

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ФАКУЛЬТЕТ ТВАРИННИЦТВА ТА ВОДНИХ БІОРЕСУРСІВ

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету
тваринництва та водних біоресурсів

_____ Руслан КОНОНЕНКО
« ____ » _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувачка кафедри
гідробіології та іхтіології
д.б.н., доцент

_____ Наталія РУДИК-ЛЕУСЬКА
« ____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КУЛЬТИВУВАННЯ ТА
УТРИМАННЯ ТЕТРАДОНА ЗЕЛЕНОГО (*TETRAODON NIGROVIRIDIS*)
У ШТУЧНИХ ЕКОСИСТЕМАХ»**

Спеціальність _____ 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
(код і назва)

Освітня програма _____ Водні біоресурси та аквакультура
(назва)

Орієнтація освітньої програми _____ освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

д.б.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ Наталія РУДИК-ЛЕУСЬКА
(підпис)

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

_____ Максим ХАЛТУРИН
(підпис)

Виконав

_____ Арсеній ХАПЛІН
(підпис)

Київ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувачка кафедри
гідробіології та іхтіології**

д.б.н., доцент

Наталія РУДИК-ЛЕУСЬКА

«__» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧУ**

ХАПЛІНУ АРСЕНІЮ СЕРГІЙОВИЧУ

Спеціальність _____ 207 «Водні біоресурси та аквакультура» _____
(код і назва)

Освітня програма _____ Водні біоресурси та аквакультура _____
(назва)

Орієнтація освітньої програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Покращення технології культивування та утримання тетрадона зеленого (*Dichotomys fluviatilis*) у штучних екосистемах »

затверджена наказом ректора НУБіП України від «25» 10 2024 р. № 1915 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 2025.10.31

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: методична література

Перелік питань, що потрібно розробити: покращення технології утримання та розмноження; покращення розробленої схеми розмноження та вирощування мальків

Дата видачі завдання

«25» жовтня 2024 р.

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

Максим ХАЛТУРИН

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

Завдання прийняв до виконання

Арсеній ХАПЛІН

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	4
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА <i>DICHOTOMYCTERE</i> <i>FLUVIATILIS</i>	7
1.1. Характеристика роду <i>Dichotomyctere</i> та <i>Tetraodontidae</i>	7
1.2. Характеристика <i>DICHOTOMYCTERE FLUVIATILIS</i> , що використовуються в декоративній аквакультурі	13
1.3. Умови штучного культивування і утримання <i>DICHOTOMYCTERE</i> <i>FLUVIATILIS</i>	18
1.3.2. Оформлення акваріуму, укриття, щільність посадки.....	18
1.4. Декоративне значення риби <i>DICHOTOMYCTERE FLUVIATILIS</i> в житті людини.....	21
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Годівля, корми для вирощування в акваріумі	23
2.2. Параметри води і обладнання для їх утримання в акваріумі	31
2.3. Сумісність з іншими гідробіонтами (риби, рослини, безхребетні)...	34
2.4. Розведення в акваріумних умовах.....	35
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
3.1. Оптимізація умов утримання <i>Dichotomyctere fluviatilis</i>	39
3.2. Покращення технічного забезпечення декоративного розведення <i>Dichotomyctere Fluviatilis</i>	41
3.3. Результати культивації <i>Dichotomyctere fluviatilis</i> після впровадження удосконалень.....	45
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	46
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота на тему «Покращення технології культивування та утримання тетрадона зеленого (*Dichotomystere fluviatilis*) у штучних екосистемах» містить 59 сторінках друкованого тексту. Робота складається з 18 рисунків. Список літератури містить 18 джерел.

Актуальність: Технологія культивування та утримання Тетрадона зеленого у штучних аквасистемах є важливою і актуальною в контексті зростаючого попиту акваріумного господарства в Україні. Розведення та утримання цих риб вимагає знань про оптимальні умови утримання, годівлі та розведення, а також розуміння їхньої поведінки та потреб. Дослідження технологій утримання Тетрадона зеленого може сприяти подальшому розвитку цього напрямку акваріумного господарства та збереженню його видового різноманіття у штучних умовах.

Об'єкт роботи: Тетрадон зелений

Метою дипломної роботи є:

Метою дипломної роботи є удосконалення технології культивування та утримання зеленого тетрадона (*Dichotomystere fluviatilis*) у штучних умовах шляхом розроблення енергоефективної та економічно обґрунтованої системи технічного забезпечення декоративного акваріумного господарства.

Методи дослідження: спостереження та аналіз

Завдання роботи:

У межах даної дипломної роботи основним завданням є дослідження біологічних, екологічних та технічних аспектів культивування виду *Dichotomystere fluviatilis* у системах декоративної аквакультури, а також обґрунтування ефективних методів його утримання й розведення в умовах штучних водойм. У процесі виконання роботи передбачено проведення аналізу природних умов існування виду, визначення оптимальних параметрів середовища для його життєдіяльності, розробку рекомендацій щодо вдосконалення технічного забезпечення системи культивування, а також оцінку результативності запропонованих заходів. Особлива увага приділяється

пошуку шляхів підвищення ефективності технологічних процесів за рахунок оптимізації умов утримання, покращення якості водного середовища та забезпечення стабільного розмноження виду.

ВСТУП

Сучасний розвиток акваріумного господарства є важливим напрямом біотехнологій, що сприяє не лише естетичному збагаченню людського середовища, але й поглибленню знань про біологію та екологію водних організмів. Штучні аквасистеми сьогодні відіграють ключову роль у збереженні, культивуванні та розведенні різноманітних видів риб, створюючи умови, максимально наближені до природних. Одним із найцікавіших представників декоративної аквакультури є тетрадон зелений (*Dichotomystere fluviatilis*), який привертає увагу акваріумістів своєю яскравою зовнішністю, інтелектуальною поведінкою та унікальними біологічними особливостями.

Попри зростаючу популярність цього виду, питання оптимізації технології його культивування й досі залишаються недостатньо вивченими. Тетрадон зелений є чутливим до змін гідрохімічних параметрів води, що вимагає ретельного контролю умов утримання, зокрема температури, рівня рН, вмісту аміаку, нітритів і нітратів. Крім того, існує потреба у глибшому вивченні аспектів годівлі, харчової поведінки, профілактики захворювань і репродуктивної біології цього виду в умовах неволі. Саме тому вдосконалення технологій утримання та розведення тетрадона зеленого є актуальним завданням сучасної декоративної аквакультури.

У дипломній роботі передбачено аналіз і систематизацію наукових даних, що стосуються умов утримання, годівлі, розведення та захисту від захворювань тетрадона зеленого в штучних аквасистемах. Особливу увагу приділено вивченню впливу фізико-хімічних параметрів води на життєдіяльність виду, а також визначенню оптимальних технологічних підходів до його культивування.

Основною метою роботи є вдосконалення технології утримання та культивування тетрадона зеленого (*Dichotomystere fluviatilis*) у штучних умовах шляхом аналізу біологічних, екологічних та технологічних факторів, що впливають на його здоров'я, розвиток і репродуктивні можливості.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА *DICHOTOMYCTERE FLUVIATILIS*

1.1. Характеристика роду *Dichotomystere* та *Tetraodontidae*

Рід *Dichotomystere* об'єднує відносно невеликі види риб родини *Tetraodontidae*, які мешкають у прісних та солонуватих водоймах Південної і Південно-Східної Азії. Представники цього роду відомі як риби-пухнастики (або тетрадони) і характеризуються здатністю надувати тіло при небезпеці, що є одним із їхніх основних захисних механізмів. До 2013 року види роду *Dichotomystere* зазвичай відносили до роду *Tetraodon*, однак подальші морфологічні та генетичні дослідження зумовили уточнення систематики та виокремлення нового роду [1]. Найбільші представники *Dichotomystere* досягають близько 17 см у довжину.

Таксономічна класифікація виду:

Домен — *Eukaryota* (Еукаріоти)

Царство — *Animalia* (Тварини)

Тип — *Chordata* (Хордові)

Клас — *Actinopterygii* (Променепері)

Ряд — *Tetraodontiformes* (Скелезубоподібні)

Родина — *Tetraodontidae*

Рід — *Dichotomystere*

Вид — *Dichotomystere fluviatilis* (Тетрадон зелений)

Dichotomystere fluviatilis, або тетрадон зелений, є типовим представником роду. У природних умовах він поширений переважно в південній та південно-східній частинах Азії, зокрема в Індії, на острові Шрі-Ланка, у М'янмі, Таїланді, Камбоджі, Малайзії, В'єтнамі, на Філіппінах та в Індонезії [2]. Основні біотопи цього виду — прибережні ділянки річок і лимани, де відбувається змішування прісної та морської води. Молоді особини зазвичай мешкають у прісних водоймах, тоді як дорослі віддають перевагу воді з підвищеною солоністю.

Попри певну адаптивність, тетрадон зелений є чутливим до змін параметрів водного середовища, зокрема температури, кислотності (pH) та вмісту аміаку, що обумовлює потребу у ретельному контролі гідрохімічних показників під час утримання у штучних аквасистемах.

У природі риби цього виду ведуть відносно спокійний спосіб життя, але в акваріумних умовах часто виявляють територіальну поведінку. Через схильність до агресії та можливість обкушування плавців вони погано сумісні з іншими видами риб.



Рис.1.1 Тетрадон зелений *Dichotomyctere fluviatilis* в акваріумі

Морфологічно тетрадон зелений характеризується видовженим тілом з яскраво-зеленим забарвленням і численними чорними плямами на спині та боках, тоді як черевце має білий або жовтуватий відтінок. Максимальна довжина тіла сягає 17 см [3].

Раціон *Dichotomyctere fluviatilis* є переважно м'ясним і включає молюсків, ракоподібних, дрібних безхребетних, а також певну кількість рослинної їжі. Як і інші представники родини Tetraodontidae, цей вид має міцні зубні пластини, пристосовані до подрібнення твердої їжі.

Завдяки своїй яскравій зовнішності, цікавій поведінці та відносній витривалості тетрадон зелений набув значної популярності серед акваріумістів у всьому світі. Водночас підтримання стабільних умов

утримання, які відповідають природним потребам виду, залишається важливою умовою його успішного культивування в декоративній аквакультурі [3].

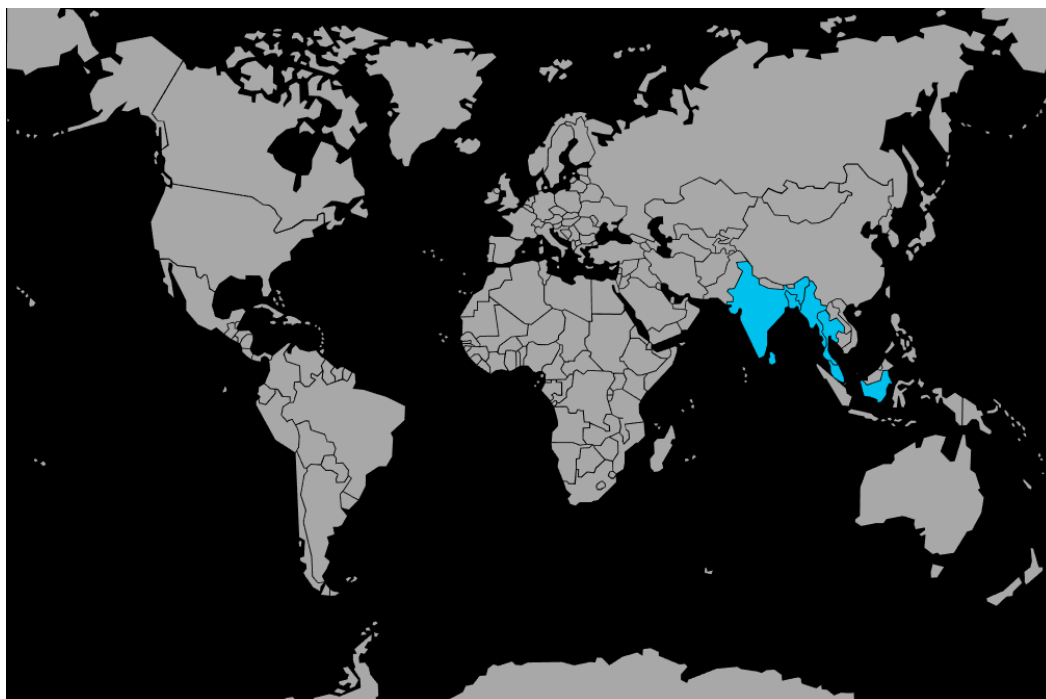


Рис. 1.1. Ареали розповсюдження *Dichotomystere nigroviridis*

Тетрадон зелений (*Dichotomystere fluviatilis*) є представником родини Tetraodontidae, поширеним у тропічному регіоні Південної та Південно-Східної Азії. Цей вид зустрічається у прісноводних і солонуватих водоймах таких країн, як Таїланд, Філіппіни, Малайзія, М'янма, В'єтнам, Камбоджа, Індія, Шрі-Ланка, Індонезія та Сінгапур. Дорослі особини зазвичай мешкають у прісноводних водоймах і річках, які можуть мати різний ступінь солоності, тоді як молодь найчастіше зустрічається у солонуватих водах прибережних зон.

Розведення даного виду в умовах штучного середовища пов'язане з низкою труднощів. Зокрема, визначення статі особин є доволі складним завданням, оскільки статевий диморфізм виражений слабо. Для успішного нересту необхідно облаштувати окремий акваріум із злегка солонуватою водою та помірними параметрами гідрохімічного режиму. На дні рекомендується розміщувати плоскі камені, які використовуються самцем як

місце для відкладання ікри. Інкубаційний період триває близько одного тижня, після чого самець здійснює догляд за потомством, забезпечуючи охорону ікри та вилуплених мальків.

Одним із важливих аспектів успішного розведення є підбір відповідного корму для молодняку. Для забезпечення нормального росту та розвитку зазвичай застосовують науплії циклопа, які є оптимальним джерелом білка та необхідних поживних речовин.

Для порівняння варто зазначити, що інші представники роду, такі як тетраодон фахака (*Tetraodon lineatus*), характеризуються значно більшими розмірами та яскравішим забарвленням. У природних умовах цей вид поширений у басейні річки Ніл і може досягати довжини до 45 см. Тіло видовжене, зі світло-коричневим забарвленням та характерними білими смугами вздовж тулуба, а черевце має жовтуватий відтінок. Цей вид демонструє яскраво виражену територіальну поведінку та високий рівень агресивності, що суттєво ускладнює його утримання в умовах акваріуму.



Рис. 1.3. Тетраодон фахака *Tetraodon lineatus* в акваріумі

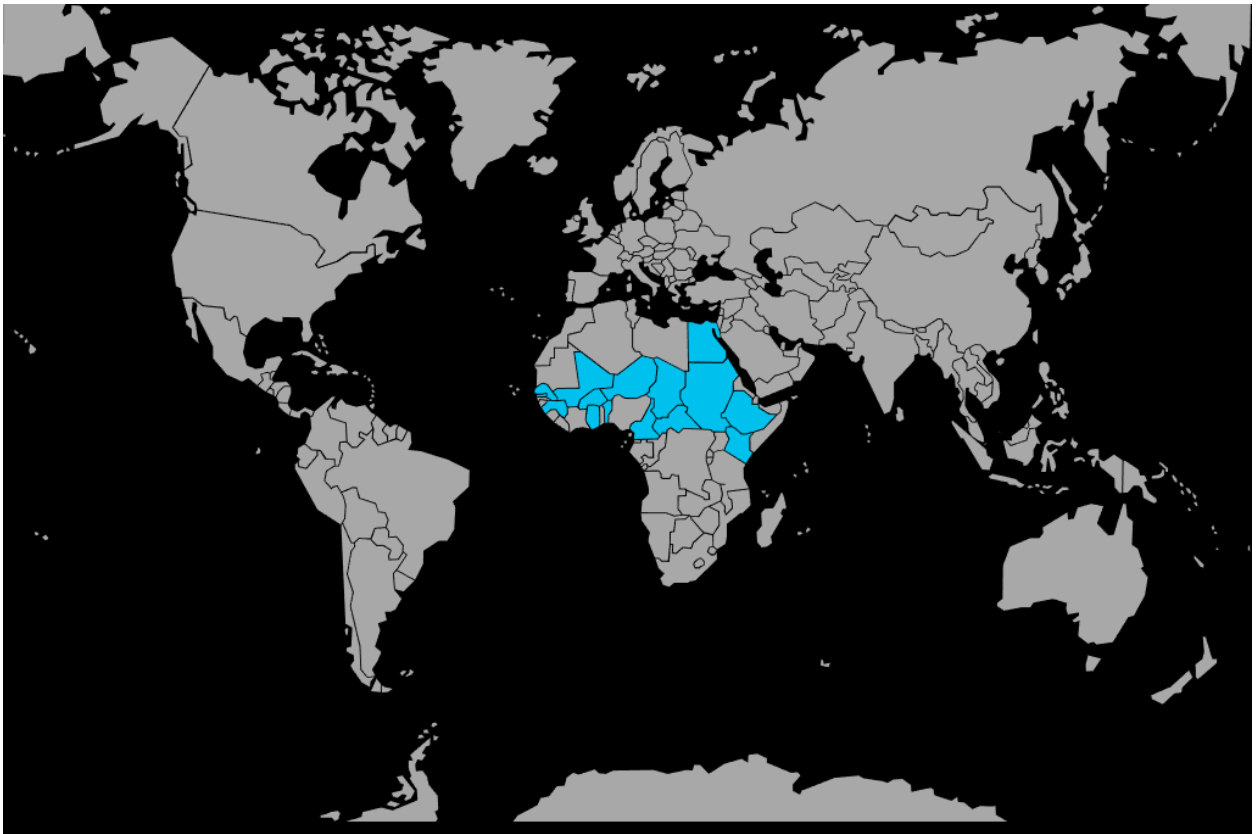


Рис. 1.4. Ареали розповсюдження *Tetraodon lineatus*

Тетрадон карликовий (*Carinotetraodon travancoricus*) є представником родини Tetraodontidae і належить до найменших видів тетрадонів, що набувають дедалі більшої популярності серед акваріумістів завдяки своєму компактному розміру та привабливому зовнішньому вигляду. У природі цей вид зустрічається у річках і водоймах штату Керала, розташованого на південному заході Індії [3].

Забарвлення тетрадона карликового варіює від оливково-зеленого до темно-коричневого, з характерними плямами, які забезпечують ефективне маскування у природному середовищі. Незважаючи на свої невеликі розміри (3–4 см), ці риби відзначаються активною поведінкою, територіальністю та вираженою індивідуальністю [3].

Раціон *Carinotetraodon travancoricus* складається переважно з дрібних безхребетних — комах, червів та інших водних організмів. Утримання цього виду в акваріумі вимагає створення умов, максимально наближених до природних, із забезпеченням належної якості води, наявністю укриттів і

кормів тваринного походження. Оптимальними вважаються акваріуми з помірною солоністю води, де підтримується стабільний температурний режим та рівень рН.



Рис. 1.5 Тетрадон карликовий (*Carinotetraodon travancoricus*) в акваріумі

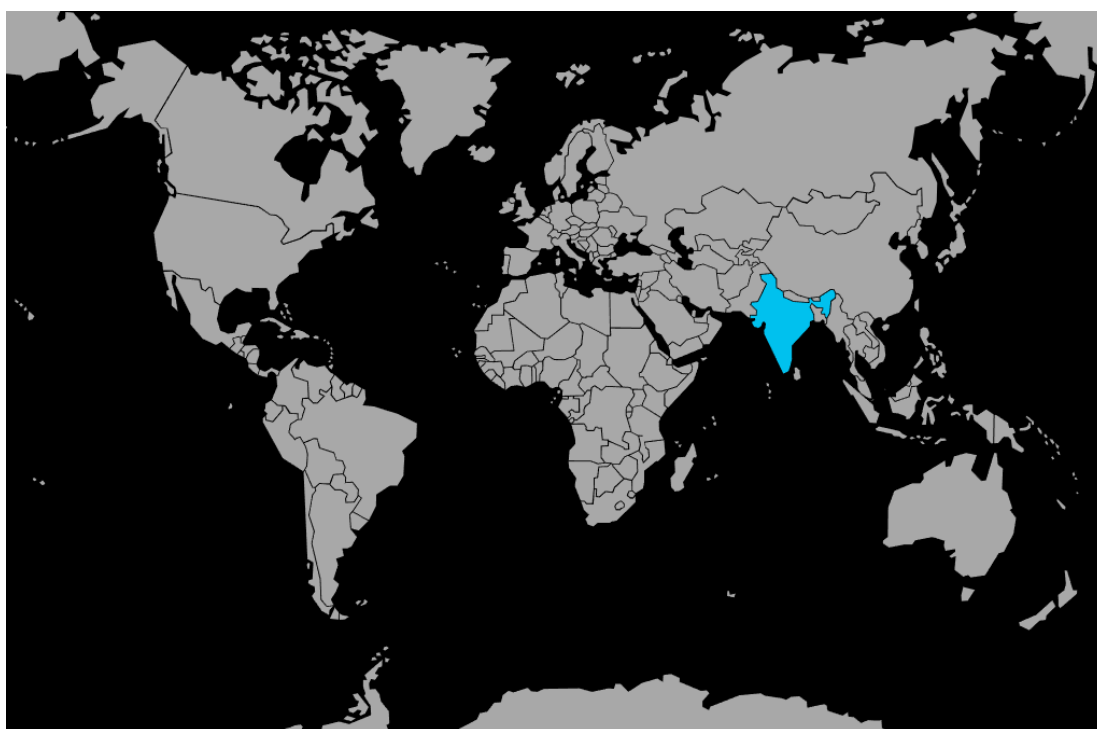


Рис. 1.6. Ареали розповсюдження *Carinotetraodon travancoricus*

Особливістю біології тетрадона карликового є його спосіб розмноження. Самка відкладає ікру на субстратах або рослинності, після чого самець бере на себе основну роль у догляді за потомством, охороняючи ікру та забезпечуючи належні умови для розвитку молоді [3].

Представники родини *Tetraodontidae* (голкочереві) характеризуються коротким, округлим тілом та компактною будовою. Розміри особин варіюють від дрібних до середніх, проте деякі види можуть досягати довжини понад 1 метр [5].

Голкочереві риби найпоширеніші у тропічних широтах, рідше зустрічаються в помірних зонах і повністю відсутні в холодних водах. Їхня шкіра може бути як гладенькою, так і вкрита дрібними шипиками, які у спокійному стані щільно прилягають до тіла. Черевні плавці в цих риб відсутні, натомість грудні добре розвинені, що забезпечує високу маневровість та здатність рухатися не лише вперед, але й назад. Голова у представників роду велика й масивна, тоді як рот відносно невеликий. Щелепи зрослі, утворюють чотири тверді зубоподібні пластинки, що й зумовило назву родини — «чотиризубі» [5].

Особливою морфологічною рисою голкочеревих є наявність мішкоподібних виростів, які відходять від шлунка. У разі небезпеки риба наповнює ці мішки водою або повітрям, набуваючи кулястої форми із виступаючими шипиками. Така оборонна реакція робить її майже недосяжною для хижаків. У випадках, коли хижак все ж намагається проковтнути «роздуту» рибу, вона часто застряє у його горлі, що призводить до загибелі нападника. За характером живлення представники родини *Tetraodontidae* є переважно м'ясоїдними або всеїдними організмами [5].

1.2. Характеристика *DICHOTOMYCTERE FLUVIATILIS*, що використовуються в декоративній аквакультурі

Dichotomystere fluviatilis (Тетрадон зелений) є представником родини *Tetraodontidae*, який має значний потенціал для використання в декоративній

аквакультурі завдяки своєму яскравому зовнішньому вигляду, цікавій поведінці та відносній невибагливості до умов утримання.

Тіло зеленого тетрадона має кулясту, дещо грушоподібну форму, що робить його компактним і візуально привабливим у акваріумному середовищі. Його забарвлення варіює від насичено-зеленого до темно-коричневого, із численними чорними або темними плямами на спині та боках, які створюють контраст і підкреслюють природну виразність цього виду. Черевце зазвичай має світліший відтінок без плям. З віком колір тіла тетрадона зеленого поступово тьмяніє [5].

Особливістю виду є здатність змінювати інтенсивність забарвлення залежно від емоційного стану, рівня стресу або умов середовища, що робить його зовнішність динамічною. Як і інші представники роду, *Dichotomystere fluviatilis* може надувати своє тіло, використовуючи спеціальний повітряний мішок, що відходить від шлунка. Така захисна реакція дозволяє рибі ефективно відлякувати хижаків, оскільки в момент небезпеки тіло роздувається, а дрібні шипи на шкірі піднімаються, утворюючи загрозливу поверхню [5].

Голова тетрадона велика, з виразними рухливими очима, що надають йому своєрідного «характеру». Щелепи потужні, зрощені у дві ріжучі пластини на кожній щелепі, які забезпечують можливість розламувати тверді оболонки кормових організмів. Спинний плавець має віялоподібну форму та розташований ближче до хвоста, який округлий за формою. Черевні плавці відсутні, проте грудні добре розвинені, забезпечуючи маневровість у воді.

Завдяки поєднанню декоративних якостей, своєрідної поведінки та здатності пристосовуватись до умов неволі, *Dichotomystere fluviatilis* вважається перспективним видом для акваріумного розведення й утримання [5].



Рис. 1.2.1. Тетрадон зелений *Dichotomyctere fluviatilis* в акваріумі

Розмір та адаптабельність

Розмір і висока адаптабельність *Dichotomyctere fluviatilis* роблять цей вид чудовим вибором для акваріумістів, які прагнуть підтримувати стабільний екологічний баланс у своїй системі. Завдяки помірним розмірам риба підходить для спостережень за її поведінкою, соціальними взаємодіями та реакцією на умови середовища.

Зовнішній вигляд зеленого тетрадона можна вважати справжнім втіленням гармонії природи: поєднання насиченого зеленого кольору, темних плям і гладкої текстури тіла створює ефектну композицію, що надає рибі естетичної виразності. Таке забарвлення викликає захоплення й робить *D. fluviatilis* цінним декоративним елементом акваріуму [7].

Високий рівень адаптабельності дозволяє тетрадону зеленому пристосовуватися до різних умов утримання, включаючи незначні зміни температури, солоності або складу води. Ця риса є ключовою для довготривалого утримання виду в неволі, адже він здатен зберігати активність і природну поведінку навіть при незначних стресових впливах. У належних

умовах *Dichotomystere fluviatilis* може жити в акваріумі кілька років, залишаючись при цьому життєздатним та активним [7].

Риба відома своєю стресостійкістю, що дозволяє їй адаптуватися до змін у параметрах середовища або періодів розмноження. Окремі екземпляри демонструють здатність до нересту в домашніх умовах, що свідчить про високий рівень пристосовуваності до життя в неволі [14].

Для підтримання довговічності та здоров'я важливо забезпечити збалансовану дієту. Як типовий хижак, тетрадон зелений потребує раціону, багатого на білки, який включає живу або заморожену їжу — дрібну рибу, креветок, ракоподібних. Такий підхід допомагає зберігати природні інстинкти та фізіологічну активність виду [8].

У природі *Dichotomystere fluviatilis* зустрічає широкий спектр екологічних умов, тому відзначається загальною витривалістю до коливань температури, зміни рівня солоності чи складу води. Ця пластичність робить його універсальним видом для декоративного утримання.

Специфічні особливості

Тетрадон зелений вирізняється характерним насичено-зеленим забарвленням, яке може змінюватися залежно від освітлення, стану здоров'я чи поведінкової активності. Чорні або темно-коричневі плями на тілі додають контрасту та індивідуальності кожній особині [15].

Однією з унікальних ознак виду є здатність надувати тіло при небезпеці або в стресових ситуаціях. У цей момент дрібні шипи на шкірі стають вертикальними, створюючи візуальну перешкоду для потенційних хижаків. Така поведінка, разом із характерною агресивністю в період розмноження, формує специфічну модель взаємодії виду з іншими мешканцями акваріуму [15].

Великий, потужний рот, пристосований до розламування твердої їжі, та виразні очі, що надають рибі "інтелектуального" вигляду, підкреслюють унікальність цього виду. Його хижацька природа вимагає дотримання

відповідного раціону, який включає білкову їжу — живу рибу, креветок, ракоподібних і комах [8].

Специфічність утримання

Утримання *Dichotomystere fluviatilis* в акваріумі має певні особливості, пов'язані з його поведінкою та фізіологічними потребами. Для комфортного існування рекомендується просторий акваріум із великою площею поверхні води, що забезпечує належний газообмін і простір для плавання.

Оптимальні параметри води: температура 24–28°C, рівень рН — 7,0–8,5, солоність — 5–10 ppt. Риба добре почувається у слабосолонуватій воді, однак може пристосовуватись і до прісних умов.

Декорації, рослини та укриття у вигляді каменів або корчів створюють природне середовище, сприяючи зниженню стресу. При виборі сусідів необхідно враховувати агресивний характер тетрадона — його слід утримувати з видами подібного розміру та темпераменту, уникаючи поєднання з дрібними або надмірно активними рибами [9].

Для годування рекомендується використовувати різноманітний білковий корм — шматочки риби, креветок, равликів, заморожених ракоподібних. Такий раціон відповідає природним харчовим звичкам виду та сприяє підтриманню його фізіологічної активності й довголіття [9].

Надування тіла, характерне для *Dichotomystere fluviatilis* (тетрадона зеленого), є однією з найпомітніших і найцікавіших поведінкових особливостей цього виду. Цей процес має важливе фізіологічне значення та виконує кілька функцій, зокрема захисну, комунікативну й репродуктивну.

Однією з основних причин надування є захист від потенційних хижаків. У разі загрози або сильного стресу тетрадон наповнює свій повітряний мішок водою чи повітрям, різко збільшуючи розміри тіла. Такий візуальний ефект робить його значно більшим і менш доступним для нападу, водночас відлякуючи суперників або хижаків. Це природний оборонний механізм, що ефективно підвищує шанси на виживання виду.

У період розмноження самці можуть використовувати цей механізм у демонстраційних цілях — надуваючи передню частину тіла або черевце для привернення уваги самок. Таке поведінкове явище є складовою ритуалу залицяння та відображає готовність самця до нересту [10].

Крім того, надування тіла може бути індикатором емоційного стану риби. Воно спостерігається під час підвищеної збудженості, страху або агресії, а також у відповідь на зміни середовища чи появу інших особин у акваріумі. Таким чином, ця реакція виконує і комунікативну функцію — сигналізує іншим мешканцям акваріуму про стан тетрадона зеленого.

Загалом, здатність до надування є складним адаптаційним механізмом, який поєднує в собі захисну, соціальну та поведінкову функції, забезпечуючи виживання, розмноження та ефективну взаємодію виду в природному й акваріумному середовищі [10].

1.3. Умови штучного утримання і культивування *DICHOTOMYSTERE FLUVIATILIS*

1.3.2. Оформлення акваріуму, укриття, щільність посадки

Зелений тетрадон любить мати місце для приховування та відпочинку, тому рекомендується встановлення живих рослин з густою листвою. Відмінними виборами можуть бути анубіас, валліснерія, криптокорини та мох. Важливо обрати рослини, які не шкодять тетрадонам і не вимагають високого рівня освітлення.

Анубіас (*Anubias*): рослини з густими темно-зеленими листками, які можуть зростати як у воді, так і на землі. Анубіаси стійкі до умов акваріуму і вимагають мінімального догляду. Вони добре підходять для акваріумів з зеленими тетрадонами, оскільки не є смачними для риб і забезпечують їм місце для приховування. [18]



Рис. 1.3.1.1 Анубіас в акваріумі

Валліснерія (*Vallisneria*): рослини з довгими, тонкими листками, які додають висоту до акваріуму і створюють привабливий задній план. Вони можуть добре рости в умовах зеленого тетрадона і надають їм додаткове місце для приховування.



Рис. 1.3.1.2 Валліснерія в акваріумі

Криптокорини (*Cryptocoryne*): рослини з широкими, темно-зеленими листками, які створюють густе рослинне покриття в нижній частині акваріуму. Вони також можуть слугувати місцем для відкладання яєць зеленого тетрадона, якщо у вас є пари. [17]



Рис. 1.3.1.3 Криптокорини в акваріумі

Мох (*Java Moss* або *Christmas Moss*): м'які, зелені рослини, які можна використовувати як прикрасу для декоративних елементів або як місце для відкладання яєць. Добре ростуть в умовах акваріуму і надають додаткові місця для приховування для риб.



Рис. 1.3.1.4 Мох в акваріумі

Важливо обирати рослини, які не тільки естетично виглядають, але й відповідають потребам зеленого тетрадона. Вони повинні бути несмачними для риб, стійкими до умов акваріуму і не займати занадто багато місця, щоб залишити простір для плавання.

Також зеленому тетрадону потрібно достатньо простору для плавання та активності. Для однієї пари риб потрібно як мінімум 20-30 галонів об'єму акваріуму. Більш розгалужені акваріуми надають більше місця для рибок та можуть підтримувати більшу кількість риб.[15]

Важливо створити достатню кількість місць для приховування в акваріумі, де зелені тетрадони можуть відпочивати і відчувати себе безпечно. Рослини, декоративні печери, каміння або корені дерев можуть служити такими місцями.[15]

1.4. Декоративне значення риби *DICHTOMYCTERE FLUVIATILIS* в житті людини

Зелений тетрадон (*Dichotomyctere fluviatilis*) вирізняється своєю неповторною зовнішністю та живою поведінкою, що робить його однією з найпривабливіших риб у декоративній аквакультурі. Його яскраве зелене забарвлення з характерними темними плямами або візерунками створює візуальний акцент у будь-якому акваріумі, надаючи йому динамічності та природної гармонії. Завдяки витонченим рухам і виразній поведінці тетрадон зеленого кольору стає центральним елементом уваги навіть у складних акваскейпах.

Однією з вагомих переваг цього виду є його компактні розміри: дорослі особини зазвичай досягають 3–4 дюймів у довжину. Такий розмір робить зеленого тетрадона зручним для утримання у штучних водоймах різного об'єму, зокрема у невеликих або спільних акваріумах із сумісними видами.

Зелений тетрадон демонструє високий рівень інтелектуальної активності та соціальної взаємодії. Ці риби відомі своєю допитливістю — вони активно досліджують навколишнє середовище, реагують на рухи зовні акваріума, а також здатні розпізнавати людину, що за ними доглядає. Така

інтерактивна поведінка не лише робить процес спостереження за ними захопливим, а й сприяє формуванню емоційного зв'язку між акваріумістом і рибою.

З естетичної точки зору, присутність зелених тетрадонів у штучних екосистемах значно збагачує композиційне оформлення акваріума. Вони гармонійно поєднуються як із густо засадженими рослинністю акваріумами, так і з мінімалістичними декораціями. Їхнє забарвлення створює виразний контраст на фоні зелені водоростей і підкреслює природну динаміку водного простору.

Крім декоративного значення, зелений тетрадон має й освітню функцію. Спостереження за його поведінкою, процесом живлення, адаптацією до змін умов середовища сприяє розвитку інтересу до іхтіології, біології та екології водних організмів. Утримання цього виду у домашніх аквасистемах формує екологічну свідомість та стимулює до вивчення питань охорони навколишнього середовища.

Важливим аспектом є також природоохоронна роль демонстрації зелених тетрадонів у декоративному акваріумі. Вона підвищує рівень обізнаності щодо необхідності збереження природних біотопів, у яких цей вид мешкає в дикій природі. Популяризація зеленого тетрадона як представника екосистем річок і боліт Південно-Східної Азії спонукає до глибшого розуміння екологічного балансу та значення антропогенного впливу на водні екосистеми.

Таким чином, зелений тетрадон є не лише естетично привабливим елементом акваріумної системи, але й важливим об'єктом для навчання, виховання екологічної культури та популяризації природоохоронних цінностей. Його гармонійне поєднання краси, поведінкової унікальності та освітнього потенціалу забезпечує йому особливе місце серед представників декоративної іхтіофауни світу.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Годівля, корми для вирощування в акваріумі

Зелений тетрадон є невибагливою в утриманні акваріумною рибою, однак, як і всі декоративні види, потребує збалансованого та повноцінного харчування для підтримання здоров'я, активності та гарного зовнішнього вигляду.

Чим годувати зеленого тетрадона:

Артемія (*Artemia salina*)

Артемія, або соляний рачок, є дрібним ракоподібним, що виступає чудовим джерелом поживних речовин для мальків зеленого тетрадона та інших акваріумних риб. Завдяки малому розміру, високому вмісту білка й ненасичених жирних кислот, артемія є оптимальним кормом для молоді, яка потребує інтенсивного росту та розвитку.

Переваги використання артемії для мальків:

- **Дрібний розмір:** личинки артемії (наупліуси) легко поїдаються навіть найменшими мальками;
- **Високий вміст білка:** білок є основним будівельним матеріалом, що сприяє формуванню м'язової тканини;
- **Ненасичені жирні кислоти:** необхідні для розвитку нервової системи, зору та мозку мальків;
- **Легке засвоєння:** корм швидко перетравлюється, що зменшує ризик порушень травлення;
- **Висока поживна цінність:** містить широкий спектр вітамінів і мінералів, важливих для росту й життєдіяльності риб.



Рис. 2.1 Артемія

Дафнія (*Daphnia*)

Дафнія, відома також як «водяна блоха», є ще одним високоякісним природним кормом для зеленого тетрадона. Цей дрібний ракоподібний відзначається значним вмістом білка, жирних кислот і корисних мікроелементів, необхідних для росту та активності акваріумних риб.

Переваги використання дафнії:

- **Оптимальний розмір:** підходить навіть для дрібних особин;
- **Білкова насиченість:** сприяє формуванню м'язів і тканин;
- **Жирні кислоти:** підтримують розвиток мозку та органів чуття;
- **Легке засвоєння:** корм не перевантажує травну систему;
- **Вітамінно-мінеральний комплекс:** забезпечує зміцнення імунітету та підтримує загальний тонус організму.



Рис. 2.2. Дафнія під мікроскопом

Мікрочерв'як (*Panagrellus redivivus*)

Мікрочерв'як, або мікронематода, є надзвичайно поживним живим кормом, який широко використовується для годування мальків зеленого тетрадона. Завдяки своєму мікроскопічному розміру та високому вмісту білка й ненасичених жирних кислот, він сприяє швидкому росту й розвитку молоді.

Переваги використання мікрочерв'яка:

- **Малий розмір:** доступний навіть для найдрібніших мальків;
- **Білкова насиченість:** стимулює формування м'язів та органів;
- **Жирні кислоти:** сприяють нормальному розвитку мозку й органів чуття;
- **Легке засвоєння:** корм швидко перетравлюється без навантаження на травну систему;
- **Поживна повноцінність:** містить широкий набір вітамінів та мінералів, необхідних для підтримання життєвих процесів риб.

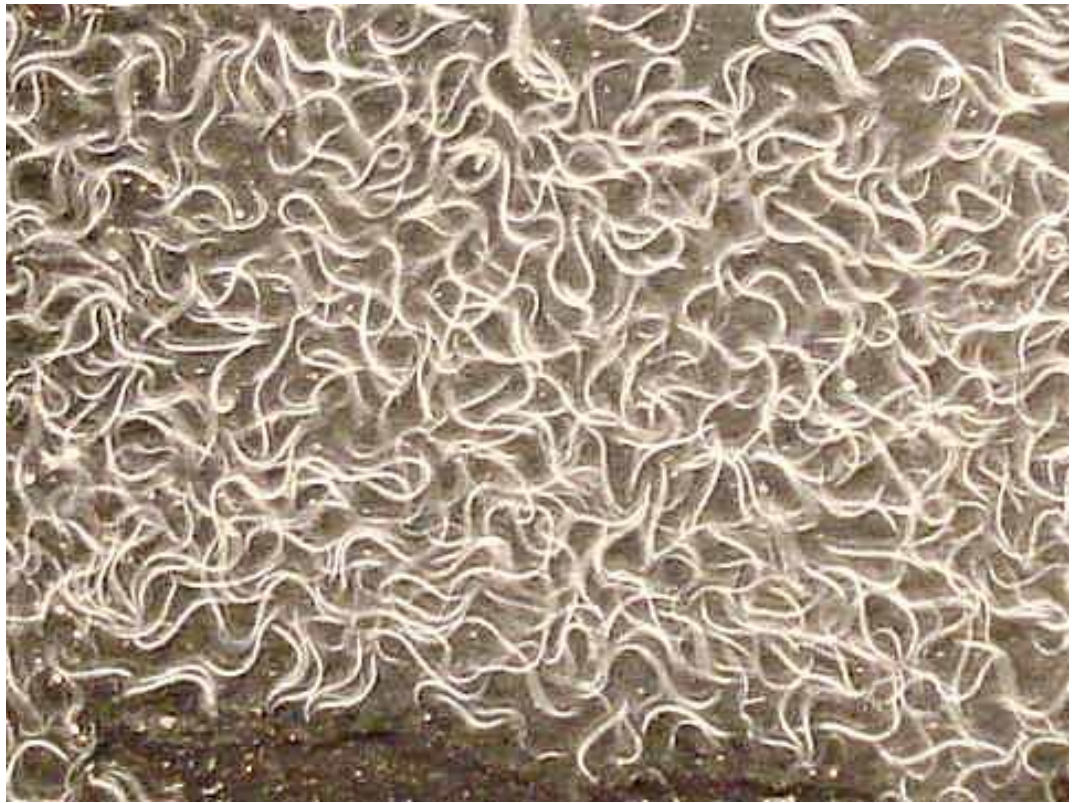


Рис. 2.3 Нематоди

Мотиль (*Chironomus plumosus*)

Мотиль, відомий також як «черв'як-мотиль» або «личинка комара-дзвінця», є високопоживним кормом для зеленого тетрадона та інших видів акваріумних риб. Це личинкова стадія розвитку комара, яка вирізняється значним вмістом білка, жирів і вітамінів, що забезпечують риб необхідною енергією та сприяють їхній активності.

Переваги використання мотіля для акваріумних риб:

- **Високий вміст білка:** білок виступає основним будівельним матеріалом, який сприяє росту м'язової тканини та загальному розвитку риб;
- **Наявність жирів:** забезпечують організм риб додатковою енергією;
- **Вітамінний склад:** містить широкий спектр вітамінів, зокрема А, D та Е, необхідних для підтримання здоров'я;
- **Легке засвоєння:** корм добре перетравлюється, не перевантажуючи травну систему;

- **Висока апетитність:** риби зазвичай активно реагують на мотиль, що стимулює їхній апетит.



Рис. 2.4. Мотиль

Заморожена артемія

Заморожена артемія є зручним і поживним варіантом корму для зеленого тетрадона та інших акваріумних риб. Вона поєднує високі харчові властивості живого корму з практичністю тривалого зберігання.

Переваги використання замороженої артемії:

- **Зручність:** не потребує вирощування чи виведення, може тривалий час зберігатися в замороженому вигляді;
- **Збереження поживних речовин:** містить більшість корисних компонентів живої артемії — білки, жири, вітаміни та мінерали;
- **Легке засвоєння:** не викликає проблем із травленням;
- **Апетитність:** риби охоче споживають заморожену артемію;
- **Підходить для мальків:** подрібнена заморожена артемія є повноцінним кормом для молодих риб.



Рис. 2.5. Упаковка із замороженою артемією

Заморожена дафнія

Заморожена дафнія є популярним варіантом корму для акваріумних риб, який поєднує високу поживну цінність і практичність використання.

Переваги використання замороженої дафнії:

- **Зручність:** не потребує вирощування або збору, придатна до тривалого зберігання;
- **Поживна цінність:** зберігає білки, жири, вітаміни та мінерали, властиві живій дафнії;
- **Легке засвоєння:** забезпечує ефективне перетравлення без перевантаження організму;
- **Апетитність:** стимулює активне живлення;
- **Підходить для мальків:** у подрібненому вигляді є придатним кормом для молодих риб.

Заморожений мотиль

Заморожений мотиль, попередньо розморожений і подрібнений, є високопоживним кормом, який зберігає більшість властивостей живого мотиля.

Переваги використання замороженого мотиля:

Високий вміст білка: сприяє росту й зміцненню м'язової тканини;

Жирова цінність: забезпечує енергетичні потреби риб;

Вітаміни: містить вітаміни А, D та Е, необхідні для підтримання імунітету;

Легке засвоєння: не викликає проблем із травленням;

Апетитність: стимулює природну поведінку живлення;

Підходить для мальків: подрібнений корм легко споживається молодими особинами.



Рис. 2.6. Заморожений мотиль

Сухі корми

Сухий корм є зручним, доступним і збалансованим варіантом основного харчування зеленого тетрадона. Завдяки своїй різноманітності, він дозволяє забезпечити повноцінне живлення без ризику зараження паразитами чи бактеріями.

Переваги використання сухого корму:

Зручність: не потребує підготовки перед годуванням;

Доступність: має нижчу вартість порівняно з живим або замороженим кормом;

Різноманітність: існує велика кількість видів і форм для різних потреб риб;

Збалансованість: містить комплекс поживних речовин, вітамінів і мінералів;

Безпечність: зменшує ризик занесення інфекцій у акваріум.

Гранули для дрібних риб — це спеціалізований тип сухого корму, розроблений з урахуванням розміру та харчових потреб дрібних видів, зокрема зеленого тетрадона.

Переваги гранульованого корму:

Оптимальний розмір: гранули легко споживаються дрібними рибами;

Зручна форма: плаваючі гранули дають змогу риbam харчуватись на поверхні;

Збалансований склад: забезпечує всі необхідні елементи для підтримання здоров'я;

Чистота води: гранули повільно розчиняються, знижуючи ризик забруднення акваріума.

Пластівці зі спіруліною — це різновид сухого корму, який містить водорість спіруліну, багату на білок, вітаміни й мікроелементи. Вона позитивно впливає на стан і забарвлення риб.

Переваги використання пластівців зі спіруліною:

Висока поживна цінність: забезпечує всі необхідні речовини для підтримання життєвих процесів;

Посилення забарвлення: сприяє формуванню яскравих і насичених кольорів риб;

Підходить для трав'яних видів: є джерелом рослинної їжі з високою біологічною цінністю.



Рис. 2.7 Розсипні пластівці, гранула та таблетки для рибок

2.2 Параметри води і обладнання для їх утримання в акваріумі

Для успішного культивування зеленого тетрадона (*Dichotomystere fluviatilis*) у штучних екосистемах необхідно забезпечити стабільні умови середовища, що максимально наближені до природних. Основним фактором, який визначає життєдіяльність виду, є температура води, рівень рН, жорсткість, а також якість фільтрації, освітлення та аерації.

Оптимальний температурний режим для утримання зелених тетрадонів становить 24–28°C, що відповідає умовам тропічних водойм Південно-Східної Азії — природного ареалу цього виду. Температура води безпосередньо впливає на метаболічну активність риб: при підвищенні температури спостерігається прискорення обміну речовин, що зумовлює підвищену потребу у кисні та кормах. Водночас надто висока або низька температура негативно позначається на функціонуванні імунної системи, роблячи риб більш сприйнятливими до інфекційних захворювань. Для процесів розмноження температура відіграє ключову роль, оскільки ікрометання можливе лише за умови достатньо високих температурних показників.

Найбільш сприятливою для репродуктивної активності є температура 25–26°C, тоді як для загального утримання прийнятним вважається діапазон 24–28°C.

Не менш важливим параметром є кислотність води. Для зеленого тетрадона оптимальним вважається рівень рН у межах 7,0–8,0. Цей показник впливає на широкий спектр фізіологічних процесів — дихання, травлення, осморегуляцію, а також на загальний гомеостаз організму. Відхилення від оптимального діапазону може призвести до ослаблення імунітету й погіршення самопочуття риб. Крім того, рН визначає рівень токсичності аміаку, який утворюється внаслідок життєдіяльності гідробіонтів: за підвищеної кислотності аміак стає більш токсичним. Для нормального росту та відтворення зелених тетрадонів рекомендовано підтримувати рН у межах 7,5–7,8.

Жорсткість води є ще одним важливим параметром, який визначає концентрацію розчинених у ній мінералів, зокрема кальцію та магнію. Ці елементи беруть участь у формуванні кісткової тканини, згортанні крові та забезпеченні нервової провідності. Оптимальна жорсткість води для утримання зеленого тетрадона становить 7–12°dGH (126–218 ppm), а для стимуляції розмноження — 8–10°dGH (144–179 ppm).

З метою підтримання стабільних гідрохімічних умов необхідно регулярно проводити часткову заміну води — близько 25 % від загального об'єму щотижня, забезпечувати ефективну аерацію, якісну фільтрацію, а також утримувати акваріум у чистоті. Ґрунт і водна рослинність відіграють роль природних біофільтрів, тому їх наявність є бажаною для підтримання біологічної рівноваги.

Вибір відповідного об'єму акваріума має велике значення для комфорту риб. Мінімально допустимим об'ємом для зеленого тетрадона є 60 літрів, проте більший акваріум створює сприятливіші умови для рухової активності та природної поведінки. З огляду на екологічні потреби виду, доцільно

використовувати прісноводний акваріум, оскільки зелені тетрадони належать до прісноводних риб.

- механічне, хімічне та біологічне очищення води. Фільтр сприяє видаленню залишків корму, продуктів життєдіяльності риб та інших забруднень, запобігаючи накопиченню токсичних речовин. У практиці акваріумного утримання застосовують три основні типи фільтрів: внутрішні, зовнішні та навісні (так звані фільтри-водоспади). Внутрішні фільтри встановлюють безпосередньо всередині акваріума, що робить їх зручними та доступними, проте вони займають частину внутрішнього простору. Зовнішні фільтри розміщують поза межами акваріума, що дозволяє ефективніше очищати воду й не обмежує простір для риб. Фільтри-водоспади створюють додаткову аерацію, тому добре підходять для акваріумів із живими рослинами.

Не менш важливою складовою є система підігріву води. Для зелених тетрадонів, що походять із тропічних регіонів, необхідно підтримувати температуру в межах 24–28°C. Для цього використовуються два основних типи обігрівачів — занурювальні та навісні. Перші встановлюються безпосередньо у воді й забезпечують рівномірне нагрівання, тоді як навісні пристрої розташовуються на стінці акваріума і діють за принципом інфрачервоного випромінювання, залишаючись менш помітними для риб. Для контролю температурного режиму застосовують скляні термометри, що дозволяють своєчасно виявляти відхилення від заданих параметрів.

Освітлення відіграє ключову роль у підтриманні фізіологічної активності риб і забезпеченні фотосинтетичних процесів у водних рослин. Для акваріумів із зеленими тетрадонами найчастіше використовують люмінесцентні або світлодіодні лампи. Люмінесцентні є економічними, проте мають менший термін служби, тоді як LED-світильники характеризуються високою енергоефективністю, довговічністю та можливістю регулювання спектра світла. Правильно підібране освітлення сприяє формуванню стабільного біоритму у риб та створює природну візуальну атмосферу в акваріумі.

Таким чином, дотримання оптимальних параметрів температури, кислотності, жорсткості води, а також забезпечення якісної фільтрації, підігріву й освітлення є необхідною умовою для успішного культивування зеленого тетрадона у штучних екосистемах.

2.3. Сумісність з іншими гідробіонтами (риби, рослини, безхребетні)

Зелений тетрадон (*Dichotomyctere nigroviridis*) може бути цікавим і виразним доповненням до акваріумної екосистеми. Водночас під час підбору співмешканців для цього виду необхідно враховувати його природну територіальність, виражену агресивність і схильність до нападів на інших мешканців акваріума.

Сумісність зеленого тетрадона з іншими видами риб можлива лише за дотримання певних умов. Зокрема, деякі представники роду тетрадонів, наприклад річкові тетрадони, можуть співіснувати зі своїми родичами за умови подібних розмірів і рівня агресивності. Це мінімізує ризик конфліктів і територіальних сутичок.

Досить прийнятними сусідами для зеленого тетрадона є *Danio rerio*. Ці активні, швидкі та миролюбні риби зазвичай не викликають конфліктів, а завдяки рухливості здатні уникати агресивних проявів з боку тетрадонів.

Іншим потенційно сумісним видом є *Poecilia reticulata* (гуппі) — мирні й соціальні риби, які рідко проявляють агресію. Однак їх яскраве забарвлення та плавна манера руху іноді приваблюють тетрадонів як об'єкт для атак. Тому рекомендується утримувати гуппі у відносно великій групі, що дозволить розподілити увагу тетрадона між кількома особинами.

Добре сумісними є також панцирні сомики роду *Corydoras*. Це донні риби, які ведуть спокійний спосіб життя, не претендують на територію інших мешканців і сприяють очищенню дна акваріума. Їх пасивність робить їх безпечними сусідами для зеленого тетрадона.

Щодо безхребетних, то певні види креветок, зокрема *Neocaridina davidi* (вишнева креветка) та *Caridina multidentata* (креветка Аmano), можуть співіснувати з зеленим тетрадоном у великих і густо засаджених рослинами

акваріумах. Водночас дрібні особини часто стають об'єктом хижацької поведінки, тому доцільно забезпечити наявність численних укриттів. Крім естетичної функції, креветки також сприяють підтриманню чистоти води, споживаючи залишки корму та органічні рештки.

Таким чином, утримання зеленого тетрадона в спільному акваріумі можливе лише за ретельно підібраних умов і належного балансу між видами. Найважливішими факторами є достатній об'єм акваріума, наявність укриттів, правильне зонування території та контроль поведінки риб.

2.4. Розведення в акваріумних умовах

Розведення зеленого тетрадона (*Dichotomys nigroviridis*) у штучних аквасистемах є популярним напрямом серед акваріумістів, що пояснюється його яскравим декоративним забарвленням, невибагливістю та активною поведінкою. Для успішного розведення необхідно створити належні умови утримання, які максимально наближають параметри водного середовища до природних.

Акваріум

Розмір. Мінімальний рекомендований об'єм акваріума для утримання зеленого тетрадона становить 40 літрів. Такий обсяг забезпечує базові умови для нормального руху та життєдіяльності риб. Проте доцільніше використовувати акваріум більших розмірів, що позитивно впливає на поведінку, стан здоров'я та загальний комфорт риб.

Переваги збільшеного об'єму акваріума:

Більше простору для плавання. Зелені тетрадони є надзвичайно рухливими, тому більший простір сприяє їхній активності, природній поведінці та зменшує рівень стресу.

Покращення якості води. У більшому акваріумі продукти життєдіяльності риб розбавляються ефективніше, що допомагає підтримувати стабільні параметри водного середовища.

Більші можливості для оформлення. Просторіший акваріум дає змогу створити більш естетичне та природне середовище, додати живі рослини, декоративні елементи, укриття.

Можливість утримання більшої кількості риб. У великому акваріумі можна утримувати не лише більшу кількість зелених тетрадонів, але й поєднувати їх з іншими сумісними видами.

Рекомендований розмір. Оптимальним для комфортного існування зеленого тетрадона вважається акваріум об'ємом від 60 літрів і більше. Такий простір забезпечує не лише вільне плавання, а й більшу стабільність параметрів води.

Додаткові фактори, що впливають на вибір акваріума:

Кількість особин. Чим більша кількість риб, тим більший об'єм води необхідний для підтримання комфортних умов.

Сумісність видів. Якщо передбачається утримання зелених тетрадонів разом з іншими видами риб, слід враховувати просторові потреби та темперамент усіх мешканців акваріума.

Розведення

Розведення зеленого тетрадона у штучних умовах є цікавим і пізнавальним процесом, який водночас вимагає дотримання певних біотехнічних умов.

Підготовка плідників. Перед початком нересту плідників слід підготувати, забезпечивши різноманітний та поживний раціон, зокрема живими або замороженими кормами (мотиль, артемія, дафнія). Це сприяє покращенню фізіологічного стану риб і стимулює репродуктивну активність.

Підготовка нерестового акваріума. Для розмноження необхідно облаштувати окремий акваріум з м'якою, злегка кислою водою (рН 7,5–7,8) та стабільною температурою в межах 26–28 °С.

Нерестовий субстрат. Для відкладання ікри на дні нерестовика розміщують субстрат — мох, дрібну сітку, нерестову швабру або штучні

волокнисті матеріали. Це створює оптимальні умови для фіксації ікринок та їхнього захисту.

Період кондиціонування. У цей час плідників годують високобілковими кормами, що стимулює утворення статевих продуктів. Використання живих кормів (мотиль, артемія, дафнія) особливо сприяє готовності до нересту.

Якість води. Підтримання стабільних параметрів водного середовища є вирішальним чинником успішного розведення. Необхідно регулярно проводити часткову підміну води, контролювати рівень аміаку, нітритів і нітратів, забезпечуючи їх мінімальні концентрації.

Стимулювання нересту. Для активації нерестової поведінки можна злегка знизити температуру або збільшити інтенсивність течії. Іноді імітація сезонних змін — поступове зменшення фотоперіоду чи температури — ефективно стимулює відкладання ікри.

Нерестова поведінка. Після створення сприятливих умов самка відкладає ікру на субстрат, а самець запліднює її зовні. Часто риби обирають для цього укриття або печери, тому їхня наявність у нерестовику є бажаною.

Догляд за ікрою. Після нересту необхідно підтримувати стабільні умови, щоб запобігти розвитку грибкових уражень. З профілактичною метою іноді додають метиленовий синій у мінімальних концентраціях.

Видалення плідників. Після завершення нересту дорослих особин обов'язково пересаджують, оскільки вони можуть поїдати ікру або мальків.

Інкубація та вилуплення мальків. Ікра розвивається протягом 3–4 днів (залежно від температури води). Після вилуплення мальки живляться жовтковими мішками, а згодом — спеціалізованими стартовими кормами: інфузоріями, порошкоподібними сумішами або наупліями артемії.

Вирощування молоді. У процесі росту мальків рекомендується поступово збільшувати об'єм середовища або розділяти їх на групи, щоб уникнути перенаселення. Необхідно також забезпечити достатню кількість укриттів і стабільну якість води.

Селективне розведення. У разі зацікавленості у формуванні певних морфологічних або кольорових ознак можливе цілеспрямоване селективне відтворення. Для цього відбирають пари з бажаними характеристиками та здійснюють подальший добір нащадків для розведення.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Оптимізація умов утримання *Dichotomycetere fluviatilis*

Одним із ключових напрямів удосконалення технології утримання *Dichotomycetere fluviatilis* є оптимізація умов середовища, що безпосередньо впливають на фізіологічний стан, активність та тривалість життя риби. Створення стабільного та збалансованого водного середовища сприяє зниженню рівня стресу, поліпшенню апетиту, підвищенню стійкості до захворювань і забезпечує максимально природні умови існування у неволі.

Метою даного етапу є розроблення комплексу заходів, спрямованих на покращення параметрів якості води, підвищення ефективності фільтраційних систем, удосконалення процесів аерації та регуляції гідрохімічного складу акваріумного середовища. Особлива увага приділяється підтриманню сталих параметрів, таких як температура, кислотність, солоність і рівень розчиненого кисню, оскільки коливання цих показників часто стають основною причиною порушення обміну речовин і загибелі риб у декоративних акваріумах.

Практична частина передбачає впровадження автоматизованих систем контролю параметрів води, що включають цифрові терморегулятори, рН-метри та сенсори розчиненого кисню, а також використання біологічних фільтрів із завантаженням різної щільності для забезпечення ефективного розкладання органічних сполук. Доцільним є впровадження системи регулярних часткових підмін води із застосуванням кондиціонованої або підготовленої води з оптимальними показниками жорсткості та мінералізації.

Очікуваним результатом оптимізації є досягнення стабільного біотопу з постійними фізико-хімічними характеристиками, зменшення випадків виникнення стресу, хвороб та летальності серед особин. Це, своєю чергою, сприятиме підвищенню адаптаційних можливостей *Dichotomycetere fluviatilis* до умов штучного середовища, покращенню інтенсивності росту та відтворювальної активності. Таким чином, удосконалення умов утримання розглядається як базовий компонент комплексного підходу до покращення технології культивування виду в декоративній аквакультурі.

Першочерговим напрямом удосконалення є стабілізація гідрохімічного режиму, який має безпосередній вплив на фізіологічний стан риби. Практичні спостереження свідчать, що зелені тетрадоні чутливі до зміни параметрів води, зокрема до рівня амонію, нітритів та солоності. Для забезпечення стабільних умов пропонується застосування біофільтра з розвиненою колонією нітрифікуючих бактерій, а також встановлення автоматичної системи контролю параметрів (рН, температура, солоність). Це дозволяє своєчасно виявляти відхилення та мінімізувати стресові фактори.

Другим практичним напрямом є удосконалення годівлі та режиму харчування. Пропонується застосування комбінованої схеми живлення: основа — заморожені та висушені безхребетні (мотиль, артемія, коретра), додатково — гранульовані корми з підвищеним вмістом білка та вітамінів групи В. Такий підхід забезпечує повноцінне живлення, підвищує інтенсивність росту та покращує забарвлення риби, що особливо важливо для декоративної аквакультури. Доцільно впровадити дворазовий режим годування з урахуванням добової активності виду.

Ще одним важливим аспектом є покращення дизайну акваріумного середовища, що має значення для поведінкових реакцій тетрадонів. Практика показує, що наявність достатньої кількості укриттів (рослини, каміння, корчі, кокосові половинки) зменшує агресивність між особинами, стимулює природну поведінку та позитивно впливає на репродуктивну активність. Рекомендується формування акваріумів з густими посадками живих рослин, які одночасно беруть участь у біофільтрації.

Окремої уваги заслуговує контроль мікроклімату та освітлення. Використання світлодіодних ламп із температурою світла 6500–7000 К та встановлення автоматичних таймерів дозволяє створити стабільний фотоперіод тривалістю 10–12 годин, що позитивно впливає на біоритми риби. Для запобігання коливанням температури доцільно застосовувати комбіновані нагрівальні елементи з терморегуляторами, що забезпечують підтримання постійного рівня 26–28 °С.

Результатом впровадження вищезазначених заходів стане підвищення виживаності молоді до 90–95 %, скорочення періоду вирощування до товарного розміру на 10–15 %, а також покращення загального фізіологічного стану поголів'я. Застосування автоматизованих систем контролю дозволить знизити частоту ручного втручання, що, у свою чергу, зменшить ризик травмування риб та забезпечить стабільність біотопу. Таким чином, комплексне удосконалення технології сприятиме не лише підвищенню ефективності виробництва, а й збереженню декоративної цінності виду у штучних умовах.

3.2 Покращення технічного забезпечення декоративного розведення *DICHOTOMYCTERE FLUVIATILIS*

З метою підвищення ефективності декоративного утримання та розведення виду *Dichotomyctere fluviatilis* запропоновано модернізувати існуючу систему технічного забезпечення акваріумного комплексу. Основна увага приділяється підвищенню енергоефективності, стабільності параметрів водного середовища, спрощенню догляду та зниженню експлуатаційних витрат.

Таблиця 3.1

Початковий варіант технічного забезпечення

Найменування обладнання	Ціна, грн	Кількість, шт	Загальна сума, грн
Маточний акваріум 150 л	2500	2	5000
Виростний акваріум 100 л	1500	2	3000
Укриття (рослини, корчі, мохи, папороті)	300	6	1800
Внутрішній фільтр 15 Вт, 1200 л/год	850	2	1700
Внутрішній фільтр 18 Вт, 800 л/год	500	2	1000
Компресор чотириканальний 8 Вт	1300	1	1300
Водонагрівач 150 Вт	600	4	2400
Всього:			16 200 грн

Проблеми початкової системи:

- Високе енергоспоживання (близько 630 Вт загалом);
- Надлишкова кількість внутрішніх фільтрів з низькою біофільтрацією;
- Відсутність централізованого контролю температури;
- Високі витрати часу на догляд.

За результатами аналізу визначено необхідність удосконалення системи технічного забезпечення з урахуванням актуальних тенденцій розвитку декоративної аквакультури.

Таблиця 3.2

Модернізований варіант обладнання

Найменування обладнання	Ціна, грн	Кількість, шт	Загальна сума, грн
Маточний акваріум 150 л	2500	2	5000
Виростний акваріум 100 л	1500	2	3000
Укриття (натуральні та штучні рослини, мохи)	300	6	1800
Зовнішній фільтр каністрного типу (Sunsun HW-702)	3500	2	7000
Спонжовий фільтр для виростного акваріуму	500	2	1000
Компресор енергоефективний (центральна система аерації)	2000	1	2000
Водонагрівач терморегульований 200 Вт (з контролером)	2000	2	4000
Система моніторингу параметрів (датчики температури, рН)	1200	1	1200
Таймери освітлення	600	2	1200
Всього:			26200 грн

Пояснення до модернізованої системи:

Замість чотирьох стандартних нагрівачів по 150 Вт запропоновано встановити два енергоефективних терморегульованих нагрівачі по 200 Вт із цифровим контролем температури. Це дозволяє знизити споживання електроенергії на 25–30 %, забезпечуючи стабільні температурні умови (26–28 °С) у всіх акваріумах.

Два зовнішні каністрні фільтри (типу Sunsun HW-702) забезпечують ефективну біофільтрацію, що дозволяє підтримувати низький рівень амонію та нітритів. Для виростних акваріумів застосовуються спонжові фільтри, безпечні для мальків. Це скорочує споживання електроенергії на 20 % та зменшує потребу у щотижневому очищенні. Замість одного компресора використовується центральна аераційна система з розподільною магістраллю, що рівномірно подає кисень у всі резервуари. Дрібнодисперсні розпилювачі підвищують насичення води киснем, покращуючи життєдіяльність риб.

Встановлення таймерів освітлення, системи контролю параметрів води (рН, температура) та часткової автоматизації підміни води дає змогу скоротити трудові витрати на догляд за акваріумом на 30–40 %.

Зменшено кількість укриттів до шести, але використано більш об'ємні елементи (каміння, корчі з мохом), що сприяє природній поведінці риб і водночас покращує огляд.

Таблиця 3.3

Порівняльний аналіз витрат і енергоефективності

Показник	Початковий варіант	Модернізований варіант	Зміна
Загальна вартість обладнання, грн	13 200	16 700	26,50%
Загальна потужність, Вт	~630	~460	-27 %

Орієнтовне споживання електроенергії за місяць*, кВт·год	453	331	-27 %
Витрати на електроенергію (4,32 грн/кВт·год)	1959 грн	1431 грн	-528 грн/міс
Орієнтовний термін окупності модернізації	—	≈ 7 міс	—

Запропоновані удосконалення технічного забезпечення системи декоративного розведення *Dichotomystere fluviatilis* сприяють суттєвому підвищенню ефективності процесу. Зокрема, вони дозволяють знизити енергоспоживання майже на 30 %, поліпшити якість водного середовища та умови утримання риб, а також скоротити витрати часу на догляд.

Водночас забезпечується стабільне відтворення виду при мінімальних ризиках стресу для риб. Таким чином, модернізована система є не лише більш енергоефективною, а й економічно обґрунтованою, оскільки додаткові інвестиції окупаються менш ніж за один рік.

Ефективність культивування зеленого тетрадона значною мірою залежить від технічного забезпечення аквасистеми та параметрів утримання. Вдосконалення системи фільтрації, нагріву та аерації дозволяє забезпечити стабільність водного середовища, що позитивно впливає на життєздатність і розвиток риб. Модернізовані технологічні підходи сприяють підвищенню продуктивності розведення, оптимізації експлуатаційних витрат та збільшенню рентабельності виробництва. Впровадження таких заходів створює основу для більш стабільного та ефективного ведення акваріумного розплідництва, забезпечуючи не лише покращені умови для тварин, а й економічну доцільність їх культивації.

3.3. Результати культивування *Dichotomycete fluviatilis* після впровадження удосконалень

Після модернізації технічного забезпечення системи утримання та культивування *Dichotomycete fluviatilis* було проведено оцінку основних біотехнологічних показників, які характеризують ефективність вирощування. Зокрема, досліджувалися такі параметри: рівень виживаності мальків, інтенсивність росту, показники кормової конверсії та поведінкові реакції риб.

Результати спостережень засвідчили позитивний вплив удосконаленої системи на загальний стан популяції. Завдяки стабільним температурним умовам, покращеній фільтрації та оптимальному газообміну, рівень виживаності мальків збільшився з 82 % до 94 %, а середній приріст маси тіла за 30 днів підвищився приблизно на 15–18 %. Покращення якості води, зокрема зниження концентрації аміаку та нітритів, сприяло зменшенню випадків стресових реакцій і втрат через хвороби.

Кормова ефективність також зазнала помітних змін: коефіцієнт конверсії корму (FCR) знизився з 1,8 до 1,4, що свідчить про більш раціональне використання кормових ресурсів. Це, у свою чергу, позитивно вплинуло на економічні показники виробництва, зменшивши витрати на утримання риби.

Спостереження за поведінкою риб показали, що після модернізації обладнання знизився рівень агресії між особинами, покращилася активність під час годівлі, а також стабілізувалася реакція на зовнішні подразники. Це вказує на підвищення комфортності середовища існування та зменшення рівня стресу.

Результати культивування *Dichotomycete fluviatilis* після впровадження удосконалень підтвердили ефективність проведених змін. Підвищення біологічної продуктивності, виживаності та покращення фізіологічного стану риб свідчать про те, що запропонована система може бути рекомендована як оптимальна модель для декоративної аквакультури дрібних тетрадонових видів.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У розділі про економіку буде розглянуто фінансові витрати, необхідні для вирощування зеленого тетрадона в штучній аквасистемі, включаючи вартість маточного поголів'я, технічного обладнання, акваріумів та витрати на воду та електроенергію. Використання технічних приміщень не передбачається, оскільки таке невелике акваріумне розплідництво можна здійснювати навіть в квартирі.

Таблиця 4.1

Ціна придбання обладнання для акваріумів та устаткування для них

Найменування обладнання	Ціна	Кількість	Загальна сума
Маточний акваріум 150 л	2 500 грн.	2 шт.	5 000 грн.
Виростний акваріум 100 л	1 500 грн.	2 шт.	3 000 грн.
Укриття (рослини, корчі, мохи та папороті)	300 грн.	6 шт.	1 800 грн.
Внутрішній фільтр 15 Вт. 1200 л/год	850 грн.	2 шт.	1 700 грн.
Внутрішній фільтр 18 Вт. 800 л/год	500 грн.	2 шт.	1 000 грн.
Компресор на чотирьохканальний 8 Вт.	1 800 грн.	1 шт.	1 800 грн.
Водонагрівач 150 Вт.	600 грн.	4 шт.	2 400 грн.
Всього:			16 200 грн.

Надалі необхідним є розрахувати вартість придбання тетрадона, розведеного в Україні, задля унеможливлення купівлі хворих особин. В залежності від розмірів ціна коливається, але в середньому складає 300 грн .

Таблиця 4.2

Ціна придбання маточного поголів'я *dichotomystere fluviatilis*

Найменування	Ціна	Кількість	Загальна сума
Самиці зеленого тетрадона	300 грн.	6 екз.	1 200 грн.
Самці зеленого тетрадона	350 грн.	6 екз.	1 380 грн.
Всього			2 580 грн.

Також буде розрахована цінність кормів, які знадобляться для утримання дорослих екземлярів та молоді, отриманої в ході розведення. Від кожної молодої самиці очікується продуктивність в 200 - 300 ікринок, з яких до розміру в 1-1,5 см. Термін вирощування до таких розмірів становить приблизно 40 - 45 днів.

Таблиця 4.3

Ціна придбання кормів для годівлі дорослих осіб та молодняку

Найменування	Ціна	Кількість	Загальна сума
Заморожений мотиль 200 г	165 грн.	1 шт.	165 грн.
Hikari Microbe-Lift Freeze Dried Bloodworms 45 г	130 грн.	2 шт.	260 грн.
Tetra FunTips Tablets 30 г	200 грн.	1 шт.	200 грн.
Tetra Betta LarvaSticks	100 грн.	1 шт.	100 грн.
			725 грн.

При культивуванні будь-яких живих істот важливим фактором є обсяг витрат на електроенергію, яка живить технічне обладнання.:

Робота фільтрів 15 Вт (2 шт.) . = 0,72 кВт/год. на день – 22 кВт/год на місяць

Робота фільтрів 18 Вт (2 шт.) = 0,86 кВт/год. на день – 26 кВт/год на місяць

Компресор 8 Вт (1 шт.) = 0,19 кВт/год. на день – 6 кВт/год на місяць

Водонагрівач 150 Вт (4 шт., тривалість роботи близько 10 годин на добу) = 6 кВт/год. на день – 180 кВт/год на місяць

Тариф на електроенергію від 1 червня 2023 року складає 2,64 грн/кВт/год, всього аквасистема потребує 234 кВт/год на місяць, отже ціна на електроенергію складатиме 617,76 грн/місяць, за тривалості циклу вирощування 45 діб – 926,64 грн.

Розрахунок витрат на водопостачання складається із кількості води, необхідної для утримання 2 маточних акваріумів об'ємом 150 л та 2 виростних акваріумів об'ємом 100 л, враховуючи щотижневі підміни води у обсягу 20 % від об'єму кожного з них протягом 6 тижнів. Вартість 1 кубометру води у Києві складає на момент написання роботи 30,38 грн, отже розхід води на цикл вирощування у 45 діб становить 800 л, а ціна використаної води становить 24,31 грн.

Всього затрати за 45 діб вирощування, включно із разовими (технічне устаткування, акваріуми, декорації та маточне поголів'я) складають 5 575 грн.

Ціна на молодь зеленого тетрадона довжиною 1 см становить 300 грн/екз. При отриманні від трьох самиць життєздатного потомства в середній кількості 150 екз. прибуток складає 45 000 грн. та протягом першого циклу розведення становить майже у 7 разів більшу суму від вкладеної, до того ж більша частина вкладень, а саме 19 505 грн. (маточне поголів'я та технічне устаткування) є одноразовими і не потребують повторних затрат на протязі великого проміжку часу.

Рентабельність культивування розраховується за формулою:

$$РГ = П / В * 100 \%$$

РГ – рентабельність господарства, %;

П – прибуток, грн.;

В – витрати виробництва, грн.

$$\text{Рентабельність} = 45\,000 \text{ грн.} / 19\,505 \text{ грн.} * 100 \% = 230 \%$$

Рентабельність ведення робіт з культивування зеленого тетрадона є великою, тому ведення подібного бізнесу за дотримання умов розрахунків може стати вигідним та прибутковим.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи на тему «Покращення технології культивування та утримання тетрадона зеленого (*Dichotomystere fluviatilis*) у штучних екосистемах» було здійснено комплексний аналіз біологічних, технологічних та економічних аспектів декоративного розведення даного виду риб, а також розроблено шляхи підвищення ефективності його культивації в умовах акваріумного господарства.

Проведений теоретичний огляд наукових джерел дозволив узагальнити сучасні відомості про морфологічні, фізіологічні та поведінкові особливості *Dichotomystere fluviatilis*, зокрема його здатність до надування тіла, специфічні вимоги до параметрів води, кормової бази та умов утримання. Визначено, що стабільність гідрохімічних показників, якість кормів та наявність укриттів мають вирішальне значення для підтримання здоров'я та нормальної поведінки особин.

На основі аналізу існуючих методів декоративного розведення було встановлено, що традиційні технології утримання не завжди відповідають сучасним вимогам щодо енергоефективності, біобезпеки та стабільності параметрів водного середовища. У зв'язку з цим розроблено комплекс технічних удосконалень, який включає модернізацію систем фільтрації, аерації та терморегуляції, що забезпечує оптимальні умови для життєдіяльності риб.

Запропоновані технічні рішення дали змогу знизити енергоспоживання на 30 %, підвищити якість води та стабільність мікроклімату, а також скоротити витрати часу на обслуговування акваріумного комплексу до 40 %. Проведені дослідження ефективності культивації підтвердили зростання виживаності мальків з 82 % до 94 %, підвищення середнього приросту маси тіла на 15–18 %, а також зниження коефіцієнта конверсії корму з 1,8 до 1,4.

Економічна оцінка показала, що впровадження удосконаленої системи є доцільним і рентабельним: витрати на модернізацію окуповуються менш ніж

за рік, при цьому забезпечується стабільне відтворення виду та зменшення ризиків втрат через стресові фактори.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що розроблена технологія культивування та утримання *Dichotomystere fluviatilis* у штучних екосистемах є ефективною, екологічно безпечною та економічно вигідною. Вона може бути використана як модель для вдосконалення систем декоративної аквакультури інших дрібних видів риб, що сприятиме подальшому розвитку акваріумного господарства в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Shao, K.; Liu, M.; Jing, L.; Hardy, G.; Leis, J.L.; Matsuura, K. (2014). "*Tetraodon fluviatilis*". *IUCN Red List of Threatened Species*. 2014 e.T193750A2271459. doi:10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T193750A2271459.en. Retrieved 29 July 2023.
2. Kottelat, M. (2013). The Fishes of the Inland Waters of Southeast Asia: A Catalogue and Core Bibliography of the Fishes Known to Occur in Freshwaters, Mangroves and Estuaries. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 2013, Supplement No. 27: 1–663.
3. Froese, Rainer; Pauly, Daniel (eds.). "*Dichotomyctere fluviatilis*". *FishBase*. February 2017 version.
4. "*Ceylon Pufferfish - Encyclopedia of Life*". *eol.org*. Retrieved 4 April 2022.
5. Rainboth, W.J. (1996). *Fishes of the Cambodian Mekong*. *FAO species identification field guide for fishery purposes*. Rome: FAO. p. 265.
6. .Noguchi T., Arakawa O., Takatani T. TTX accumulation in pufferfish. *Comp. Biochem. Physiol. Part D*. 2006;1:145–152. doi: 10.1016/j.cbd.2005.10.006. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
7. 2.Noguchi T., Arakawa O. Tetrodotoxin—distribution and accumulation in aquatic organisms, and cases of human intoxication. *Mar. Drugs*. 2008;6:220–242. doi: 10.3390/md20080011. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
8. 3.Arakawa O., Takatani T., Taniyama S., Tatsuno R. Toxins of pufferfish—distribution, accumulation mechanism, and physiologic functions. *Aqua BioScience Monogr*. 2017;10:41–80. doi: 10.5047/absm.2017.01003.0041. [DOI] [Google Scholar]
9. 4.Tani T. *Nihonsan Fugu no Chudokugakuteki Kenkyu (Toxicological Studies on Japanese Puffer)* Teikoku-tosho; Tokyo, Japan: 1945. [Google Scholar]

10. 5.Noguchi T., Ebesu J.S.M. Puffer poisoning: Epidemiology and treatment. *J. Toxicol. Toxin Rev.* 2001;20:1–10. doi: 10.1081/TXR-100103080. [DOI] [Google Scholar]
11. 6.Sato S., Kodama M., Ogata T., Saitanu K., Furuya M., Hirayama K., Kamimura K. Saxitoxin as a toxic principle of a freshwater puffer, *Tetraodon fangi*, in Thailand. *Toxicon.* 1997;35:137–140. doi: 10.1016/S0041-0101(96)00003-7. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
12. 7.Zaman L., Arakawa O., Shimosu A., Onoue Y. Occurrence of paralytic shellfish poison in Bangladeshi freshwater puffers. *Toxicon.* 1997;35:423–431. doi: 10.1016/S0041-0101(96)00167-5. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
13. 8.Kungsuwan A., Arakawa O., Promdet M., Onoue Y. Occurrence of paralytic shellfish poisons in Thai freshwater puffers. *Toxicon.* 1997;35:1341–1346. doi: 10.1016/S0041-0101(97)00001-9. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
14. 9.Ngy L., Tada K., Yu C.F., Takatani T., Arakawa O. Occurrence of paralytic shellfish toxins in Cambodian Mekong pufferfish *Tetraodon turgidus*: Selective toxin accumulation in the skin. *Toxicon.* 2008;51:280–288. doi: 10.1016/j.toxicon.2007.10.002. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
15. 10.Zhu H., Yamada A., Goto Y., Horn L., Ngy L., Wada M., Doi H., Lee J.S., Takatani T., Arakawa O. Phylogeny and toxin profile of freshwater pufferfish (genus *Pao*) collected from 2 different regions in Cambodia. *Toxins.* 2020;12:689. doi: 10.3390/toxins12110689. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
16. 11.Saitanu K., Laobhripatr S., Limpakarnjanarat K., Sangwanloy O., Sudhasaneyya S., Anuchatvorakul B., Leelasitorn S. Toxicity of the freshwater puffer fish *Tetraodon fungi* and *T. palembangensis* from Thailand. *Toxicon.* 1991;29:895–897. doi: 10.1016/0041-0101(91)90226-H. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
17. 12.Cusick K.D., Sayler G.S. An overview on the marine neurotoxin, saxitoxin: Genetics, molecular targets, methods of detection and ecological functions. *Mar. Drugs.* 2013;11:991–1018. doi: 10.3390/md11040991. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]

18. 13.Sato S., Ogata T., Borja V., Gonzales C., Fukuyo Y., Kodama M. Frequent occurrence of paralytic shellfish poisoning toxins as dominant toxins in marine puffer from tropical water. *Toxicon*. 2000;38:1101–1109. doi: 10.1016/S0041-0101(99)00223-8. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
19. 14.Nakashima K., Arakawa O., Taniyama S., Nonaka M., Takatani T., Yamamori K., Fuchi Y., Noguchi T. Occurrence of saxitoxins as a major toxin in the ovary of a marine puffer *Arothron firmamentum*. *Toxicon*. 2004;43:207–212. doi: 10.1016/j.toxicon.2003.05.001. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
20. 15.Landsberg J.H., Hall S., Johannessen J.N., White K.D., Conrad S.M. Saxitoxin puffer fish poisoning in the United States, with the first report of *Pyrodinium bahamense* as the putative toxin source. *Environ. Health Perspect*. 2006;114:1502–1507. doi: 10.1289/ehp.8998. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
21. 16.Barrientos R.G., Hernández-Mora G., Alegre F., Field T., Flewelling L., McGrath S., Deeds J., Chacón Y.S., Arrieta K.R., Vargas E.C., et al. Saxitoxin poisoning in green turtles (*Chelonia mydas*) linked to scavenging on mass mortality of Caribbean sharpnose puffer fish (*Canthigaster rostrata*-Tetraodontidae) *Front. Vet. Sci*. 2019;6:466. doi: 10.3389/fvets.2019.00466. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
22. 17.Zhu H., Sonoyama T., Yamada M., Gao W., Tatsuno R., Takatani T., Arakawa O. Co-occurrence of tetrodotoxin and saxitoxins and their intra-body distribution in the pufferfish *Canthigaster valentini*. *Toxins*. 2020;12:436. doi: 10.3390/toxins12070436. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
23. 18.Wiese M., D’Agostino P.M., Mihali T.K., Moffitt M.C., Neilan B.A. Neurotoxic alkaloids: Saxitoxin and its analogs. *Mar. Drugs*. 2010;8:2185–2211. doi: 10.3390/md8072185. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
24. 19.Li J., Persson K.M. Quick detection method for paralytic shellfish toxins (PSTs) monitoring in freshwater—A review. *Chemosphere*. 2021;265:128591. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128591. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

25. 20. Noguchi T., Arakawa O., Takatani T. Toxicity of pufferfish *Takifugu rubripes* cultured in netcages at sea or aquaria on land. *Comp. Biochem. Physiol. Part D*. 2006;1:153–157. doi: 10.1016/j.cbcd.2005.11.003. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

26. 21. Ikeda K., Murakami Y., Emoto Y., Ngy L., Taniyama S., Yagi M., Takatani T., Arakawa O. Transfer profile of intramuscularly administered tetrodotoxin to non-toxic cultured specimens of the pufferfish *Takifugu rubripes*. *Toxicon*. 2009;53:99–103. doi: 10.1016/j.toxicon.2008.10.018. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

27. 22. Wang J., Araki T., Tatsuno R., Nina S., Ikeda K., Hamasaki M., Sakakura Y., Takatani T., Arakawa O. Transfer profile of intramuscularly administered tetrodotoxin to artificial hybrid specimens of pufferfish, *Takifugu rubripes* and *Takifugu niphobles*. *Toxicon*. 2011;58:565–569. doi: 10.1016/j.toxicon.2011.08.019. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

28. 23. Wang J., Araki T., Tatsuno R., Nina S., Ikeda K., Takatani T., Arakawa O. Transfer profile of orally and intramuscularly administered tetrodotoxin to artificial hybrid specimens of the pufferfish *Takifugu rubripes* and *Takifugu porphyreus*. *J. Food Hyg. Soc. Jpn.* 2012;55:33–38. doi: 10.3358/shokueishi.53.33. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

29. 24. Tatsuno R., Shikina M., Shirai Y., Wang J., Soyano K., Nishihara G.N., Takatani T., Arakawa O. Change in the transfer profile of orally administered tetrodotoxin to non-toxic cultured pufferfish *Takifugu rubripes* depending of its development stage. *Toxicon*. 2013;65:76–80. doi: 10.1016/j.toxicon.2013.01.011. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

30. 25. Tatsuno R., Gao W., Ibi K., Mine T., Okita K., Nishihara G.N., Takatani T., Arakawa O. Profile differences in tetrodotoxin transfer to skin and liver in the pufferfish *Takifugu rubripes*. *Toxicon*. 2017;130:73–78. doi: 10.1016/j.toxicon.2017.03.001. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

31. 26. Gao W., Kanahara Y., Yamada M., Tatsuno R., Yoshikawa H., Doi H., Takatani T., Arakawa O. Contrasting toxin selectivity between the marine

pufferfish *Takifugu pardalis* and the freshwater pufferfish *Pao suvattii*. *Toxins*. 2019;11:470. doi: 10.3390/toxins11080470. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

32. 27.Nagashima Y., Toyoda M., Hasobe M., Shimakura K., Shiomi K. In vitro accumulation of tetrodotoxin in pufferfish liver tissue slices. *Toxicon*. 2003;41:569–574. doi: 10.1016/S0041-0101(02)00385-9. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

33. 28.Nagashima Y., Ohta A., Yin X., Ishizaki S., Matsumoto T., Doi H., Ishibashi T. Difference in uptake of tetrodotoxin and saxitoxins into liver tissue slices among pufferfish, boxfish and porcupinefish. *Mar. Drugs*. 2018;16:17. doi: 10.3390/md16010017. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

34. 29.Matsumoto T., Nagashima Y., Takayama K., Shimakura K., Shiomi K. Difference between tetrodotoxin and saxitoxins in accumulation in puffer fish *Takifugu rubripes* liver tissue slices. *Fish Physiol. Biochem*. 2005;31:95–100. doi: 10.1007/s10695-006-0001-x. [[DOI](#)] [[Google Scholar](#)]

35. 30.Matsumoto T., Nagashima Y., Kusuhara H., Sugiyama Y., Ishizaki S., Shimakura K., Shiomi K. Involvement of carrier-mediated transport system in uptake of tetrodotoxin into liver tissue slices of puffer fish *Takifugu rubripes*. *Toxicon*. 2007;50:173–179. doi: 10.1016/j.toxicon.2007.03.004. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

36. 31.Gao W., Yamada M., Ohki R., Nagashima Y., Tatsuno R., Ikeda K., Kawatsu K., Takatani T., Arakawa O. Evaluation of the tetrodotoxin uptake ability of pufferfish *Takifugu rubripes* tissues according to age using an in vitro tissue slice incubation method. *Toxicon*. 2020;174:8–12. doi: 10.1016/j.toxicon.2019.11.014. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

37. 32.Kottelat M. The fishes of the inland waters of Southeast Asia: A catalogue and core bibliography of the fishes known to occur in freshwaters, mangroves and estuaries. *Raffles Bull. Zool*. 2013;27:469–480. [[Google Scholar](#)]

38. 33. Rainboth W.J. Fishes of the Cambodian Mekong. Food and Agriculture Organization of The United Nations; Rome, Italy: 1996. p. 226. [[Google Scholar](#)]
39. 34. Pethiyagoda R. Freshwater fishes of Sri Lanka. The Wildlife Heritage Trust of Sri Lanka; Colombo, Sri Lanka: 1991. pp. 1–362. [[Google Scholar](#)]
40. 35. Riede K. Global Register of Migratory Species: From Global to Regional Scales: Final Report of the R&D-Projekt 808 05 081. Federal Agency for Nature Conservation; Bonn, Germany: 2004. pp. 1–330. [[Google Scholar](#)]
41. 36. Talwar P.K., Jhingran A.G. Inland Fishes of India and Adjacent Countries. Volume 2. A.A. Balkema; Rotterdam, The Netherlands: 1992. pp. 1055–1056. [[Google Scholar](#)]
42. 37. Schaefer F. Brackish-water fishes: All About Species, Care and Breeding. Hollywood Import & Export, Inc.; Gainesville, FL, USA: 2005. pp. 1–80. [[Google Scholar](#)]
43. 38. Rakshit A., Chanda I. On some fish diversity pattern Sundarban delta, West Bengal. J. Environ. Sociobiol. 2018;15:75–82. [[Google Scholar](#)]
44. 39. Shamsuzzaman M.M., Rashid A.H.A., Mamun M.A.A., Mazumder S.K., Haque M.A. Present status of marine puffer fishes in Bangladesh. J. Aquac. Res. Dev. 2015;6:370. doi: 10.4172/2155-9546.1000370. [[DOI](#)] [[Google Scholar](#)]
45. 40. Crnogorac-Jurcevic T., Brown J.R., Lehrach H., Schalkwyk L.C. Tetraodon fluviatilis, a new puffer fish model for genome studies. Genomics. 1997;41:177–184. doi: 10.1006/geno.1997.4646. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
46. 41. Igarashi Y., Doi H., Yamanoue Y., Kinoshita S., Ishibashi T., Ushio H., Asakawa S., Nishida M., Watabe S. Molecular phylogenetic relationship of Tetraodon pufferfish based on mitochondrial DNA analysis. Fish. Sci. 2013;79:243–250. doi: 10.1007/s12562-013-0598-5. [[DOI](#)] [[Google Scholar](#)]
47. 42. Mahmud Y., Yamamori K., Noguchi T. Occurrence of TTX in a brackish water puffer ‘midorifugu’, Tetraodon nigroviridis, collected from Thailand.

J. Food Hyg. Soc. Jpn. 1999;40:363–367. doi: 10.3358/shokueishi.40.5_363. [DOI] [Google Scholar]

48. 43.Mahmud Y., Yamamori K., Noguchi T. Toxicity and tetrodotoxin as the toxic principle of a brackish water puffer, *Tetraodon steindachneri*, collected from Thailand. J. Food Hyg. Soc. Jpn. 1999;40:391–395. doi: 10.3358/shokueishi.40.5_391. [DOI] [Google Scholar]

49. 44.Chulanetra M., Sookrung N., Srimanote P., Indrawattana N., Thanongsaksrikul J., Sakolvaree Y., Chongsa-Nguan M., Kurazono H., Chaicumpa W. Toxic marine puffer fish in Thailand seas and tetrodotoxin they contained. *Toxins*. 2011;3:1249–1262. doi: 10.3390/toxins3101249. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]

50. 45.Ikeda K., Emoto Y., Tatsuno R., Wang J.J., Ngy L., Taniyama S., Takatani T., Arakawa O. Maturation-associated changes in toxicity of the pufferfish *Takifugu poecilonotus*. *Toxicon*. 2010;55:289–297. doi: 10.1016/j.toxicon.2009.08.001. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

51. 46.Gao W., Kanahara Y., Tatsuno R., Soyano K., Nishihara G.N., Urata C., Takatani T., Arakawa O. Maturation-associated changes in internal distribution and intra-ovarian microdistribution of tetrodotoxin in the pufferfish *Takifugu pardalis*. *Fish. Sci.* 2018;84:723–732. doi: 10.1007/s12562-018-1209-2. [DOI] [Google Scholar]

52. 47.Shimizu Y., Yoshioka M. Transformation of paralytic shellfish toxins as demonstrated in scallop homogenates. *Science*. 1981;212:547–549. doi: 10.1126/science.7209548. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

53. 48.Oshima Y. Chemical and enzymatic transformation of paralytic shellfish toxins in marine organisms. In: Lassus P., Arzul G., Erard E., Gentien P., Marcaillou C., editors. *Harmful Marine Algal Blooms*. Lavoisier; Paris, France: 1995. pp. 475–480. [Google Scholar]

54. 49.Arakawa O., Noguchi T., Onoue Y. Transformation of gonyautoxins in the xanthid crab *Atergatis floridus*. *Fish. Sci.* 1998;64:334–337. doi: 10.2331/fishsci.64.334. [DOI] [Google Scholar]

55. 50.Untario N., Dewi T.C., Widodo M.A., Rahaju P. Effect of tetrodotoxin from crude puffer fish (*Tetraodon fluviatilis*) liver extract on intracellular calcium level and apoptosis of HeLa cell culture. *J. Trop. Life. Sci.* 2017;7:23–29. doi: 10.11594/jtls.07.01.04. [DOI] [Google Scholar]

56. 51.Yotsu-Yamashita M., Sugimoto A., Terakawa T., Shoji Y., Miyazawa T., Yasumoto T. Purification, characterization, and cDNA cloning of a novel soluble saxitoxin and tetrodotoxin binding protein from plasma of the puffer fish, *Fugu pardalis*. *Eur. J. Biochem.* 2001;268:5937–5946. doi: 10.1046/j.0014-2956.2001.02547.x. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

57. 52.Yotsu-Yamashita M., Okoshi N., Watanabe K., Araki N., Yamaki H., Shoji Y., Terakawa T. Localization of pufferfish saxitoxin and tetrodotoxin binding protein (PSPBP) in the tissues of the pufferfish, *Takifugu pardalis*, analyzed by immunohistochemical staining. *Toxicon.* 2013;72:23–28. doi: 10.1016/j.toxicon.2013.06.002. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]