

УДК 639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.4>

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-АКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТИЛЯПІЇ ЗА УМОВ ОПТИМІЗАЦІЇ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

Ларжевська Т.О. – аспірант

orcid.org/0009-0005-4012-0618

Херсонський державний аграрно-економічний університет

tatyanalar77@gmail.com

Здійснено дослідження загального функціонального статусу в організмі тилляпії при її вирощуванні з використанням басейнів рециркуляційної аквакультуральної системи. Проведений порівняльний аналіз ефективності впливу різної природи чинників (в якості кормового елементу та технологічного при вирощуванні) в загальній схемі підрощення та вирощування тилляпії. Експериментальним шляхом обґрунтовано доцільність використання технологічних чинників для тилляпії з метою поліпшення їх загальних фізіологічних процесів та підвищення в організмі рівня резистентності до інших чинників, які потенційно можуть викликати стрес або погіршувати онтогенез тилляпії. Здійснено комплексна оцінка умов вирощування для удосконалення фізіологічних, біохімічних, зоотехнологічних показників.

Встановлено практична цінність отриманих результатів щодо використання системи оптимізації вирощування тилляпії. в експериментальній групі тилляпії відрізнялась вищими темпами зростання, кращими функціонально-активними параметрами крові та більш ефективним використанням кормового ресурсу. Експериментальним шляхом встановлено, що використання системи біофлок при вирощуванні тилляпії сприяє поліпшенню загального стану водного середовища. В експериментальній групі у тилляпії зафіксовано вищі темпи розвитку та загальний стан організму, ніж в контрольній групі. Використання біофлоку сприяло поліпшенню гідрохімічних параметрів, особливо зменшенню вмісту амонію

Ріст та розвиток тилляпії у групі з біофлоком був на 16% вищим, а коефіцієнт конверсії корму кращим на 5% порівняно з контрольною групою. Презентовані результати досліджень надають підстави рекомендувати використання природних елементів при підгодівлі тилляпії та використання біофлоку при вирощуванні тилляпії. Система біофлоку може бути ефективним біологічним підходом при проведенні оптимізації вирощування тилляпії в умовах рециркуляційної аквакультуральної системи, забезпечуючи підвищену продуктивність та здоров'я риб. Одним із наступних кроків науково-дослідної роботи є аналіз якості м'яса (філе) тилляпії за умов використання різних технологічних чинників.

Ключові слова: тилляпія, рециркуляційна аквакультуральна система, технологічні чинники, біологічні, фізіологічні, біохімічні, зоотехнологічні показники.

Постановка проблеми. Задоволення потреб населення в рибній продукції залишається складним, в першу чергу, через не раціональну та надмірну експлуатацію доступних запасів ресурсів. Останні наукові та практичні роботи підкреслюють важливість питання якісних характеристик продукції аквакультури. Вектор має домінуючі позиції для споживачів [1,8]. Галузь аквакультури, рибного господарства з кожним роком стає однією з провідних та альтернативних для вирішення національних та світових питань подолання голоду для населення всіх країн та зменшення дефіциту споживання тваринного білка [16]. Ефективність введення сучасних технологій до карти виробництва продукції аквакультури залежить від біологічно-господарських особливостей об'єктів, яких вирощують.

Вирощування тепловодного об'єкта аквакультури – тиліпії може стати одним із вирішень окреслених питань. Її біологічні характеристики надають можливість досягнути отримання якісного філе з повноцінним хімічним складом відносно за оптимальний період. Важливо звертати увагу не лише на якість годівлі, а й на якість водного середовища [5,18]. Оскільки швидке накопичення залишків корму, органічних речовин, а також токсичних неорганічних форм азоту є важливими аспектами, які потрібно враховувати. Повністю неможливо уникнути таких явищ, оскільки організм тиліпії зберігає від 20 до 30 % поживних речовин корму. Решта виводиться з організму та зазвичай накопичується у водному середовищі вирощування гідробіонтів [18]. В результаті, галузь аквакультури в контексті інтенсивних технологій, оптимізаційних заходів має передбачати ризик погіршення якості води (високі ГДК продуктів-метаболітів) та низьке використання корму тиліпією (високий водообмін, несприятливі інші чинники). Питання набуває актуальності в аквакультурі та практичної цінності за даним напрямом досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Чимало досліджень підверджують ефективність використання оптимізації умов годівлі, вирощування з використанням «екологічних» або наближених до них компонентів (це може бути фітопрепарати, природні речовини, мікрододорості тощо) [9,10,11,14]. Відомо, що при вирощуванні гідробіонтів у РАС (рециркуляційні аквакультуральні системи, басейни) важливо враховувати процеси гідрохімії, фільтрації [13,17].

При виборі об'єкту культивування у прісноводній аквакультурі тиліпія *Oreochromis*, на сьогодні завойовує увагу, має ряд переваг. Автори відмічають в дослідження такі переваги: це безперервний тип розмноження, за оптимальних умов нерест відбувається інтервально (45-60 діб), раннє статеве дозрівання (від 3 до 7 міс.), можливість щорічного отримання нащадків в умовах РАС тощо. Основними факторами, що впливають на показники росту тиліпії автори відмічають склад (ЗГР), якість корму, гене-

тична варіація, щільність посадки, швидкість годівлі, частота годівлі та якість води. Якість води також впливає на процеси травлення, ріст, захворювання та виживання. Для кращих показників росту тиліяпії у системі культивування корм повинен містити оптимальну кількість білка, ліпідів, вуглеводів, вітамінів та мінералів. Тому підгодівля та пошук альтернативних джерел протеїну є актуальним. Більшість авторів відмічають про актуальність таких досліджень та акцентують увагу на природних компонентах та врахуванні особливостей фізіології [3,12,15,16].

Більшість досліджень в галузі аквакультури націлені на розвиток аспектів органічного виробництва продукції та використання енергозберігаючих технологій еко-спрямування зі зменшенням впливу на навколишнє середовище [15]. В літературних джерелах автори відмічають, що удосконалення елементів вирощування гідробіонтів, якості продукції та врахування зменшення тиску на екосистему має світовий рівень є актуальним та набуває практичної цінності, продовольчого рівня [7,15]. Сучасним питанням є використання Біофлоку як джерела органічних сполук, фітостеролів та антибактеріальних речовин [2,4]. Дослідження підтверджують позитивний вплив не лише на гідрохімію середовища, де вирощують гідробіонтів, а й на імунні властивості. В літературі відмічають автори, що цінність біофлоку як компонента оптимізації умов вирощування гідробіонтів змінюються залежно від умов навколишнього середовища, використання вуглецю, кількості зважених речовин, відсотка солоності, а також від освітлення, бактеріальних параметрів [4].

Сьогодні, як і останні роки членами FAO активно відбувається реалізація поставленої мети: забезпечити більш ефективне управління аквакультурою та розширити її вплив на економіку і суспільство на світовому рівні з відповідним формуванням екосистемного підходу [6,15].

Мета дослідження полягала у проведенні експериментального дослідження та порівняльного аналізу оптимізації умов вирощування тиліяпії.

В кожній групі об'єктом дослідження була тиліяпії. Було сформовано групи експерименту: Контроль та Експеримент. Вирощували тиліяпію в рециркуляційних системах (РАС). Аналізи гідрохімічного стану водного середовища здійснювали шляхом систематичного відбору проб в у відповідності до загальноприйнятих методик в умовах лабораторії водних біоресурсів та аквакультури ХДАЕУ сумісно з практичною базою ферми [18,20].

Визначали швидкість розвитку тиліяпії шляхом зважування та розрахунку швидкості росту, приріст маси тиліяпії. Контролювали відсоток виживання риби впродовж всього періоду експерименту шляхом розрахунку кількості риби на початку та наприкінці дослідження. Оцінку промірів здійснювали за загальною схемою вимірів (рис. 1).

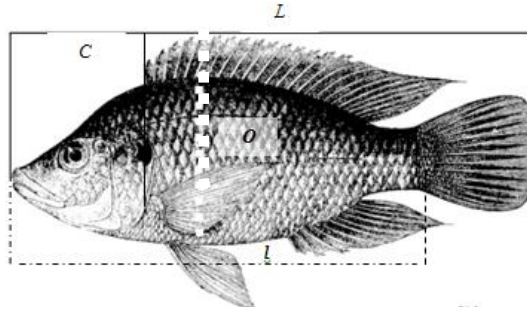


Рис. 1. Схема вимірів основних морфо-метричних показників тиліяпії*

*для зображення основних промірів була використана модель тиліяпії роду *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852)

Вимірювання проводилося за допомогою мірної стрічки та лінійки з точністю до 0,1 см. Масу тіла тиліяпії визначали на електронних терезах з точністю до 1г. Морфо-метричну оцінку проводили з використанням розрахунку індексів (*I*) тілобудови на основі здійснених промірів.

$$I_{\text{компактності}} = (O/L) * 100\% \quad (1.1)$$

O – обхват тіла, см, L – велика довжина тіла, см.

$$I_{\text{великоголовості}} = (C/L) * 100\% \quad (1.2)$$

C – ширина голови риби, см.

$$I_{\text{висоти тіла}} = (l/L) * 100\% \quad (1.3)$$

l – велика довжина тіла, см; L – велика довжина тіла, см.

$$I_{\text{прогонисті}} = (L/H) * 100\% \quad (1.4)$$

H – висота тіла риби, см.

Коефіцієнт вгодованості за Фультоном розраховували наступним чином:

$$K_6 = \frac{m}{l^3} * 100 \quad (1.5)$$

m – маса тіла риби, г; l – довжина тіла, см.

Для вивчення ефективності біофлоку в акваріумах об'ємом 200 л розміщували тиліяпію, яку годували 35 % ЗГР протеїну в експерименті, який позначено, як Б (з біофлоком) та 35 % в Контролі (К) без біофлоку.

Вуглеводно-азотне співвідношення 15:1, корм вносили в кожному акваріумі в кількості 1,5 % від загальної біомаси риби щодня гетеротрофних процесів. Враховували процеси перетворення залишків (біовідходів) на біофлок як природного корму у системі. Забезпечували постійну аера-

цію, підтримку джерела вуглецю (додавали для підтримки оптимального співвідношення C : N в якості субстрату органічної речовини для аеробного процесу).

В рециркуляційній аквакультуральній системі (РАС) підтримували температуру води: 27,3 – 29,1°C, ЩП (щільність посадки 20 екземплярів в кожному резервуарі). Дотримувались вимог та правил “Європейської конвенції захисту хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей” (Страсбург, 1986). При аналізі результатів значення відмінностей між вибірками оцінювали за допомогою ANOVA, відмінності вважалися достовірними при $P < 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення. Середня температура води (28°C, діапазон 26–30°C), концентрація розчиненого кисню від 6,2 до 7,3 мг/л, рН (6,7 діапазон 5,0–8,5) були в межах діапазону для тепловодних. Лужність була стабільною в контрольній групі (18–27 мг/л), а в експерименті з біофлоком зафіксували перепади (від 8 до 90 мг/л). Дослідження складу крові, швидкості розвитку показали результати позитивного впливу на склад крові біофлоку (Рис. 3-4).

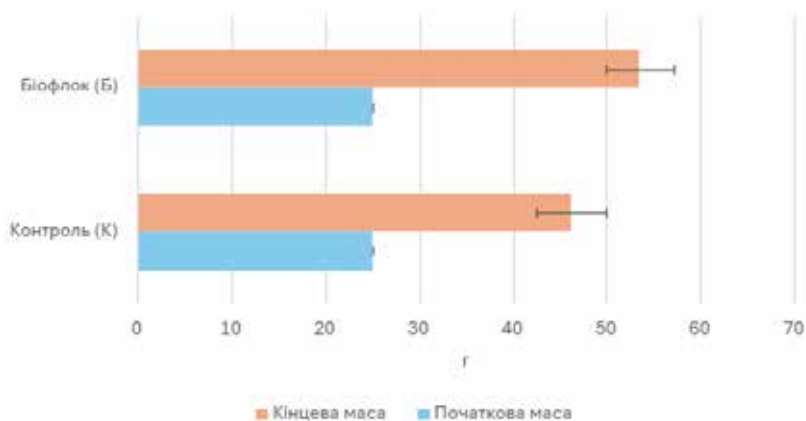


Рис. 2. Порівняльний аналіз темпів зростання тилapia за умов використання біофлоку та контрольної групи

Проведення дослідження показало, що використання біофлоку сприяло поліпшенню гідрохімічних параметрів в цілому при впровадженні його до системи. В роботах науковців за даною тематикою цей факт знаходить підтвердження, особливо зменшенню вмісту амонію та нітритів, що є критичними для здоров'я риб. Технологічні рішення щодо системи біофлоку ефективно циклізують азот (включно з токсичними формами), що дозволяє підтримувати стабільну якість води й оптимізувати середовище для тилapia [25].

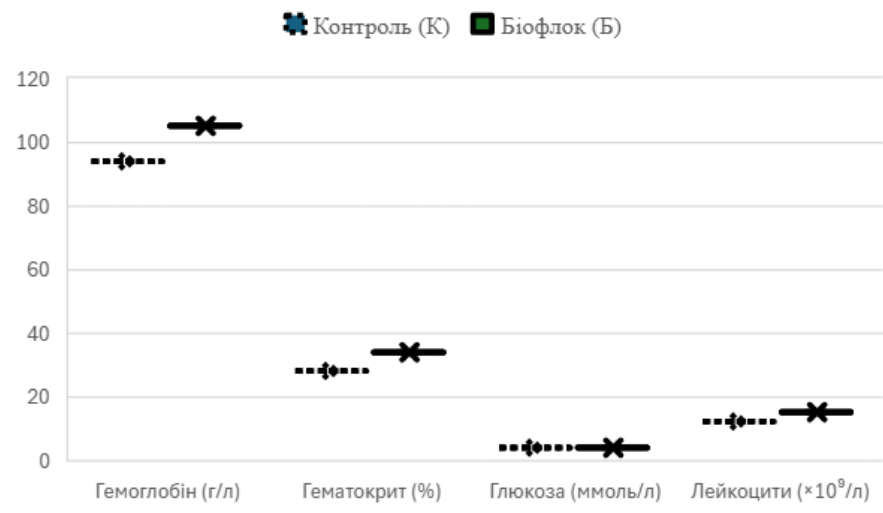


Рис. 3. Порівняльний аналіз розвитку тиліпії за складом крові за умов використання біофлоку та контрольної групи

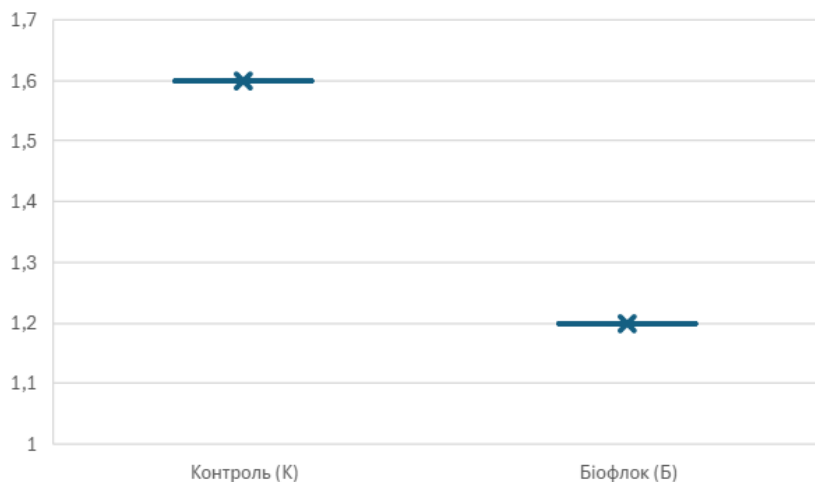


Рис. 4. Порівняльний аналіз конверсії корму у тиліпії за умов використання біофлоку та контрольної групи

Результати проведених експериментальних досліджень демонструють, що ріст та розвиток тиліпії у групі з біофлоком був на 16% вищим, а коефіцієнт конверсії корму кращим на 5% порівняно з контролем. Базуючись на отриманих результатах, можна відмітити, що такий ефект був зафіксований при проведенні експериментів в інших наукових роботах.

Зокрема, відбувалось поліпшення ефективності використання організмом тиліпії корму та стимулювався її розвиток [21, 22].

Гематологічні показники вказують на покращення загального фізіологічного стану риб експериментальної групи (Рис. 3). За умов використання технології біофлок відбувалось покращення кисневої функції крові, в межах норми збільшувалась кількість еритроцитів та вміст гемоглобіну у тиліпії. В наукових роботах інших авторів підтверджується такий ефект позитивного впливу на загальний фізіологічний стан організму тиліпії також через зміни по показникам гомеостазу. Автори також відмічають, що гематологічні показники (еритроцити, лейкоцити, гематокрит тощо) у тиліпії при використанні елементів біофлоку сприяють покращенню фізіологічного стану у риб. Але ж при цьому, науково цікавим є факт фіксування відсутності значної різниці за швидкістю розвитку тиліпії [23, 24]. Натомість, в наших дослідженнях така різниця була встановлена з акцентом на найкращий показник в експериментальній групі (Рис. 2). В свою чергу, що свідчить про актуальності продовження експериментальних досліджень за тематикою.

Система біофлоку може бути ефективним біологічним підходом до оптимізації вирощування тиліпії в умовах РАС, забезпечуючи підвищену продуктивність та здоров'я риб. Крім того, що біофлок в системі вирощування тиліпії поліпшує загальний розвиток, впливає на виживаність, а також на активність травних ферментів у тиліпії, що узгоджується з результатами інших авторів [23,24], він підтримує стабільні гідрохімічні параметри, знижують рівні токсичних форм азоту (амоній, нітрити) [26].

Оптимізація умов годівлі тиліпії за рахунок природних компонентів вплинула позитивно на організм риб (Рис. 5)

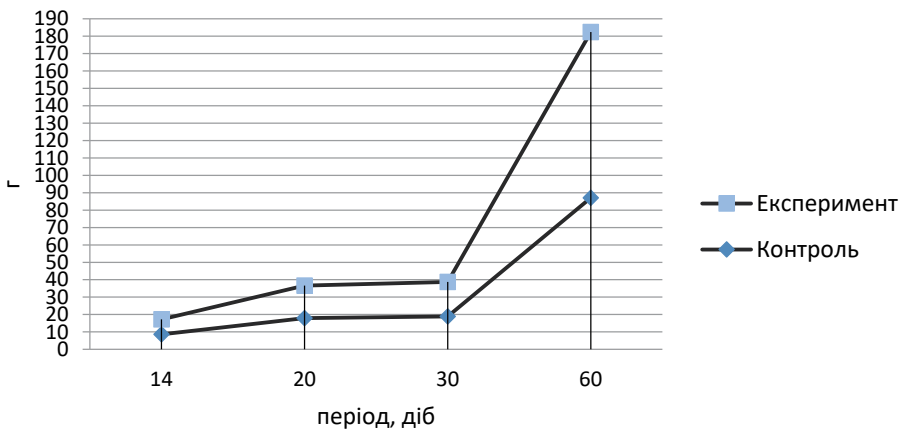
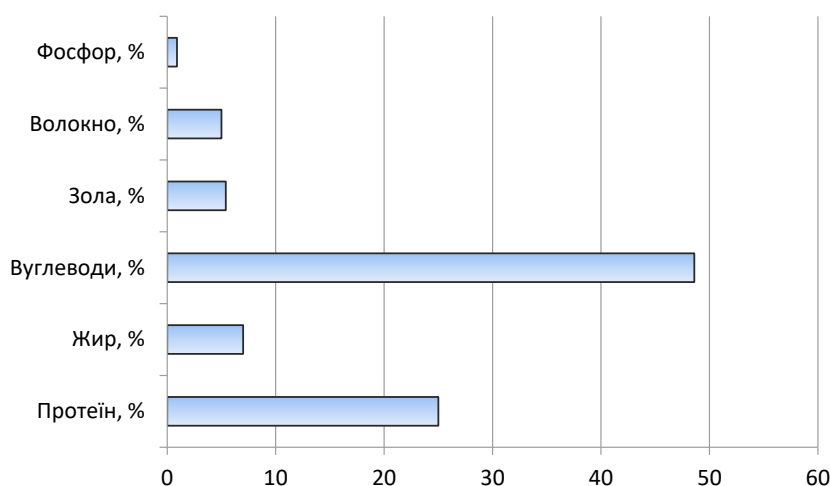


Рис. 5. Дослідження швидкості росту тиліпії в онтогенезі при підгодівлі, $M \pm m$, $n=15$

Якщо проаналізувати параметри росту тиліяпії, отримаємо наступні результати: активний розвиток спостерігався в період з 14 до 20 добового віку більше, ніж удвічі. Ймовірно, можна пояснити активацією фізіолого-біохімічних процесів. Різниця за масою тіла між двома видами тиліяпії складала 4,5 % та 4,7 % і 9,4 %.

Виходячи з представлених даних більш активного темпу розвитку тиліяпії з експерименту. Індекс компактності в контролі був 63, в експерименті 64,6%; індекс великоголовості – в контролі 24,2%, в експерименті вище і дорівнював 25,8%; індекс висоти тіла та прогонисті: 27,4 та 28,3%, а також 3,1 та 3,12 % відповідно.

Результати аналізу складу продукційного корму для тиліяпії продемонстровано на рис. 6.



*Рис. 6. Аналіз складу продукційного корму для тиліяпії
(Енергетична цінність, МДж 17,8; Енергія, що засвоюється, МДж12,5)*

Гідрохімічний моніторинг басейнів РАС показав відповідність рекомендованим параметрам. Найкращий режим був ефективним, оскільки механічна фільтрація комбінувалась з біологічною фільтрацією, яка ефективно видаляє органіку з відпрацьованої води. Впродовж всього періоду дослідження гідрохімічні та фізико-хімічні показники не перевищували допустимі ГДК для тиліяпії.

Результати вивчення динаміки змін амонію (NH_4^+) та нітритів (NO_2^-) у водному середовищі представлені у вигляді рисунків 7 та 8.

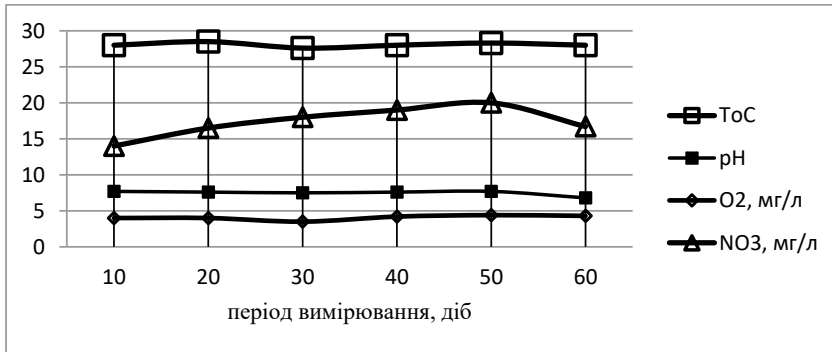


Рис. 7. Результати вивчення гідрохімічного режиму вирощування тилапії у РАС

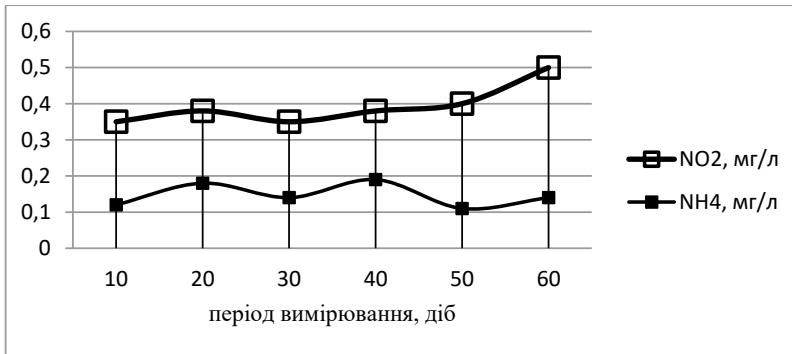


Рис. 8. Вивчення параметра амонію та нітратів водного середовища РАС при вирощуванні тилапії в полікультурі в аспекті часового простору

Висновки та пропозиції. Система з елементами біофлоку покращує ріст та розвиток тилапії. Покращення росту може пояснюватись кращою якістю води та безперервним виробництвом біофлорів з раціональним перерозподілом ресурсів. Різниця за масою тіла тилапії – 4,5 та 9,4 %. Індекси тілобудови тилапії в контролі були меншими, ніж в експерименті. В умовах РАС тилапії краще розвивалась при підгодівлі та з використанням біофлоку. Покращений гідрохімічний режим в експериментальній групі.

RESEARCH OF FUNCTIONAL-ACTIVE PARAMETERS OF TILAPIA UNDER OPTIMIZATION OF GROWING CONDITIONS

Larzhavska T.O. – PhD

orcid.org/0009-0005-4012-0618

Kherson State Agrarian and Economic University

tatyanalar77@gmail.com

A study of the general functional status in the body of tilapia during its cultivation using pools of a recirculating aquaculture system was carried out. A comparative analysis of the effectiveness of the influence of various natures of factors (as a feed element and technological during cultivation) in the general scheme of tilapia growth and cultivation was carried out. The feasibility of using technological factors for tilapia in order to improve their general physiological processes and increase the body's level of resistance to other factors that can potentially cause stress or worsen tilapia ontogenesis was experimentally substantiated. A comprehensive assessment of cultivation conditions was carried out to improve physiological, biochemical, zootechnological indicators.

The practical value of the results obtained in the use of the tilapia cultivation optimization system was established. In the experimental group, tilapia was distinguished by higher growth rates, better functional and active blood parameters and more efficient use of feed resources. It was experimentally established that the use of the biofloc system in tilapia farming contributes to the improvement of the general condition of the aquatic environment. In the experimental group, tilapia recorded higher rates of development and general condition of the organism than in the control group. The use of biofloc contributed to the improvement of hydrochemical parameters, especially the reduction of ammonium content.

The growth and development of tilapia in the biofloc group was 16% higher, and the feed conversion ratio was 5% better compared to the control group. The presented research results provide grounds to recommend the use of natural elements in tilapia feeding and the use of biofloc in tilapia farming. The biofloc system can be an effective biological approach in optimizing tilapia farming in a recirculating aquaculture system, ensuring increased productivity and fish health. One of the next steps in the research work is the analysis of the quality of tilapia meat (fillet) under the conditions of using various technological factors.

Key words: tilapia, recirculating aquaculture system, technological factors, biological, physiological, biochemical, zootechnological indicators.

ЛІТЕРАТУРА

1. Averchev O.V., Bidnyna I.O., Bondar O.I., Boyarkina L.V. Ecohydrological investigation of plain river section in the area of small hydroelectric power station influence: current state, challenges and prospects for research in natural sciences: collective monograph / Lviv-Toruń. Liha-Pres, 2019. P. 135–154.

2. Avnimelech Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*. 2007. Vol. 264, № 1 (4). P. 140–147 doi:10.1016/j.aquaculture.2006.11.025
3. Bilan M.V., Lieshchova M.A., Brygadyrenko V.V. Impacts on gut microbiota of rats with high-fat diet supplemented by herbs of *Melissa officinalis*, *Lavandula angustifolia* and *Salvia officinalis*. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2023. Vol. 14, № 2. P. 155–160. doi:10.15421/022323
4. Biofloc Technology. (n.d.). 2024. Retrieved from URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Biofloc_Technology (дата звернення 01.09.2025).
5. Boucetta S., Honcharova O., Kharfouchi S., Chala A., Aouati K., Can E. Assessment of food quality and antibiotic residue toxicity in Florida red tilapia *Oreochromis sp.* exposed to erythromycin. *Global NEST Journal*. 2025. Vol.3. <https://doi.org/10.30955/gnj.07073>
6. Guerriero G., Garcia G. Stress biomarkers and reproduction in fish. *Fish environ*. 2018. Vol. 2. P. 665–692
7. Honcharova O. V., Paraniak R. P., Hutyi B. V. Functional state of the body of freshwater fish under the influence of abiotic factors. Scientific Bulletin of S. Z. Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology: Series: *Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 21, № 90. P. 82–89 <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9014>
8. Honcharova O., Bekh V., Glamuzina B. Physiological and biochemical aspects of the carp organism in conditions of increasing their viability when stocking water bodies. *Animal Science and Food Technology*. 2023. Vol. 14, № 2. P. 28–43. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2023.28>
9. Honcharova O., Bekh V. Increase of resistance and improvement of adaptation and compensatory mechanisms of the body of juvenile fish under conditions of multitrophic aquaculture. *Animal Science and Food Technology*. 2024. Vol. 15, № 3. P.9-29 <https://doi.org/10.31548/animal.3.2024.09>
10. Honcharova O., Kutishchev P. Scientific and practical analysis of the state of the natural feed base in ponds of southern Ukraine under conditions of transformation of abiotic and biotic factors: monographe / Germany, 2023. P. 96-113 <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-24-03-008>
11. Mahmoud A., Ayman E.T., Ahmed N., El-Tarabily K., Mohamed E.A. El-H. Nutritional applications of species of *Spirulina* and *Chlorella* in farmed fish: A review. *Aquaculture, Volume*. 2021. Vol. 542. P. 736841 doi: <https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2024.146>
12. Pratiwy F.M., Pratiwi D.Y. The potentiality of microalgae as a source of DHA and EPA for aquaculture feed: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 2020. Vol. 8, № 4. P. 39-41.
13. Ringo E., Olsen R.E., Gifstad T.Ø., Dalmo R.A., Amlund H., Hemre G.- I., Bakke A.M. Prebiotics in aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition*. 2010. Vol. 16. P. 117-136. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00731.x>

14. Zazharskyi V.V., Davydenko P.O., Kulishenko O.M., Borovik I.V., Brygadyrenko V.V. Antimicrobial activity of 50 plant extracts. *Biosystems Diversity*. 2019b. Vol. 27, № 2. P. 163–169. doi: <https://doi.org/10.15421/011922>
15. Гончарова О.В. Синергічний ефект мультитрофності моделі аквакультури екологічно-безпечного спрямування. *Таврійський вісник*. 2024. № 140. С. 541–549 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.67>
16. Гончарова О.В. Аспекти нейрогуморальної регуляції функціональної активності організму риб за умов впливу абіотичних та біотичних чинників (огляд). *Рибогосподарська наука України*. 2023. № 2 (64). С. 83–108. <https://doi.org/10.15407/fsu2023.02.083>
17. Гриневич Н.Є. Вміст нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра установки замкнутого водопостачання за використання різних типів наповнювача. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2017. № 82. С. 184–187
18. Дехтярьов П. А., Євтушенко М. Ю., Шерман І. М. Фізіологія риб: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2014. 315 с.
19. Євтушенко М.Ю. Методологія та організація наукових досліджень: навчальний посібник. Київ: Центр навчальної літератури, 2020. 350 с.
20. Шерман І.М., Гончарова О.В. Еколого-фізіологічні основи акліматизації гідробіонтів: підручник. Херсон: Олді+, 2022. 130с.
21. Khanjani M. H., Alizadeh M., Mohammadi M., Sarsangi Aliabad H. Biofloc system applied to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) farming using different carbon sources: Growth performance, carcass analysis, digestive and hepatic enzyme activity. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 2021. 20(2), P. 490–513. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2021.123873>
22. Hwihy H., Zeina A., Abu Husien M., Eldamhougy K. Impact of Biofloc technology on growth performance and biochemical parameters of *Oreochromis niloticus*. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*. 2021. 25(5), P. 149–159.
23. Widanarni A., Ekasari J., Maryam S. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *Hayati Journal of Biosciences*. 2012. 19(2), P. 73–80. <https://doi.org/10.4308/hjb.19.2.73>
24. Stickney R. R., & Gatlin D. M. *Aquaculture: an introductory text*. Wallington, UK Cabi. 2022. 331.
25. Blatt T. L. S., et al. Environmental sustainability of Nile tilapia reared in a biofloc technology (BFT) system: dynamics of total carbon, nitrogen, phosphorus and production indicators. *Sustainability*. 2024. 17(13), P. 5670. <https://doi.org/10.3390/su17135670>

26. Sallam G.R., El Basuini M.F., Alhoshy M. *et al.* Strategic application of biofloc technology for optimizing physiological homeostasis and reproductive efficiency in red tilapia (*Oreochromis* spp.) broodstock under long-term rearing conditions. *Aquaculture International*. 2025. 33, P. 464. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-02141-2>

REFERENCES

1. Averchev, O.V., Bidnyna I.O., Bondar, O.I., & Boyarkina, L.V. (2019). Ecohydrological investigation of plain river section in the area of small hydroelectric power station influence. Current state, challenges and prospects for research in natural sciences: collective monograph: Lviv-Torun: Liha-Pres. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-156-8/135-154>
2. Avnimelech, Y. (2007). Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*. Vol. 264, 1 (4), P. 140–147 doi:10.1016/j.aquaculture.2006.11.025
3. Bilan, M.V., Lieshchova, M.A., & Brygadyrenko, V. V. (2023). Impacts on gut microbiota of rats with high-fat diet supplemented by herbs of *Melissa officinalis*, *Lavandula angustifolia* and *Salvia officinalis*. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. Vol. 14, 2, P. 155–160. doi:10.15421/022323
4. Biofloc Technology. (n.d.). 2025. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Biofloc_Technology (01.09.2025)
5. Boucetta, S. Honcharova, O. Kharfouchi, S. Chala, A. Aouati, K., & Can, E. (2025). Assessment of food quality and antibiotic residue toxicity in *Florida red tilapia Oreochromis sp* exposed to erythromycin. *Global NEST Journal*. Vol. 3. <https://doi.org/10.30955/gnj.07073>
6. Guerriero, G., & Garcia, G. (2018). Stress biomarkers and reproduction in fish. *Fish environ*. Vol. 2, P. 665–692
7. Honcharova, O.V., Paraniak, R.P., & Hutyi, B.V. (2019). Functional state of the body of freshwater fish under the influence of abiotic factors. *Scientific Bulletin of S. Z. Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology*. Vol. 21 (90), P. 82–89 <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9014>
8. Honcharova, O., Bekh, V., & Glamuzina, B. (2023). Physiological and biochemical aspects of the carp organism in conditions of increasing their viability when stocking water bodies. *Animal Science and Food Technology*. Vol. 14 (2), P. 28–43. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2023.28>
9. Honcharova, O., & Bekh, V. (2024). Increase of resistance and improvement of adaptation and compensatory mechanisms of the body of juvenile fish under conditions of multitrophic aquaculture. *Animal Science and Food Technology*, Vol. 15 (3), P. 9-29 <https://doi.org/10.31548/animal.3.2024.09>

10. Honcharova, O., & Kutishchev, P. (2023). Scientific and practical analysis of the state of the natural feed base in ponds of southern Ukraine under conditions of transformation of abiotic and biotic factors: monographic / Germany. P. 96-113 <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-24-03-008>
11. Mahmoud, A., Ayman, E.T., Ahmed, N., El-Tarabily K., & Mohamed, E.A. El-H. (2021). Nutritional applications of species of *Spirulina* and *Chlorella* in farmed fish: A review. *Aquaculture*. Vol. 542, 736841. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736841>
12. Pratiwy, F.M., & Pratiwi, D.Y. (2020). The potentiality of microalgae as a source of DHA and EPA for aquaculture feed: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. Vol. 8 (4), P. 39-41.
13. Ringo, E., Olsen R.E., Gifstad, T.Ø., Dalmo, R.A., Amlund, H., Hemre, G.-I. & Bakke, A.M. (2010). Prebiotics in aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition*. 16, P. 117-136. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00731.x>
14. Zazharskyi, V.V., Davydenko, P.O., Kulishenko, O.M., Borovik, I.V., & Brygadyrenko, V.V. (2019b). Antimicrobial activity of 50 plant extracts. *Biosystems Diversity*. Vol. 27 (2), P. 163–169. doi: <https://doi.org/10.15421/011922>
15. Honcharova, O.V. (2023). Aspekty neirohumoralnoi rehuliacii funktsionalnoi aktyvnosti orhanizmu ryb za umov vplyvu abiotychnykh ta biotychnykh chynnykiv (ohliad). [Aspects of neurohumoral regulation of the functional activity of the fish organism under the influence of abiotic and biotic factors (review)]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*. Vol. 2 (64), P. 83-108. doi: <https://doi.org/10.15407/fsu2023.02.083> [in Ukrainian]
16. Honcharova, O. (2024). Synerhichnyi efekt multyτροφnosti modeli akvakultury ekolohichno-bezpechnoho spriamuvannia. [Synergistic effect of multitrophicity of the ecologically safe aquaculture model]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*. Vol. 140, P. 541-549. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.67> [in Ukrainian]
17. Hrynevych, N.Ie. (2017). Vmist nityfikuiuchykh mikroorhanizmiv u vodi reaktora biofiltra ustanovky zamknutoho vodopostachannia za vykorystannia riznykh typiv napovniuvacha. [The content of nitrifying microorganisms in the water of the reactor biofilter installation of closed water supply for the use of different types of filler]. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Vol. 19 (82), P. 184–187. [in Ukrainian]
18. Dekhtiarov, P.A., Yevtushenko, M. Yu., & Sherman, I. M. (2014). *Fiziolohiia ryb: pidruchnyk*. 315. [Physiology of fish: a textbook]. Kyiv: Ahrarna osvita [in Ukrainian]
19. Yevtushenko, M.Iu. (2020). *Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen: navch. posib*. [Methodology and organization of scientific research a textbook]. Kyiv: Tsentr navchalnoi literatury [in Ukrainian]

20. Sherman, I.M., & Honcharova, O.V. (2022). *Ekoloho-fiziologichni osnovy aklimatyzatsii hidrobiontiv: navch.posib.* [Ecological and physiological bases of acclimatization of hydrobionts: a textbook]. Kherson: Oldi+ [in Ukrainian]
21. Khanjani, M. H., Alizadeh, M., Mohammadi, M., & Sarsangi Aliabad, H. (2021). Biofloc system applied to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) farming using different carbon sources: Growth performance, carcass analysis, digestive and hepatic enzyme activity. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(2), P. 490–513. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2021.123873>
22. Hwihi, H., Zeina, A., Abu Husien, M., & Eldamhougy, K. (2021). Impact of Biofloc technology on growth performance and biochemical parameters of *Oreochromis niloticus*. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 25(5), P. 149–159.
23. Widanarni, A., Ekasari, J., & Maryam, S. (2012). Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *Hayati Journal of Biosciences*, 19(2), P. 73-80. <https://doi.org/10.4308/hjb.19.2.73>
24. Stickney, R. R., & Gatlin III, D. M. (2022). *Aquaculture: an introductory text*. Wallington, UK Cabi. 331.
25. Blatt, T. L. S., et al. (2025). Environmental sustainability of Nile tilapia reared in a biofloc technology (BFT) system: dynamics of total carbon, nitrogen, phosphorus and production indicators. *Sustainability*, 17(13), P. 5670. <https://doi.org/10.3390/su17135670>
26. Sallam, G.R., El Basuini, M.F., Alhoshy, M. et al. (2025). Strategic application of biofloc technology for optimizing physiological homeostasis and reproductive efficiency in red tilapia (*Oreochromis* spp.) broodstock under long-term rearing conditions. *Aquaculture International*, 33, P. 464. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-02141-2>

Дата першого надходження рукопису до видання: 22.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025