо-зелених водоростей.

За нашими даними, отриманими на дослідному господарстві "Нивка" при застосуванні пивної дробини, у червні відбувається спад чисельності та біомаси бактеріопланктону до 1,70 млн кл./мл та 1,36 мг/дм³ відповідно, тобто спостерігається тенденція до зниження чисельності та біомаси бактеріофлори за рахунок виїдання зоопланктоном [5].

Бактеріофлора риб як складовий компонент харчового ресурсу в рибицьких ставах відіграє важливу роль у живленні риб, особливо на ранніх стадіях розвитку. Не менш важливим є те, що мікробне населення бере участь в оптимізації умов середовища існування риб, а саме у формуванні гідрологічного та газового режиму та в самоочищенні водойм, що врешті-решт визначає якість водного середовища [14]. Проте в ставах існують патогенні бактерії, які мають потенційну здатність викликати в організмі риб інфекційний процес. Але наявність лише мікробів-збудників у водному середовищі ставу недостатньо для виникнення хвороби, оскільки інфекційний процес виникає внаслідок взаємодії збудника хвороби з ослабленим організмом риби, що схильний до хвороби за певних умов зовнішнього середовища [15].

ВИСНОВКИ

Визначено, що бактеріофлора рибицьких ставів характеризується складною структурою: трофічні та екологічні групи бактерій, форми існування, морфологічна структура та бактерії симбіонти гідробіонтів, що вказує на важливу роль мікроорганізмів у функціонуванні рибицьких ставів. Встановлено роль мікроорганізмів у трансформації енергії в екосистемах ставів.

Характеристика структурної організації мікробного населення за аналізом та узагальненням власних досліджень дозволила розробити схему структурної організації бактеріального населення, що, в свою чергу, є фундаментом для оцінки мікробіологічних процесів у рибницьких ставах.

Бактеріопланктон характеризується складною структурною організацією, відіграє важливу роль у формуванні та трансформації потоків енергії на різні рівні організації, визначає якість води та впливає на рибопродуктивність рибницьких ставів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Утевский Н.Л.* Микробиология с техникой микробиологических исследований. — М.: Медицина, 1975. — 171 с.
2. *Пономаренко Н.М., Щербак В.И.* Відходи пивоварного виробництва у формуванні природної кормової бази аквакультури // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спец. вип. Гідроекологія, 2010. — № 2. — С. 405–408.
3. *Антипчук А.Ф.* О преобладании кокков в бактериопланктоне // Гидробиологический журнал. — 1975. — Т. XI, № 6. — С. 64–65.
4. *Дворецкий А.И., Семець Г.П., Базьоркіна С.О.* Водна мікробіологія. — Дніпропетровськ, 2000. — 91 с.
5. *Кражан С.А., Григоренко Т.В., Колос О.М., Коба С.А.* Гідрохімічний режим та природна кормова база вирощувальних ставів при застосуванні відходів пивоварного виробництва // Рибогосподарська наука. — 2009. — № 4. — С. 20–27.
6. *Кузнецов С.И.* Роль микроорганизмов в круговороте веществ в озерах. — Л.: Наука, 1952. — 300 с.
7. *Разумов А.С.* Взаимоотношения между сапрофитными бактериями и планктоном в водоемах // Вопросы санитарной бактериологии.— АМН СССР, 1948. — 160 с.
8. *Антипчук А.Ф., Кіреєва І.Ю.* Водна мікробіологія. — К.: Видавничий центр НАУ, 2003. — 224 с.
9. *Михеева И.В., Федоренко В.И., Михеев П.В.* Микробиологические процессы в интенсивно эксплуатируемых рыбоводных прудах. Структура функциональных сообществ микроорганизмов. — Новосибирск: Наука, 1986. — 247 с.
10. *Кузнецов С.И.* Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. — Л.: Наука, 1970. — 440 с.
11. *Кузнецов Е.А.* Бактериопланктон в экосистеме рыбоводных прудов с интенсивной поликультурой. — Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1979. — 24 с.
12. *Strzelczyk E., Mielczarek A.* Comparative studies on metabolic activity of planktonic, bentic and epiphytic bacteria // Hydrobiologia. — 1971. — 38, № 1. — P. 67–79.
13. *Родина А.Г.* Микроорганизмы и повышение рыбопродуктивности прудов. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1958. — 171 с.
14. *Щербак В.И., Пономаренко Н.М.* Екологічний стан та якість води вирощувальних ставів за бактеріологічними показниками при внесенні органічних удобрювачів // Таврійський науковий вісник. — Херсон, 2011. — Вип. 76. — С. 329–333.
15. *Щербина А.К.* Болезни рыб. — К.: Урожай, 1973. — 404 с.

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО НАСЕЛЕНИЯ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ

В.И. Щербак, Н.М. Пономаренко

Установлена роль бактериофлоры в формировании и трансформации потоков энергии на разные уровни организации, разработана схема структурной организации бактериального населения экосистемы рыбоводных прудов.

THE STRUCTURAL ORGANIZATION OF THE BACTERIAL POPULATION OF FISH PONDS

V. Scherbak, N. Ponomarenko

Found that role bakterioplankton in formation and transformation of streams of energy on different drop the organizations, and the scheme of the structural organization of the bacterial population of an ecosystem of fish ponds.