
ЕКОЛОГІЯ, ІХТІОЛОГІЯ ТА АКВАКУЛЬТУРА

ECOLOGY, ICHTHYOLOGY AND AQUACULTURE

УДК 639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.67>

СИНЕРГІЧНИЙ ЕФЕКТ МУЛЬТИТРОФНОСТІ МОДЕЛІ АКВАКУЛЬТУРИ ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНОГО СПРЯМУВАННЯ

Гончарова О.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри водних біоресурсів та аквакультури,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

*Основні результати науково-дослідних експериментів відображають аспекти технологічних рішень в аквакультурі з огляду на сучасні трансформації цілої низки абіотичних та біотичних чинників. Представлено основні результати дослідження функціонального статусу організму гідробіонтів. Зокрема, їх фізіологічних – біохімічних параметрів, адаптаційних можливостей на тлі активації певних ланок складних метаболічних процесів. Відмічено, що оптимізація технологічних аспектів забезпечить більш раціональне використання природного кормового ресурсу, трансформуючи його у якісні та кількісні параметри ведення галузі. Результати відображають, що в аквакультурі комбіновані системи є достатньо актуальними в умовах сучасних трансформацій технологічних рішень. Зроблено акценти на провідних екологічно-безпечних методах, розглянуто тенденції розвитку інноваційних напрямів мультитрофічної аквакультури. Представлено основні результати комплексної науково-дослідної роботи з вектором оптимізації технологічних рішень в українській аквакультурі. Найкращі показники досягаються при оптимізації умов годівлі з натуральними компонентами в раціоні. За технологічними умовами використання рециркуляційних систем з додатковим елементом – сонячною міні-панеллю та модульною системою аквапоніки. Дані науково-дослідної роботи відображають позитивні результати оптимізації виховання об'єктів аквакультури: коропа в полікультурі (*Syrprinus carpio*, *Hyporhthalmichthys hybrid*), тилляпії (флоридської червоної) та райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*).*

Використання спіруліни, чорної солдатки, науплії артемії в раціоні молоді риб у поєднанні з альтернативними джерелами енергії сприяють отриманню статусу екологічно безпечної продукції аквакультури. Модель мультитрофічної аквакультури демонструє високі параметри якісного та кількісного характеру культивування гідробіонтів. Можливість поєднання екстенсивної та інтенсивної технології забезпечує збільшення темпів росту гідробіонтів, раціональне використання ресурсів.

На прикладі модульного об'єкту молоді коропа в полікультурі встановлено покращення швидкості росту, коефіцієнта вгодованості, виживання, гістологічних показників, складу крові. Наведено результати аналізу впливу фактора підгодівлі на розвиток в онтогенезі коропа в полікультурі, його функціональний статус до та після зимівлі. Модель культивування демонструє підрощення в системі рециркуляції (РАС) молоді риби. Окремо представлені результати виховання тилляпії та райдужної форелі в рециркуляційній системі під впливом природних факторів підгодівлі, використання аквапоніки та альтернативних джерел енергії.

Ключові слова: еколого-фізіологічні параметри, тенденції розвитку, мультитрофічність, гідробіонти, ставки, РАС, аквакультура, інноваційність.

Honcharova O.V. Synergistic effect of multitrophicity of the ecologically safe aquaculture model

The main results of the research experiments reflect the aspects of technological solutions in aquaculture in view of the modern transformations of a number of abiotic and biotic factors. The main results of the study of the functional status of the aquatic organism are presented. In particular, their physiological and biochemical parameters, adaptive capabilities against the background of the activation of certain links of complex metabolic processes. It is noted that the optimization of technological aspects will ensure a more rational use of the natural feed resource, transforming it into qualitative and quantitative parameters of the industry. The results reflect that in aquaculture, combined systems are quite relevant in the conditions of modern transformations of technological solutions. Emphasis is placed on leading environmentally safe methods, and trends in the development of innovative directions of multitrophic aquaculture are considered. The main results of comprehensive research work with the vector of optimization of technological solutions in Ukrainian aquaculture are presented. The best indicators are achieved when optimizing feeding conditions with natural components in the diet. According to the technological conditions of using recirculating systems with an additional element – a solar mini-panel and a modular aquaponics system. The data of the research work reflect the positive results of optimizing the cultivation of aquaculture objects: carp in polyculture (*Cyprinus carpio*, *Hypophthalmichthys hybrid*), tilapia (Florida red) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

The use of spirulina, black soldier, *Artemia nauplii* in the diet of young fish in combination with alternative energy sources contribute to obtaining the status of environmentally safe aquaculture products. The multitrophic aquaculture model demonstrates high parameters of the qualitative and quantitative nature of the cultivation of aquatic organisms. The possibility of combining extensive and intensive technology ensures an increase in the growth rate of aquatic organisms, rational use of resources.

Using the example of a modular object of young carp in polyculture, an improvement in growth rate, fattening coefficient, survival, histological indicators, and blood composition was established. The results of the analysis of the influence of the feeding factor on the development of carp in polyculture ontogenesis, its functional status before and after wintering are presented. The cultivation model demonstrates the growth of young fish in the recirculation system (RAS). The results of growing tilapia and rainbow trout in the recirculation system under the influence of natural feeding factors, the use of aquaponics and alternative energy sources are presented separately.

Key words: ecological and physiological parameters, development trends, multitrophicity, hydrobionts, ponds, RAS, aquaculture, innovation.

Постановка проблеми. Європейські стратегії сталого розвитку аквакультури, охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсного потенціалу водних ресурсів спрямовані на корелятивний зв'язок якісних та кількісних параметрів галузі. Оптимізація технологічних аспектів є актуальним питанням з вектором підвищення рівня «екологічності» продукції аквакультури (FAO, 2024) [6]. Класичні форми ведення галузі, наприклад, використання ставків, передбачають збагачену кормову базу, яка також залежить від рибопродуктивності, коефіцієнта масонакопичення, конверсії кормів тощо. Натомість, при експлуатації РАС (рециркуляційних аквакультуральних систем), передбачається певне обмеження в раціонах гідробіонтів, оскільки вони отримуватимуть виключно компоненти, які будуть згодуватись у відповідності до обраного ЗГР. Тому актуальності набуває питання підгодівлі риб високобілковими компонентами, використання «зелених технологій» (зокрема, сонячних мікропанелей, генераторів альтернативних джерел енергії). На цьому тлі, для зарибнення акваторій стійкою молоддю, цінним та актуальним є метод додаткового підрощення молоді риб, підгодівля біологічно активними, природними компонентами [1, 7, 9].

Одним з відкритих питань традиційної аквакультури лишається годівля, пошук якісної сировини, кормового ресурсу, альтернативних джерел протеїну тощо. В такому контексті вибудова технологічної схеми, де підвищується раціональне

використання ресурсів, де наприклад, на одній із ніш будуть молюски, водорості здатні виконувати роль фільтраторів, абсорбувати надлишки речовин, ефективно перетворюючи їх на біомасу. Оптимізаційні заходи щодо підвищення сталості аквакультури, зниженні тиску на екосистему при діяльності галузі набувають особливої практичної цінності. Мультитрофічна система в аквакультурі займає значну увагу світових досліджень, оскільки вона розглядається як спосіб зробити аквакультуру більш стійкою та прибутковою [2, 3]. Сучасна, в тому числі і українська аквакультура передбачає використання рециркуляційних систем (РАС). Системи можуть поєднуватися в комплексі з іншими формами ведення галузі (наприклад, ставкове господарство). На цьому фоні введення природних компонентів до раціону риб представляє як науковий, так і практичний інтерес. При пошуку оптимізації технології аквакультури автори звертають увагу на фізіологічні показники, еколого-біологічні особливості гідробіонтів та специфіку метаболізму в їх організмі [7, 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові доробки авторів зорієнтовані на комплексні обґрунтування щодо перебігу та впливу різної природи чинників на трансформаційні процеси в акваторіях під кутом раціональної рибогосподарської експлуатації. В якості оптимізаційних заходів розглядається можливість використання водоростей при евтрофікації в забруднених районах, зменшення кількості шкідливих побічних продуктів при рибогосподарській діяльності [6, 10]. За тематикою роботи науково-практичні доробки авторів відображають в сучасному контексті актуальність розглядаємого питання та нагальну потребу у вирішенні задач, які постають перед науковцями, практиками в рибогосподарській галузі. В розрізі часу в доступних публікаціях відмічено, що форма модульної системи інтегрованої мультитрофічної аквакультури ефективно поєднує традиційне вирощування риби з іншими видами на різних трофічних рівнях на фоні використання альтернативних джерел енергії [3, 4, 5]. Дослідження авторів за вказаними векторами демонструють достатньо широкі межі способів реалізації моделей мультитрофічної аквакультури. Одним із прикладів можна навести досвід використання *Mugil cephalus*, *Liza parsia* та *Penaeus monodon*, в мультитрофічній системі вирощування доступних екологічних ресурсів ставкової системи в симбіозі з фітопланктоном [2, 3]. Модель, запропонована авторами, може зменшити негативний вплив аквакультури на морське середовище шляхом зменшення відходів і, відповідно рівня забруднення. Виникає можливість збільшити біорізноманіття, створивши середовище існування для співіснування різних видів. Основна мета стійкого розвитку галузі полягає в тому, щоб мінімізувати входи при виробництві продукції аквакультури.

Однієї з проблем традиційних систем аквакультури є дефіцит рибного борошна, необхідного для виробництва рибного корму. Як відомо, корми та добрива складають понад 60% від загальної вартості ресурсів в галузі. Тому інтеграція аквакультури з тваринництвом, екологією може сприяти найбільш раціональному використанню ресурсів [6, 7, 9, 11]. В даному контексті стан вирішення таких науково-практичних питань є на стадії формування, питання лишається відкритим та потребує глобальних комплексних наукових досліджень.

Постановка завдання. Шляхом комплексної науково-дослідної роботи проаналізувати ефективність впровадження запропонованих технологічних рішень при підросненні молоді риб. Розширити та доповнити сучасні гіпотези, уявлення щодо поліпшення перебігу зимівлі для коропа в полікультурі після підроснення та використання кейсів екологічно-безпечного спрямування. Здійснити

експериментальне дослідження декількох форм ведення галузі на прикладі коропа в полікультурі, райдужної форелі та тиліяпії з вектором мулбтитрофності.

Науково-експериментальна робота реалізувалась на базі Херсонського державного аграрно-економічного університету спільно з представниками стейкхолдерів, виробничого сектору. Вивчали модульну систему та її ефективність при використанні мікрородоростей, зоопланктону, отриманні альтернативних джерел протеїну в аквакультурі. Принципи біоетики були дотримані при реалізації експериментальних, камеральних робіт у гармонізації з Рекомендаціями Ради ЄС (2010/63/ЄС). Дотримувались рекомендації наукових досліджень у рибництві [12].

Науково-експериментальні дослідження проводили з використанням коропа в полікультурі *Cyprinus Carpio Linnaeus, 1758*, тиліяпії *Florida red* та райдужної форелі *Oncorhynchus mykiss, Walbaum, 1792*. Компоненти корму: спіруліна, вермікультура, чорна солдатка *Hermetia illucens*, науплії артемії. Співвідношення яких передбачало харчові характеристики кожного гідробіонта. Усі інгредієнти в раціоні були збалансовані за поживними та енергетичними речовинами. У дослідній групі райдужна форель отримувала основний раціон та додатковий корм: спіруліна (25%) + вермікультура (50%) + *Hermetia illucens* (25%). Годівлю риби проводили в рециркуляційній системі риборозведення для інтенсивного багатовидового вирощування із середнім рівнем розчиненого кисню 9,45–10,3 мг/л, температурою води $13,1 \pm 0,2^\circ\text{C}$ (відповідно до технологічних рекомендацій РАС). Початкова маса райдужної форелі становила 1,40–1,50 г. Щільність посадки ґрунтувалась на загальноприйнятих рекомендаціях по вирощуванню форелі з урахуванням живої маси 20 кг/м³ < 5 г, 25 г/м³ – 5–15 г, 30 кг/м³ – 15–30 г; для органічного вирощування – до 35 кг/м³. Як додаткове джерело енергії у загальній схемі використовували міні-сонячну панель та систему аквапоніки. Коропа в полікультурі підروщували в РАС до досягнення маси не менше 24 г. Початкова маса тіла становила 1,5–1,6 мг. У дослідній групі риба отримувала основний раціон і додатковий корм: спіруліна (35%) + *Hermetia illucens* (65%). У басейнах РАС температура в середньому становила 22,1–24,2°C, вміст кисню 5,8–6,4 мг/л. Для личинок, ранньої молоді коропових під час їх росту до посадки в РАС температура була в середньому 24–26°C, вміст кисню – 6,3–7,6 мг/л. На початку першого етапу розвитку коропових риб згодовували дрібнодисперсне борошно (0,1–0,2 мм) у співвідношенні 1:1 відповідно до вимог стандартного раціону в рибництві. Для зимівлі рибу посадили до ставка. З метою індивідуального вивчення стану зимівлі та впливу природних компонентів на організм риб, яких підросили використовували садок об'ємом 1000 дм³ по 18 екз. Тиліяпію додатково підгодовували такими компонентами: спіруліна (75%) + *Hermetia illucens* (25%). На початку експерименту середня маса тіла риб становила 2,5–2,8 г. Щільність посадки тиліяпії на початку дослідження в РАС розраховували виходячи з 15–25 екз./м³. Середня температура в басейнах 25,9–28,4°C; рН 7,4–7,6; вміст кисню не менше 3,5 мг/л.

Відповідно до технології всі компоненти, які додавали до раціону, були отримані в лабораторних та виробничих умовах. Для дослідження складу крові у риб відбирали зразки з хвостової вени. Аналізували загальну кількість еритроцитів, вміст гемоглобіну (HGB), гематокрит (Ht) та корпускулярні показники крові (MCV, MCH, MCHC). Провідні параметри визначали з використанням Humalyzer 3000 (Німеччина, 2010) та спектрофотометру (з довжиною хвилі 530 нм), UNICO 1201 (США, 2010). При аналізі рівня секреторної активності кишкових складок товстолобика залежно від впливу технологічного фактору керувались загальноприйнятими методами та авторською методикою Козія М.С. [13]. Систематично

проводились дослідження гідрохімічного режиму в басейнах, де вирощували кожний вид риб. Враховували відповідність біологічних, фізіологічних та екологічних особливостей кожної риби (райдужна форель, тиляпія, короп у полікультурі). Використовували експрес-метод, а також дослідження проводили в лабораторних умовах відповідно до загальноприйнятих рекомендацій у рибництві. Гідрохімічний аналіз проводили за допомогою фотометра Palintest 7500. Спочатку їх вирощували в резервуарах РАС з підгодівлею природними компонентами, використанням модульної трофічної системи аквапоніки та сонячної панелі. Після цього коропа в полікультурі пересаджували до ставка (Контроль, Дослід). Спостерігали за станом функціональної активності організму до та після зимівлі. Райдужну форель розділили на дослідну та контрольну групи. Тиляпію також розділили на контрольну та дослідну групи. Вони продовжували вирощуватись в РАС до досягнення товарної ваги. Результати виражали як середнє значення (\bar{x}) \pm стандартне відхилення (SD), враховуючи, що $P < 0,05$ є статистично значущим.

Виклад основного матеріалу. Результати дослідження дозволили проаналізувати ефективність моделі мультитрофної аквакультури. Дослідження швидкості росту молоді риб представлено на рис. 1.

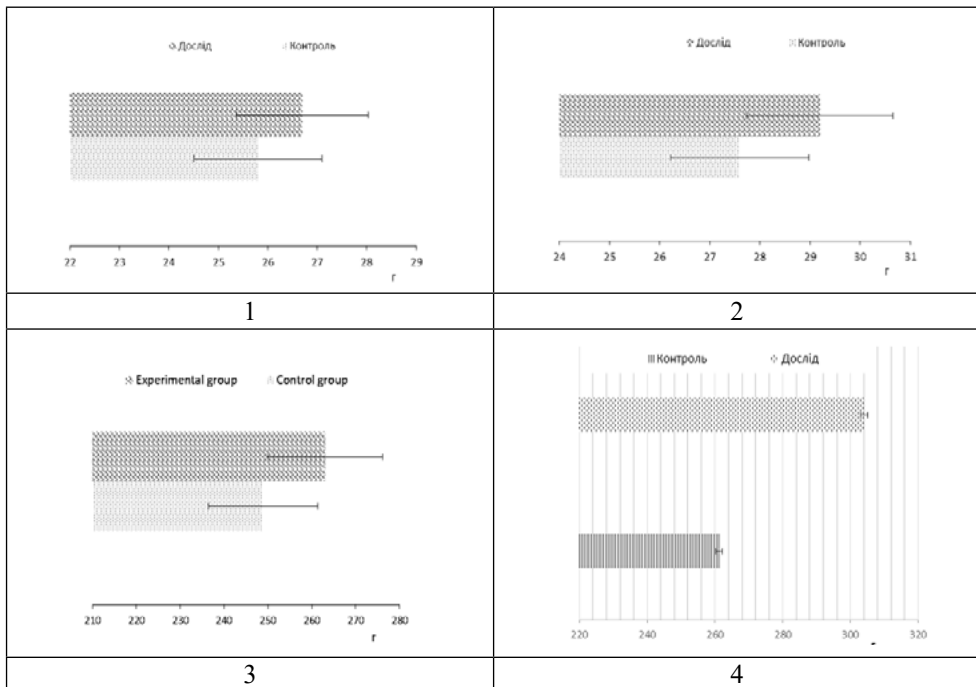


Рис. 1. Аналіз швидкості розвитку *Cyprinus carpio* (1) в полікультурі з товстолобиком *Heterostichus hybrid* (2) райдужної форелі *Oncorhynchus mykiss* (3), тиляпії *Florida red* (4) за умов підрощення в РАС за модульною системою мультитрофічної аквакультури

Маса тіла *Cyprinus carpio* дослідної групи перевищувала на 3,5% показник риб контрольної групи. Маса тіла *Heterostichus hybrid* дослідної групи була більшою на 5,8% від показника риб контрольної групи. У РАС, де додатково підрощували молодь райдужної форелі *Oncorhynchus mykiss* за мультитрофною

системою аквакультури, маса тіла піддослідних риб була більшою на 5,7% від показника контрольної групи. Те ж саме характерно для тиліпії, де маса риби в дослідній групі була на 16,4% більшою від значення в контрольній групі. Коефіцієнт вгодованості та відсоток виживання молоді у всіх риб досліді були вищим, ніж у контрольній групі (рис. 2).

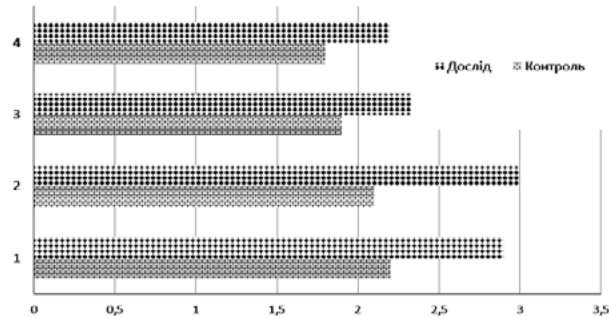


Рис. 2. Аналіз коефіцієнта вгодованості: *Cyprinus carpio* (1) у полікультурі з *Hurophthalmichthys hybrid* (2), райдужна форель *Oncorhynchus mykiss* (3), тиліпія *Florida red* (4) в умовах РАС та підрощення

Використання природних компонентів до ЗГР вплинуло на основні показники складу крові в організмі всіх риб в експерименті (рис. 3).

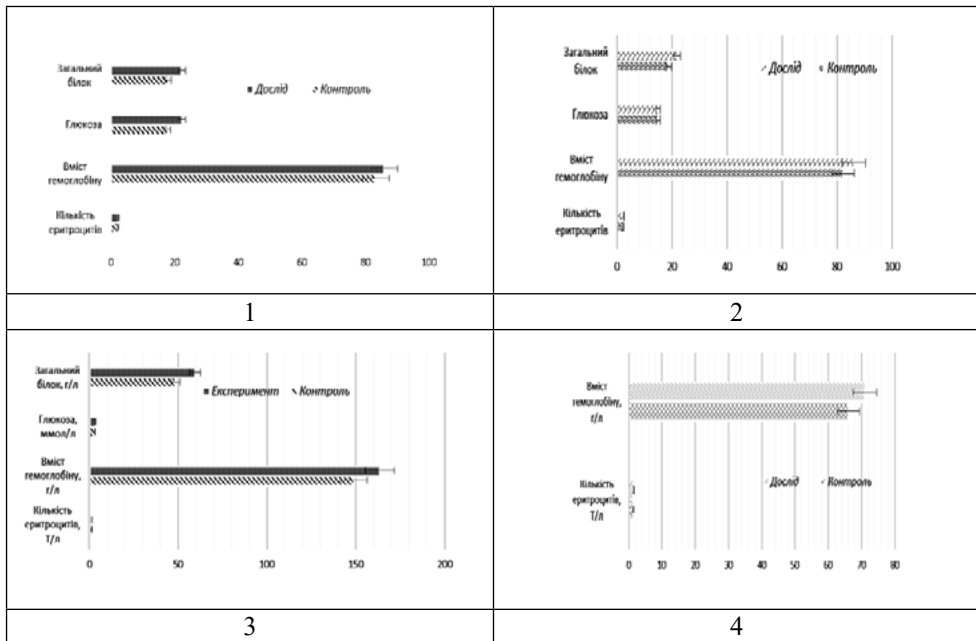


Рис. 3. Аналіз морфо-функціонального стану крові: *Cyprinus carpio* (1) у полікультурі з *Hurophthalmichthys hybrid* (2), райдужна форель *Oncorhynchus mykiss* (3), тиліпія *Florida red* (4) в умовах РАС та підрощення

В усіх дослідних групах риба мала вищі та кращі показники онтогенезу, фізіолого-біохімічного стану організму, ніж у контрольній групі. Природні компоненти надходили в організм піддослідних риб нервово-гуморальним шляхом та сприяли активізації обміну речовин, засвоєнню поживних речовин. Враховуючи, що кров є лабільною системою, яка відображає реактивну функціональну картину всіх процесів, що відбуваються в живому організмі, можна відмітити важливий позитивний вплив на всі процеси в організмі гідробіонтів. На фоні більш активного метаболізму в крові риб з усіх груп експерименту було зафіксовано і покращення корпускулярних параметрів крові. Фізіологічно є обґрунтованим, оскільки ці індекси крові корелюють з загальною кількістю еритроцитів, вмістом гемоглобіну. У риб кожної дослідної групи рівень засвоєння корму був кращим порівняно з рибами контрольної групи. Ймовірно, що природні компоненти були каталізатором фізіологічних, біохімічних та метаболічних процесів. Використання моделі аквапоніки дозволило зменшити навантаження на навколишнє середовище, а також отримати додаткову продукцію для використання в якості добрива та компосту у вермікультурі. При вирощуванні в ентомології чорної солдатки використовували також ці ресурси, крім зернових висівок та овочів, фруктів. Крім того, біореактор для вирощування мікроводоростей, який використовувався в технологічній схемі вирощування риби, дозволив отримати власні мікроводорості (спіруліну) та науплії артемії, що підвищило економічну ефективність. Аналіз швидкості росту показав, що риби дослідних груп росли краще, ніж з контрольної групи. Отримані результати свідчать про позитивний вплив фактора годівлі на загальний функціональний стан організму риб. Показники росту в дослідній групі були вищими, ніж у контрольній. Параметри також підтверджувалися кращим складом крові, метаболічною активацією та кровотворною функцією. В результаті молодь була більш стійкою до потенційно негативних впливів (табл. 1). Результати демонструють на прикладі коропа (якого після підрощування в РАС посадили на зимівлю до става) поліпшення адаптаційних процесів, підвищення резистентності та більш раціональне використання ресурсів та потенціалу організму дослідної риби.

Таблиця 1

Аналіз впливу моделі мультитрофної аквакультури на морфометричні параметри коропа до та після зимівлі, $x \pm SD$, $n = 18$

Параметри	Період	Контрольна група	Дослідна група
Маса тіла, г	до	25,78±1,492	27,58±1,329
	після зимівлі	23,38±1,125	24,80±1,243
Кв (за Фультаном)	до	2,23±0,244	2,84±0,299**
	після зимівлі	1,94±0,245	2,43±0,327*
Вихід, %	після зимівлі	72,2	88,9

Оптимізація умов годівлі забезпечила покращення засвоєння компонентів хімісу. Підвищилися також травна активність кишкових складок, відповідно і ферментативна активність сукупності складних процесів трансформації, внутріклітинного метаболізму в організмі дослідної риби (рис. 4). Була зафіксована активація лімфо- та гемодинаміки у власній пластинці слизової оболонки риб.

Все це у сукупності підтверджується наявністю значної кількості формених елементів крові, а також свідчить про поліпшення рівня засвоєння компонентів корму організмом риб, яких підрощували у модульній системі мультитрофної аквакультури.

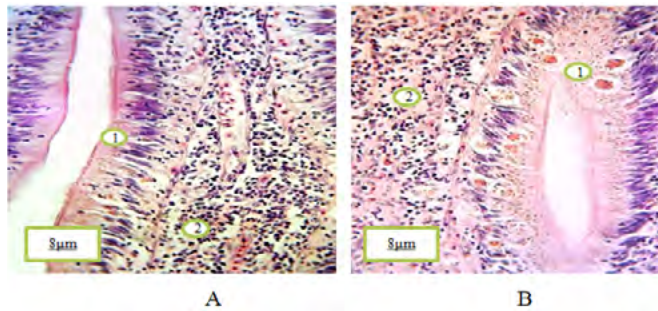


Рис. 4. Рівень секреторної активності кишкових складок товстолибика:
 А – 1 Контрольна; В – 2 Дослідна група: 1 – слизова оболонка;
 2 – власна пластинка слизової оболонки

Висновки і перспективи подальших досліджень. Модульна система інтегрованої мультитрофічної аквакультури сприяє екологічній сталості. Технологічні аспекти надають можливість поєднувати дві форми аквакультури (інтенсивну та екстенсивну). Мультитрофічна модель аквакультури дозволяє підвищити раціональність використання наявних ресурсів. Підрощення молоді риб, використання природних компонентів для підгодівлі та альтернативних джерел енергії створює ефект синергії кожного з компонентів. В контексті поліпшення фізіолого-біохімічних параметрів, відмітимо, що активізуючи білковий, ліпідний та вуглеводний обмін, можна поліпшити якість росту та розвитку риб. Крім того, використання та заміна на високобілкові компоненти корму дозволяє знизити навантаження на екосистему.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Brown N., Eddy S., Plaud S. Utilization of waste from a marine recirculating fish culture system as a feed source for the polychaete worm *Nereis virens*. *Aquaculture*. 2011. P. 177–183
2. Sustainability of Integrated Multi Trophic Aquaculture. URL: <https://sharkresearch.earth.miami.edu/sustainability-of-integrated-multi-trophic-aquaculture/> (retrieved from october 2024)
3. Chopin T. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) will also have its place when aquaculture moves to the open ocean. *Fish Farmer*. 2008. Vol. 31. № 1. P. 40–41.
4. Carras M. A., Knowler D., Pearce C. M., Hamer A., Chopin T., Weaire T. A discounted cash-flow analysis of salmon monoculture and Integrated Multi-Trophic Aquaculture in eastern Canada. *Aquaculture Economics & Management*. 2019. Vol. 24. № 1. P. 43–63. <https://doi.org/10.1080/13657305.2019.1641572>
5. Prakash R. Organic Manuring in Freshwater Aquaculture and Its Impact on Pond Ecosystem and Fish Health: An Overview. *Journal of aquaculture*. 2023. Vol. 26. P. 1–21. <https://doi.org/10.61885/joa.v26.2018.144>
6. FAO. (2024). The state of world fisheries and aquaculture 2024 blue transformation in action, UN: The United Nations. United States of America. Retrieved from <https://policycommons.net/artifacts/12522071/the-state-of-world-fisheries-and-aquaculture-2024-bluetransformation-in-action/13421812/>
7. Гончарова О.В., Тушницька Н.Й. Фізіологічне обґрунтування використання нетрадиційних методів переробки сировини в аквакультурі. *Рибогосподарська наука України*. 2018. Вип. 1. Ч. 43. С. 54–64. <https://doi.org/10.15407/fsu2018.01.054>

8. Гончарова О.В., Sekiou O., Кутішев П.С. Фізіолого-біохімічні аспекти адаптаційно-компенсаторних процесів гідробіонтів за дії технологічних факторів. *Рибогосподарська наука України*. 2021. Вип. 4. Ч 58, С. 101–114. <https://doi.org/10.15407/fsu2021.04.101>
 9. Honcharova, O., & Bekh, V. Adaptive solutions in aquaculture under the influence of transformation of abiotic and biotic factors. *European Science*. 2023. Vol. 16. № 3. *Innovative technology*. P. 58–114. <https://doi.org/10.15407/fsu2021.04.10164>. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-16-03-006>
 10. Honcharova O., Kutishchev P., Korzhov Y. A. Method to increase the viability of *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) stocking of the aquatories under the influence advanced biotechnologies. 2020. *Aquaculture Studies*. Vol. 21. P. 139–148. http://doi.org/10.4194/2618-6381-v21_4_01
 11. Usman U., Diyaware M. Y., Hassan M. Z., Shettima H. M. Effects of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) seeds as a substitute for soya bean on growth and nutrient utilization of *Clarias gariepinus*. 2023. *Aquaculture Studies*. Vol. 23. № 6.
 12. Євтушенко М.Ю., Крижиняк М. І. Методологія наукових досліджень в рибництві. 2019. Центр навчальної літератури. Київ, 296 с.
 13. Козій М.С., Шерман І.М., Лянзберг О.В. Атлас гістології та ембріології промислових риб. Навчальний посібник (стереотипне видання). 2024. 404 с.
-