

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра біоресурсів, аквакультури та природничих наук

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Блощук Іван Олегович

УДК: 639.2.03
(індекс)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Продукційні характеристики копепод *Lanipeda aquaedulcis* та
Arctodiaptomus salinus в умовах штучного вирощування**

207 Водні біоресурси та аквакультура
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

І.О. Блощук

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Яременко Ольга Віталіївна

(прізвище, ім'я, по-батькові)

кандидат геологічних наук, ст. викладач

(науковий ступінь, вчене звання)

ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра біоресурсів, аквакультури та природничих наук
Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри біоресурсів,
аквакультури та природничих
наук кандидат с.-г. наук, доцент
Світельський М.М.

«21» вересня 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Блощука Івана Олеговича

(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача вищої освіти в родовому відмінку)

207 – Водні біоресурси та аквакультура

- 1.Тема кваліфікаційної роботи: Продукційні характеристики копепод *Lanipeda aquaedulcis* та *Arctodiaptomus salinus* в умовах штучного вирощування затверджена наказом № 1410/ст від 10.10.2023
 - 2.Термін подання роботи «01» грудня 2023 р.
 3. Предмет дослідження: біопродуктивність водойм, біопродукційні ресурси ставкових угідь, щільністю посадки риб, іхтіофауна різних видів риб.
 4. Об'єкт дослідження: біологічні особливості та оцінка показників росту та розвитку в перший та другий роки життя з моменту посадки риб, варіанти спільного вирощування корошових та коропокарасевих риб.
 - 5.Методи дослідження _____
 - 6.Інформаційна база дослідження _____
-

7.Зміст роботи (перелік питань, які потрібно було розробити) _____

8.Перелік графічного матеріалу _____

9.Дата видачі завдання «21» вересня 2022 р.

Керівник роботи : _____ к. геол. н., ст. викладач Яременко Ольга Віталіївна
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище, ім'я, по-батькові)

Завдання прийняв

до виконання _____ Канарський В'ячеслав Олександрович
(підпис) (прізвище, ім'я, по-батькові)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН РОБОТИ

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання	Примітки
1.	Виконання аналітичного огляду фахової літератури та обґрунтування обраного напрямку досліджень	Вересень 2022– грудень 2022 р.	Виконано
2.	Розроблення програми досліджень, календарного плану їх виконання та освоєння методики проведення досліджень	Січень – березень 2023 р	Виконано
3.	Виконання практичної частини роботи	Протягом 2023	Виконано
4.	Аналіз, узагальнення та інтерпретація одержаних експериментальних даних	Вересень - жовтень 2023 р.	Виконано
5.	Написання дипломної роботи та підготовка до її захисту	листопад 2023 р.	Виконано

Здобувач вищої освіти _____ Канарський В'ячеслав Олександрович
(підпис) (прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник роботи: _____ к. геол. н., ст. викладач Яременко Ольга Віталіївна
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище, ім'я, по-батькові)

«01» грудня 2023 р.

АНОТАЦІЯ

Блощук І.О. Продукційні характеристики копепод *Lanipeda aquaedulcis* та *Arctodiaptomus salinus* в умовах штучного вирощування. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 207 – Водні біоресурси та аквакультура – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

Зміст анотації: кваліфікаційна робота розкриває результати комплексних досліджень, закономірностей формування та використання біопродукційного потенціалу екосистеми ставків при спільному вирощуванні коропокарасевих риб, їх оптимального співвідношення, що сприяє підвищенню рибопродуктивності водойм і розробка біолого-організаційних основ розвитку прісноводної аквакультури.

Ключові слова: біопродуктивність, ріст, розвиток, короп, карась, щільність посадки, ставкові угіддя.

ANOTATION

Bloshchuk I.O. Production characteristics of copepods *Lanipeda aquaedulcis* and *Arctodiaptomus salinus* in artificial cultivation conditions. - Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 207 - Water bioresources and aquaculture - Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

Content of the abstract: the qualification work reveals the results of comprehensive research, the patterns of formation and use of the bioproductive potential of the pond ecosystem in the joint cultivation of carp fish, their optimal ratio, which contributes to increasing the fish productivity of reservoirs and the development of the biological and organizational foundations of freshwater development.

Key words: bioproductivity, growth, development, carp, crucian carp, planting density, ponds.

ЗМІСТ

Вступ	5
Розділ 1. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КОПЕПОД	8
1.1. Копеподи. Характеристика, методи розведення	8
Розділ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
Розділ 3. ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ПРОДУКЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОПЕПОД CALANIPEDA AQUAEDULCIS ТА ARCTODIARTOMUS SALINUS	13
3.1. Оптимум виживання всіх стадій розвитку копепод	13
3.2. Вплив трофічних умов на продукційні характеристики копепод Calanipeda aquaedulcis та Arctodiaptomus salinus	16
3.3. Продукційні характеристики копепод Calanipeda aquaedulcis та Arctodiaptomus salinus	23
Висновки	25
Практичні пропозиції виробництву	26
Список використаних джерел	27

ВСТУП

Актуальність теми. У природних умовах основу харчування личинок морських риб становлять копеподи на всіх стадіях їхнього розвитку. В умовах морської аквакультури як живі корми використовують солоноватоводних коловороток і навуплісів артемій, у складі яких відсутні деякі есенціальні компоненти. За живлення риб на ранніх стадіях розвитку кормом, неадекватним їхнім біохімічним потребам, виникають проблеми, пов'язані з порушеннями метаболізму, що зрештою призводить до неправильного розвитку систем організму, відхилень в експресії генів, патології розвитку [1].

Тому для поліпшення біохімічного складу солоноватоводних коловороток і артемій їх насичують спеціалізованими штучними сумішами, що містять незамінні для личинок риб компоненти. Проте внаслідок застосування таких сумішей можуть виникати додаткові проблеми, пов'язані з травленням личинок риб і мікробіальними інфекціями. Єдиним підходом до штучного вирощування личинок морських риб, що правильно розвиваються, є годівля копеподами, але до теперішнього часу, незважаючи на численні експериментальні розробки, не створено промислових методів їх масового культивування [31].

Убіквітні види копепод *Calanipeda aquaedulcis* (Kritsch, 1873) та *Arctodiaptomus salinus* (Daday, 1885) є важливими компонентами харчових ланцюгів численних прісних і солоних водойм. Ці види копепод придатні для годування личинок як морських, так і прісноводних видів риб. Однак вплив харчування і температури на продукційні характеристики цих видів вивчено недостатньо. Тому для отримання максимальної продукції при масовому вирощуванні *C. aquaedulcis* і *A. salinus* необхідно визначити оптимальні температурні та трофічні умови їх культивування [33].

Предмет дослідження: копеподи *Calanipeda aquaedulcis* та *Arctodiaptomus salinus*..

Об'єкт дослідження: продукційні характеристики копепод *C. aquaedulcis* та *A. salinus* за різних умов вирощування.

Мета та завдання досліджень. дослідити продукційні характеристики двох видів каляноїдних копепод *Calanipeda aquaedulcis* (Krillsch. 1873) та *Arctodiaptomus salinus* (Daday, 1885) в умовах штучного вирощування.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено такі **завдання:**

- виявити вплив трофічного та температурного чинників на виживаність і тривалість розвитку копепод *C. aquaedulcis* і *A. salinus*;
- визначити раціони досліджуваних видів копепод за їхнього живлення мікроводоростями різних видів;
- оцінити зміни розмірно-вагових характеристик копепод протягом життєвого циклу залежно від температури;
- визначити залежність продукційних характеристик (соматичної та генеративної продукції) *C. aquaedulcis* і *A. salinus* від факторів середовища;
- розробити методи вирощування двох видів копепод у накопичувальній культурі в пілотних умовах..

Наукова новизна. Уперше виявлено міжвидові відмінності впливу трофічного та температурного чинників на продукційні індивідуальні та популяційні характеристики каланоїдних копепод *Calanipeda aquaedulcis* та *Arctodiaptomus salinus*, показано залежність тривалості онтогенезу, виживання та плодючості *C. aquaedulcis* та *A. salinus* від хсмотаксономічних характеристик мікроводоростей, якими вони живляться.

Практичне значення. Експериментально розроблені методи накопичувального культивування *Calanipeda aquaedulcis* та *Arctodiaptomus salinus* рекомендовано використовувати як для масового одержання якісних живих кормів, що за розмірними, етологічними та біохімічними характеристиками адекватні потребам личинок морських риб, так і для фізіологічних досліджень копепод.

Основні положення, що виносяться на захист:

- вплив трофічного і температурного чинників на виживаність і тривалість розвитку копепод *C. aquaedulcis* і *A. salinus*;
- раціони досліджуваних видів копепод за їхнього живлення мікроводоростями різних видів;

- зміни розмірно-вагових характеристик копепод протягом життєвого циклу залежно від температури;

- залежність продукційних характеристик (соматичної та генеративної продукції) *C. aquaedulcis* і *L. salinus* від факторів середовища.

Перелік публікацій автора за темою дослідження. Матеріали досліджень були опубліковані у ряді конференцій, зокрема:

1. Яременко О.В., Блощук І.О., Сірак В.С., Чорний Є.В., Сокіл В.І. Культивування риби в узв. Студентська науково-практична конференція «Технології. Наука. Практика - 2023»: Зб. наук праць. Житомир: Вид-во Поліського національного університету, 2023.

2. Блощук І.О. Оптимум виживання всіх стадій розвитку копепод. Студентська науково-практична конференція «Технології. Наука. Практика - 2023»: Зб. наук праць. Житомир: Вид-во Поліського національного університету, 2023.

3. Яременко О.В., Блощук І.О., Сірак В.С., Чорний Є.В., Сокіл В.І. Ліпіди та жирні кислоти у складі живих кормів осетрових риб. Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологія. Наука. Практика - 2022»: Зб. наук праць. Житомир: Вид-во Поліського національного університету, 2022.

Структура та обсяг роботи. Роботи містить 31 сторінку комп'ютерного тексту, складається із вступу, трьох розділів, висновків, практичних рекомендацій та 35 позицій використаних джерел, кількість таблиць – 3, рисунків - 3.

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КОПЕПОД

(огляд літератури)

1.1. Копеподи. Характеристика, методи розведення.

Підклас веслоногі - копепода *Copepoda* - веслоногі раки, що дістали назву за будовою грудних лавальних ніжок. Він є вельми поширеним і багатим на види підкласом групи нижчих раків, що належить до класу ракоподібні – *Crustacea* [31].

Від 10 до 20 тисяч становить число видів копепод. Ектопаразити безхребетних і хребетних тварин - більшість груп копепод. А вільноживучі представники рядів *Calanoida* (каланойди) і *Cyclopoida* (циклопоїди) - найважливіший компонент зоопланктону морів і континентальних водойм. Види загону *Harpacticoida* (гарпактициди) - звичайні представники інтерстиціальної фауни та бентосу, рідше зустрічаються в планктоні.

Будова та спосіб життя вільноживучих представників копепод. Від 1 до 10 мм становлять розмір більшості видів, є дрібніші інтерстиціальні види і більші (до 2-3 см) паразитичні і глибоководні. Тіло копепод ділиться на три тагми: голову - цефалосому (у копеподології її часто називають цефалоторакс, або головогруди, груди, або торакс і черевце, або абдомен [29].

У представників *Cyclopoida* і *Harpacticoida* самці зазвичай помітно дрібніші за самок, мають гачкоподібно вигнуті, укорочені антени, які слугують для схоплення й утримання самок під час спарювання. У багатьох *Calanoida* не розрізняються самки і самці за розміром. Одна видозмінена антена I є у самців, вона називається генікулюючою антеною. Вона розширена в середній частині та здатна "складатися навпіл"; як і в циклопів, вона слугує для утримання самки під час парування. Спостерігається статевий диморфізм, в окремих випадках, у будові майже будь-яких пар кінцівок і сегментів тіла [30].

Повністю відсутні у копепод спеціальні органи дихання, і це досить незвичним для членистоногих. А дрібні розміри і велика кількість виростів, які збільшують відносну площу поверхні - а також дуже мала товщина хітинового покриву дозволяють копеподам дихати всією поверхнею тіла. Типові представники зоопланктону - багато копеподів, вони мають характерні адаптації до життя в товщі

води. Більшість копепод, вони вільно живуть, живляться одноклітинними або дрібними колоніальними водоростями, їх вони відфільтровують у товщі води, а також донними діатомовими, бактеріями і детритом, який вони можуть збирати або зішкребти на дні. Під час детальнішого вивчення "фільтраційного" харчування копепод за допомогою швидкісної мікрокінозйомки з'ясувалося що багато хто з них на окремі клітини водоростей "полюють", яких відловлюють поодиноці [34].

Копеподи, які живляться водоростями, запасують енергію їжі в жирових краплях, що містяться в їхніх тканинах і часто забарвлені в жовтувато-помаранчевий колір. У полярних видів, що харчуються насамперед діатомовими, у період масового весняного "цвітіння" обсяг жирових запасів може сягати половини об'єму тіла. Копеподи, що вільно живуть, мають сперматофорне запліднення. Сперматофори каланоїд, великі у порівнянні за розмірами з розмірами черевця тварини, переносяться у самки на генітальний сегмент під час спаровування за допомогою лівої п'ятої ноги самця; на її кінці є "щипчики", які утримують за звужену базальну частину пляшкоподібний сперматофор. З яєць копепод виходить личинка, що має три передні пари кінцівок - ортонаупліус, - це одногілчасті антени I і двогілчасті антени II та мандибули. Після першої линьки ортонаупліус перетворюється на метанаупліуса, у якого є зачаткові пари кінцівок (максилл II) [32].

Копеподи відіграють винятково важливу роль у водних екосистемах і в усій біосфері. Вони напевно посідають перше місце за часткою у вторинній продукції водойм і мають, мабуть, найбільшу біомасу серед усіх груп водних тварин. Копеподи, як споживачі фітопланктону, є головними консументами I порядку в морях і прісних водах. Копеподи являються основною їжею для більшості інших водних тварин, від кишковопорожнинних і гребневиків до вусатих китів [33].

Найбільш вивченими представниками цього підкласу є види *Diaptomus salinus* і *D. gracilis*. *Diaptomus* (*Arctodiaptomus*) *salinus* - мешкає в солоноватоводних водоймах і, за експериментальними даними, добре переносить коливання температури від 4 до 28 0C і солоність від 10 до 28‰ [31].

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В експериментальній роботі використано накопичувальний (періодичний) і напівбезперервний методи культивування копепод. Для вивчення тривалості життя, впливу різних чинників (корму, температури) на виживаність, тривалість розвитку і плодючість копепод за індивідуального періодичного культивування окремі особини копепод поміщали в посудини об'ємом 50 мл із середовищем і мікродоростями, через певні проміжки часу їх перемішували в свіже середовище з кормом, враховуючи при цьому зміни, які відбувалися з особинами, у розвитку [10].

Методи дослідження. У роботі використано методи культивування гідробіонтів; накопичувальний (періодичний) та індивідуальний методи культивування копепод; методи визначення розмірних характеристик і визначення сухої біомаси копепод; методи проточної цитометрії, світлової мікроскопії та мікровідеозйомки; статистичні методи обробки результатів досліджень. Для ідентифікації каротиноїдів (в організмі копепод) використано метод тонкошарової хроматографії [9].

Накопичувальне періодичне культивування копепод у культиваторах 1, 40 і 600 л дало змогу отримати велику кількість біомаси для проведення біохімічних досліджень, а також дослідити вплив різних чинників на ріст масових культур копепод. У всіх експериментах як культуральне середовище для копепод використовували чорноморську воду ($17,8 \pm 0,2$ ‰), яка спочатку пройшла ірубове очищення, відстояну, потім механічно очищену послідовною фільтрацією через картриджні фільтри з розміром пір 10, 5 і 1 мкм та стерилізовану за допомогою ультрафіолету - повну заміну культурального середовища (суспензії мікродоростей у стерилізованій морській воді) в експериментальних судинах проводили кожні три дні. Експериментальні посудини перебували в умовах цілодобового освітлення 2000 лк [7].

Для вивчення впливу різного корму на продукційні характеристики копепод обрано види мікродоростей, які перебувають у розмірному діапазоні частинок, придатних для харчування копепод на різних стадіях розвитку: *Prymnesiophyceae* - *Isochrysis galbana* (Parke, 1949), *Chlorophyceae* - *Dunaliella salina* ((Dunal) Teodoresco,

1905), Trcbouxiophyceae - *Chlorella vulgaris* (Beyerinck (Beijerinck), 1890), Bacillariophyceae - *Phaeodactylum tricomutuin* (Bohlin, 1897) і *Tlialassiosira weissflogii* ((Grunow) Frixel et Hasle, 1977), Dinophyceae - *Prorocentrum micans* (Ehrenberg, 1834), *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) J. D. Dodge, 1975) і *Glenodiniumfoliaceum* (F. Stein, 1883) [10].

Використані в експериментах мікроводорості вирощували в накопичувальному режимі на стерилізованій чорноморській воді, збагаченій середовищем Уоліа (Coutteau, 1996), за температури $24 \pm 1,5$ °С. Цілодобове освітлення інтенсивністю 5000 лк здійснювали за допомогою люмінесцентних ламп LD-40. Під час годівлі копепод використовували тільки мікроводорості з культур, що перебувають у стадії експоненціального росту, які вважаються більш якісним кормом і можуть вибірково споживатися зоопланктоном (Петипа, Тен, 1971). Адаптацію копепод до живлення мікроводоростями конкретного виду проводили протягом мінімум 2-3 тижнів.

Вплив температури на ріст копепод досліджували за трьох температурних режимів: 17 ($17 \pm 1,5$), 21 ($21 \pm 1,5$) і 25 ($25 \pm 1,5$) °С. Адаптацію культур копепод до кожного температурного режиму проводили протягом місяця. Для годівлі копепод використовували мікроводорість *L. galbana*, концентрацію якої підтримували на рівні 0,02-0,08 мг-сух. маси.мл-1.

В експериментах із вирощування масових культур копепод в об'ємах 1 л їх годували монокультурою *L. galbana* (за трьох температурних режимів: 17, 21 і 25 °С); копеподи в 40 - 600 л харчувалися сумішшю мікроводоростей *L. galbana*, *P. cordatum* (*C. aquaedulcis*), *L. galbana*, *P. cordatum*, *P. micans* (*A. salinus*), з додаванням *Ch. vulgaris*. Концентрацію їжі підтримували *ad libitum*.

Для обліку чисельності клітин мікроводоростей використовували метод прямого рахунку в камері Горяєва під мікроскопом, а також метод проточної цитометрії за допомогою проточного цитометра Cytomics™ FC 500 (Рауэй и др., 2012). Розрахунок швидкостей розмноження та відмирання мікроводоростей, швидкості споживання мікроводоростей копеподами та визначення загальної кількості спожитої їжі здійснювали згідно з (Frost, 1972). Для визначення раціонів копепод за їхнього живлення мікроводоростями різних видів виконано попередні

експерименти, які дали змогу визначити вплив часу експозиції на швидкість споживання клітин.

Спостереження за розвитком і виживанням копепод проводили від першої наупліальної (N1) до досягнення статевозрілої (C6) стадії. Ідентифікацію стадій розвитку копепод здійснювали прижиттєво в камері Богорова під підлогою бінокляром за збільшення 2x8 і 4x8. Виживаність копепод оцінювали як відсоток особин, які вижили при проходженні всіх стадій від N1 до C6. Тривалість розвитку копепод встановлювали як середній часовий інтервал розвитку особин від N1 до досягнення C6. Розмірні характеристики самок (довжини просоми й абдомена), діаметр яєць, підрахунок кількості яєць у кладці (абсолютна плодючість) і життєздатних навупліїв, які виключилися (% ви клювання), визначали під мікроскопом МБС-12. Тривалість життєвого циклу копепод оцінювали при індивідуальному культивуванні в оптимальних для кожного виду умовах. Тривалість ембріонального розвитку субіганних яєць визначали за 21 °С, яєць *A. salinus*, що діапазували, в умовах культур не спостерігали.

Морфологічні характеристики копепод *C. aquaedulcis* і *A. salinus* (довжина просоми, L_p ; ширина просоми, dp , довжина абдомена, EaM) досліджено за цифровими фотографіями, отриманими за допомогою мікроскопа Nikon Eclipse TS100F, обладнаного відеокамерою *mi ICD-848P*. Вимірювання особин проведено за допомогою стандартних комп'ютерних програм (*ImageJ 1.42q*, *Microsoft Excel*).

Математичну обробку отриманих даних проводили методом варіаційної статистики (Лакін) [35].

РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ПРОДУКЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОПЕПОД *CALANIPEDA* *AQUAEDULCIS* ТА *ARCTODIARTOMUS SALINUS*

3.1. Оптимум виживання всіх стадій розвитку копепод.

Оптимум виживання всіх стадій розвитку копепод обох видів (у температурному діапазоні 17-25 °С) припадає на температурний режим 21 °С (табл. 1). Найнижчу виживаність копепод виявлено за низьких температур (17 °С). Протягом ранніх наупліальних стадій N1 - N3 виживаність обох видів копепод становила 100 %. Для пізніших стадій розвитку обох видів копепод виживаність коливалася для *C. aquaedulcis* від $48 \pm 25,3$ до $92,3 \pm 15,4$ %, для *A. salinus* - від $54,5 \pm 9,1$ до 100 %.

Таблиця 1

Виживання копепод *Calanipeda aquaedulcis* і *Arctodiartumus salinus* за різних температурних режимів культивування

Температура °С	Виживаність, %				
	N1 -3	N4-6	C1 3	C4-5	C6
<i>C. aquaedulcis</i>					
17± 1,3	100	71,3 ± 19,7	62,7 ± 11,8	56,6±17,1	48 ± 25,4
21 ± 1,2	100	92,2 ± 15,1	88,5 ± 13,4	81,1 ±11,2	78,9 ± 10,5
25 ±1,4	100	75,2 ± 25,4	75,4 ± 25,2	62,1 ±31,7	57,5 ± 333
<i>A. salinus</i>					
17±1,3	100	74,8 ±17,3	60,9 ± 13,2	57,2 ± 8,4	54,6 ±9,7
21 ± 1,6	100	100	100	93,1 ± 133	933 ±13,3
25 ±13	100	94,9 ± 10,3	89,7 ± 20,5	89,7 ± 203	76,3 ± 26,7

Примітка: N1 (6) перша (шоста) наупліальна стадія і р.д., C1 (5) - перша (п'ята) копеподітна стадія; C6 - доросла стадія ($p > 0,05$).

Тривалість стадій постембріонального розвитку обох видів копепод поступово збільшується від молодших наупліальних до старших копеподітних стадій (табл. 2) у всьому діапазоні експериментальних температур. Абсолютна виживаність копепод на ранніх наупліальних стадіях і короткочасність їхнього розвитку, іо-вірогідно, пов'язані з тим, що до переходу на екзогенне живлення як джерело енергії вони

використовують винятково (N1 - N2) і переважно (N2 - N3) жовткові запаси (власні дані, Jjinenez-Melero et al., 2007). Тривалість наупліальних стадій обох видів коротша, ніж копсподітних у всьому температурному діапазоні, що закономірно для каляноїдних копепод. Найтривалішими були стадії C4 - C5, і самці обох видів за всіх температурних режимів розвивалися швидше, ніж самки, що пояснюється статеву диференціацією і зростанням гонад копепод на п'ятій, критичній стадії розвитку [29].

Таблиця 2

Тривалість розвитку копепод *Calanipeda aquaedulcis* і *Arctodiaptomus salinus* за різних температур

Температура, °C	Тривалість розвитку копепод, доба						
	N1 -3	N4-6	C1 3	C4 5	N1 -C6	N1 -C6 (M)	N1 -C6 (F)
<i>C. aquaedulcis</i>							
17± 1,4	3±0,1	5±0,1	7±0,2	7±0,4	22±0,3	21,9±0,2	22,1 ±0,2
21 ± 1,5	3±0,1	3±0,1	4±0,2	4±0,4	14±0,2	13,9±0,1	14,1±0,1
25 ± 1,5	2±0,1	2±0,1	2±0,1	3±0,4	9±0,2	8,9 ±0,1	9,1 ±0,1
<i>A. salinus</i>							
17±1,5	4 ±0,1	6±0,2	8±0,1	11± 0,2	29±0,2	28,9±0,1	29,1 ±0,1
21 ± 1,5	3±0,1	4±0,2	6±0,2	7±0,2	20±0,6	19,7±0,3	20,2±0,4
25± 1,5	4± 0,2	6± 0,3	7± 0,5	8± 0,2	25 ± 0,4	24,8 ±0,2	25,1 ±0,3

0,05)

Примітка: N1 (6) перша (шоста) наупліальна стадія тощо, C1 (5) - перша (п'ята) копеподитна стадія; C6 - доросла стадія; M - самці; F - самки.

Тривалість онтогенезу *C. aquaedulcis* від N1 до C6 стадій у температурному діапазоні 17-25 °C закономірно скорочується (табл. 2) і становить 22, 14 і 9 діб за 17, 21 і 25 °C, відповідно. Навпаки, мінімальна тривалість розвитку *A. salinus* виявлена в середині температурного діапазону 17 - 25 °C. Тривалість розвитку *A. salinus* від N1 до C6 при підвищенні температури від 17 до 21 °C скорочувалася від 29 до 20 діб, але при підвищенні температури до 25 °C вона зростала до 25 діб.

Тривалість онтогенезу *C. aquaedulcis* від N1 до C6 стадій у температурному діапазоні 17-25 °C закономірно скорочується (табл. 2) і становить 22, 14 і 9 діб за 17,

21 і 25 °С, відповідно. Навпаки, мінімальна тривалість розвитку *A. salinus* виявлена в середині температурного діапазону 17-25 °С. Тривалість розвитку *A. salinus* від N1 до С6 при підвищенні температури від 17 до 21 °С скорочувалася від 29 до 20 діб, але при підвищенні температури до 25 °С вона зростала до 25 діб.

За однакових температур розвиток дрібнішого виду *C. aquaedulcis* проходить швидше, ніж більшого виду *A. salinus*. Швидкість розвитку *C. aquaedulcis* від першої наупліальної (N1) до дорослої стадії (С6) експоненціально зростає з підвищенням температури від 17 до 25 °С, з чого випливає, що оптимум культивування *C. aquaedulcis* знаходиться у верхній межі діапазону температур 17-25 °С. Найбільша швидкість розвитку *A. salinus*, навпаки, перебуває в середині цього температурного діапазону, тобто припадає на 21 °С, подальше ж підвищення температури призводить до уповільнення розвитку *A. salinus*.

Наші дані показали, що розвиток *C. aquaedulcis* та *A. salinus* підпорядковується загальним закономірностям розвитку каляноїльних копепод залежно від температури: час розвитку копепод подовжується з її пониженням (Bonnet et al., 2010) та скорочується з її підвищенням (Cook et al., 2007) до певного верхнього порогу температури. Донедавна вважали, що верхній температурний поріг розвитку *A. salinus* перебуває приблизно в діапазоні 25 - 29 °С [32].

Але результати наших експериментальних досліджень, що підтверджуються аналогічними даними для природних популяцій цього виду (Jimenez-Melero et al., 2013), свідчать, що при температурах вище 20 °С приріст популяції *A. salinus* знижується, оскільки відбувається затримка, але не повна зупинка розвитку *A. salinus*. Тому можна вважати, що оптимальною температурою для розвитку *A. salinus* в експериментальних умовах є 21 °С.

Порівняння тривалості розвитку особин копепод *C. aquaedulcis* і *A. salinus* у температурному діапазоні 17 - 25 °С (табл. 2) дало змогу виявити як загальні з каляноїльними копеподами закономірності розвитку досліджуваних видів, так і видоспецифічні особливості, які проявляються в послідовному збільшенні тривалості розвитку від ранніх наупліальних до старших копеподітних стадій та в коротшій тривалості розвитку самців порівняно з розвитком самиць за трьох температурних режимів. Відмінності між двома вивченими видами копепод

полягають у тому, що розвиток *C. aquaedulcis* при будь-якій температурі проходить швидше, ніж *A. salinus*, і в тому, що оптимум швидкості розвитку *A. salinus* припадає на нижчі температури, ніж *C. aquaedulcis*.

На підставі визначених нами розмірних характеристик *C. aquaedulcis* (наупльпальні стадії від 0,12 до 0,36, копеподітні - від 0,46 до 1,02, дорослі - від 1,05 до 1,20 мм) та *A. salinus* (наупльпальні стадії від 0,21 до 0,45, копеподітні - від 0,57 до 1,18, дорослі - від 1,29 до 1,39 мм) розраховано масу копепод на всіх стадіях їхнього розвитку. Достовірних відмінностей розмірних характеристик *C. aquaedulcis* і *A. salinus* залежно від температури в діапазоні 21-25 °С не зареєстровано.

Таким чином, на підставі виконаних нами досліджень виділено температурні оптимуми культивування копепод: 25 °С - *C. aquaedulcis*, і 21 °С - *A. salinus*, за яких значно скорочується загальна тривалість розвитку та отримано найвищу плодючість особин.

3.2. Вплив трофічних умов на продукційні характеристики копепод *Calanipeda aquaedulcis* та *Arctodiaptomus saunus*.

Харчування і добові раціони копепод *C. aquaedulcis* і *A. salinus* досліджено за годівлі різними видами мікрowodоростей. Усі види водоростей, використані в експериментах, незважаючи на розмірні та морфологічні відмінності, виявилися доступними для харчування *C. aquaedulcis* і *A. salinus*. Найбільші величини споживання мікрowodоростей копеподами *C. aquaedulcis* і *A. salinus* отримано під час годівлі дрібними водоростями *Ph. tricornutum* та *I. galbana*, а найменші - під час живлення великими *Dinophyceae*, тобто добові раціони копепод зростають у міру зменшення розмірів водоростей. Зі збільшенням концентрації *I. galbana* від 0.005 до 0.07 мг/мл-1 добовий раціон у *C. aquaedulcis* збільшувався від 0,004 до 0,023 та в *A. salinus* - від 0,008 до 0,046 мг-екз-1добу-1. Подальше підвищення концентрації клітин *I. galbana* до 0.23 мг-мл-1 супроводжувалося зниженням раціонів у *C. aquaedulcis* до 0,008, у *A. salinus* - до 0,013 мг екз-1добу.

За годівлі рачків більшими мікрowodоростями *P. cordatum* визначено, що з підвищенням їхньої концентрації від 0,001 до 0,03 мг-мл-1 добовий раціон у *C. aquaedulcis* зростав із 0,003 до 0,013, в *A. salinus* - із 0,004 до 0,025 мегекз-1 добу-1.

Подальше підвищення концентрації клітин *P. cordatum* призводило до стабілізації раціону *A. salinus* і незначного зниження раціону *C. aquaedulcis*.

Виявлені нами особливості харчування двох видів копепод відповідають класичній залежності між концентрацією їжі в середовищі та швидкістю її споживання копеподами до критичної концентрації, вище якої їхній раціон зменшується або залишається незмінним [31].

Отримані нами в експериментах дані за кількісними характеристиками харчування копепод загалом відповідають описаним раніше для інших видів копепод, але максимальні раціони досліджуваних копепод виявляються вищими за ті, що були визначені для низки морських видів каляноїдних копепод [29].

За однакових вихідних концентрацій мікроводоростей добовий раціон і рівні критичних концентрацій у *A. salinus* вищі, ніж у *C. aquaedulcis* для всіх видів і концентрацій мікроводоростей, що, очевидно, зумовлено більшою масою першого (11-17 мкг сух. маси проти 4-6 мкг у другого).

Незважаючи на те, що копеподи обох видів активно споживали вагу мікроводорості, розвиток *C. aquaedulcis* при живленні монокультурами *Ch. vulgaris*, *D. salina*, *Th. weissflogii* зупинявся на ранніх стадіях. Повний розвиток *C. aquaedulcis* до досягнення статевої зрілості (стадії С6) відбувався тільки за живлення монокультурами мікроводоростей *P. cordatum*, *I. galbana* і *Ph. tricornutum*. Відсоток виживання *C. aquaedulcis* впродовж лінійок від стадії N1 до С6 також залежав від виду мікроводоростей і становив при живленні *P. cordatum* 92,5 %, при живленні *I. galbana* 83 % і при живленні *Ph. iricomutunt* - 17,8 % (рис. 1).

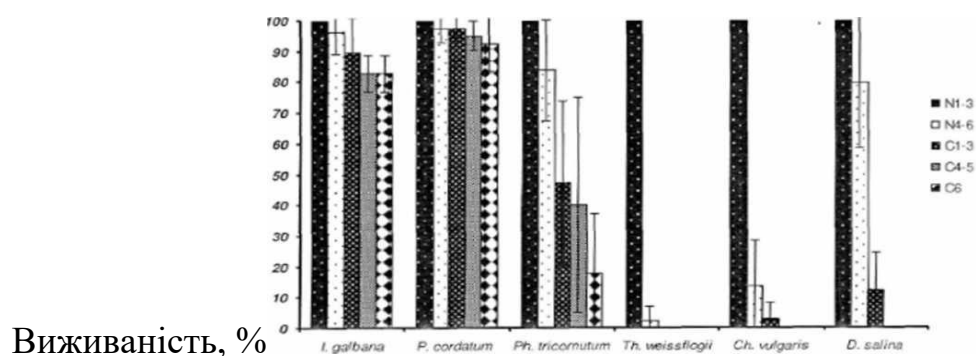
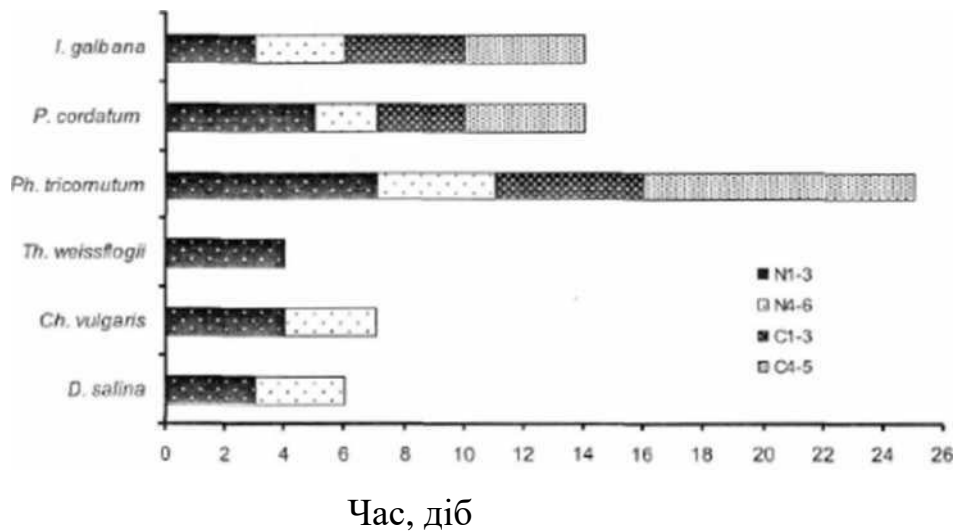


Рис. 1. Виживаність копепод *Calanipeda aquaedulcis* (I) і *Arctodiaptomus salinus* (II) в експерименті залежно від живлення мікроводоростями різних видів

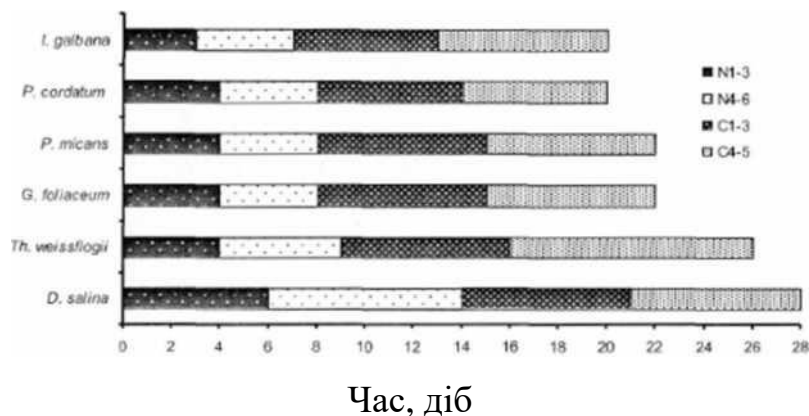
Натомість копеподи *A. salinus* успішно розвивалися на всіх стадіях онтогенезу і досягали статевої зрілості й за живлення всіма запропонованими видами мікроводоростей. Вживаність *A. salinus* протягом усіх лінійок від

стадії N1 до C6 була максимальною (94,5 %) при живленні *I. galbana* (рис. 4 - II).

Тривалість розвитку копепод як на наупліальних, так і копсполітних стадіях залежала від виду мікроводорості (рис. 2).



I



II

Рис. 2. Тривалість розвитку копепод *Calanipeda aquaedulcis* (I) і *Arctodiaptomus salinus* (II) від N1 до дорослої стадії (C6) в експерименті залежно від живлення мікроводоростями різних видів ($p < 0.05$)

Живлення *C. aquaedulcis* мікроводоростями *Ch. vulgaris* і *D. salina* забезпечувало розвиток копепод тільки до стадії C3, за живлення *Th. weissflogii* розвиток зупинявся на наупліальній стадії N6. Повний цикл розвитку *C. aquaedulcis* забезпечувало живлення мікроводоростями *I. galbana* і *P. cordatum*, за якого

тривалість їхнього розвитку становила 14 діб, а також живлення *Ph. tricomutum*, що, однак, призводило до його подовження вдвічі - до 25 діб (рис. 5 I). Тривалість розвитку більшого *A. salinus* за живлення будь-якими видами мікроводоростей закономірно виявилася значно більшою, ніж у *C. aquaedulcis* (мал. 5 - II). Так само як і у *C. aquaedulcis*, розвиток *A. salinus* найшвидше (за 20 діб) відбувався за живлення *I. galbana* і *P. cordatum*, живлення *P. micans* і *G. foliaceum* збільшувало тривалість розвитку до статевозрілої стадії на 2 доби, а при харчуванні *Th. weissflogii* і *D. salina* вона збільшувалася до 26 і 28 діб, відповідно. Отримані результати вказують як на видоспецифічний вплив мікроводоростей на розвиток обох видів копепод, так і на видоспецифічну реакцію копепод *C. aquaedulcis* та *A. salinus* на живлення різними видами мікроводоростей.

Найвищі значення виживаності (понад 80 %) упродовж усього періоду життєвого циклу обох видів копепод отримано за їхнього живлення мікроводоростями *I. galbana*. Живлення дрібно розмірними *I. galbana*, з високим вмістом висококонсанащеної жирної кислоти (ВНЖК) ДГК (22:6п-3, докозагексаєнової кислоти; Renaud et al., 1999) виявилось оптимальним для розвитку молодших наупліальних стадій копепод, проте затримувало розвиток старших наупліальних і молодших копеподітних стадій порівняно з особинами, які харчувалися великорозмірними *P. cordatum* з високим вмістом ДГК і ЕПК (20:5п-3, ейкозапентаєнової) [34].

Найменша тривалість іаупліального періоду розвитку обох видів копепод також відмічена за живлення *I. galbana*, а копеподітного періоду - за живлення *P. cordatum*. Скорочення тривалості розвитку в наупліальному періоді та подовження копеподітного періоду за живлення *I. galbana* компенсуються подовженням іаупліального та скороченням копеподітного періоду за живлення *P. cordatum*. Тому тривалість розвитку копепод виявляється однаковою - найменшою - за живлення *C. aquaedulcis* та *A. salinus* монокультурами мікроводоростей як *I. galbana*, так і *P. cordatum* - 14 і 20 діб, відповідно. У *A. salinus*, на відміну від *C. aquaedulcis*, відмічено високий відсоток виживання при живленні будь-якими із запропонованих йому видів мікроводоростей, що вказує на відмінності механізмів біохімічної

трансформації незамінних компонентів їжі та різної потреби в них у копепод двох різних видів.

Нами виявлено видоспецифічні відмінності щодо каротиноїдного складу *A. salinus* і *C. aquaedulcis* (Ханайченко та ін., 2014). Сумарний вміст каротиноїдів у *A. salinus* вищий і в їх фракційному складі домінує етарифікований атаксантин (62,5 %), тоді як у *C. aquaedulcis* - вільний атаксантин (47,5 %). Очевидно, характер трансформації та накопичення специфічних каротиноїдів з їжі однакового каротиноїдного складу (одних і тих самих видів мікроводоростей) у вивчених нами видів різняться. Копеподи *C. aquaedulcis*, імовірно, мають нижчі потреби в етарифікованих формах атаксантину і, можливо, володіють більш слабким метаболічним механізмом модифікації каротиноїдів, які надходять із мікроводоростями, до атаксантину і його етарифікованих форм, ніж у *A. salinus*. Відмінності каротиноїдного складу копепод, ймовірно, пов'язані з особливостями біології та стратегії розмноження видів. *A. salinus* населяє як постійні водойми з великим градієнтом солоності, так і тимчасові, і може переживати повне пересихання водоймищ, бо здатний продукувати як субітанні, гак і спочинні яйця (Jimenez-Melero e (a)... 2013). *C. aquaedulcis*, навпаки, мешкає тільки в постійних водоймах і розмножується тільки субітапними яйцями (Marrone et al., 2006).

Оцінюючи вплив трофічних умов на продукційні характеристики копепод, ми визначали середню довжину самок копепод (загальна довжина просоми й абдомена), діаметр яєць, кількість яєць, що припадає на 1 самку (абсолютна плодючість) і відсоток викльовування залежно від живлення мікроводоростями різних таксономічних груп (табл. 3). Хсмотаксономічний склад мікроводоростей, якими живляться самки копепод, безумовно, впливає на їхні репродуктивні характеристики, і особливо на життєздатність наупліусів копепод під час еклевації. Нами проаналізовано закономірності та відмінності успішного ембріонального розвитку яєць копепод *C. aquaedulcis* і *A. salinus* залежно від живлення самок, що продукують яйця, мікроводоростями різних таксономічних груп.

Морфометричні характеристики, абсолютна плодючість і відсоток
викльовування яєць залежно від мікрородоростевої дієти самок *Calanipeda*
aquaedulcis і *Arctodiaptomus salinus*

Мікрородорості	Середня довжина самок, мм	Середній діаметр яєць, мкм	Абсолютна плодючість яєць на самку ⁻¹	Викльовування, %
<i>C. aquaedulcis</i>				
<i>Isochrysis galbana</i>	1,24 ±0.02	88 ±8	24,2± 1.8	100
<i>Prorocentrum cordatuni</i>	1,22 ±0.03	84±8	19.8 ±3,6	100
<i>Dnnaliella salina</i>	1.23 ±0.04	89 ± 10	19,9 ±3.9	78.3 ± 18,6
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	1,20 ±0.03	84 ±8	20.9±3.2	100
<i>Thalassiosira weissflogii</i>	1,26 ±0.02	88 ±5	19,1 ±2,2	51.1 ± 15,2
<i>A. salinus</i>				
<i>Isochrysis galbana</i>	1,52±0,01	134 ±5	10.3 ±1.3	84,9 ±7.3
<i>Prorocentrum cordatuni</i>	1,38 ±0.03	92 ±4	16.4 ±2.4	62.6 ± 10,1
<i>Prorocentrum mi cans</i>	1.44 ±0.03	100 ±7	13,8±2.3	94,6 ± 3,7
<i>Glenodiniumfoliaceum</i>	133±0,03	110± 5	12,0±1,3	85.4 ±4,7
<i>Dnnaliella salina</i>	1.27 ±0.02	101 ± 10	10,8 ±0.7	1.7 ±2.2
<i>Thalassiosira iveissjlogii</i>	1.36±0.03	97 ± 1	12,7 ±2.3	50.6 ± 8

Максимальний відсоток викльовування наупліусів спостерігали при живленні самок копепод обох видів *I. galbana*: однаковий відсоток викльовування наупліусів (близько 50 %) відзначено при їхньому живленні *Th. weissflogii*. Однак живлення мікрородоростями, що належать до різних видів і класів, по-різному впливало на викльовування життєздатних наупліусів у вивчених видів копепод. Так, живлення самок *A. salinus* мікрородоростями *D. salina* приводило до зниження викльовування наупліусів до 1,7 %, а при живленні мікрородоростями інших видів відсоток викльовування перебував у діапазоні 51-84.9 %. При живленні самок

C. aquaedulcis зеленими мікрородоростями *D. salina* викльов наупліусів становив 78.3 % від яєць, а за живлення примнезіофітовими *I. galbana* і

динофлагеллятами *P. cordatum* відсоток викльовування наупліусів виявлявся максимально можливим.

(100 %).

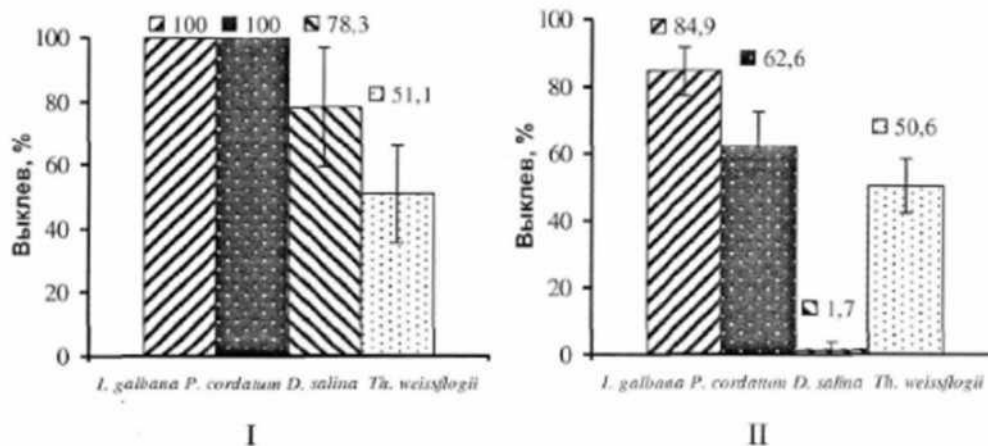


Рис. 3. Порівняльні діаграми частки викльовування життєздатних наупліусів від загальної кількості яєць (викльовування, %) у самок копепод *Calanipeda aquaedulcis* (I) та *Arctodiaptomus salinus* (II) залежно від літанія мікрowodоростями: *Isochrysis galbana*, *Thalassiosira weissflogii*, *Prorocentrum cordatum* та *Dunaliella salina*

Репродуктивні характеристики самок копепод при живленні монокультурою мікрowodоростей можуть слугувати показниками біохімічної адекватності кормового об'єкта харчовим потребам копепод (Lacoste et al., 2001). Таксономічний статус і, відповідно, хемотаксономічні характеристики мікрowodоростей, що входять до складу їжі, впливали в наших дослідях на продукцію яєць і виживаність наупліусів самок каляноїдних копепод *C. aquaedulcis* і *A. salinus*.

Живлення самок мікрowodоростям і *Prymnesiophyceae* та *Dinophyceae* забезпечувало максимальний відсоток викльовування наупліусів в обох видів копепод. Живлення самок мікрowodоростями *Racillariophyceae* з високим вмістом ЕПК, але дефіцитними за ДГК удвічі скорочувало вірогідність нормального ембріонального розвитку в обох видів копепод. За живлення самок водоростями *Chlorophyceae* (*I. salina*) з низьким вмістом ЕПК і ДГК, відсоток викльовування яєць у *C. aquaedulcis* знижувався незначною мірою, в той час як у *A. salinus* смертність ембріонів наближалася до 100 %. Вміст і співвідношення цих ЕПК і ДГК у складі мікрowodоростей, імовірно, є одним з основних хемотаксономічних чинників, що впливають на репродуктивні характерологічні характеристики каляноїдних копепод [34].

Продуктування яєць самками *C. aquaedulcis* за живлення оптимальним кормом *I. galbana* відбувалося в інтервалі від 15-добового віку (з моменту досягнення статевої зрілості) до віку 34 діб. у самок *F. salinus* - з 21 доби (з моменту досягнення статевої зрілості) до 78 діб. Пік репродуктивного періоду *C. aquaedulcis* припадає на 22 - 28 діб, а *A. salinus* - на 28 - 46 діб, після чого репродуктивна активність плавно знижувалася. Інтервал вимсту яєць самками *C. aquaedulcis* становив $3,2 \pm 0,6$ діб. *A. salinus* - $3,7 \pm 0,5$. Ембріональний розвиток яєць *C. aquaedulcis* за 21 °C займав менше доби, *A. salinus* - близько трьох діб. Середньодобова продукція яєць (EP) за весь життєвий цикл у самки *C. aquaedulcis* (за індивідуального культивування) виявилася більш ніж удвічі вищою (4,10 яйця самка-1добу-1), ніж у *A. salinus* (1,76 яйця самка-1добу-1), однак період розмноження самок *A. salinus* був удвічі довшим, ніж *C. aquaedulcis*, що пояснюється тривалішим життєвим циклом *A. salinus*.

Максимальна середньодобова плодючість солоноватоводних копепод *C. aquaedulcis* (9,12 яйця самка-1сут-1) майже удвічі нижча, ніж у схожого з ними за розмірними характеристиками морського виду копепод - *Acartia tonsa* (20 яєць-самка-1 діб-1)). але ця відмінність компенсується вищою виживаністю наупліїв *C. aquaedulcis* у яйцевих мішечках і вищою виживаністю особин протягом життєвого циклу.

Результати наших досліджень засвідчили, що монокультури мікрроволорослей *P. cordatum* та *I. galbana* є оптимальними кормовими об'єктами для продуктування яєць самками *C. aquaedulcis*, виживаності та швидкості розвитку цих копепод протягом усього онтогенезу. Монокультури мікрводоростей класів *Chlorophyceae* і *Bacillariophyceae*, очевидно, не задовольняють повністю потреб *C. aquaedulcis* щодо незамінних компонентів їжі для росту й розвитку певних стадій копепод і тому виявляються непридатними для використання як харчові об'єкти під час культивування цього виду.

3.3. Продукційні характеристики копепод *Calanipeda aquaedulcis* та *Arctodiaptomus salinus*.

Експериментальні дані, отримані за пілотного культивування *C. aquaedulcis* та *A. salinus* в об'ємах 1 л. підтверджують особливості, що були виявлені при

індивідуальному вирощуванні цих копепод від наупліальної до дорослої стадії. Оптимальний температурний режим для зростання масової культури *C. aquaedulcis* припадає на вищу температуру, ніж у *A. salinus*. Відмінності в температурних оптимумах росту біомаси у двох видів копепод можна пояснити різною швидкістю розвитку особин цих видів залежно від температури. Так, підвищення температури до 25 °C призводить до скорочення тривалості розвитку *C. aquaedulcis*, тоді як для *A. salinus* підвищення температури понад 21 °C, навпаки, уповільнює їхній розвиток.

Отримані в експериментальних умовах дані щодо впливу температури та трофічного чинника на продукційні характеристики двох убіквітних видів копепод *Calanipeda aquaedulcis* та *Arctodiaptomus salinus* включають нові відомості та можуть бути використані для розуміння життєвих стратегій і ареалів видів з двох таксономічно та екологічно близьких родин. Відмінність між ними полягає в тому, що розвиток *C. aquaedulcis* у температурному діапазоні 17-25 °C проходить швидше, ніж *A. salinus*, і оптимум швидкості розвитку *A. salinus* припадає на нижчі температури, ніж *C. aquaedulcis*. Іншими словами, температурний оптимум розвитку *A. salinus* зсунутий у бік помірних температур, *C. aquaedulcis* - у бік високих. Отримані для *C. aquaedulcis* і *A. salinus* дані щодо впливу живлення мікроводоростями різних таксонів на такі характеристики, як тривалість розвитку та виживання в ембріональній і постембріональній період, підтвердили тенденцію, виявлену раніше для деяких видів морських каланоїдних копепод, що найоптимальнішими мікроводоростями для розвитку й виживання, а отже, і продукції копепод, є мікроводорості *A. galbana* і *P. cordatum*.

ВИСНОВКИ

1. На основі результатів дослідження впливу трофічного та температурного чинників на продукційні характеристики копепод двох видів *Calanipeda aquaedulcis* та *Arctodiaptomus salinus* встановлено оптимальні умови для найефективнішого отримання їхньої продукції.

2. Вживаність копепод вивчених видів протягом онтогенезу залежить від виду мікродоростей, якими вони живляться. Максимальна вживаність копепод впродовж розвитку від N1 до C6 для *Calanipeda aquaedulcis* забезпечується при живленні *Prorocentrum cordatum* ($92,5 \pm 8,9$ %) та *Isochrysis galbana* ($82,9 \pm 5,9$ %), для *Arctodiaptomus salinus* - *Isochrysis galbana* ($94,5 \pm 6,1$ %).

3. Мінімальна тривалість розвитку від N1 до C6 становить для *Calanipeda aquaedulcis* - 9 діб за $25 \pm 1,5$ °C, для *Arctodiaptomus salinus* - 20 діб за $21 \pm 1,5$ °C та живлення копепод мікродоростями *Isochrysis galbana* і *Prorocentrum cordatum*.

4. Добовий раціон *Calanipeda aquaedulcis* і *Arctodiaptomus salinus* збільшується до максимального, відповідно, 0,023 н 0,046 мг екз-1 на добу-1, при досягненні концентрації *Isochrysis galbana* 0.06 мг мл-1. Підвищення концентрації *I. galbana* до 0,2 мг мл-1 супроводжується зниженням інтенсивності живлення *C. aquaedulcis* до 0,009, а *A. salinus* - до 0,014 мг-екз-1сут-1.

5. Сумарна плодючість самок копепод *Calanipeda aquaedulcis* за репродуктивний період за оптимальних трофічних умов і температури $21 \pm 1,5$ °C становить $149.53 \pm 2,1$ яєць-самку-1, а в *Arctodiaptomus salinus* - $151.76 \pm 3,7$ яєць-самку-1. Середньодобова плодючість самок за життєвий цикл за оптимальних трофічних умов і температури $21 \pm 1,5$ °C становить $4,10 \pm 0,64$ для *C. aquaedulcis* і $1,76 \pm 0,10$ яєць-самку-1 для *Arctodiaptomus salinus*.

6.

ПРАКТИЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. На життєздатність яєць *Arctodiaptomus salinus*, на відміну від *Calanipeda aquaedulcis*, вид мікроводорості, якими харчуються самки, має значний вплив. Живлення самок *Isochrysis galbana* і *Prorocentrum cordatum* забезпечує максимальний відсоток викльовування яєць: *Calanipeda aquaedulcis* - 100 %, *Arctodiaptomus salinus* - 85 і 63 %, відповідно. Живлення самок *Dninaliella salina* призводить у *A. salinus* до нежиттєздатності 98 % яєць, але у *C. aquaedulcis* знижує їхній викльов тільки до 50 %.

2. Максимальна середньодобова продукція (P1) копепод досягається для *Calanipeda aquaedulcis* за $25 \pm 1,5$ °C і становить 0,24 мг сут⁻¹л⁻¹, для *Arctodiaptomus salinus* за $21 \pm 1,5$ °C - 0,26 мг сут⁻¹л⁻¹.

3. Методика накопичувального культивування копепод *Calanipeda aquaedulcis* та *Arctodiaptomus salinus* за оптимальних трофічних і температурних умов може бути рекомендована для впровадження в біотехнологію культивування ракоподібних з метою отримання за певний термін масової кількості кормового планктону однорідного вікового, розмірного та біохімічного складу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Климченко О.М. Моніторинг довкілля: Підручник/ О.М. Климченко А.М. Прищепа, Н.М. Вознюк. – К. : Академія, 2006. – 360 с.
2. Аквакультура // Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапшина. — Херсон : П.П. Вишемирський В. С., 2013. — С. 7.
3. Алексієнко В.Р. Іхтіологія. Посібник для студентів біологічних факультетів / В.Р. Алексієнко. – К.: Український фітосоціологічний центр, 2007. – 116 с.
4. Богданова Л.Н. Характеристика зоопланктону Кременчуцького водосховища // Рибогосподарська наука України. 2015. Вип. 4(34). С. 15– 30.
5. Борщівський П. Стратегічні проблеми розвитку рибного господарства України / П. Борщівський, М. Стасішен, Н. Алесіна // Стратегія розвитку України: наук. жур. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2004. – № 1–2. – С. 370-388.
6. Горбатенко І.Ю. Основи наукових досліджень. Київ, 2001. 92 с.
7. Грабченко А.І., Федорович В.О., Гаращенко Я.М. Методи наукових досліджень. Харків, 2009. 142 с.
8. Євтушенко М.Ю. Методика досліджень у рибництві. Київ, 2013. 130 с.
9. Ковальчук В.В., Моїсєєв Л.М. Основи наукових досліджень. Київ, 2005. 240 с.
10. Шейко В.М., Кушнарєнко Н.М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності. Київ, 2002. 295 с.
11. Грінжевський М.В. Аквакультура України. – Львів: Вільна Україна, 1998. – С. 331.
12. Гроховська Ю.Р., Кононцев С.В., Колесник Т.М. Біологічний моніторинг водного середовища : навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2010. – 161 с.
13. Довідник за властивостями, методами аналізу та очищення води // Київ: Наукова Думка, 1980. - ч. 2. - С.773-781.
14. Еколого-економічні проблеми довкілля Житомирщини. [Кол. мо-ногр.]/ В.І. Карпов, С.П. Сіренький, В.К. Данилко та ін.; Під заг. ред. П.П. Михайленка. - Житомир, 2001. - 320 с.

- 15.Євтушенко М. Ю. Акліматизація гідробіонтів: підруч. / Євтушенко М. Ю., Дудник С. В., Глебова Ю. А. — К.: Аграрна освіта, 2011. — 240 с. — ISBN 978-966-2007-57-2.
- 16.Загальна гідробіологія. Константинов А.С. – М.: Вища школа, 1986р.
- 17.Збереження і моніторинг біологічного і ландшафтного різноманіття в Україні. – К.:Національний екологічний центр України, 2000 – 244с.
- 18.Клименко М.О., Гроховська Ю.Р. Гідроекологічний моніторинг та фітоіндикація стану водних екосистем басейну Прип'яті. Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2014. Вип. 2 (66). С. 29–38. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/3608/>
19. Клименко М.О., Гроховська Ю.Р. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими водними рослинами. Рівне: НУВГП, 2005. 194 с.
- 20.Коваленко В.О. Індустріальне рибництво/В.О. Коваленко. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів. К.: Аграр Медіа Груп, 2011. - 140 с.
- 21.Козлов А.В. Розведення риби, раків, креветок у присадибній водоймі. М: ТОВ «Акваріум-Принт», 2008. 176 с.
- 22.Козлов А.В. Сохранение биоразнообразия ихтиофауны - основа устойчивого использования рыбных ресурсов//Матер. междунар. научн, конферен. молодых ученых "Водные биоресурсы и пути рационального использования", Киев, 2012. - С. 35-36.
- 23.Козлов А.В., Рубцов С.Ф Восстановление численности ручьевой форели в реке при организации коммерческого лова// Рибне господарство. - 2014. - Вып 63. - Киев. - С. 98-99
- 24.Лавровський В.В. Оборотно водопостачання при промисловому вирощуванні молоді райдужної форелі // Рибне госп-во, 1977. - №11. - С.58-59.
25. Литвинюк Д.Л. Определение доли живых организмов в культуре копеподы *Calanipeda aquaedulcis* после их окраски нейтральным красным и диацетатом флуоресцеина / Д.А. Литвинюк, Л.О. Аганесова, В.С. Муханов // Экология моря: сб. науч. тр. - Киев, 2009. - Вып. 78 - С. 65 - 69.

26. Лукін В.Б. 2003. Механізми, що формують видову структуру перифітону в ході сезонної сукцесії: роль міжвидової конкуренції та осідання планктонних форм // Журн. загальної біології. Т. 64. № 3. с. 263-272.
27. Лукін В.Б., Сапова., Є.В., 2002. Зміни в екосистемі водопровідного каналу, що викликаються розвитком фітообрастань // Актуальні проблеми екології та природокористування (випуск 3) / збірник наукових праць. С. 83-87
28. Макрофіти – індикатори змін природного середовища. Дублена Д.В., Гейне С., Гроудова З.І. – К.: Наукова думка, 1993.
29. Маслова Н.И., Петрушин В.А. 2013. Рыбоводно-биологическая оценка щуки – перспективного объекта поликультуры. Мат. Межд. науч.-прак. конф. "Состояние и перспективы развития пресноводной аквакультуры", с. 276–290.
30. Литвинюк Д.Л. Определение доли живых организмов в культуре копеподы *Calanipeda aquaedulcis* после их окраски нейтральным красным и диацетатом флуоресцеина / Д.А. Литвинюк, Л.О. Аганесова, В.С. Муханов // Экология моря: сб. науч. тр. - Киев, 2009. - Вып. 78 - С. 65 - 69.
31. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін; Київ: ЗАТ ВІПОЛ, 2001. 48 с.
32. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод України / Яцик А. В., Денисова О. І., Чернявська А. П., Верниченко Г. А.; Київ: Оріяни, 2004. 20 с.
33. Руденко С.С. Загальна екологія: практичний курс. Частина 1./С.С.Руденко, С.С.Костишин, Т.В.Морозова. – Чернівці: Рута, 2003.– 320 с.
34. Чухрій Ю.П. Біоіндикація. Біотестування. Біомоніторинг: Конспект лекцій.: Одеса: ОНАХТ, 2014. – 41 с.
35. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1990. — 352 с.