

УДК 639.3.043.2

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.5>

## РИБНИЦЬКО-БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДВОЛІТКІВ СТЕРЛЯДІ ЗА ВИРОЩУВАННЯ В САДКАХ З ГОДІВЛЕЮ КОРМАМИ ІЗ ДОДАВАННЯМ НАНОЗАЛІЗА

*Коваленко В.О. – к.с.-г.н., доцент,*

*Зубчевський Б.В. – аспірант,*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*kovalenko@nubip.edu.ua, tenno15@ukr.net*

Інтенсивні форми рибництва вимагають приділяти все більшої уваги повноцінній, збалансованій годівлі риб та посиленню корисної дії високовартісних штучних кормів. Разом із тим, зі збільшенням щільності посадки риб на вирощування зростає потреба у формуванні і підтриманні оптимальних умов водного середовища для культивованих організмів. У відкритих системах аквакультури (стави, сітчасті садки, прямоочні басейни) можливості впливу на показники якості води є обмеженими (наприклад, для підтримання оптимальної концентрації розчиненого у воді кисню) або відсутні (управління температурою води). За цих умов критично важливі параметри водного середовища стають лімітуючими факторами, що унеможливають подальшу інтенсифікацію технологічного процесу.

Досліджено ефект впливу мікродобавки нанозаліза в кормах на рибницько-біологічні показники вирощування дволітків стерляді в сітчастих садках на акваторії водойми з некерованими природними умовами водного середовища. Експеримент проведено на базі виробничого осетрового підприємства, у двох варіантах (дослід і контроль) з однократною повторністю. У дослідному варіанті препарат нанозаліза додавали до рибного корму в дозі 1 мг/кг. Тривалість експерименту становила 35 діб. Оцінку результатів експерименту проводили за показниками швидкості росту і масонакопичення, виживаності риб та ефективності використання рибних кормів.

Результати експерименту показали переваги дослідного варіанту над контрольним за показниками індивідуального (+30,7%) та відносного приросту (+41,8%) маси тіла, питомої швидкості росту (+41,2%), масонакопичення (+38,3%) та кормовим коефіцієнтом (-31,9%).

Отже, додавання нанозаліза до раціону дволітків стерляді позитивно вплинуло на результати вирощування риби, імовірно, завдяки посиленню здатності крові риб до транспортування кисню та відповідної активізації процесів росту і травлення.

Наукова новизна полягає в тому, що: вперше обрано і перевірено дозу нанозаліза – 1 мг/кг рибного корму; вперше експеримент проведено у виробничих умовах садкового рибного господарства на стерляді, одному з найбільш поширених об'єктів аквакультури осетрових риб.

Ключові слова: стерлядь, нанозалізо, концентрація кисню, приріст маси, конверсія корму.

**Постановка проблеми.** Загальновідомо, що одним із ключових параметрів якості води для риб є концентрація розчиненого у воді кисню. Управління цим параметром у відкритих системах культивування досить складне, адже на ступінь насичення води киснем впливають некеровані людиною фактори зовнішнього середовища, як то: температура, атмосферний тиск, ступінь інсоляції водної поверхні, тощо. За цих умов нерідко виникають ситуації, коли концентрація розчиненого у воді кисню знижується нижче оптимальних значень, що призводить до уповільнення обмінних процесів, погіршення засвоюваності штучних кормів, послаблення захисних функцій організму і, навіть, загибелі риб.

У вирішенні цих і ряду інших проблем, які виникають на шляху розвитку аквакультури, можуть прислужитися досягнення нанотехнологій – міждисциплінарної галузі наук, які вивчають закономірності фізичних та хімічних об'єктів із розмірами від 1 до 100 нанометрів та можливості практичного використання їхніх унікальних властивостей [1, с. 14–15].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Нанотехнології виникли наприкінці 20 століття, як закономірний перехід на новий техніко-технологічний та промисловий рівень. Розвиток нанотехнологій, генної інженерії, наноелектроніки та біотехнологій прив'язують до початку шостого технологічного устрою [2, с. 117], який приходить на зміну п'ятому – етапу досягнень в мікроелектроніці, масової комп'ютеризації і розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та мережі Інтернет.

Інтерес до наноматеріалів обумовлений тим, що речовина у нанорозмірному стані змінює низку фундаментальних властивостей, притаманних макрооб'єктам [3, с. 190]. Одна з головних властивостей нанорозмірних об'єктів – розвинена поверхня, що визначає переважання поверхневих явищ. Площа поверхні матеріалу в ультрадисперсному стані перевищує площу вільної поверхні масивної речовини і має високу сорбційну ємність. Завдяки своїм розмірам (менше 100 нм), порівняним із розмірами клітин (10–100 мкм), вірусів (20–450 нм), білків (5–50 нм), ДНК (2 нм шириною, 10–100 нм довжиною), наночастинки можуть наближатися до біооб'єкту, напряду взаємодіяти та зв'язуватися з ним [4, с. 743].

Наноматеріали знайшли застосування у багатьох сферах діяльності. Так, нанорозмірні лікарські засоби чинять цільовий вплив на органи та тканини, застосовуються у мікродозах і зменшують прояв вторинних побічних ефектів у порівнянні з традиційними лікарськими формами [4, с. 746]. Нанокристалічні метали, як біопрепарати нового покоління, використовуються для підвищення продуктивності сільськогосподарських рослин і тварин [5, с. 424; 6, с. 24–25], для консервування харчових продуктів і очищення води [7; 8, с. 31].

Аквакультура має великі перспективи, як прикладна сфера для застосування досягнень нанотехнологій. Ця галузь демонструє унікальну важливість для забезпечення населення планети продуктами харчування. Починаючи з 2013 року аквакультура стала основним джерелом риби і морепродуктів з часткою 56 відсотків від загального обсягу виробництва продукції у рибогосподарському секторі економіки в 2019 році [9, с. 17–18]. Аквакультура є галуззю виробництва харчових продуктів з найбільш високими темпами розвитку: протягом останніх двох десятиліть середньорічний приріст продукції склав 5,6%. У прийнятих FAO стратегічних цілях сталого розвитку аквакультурі відведено завдання – подолати існуючий нині розрив між попитом на харчові продукти з водних організмів та постачанням цих продуктів [10, с. 144]. Науковці прогнозують, що за умов збереження існуючих тенденцій, до 2030 року обсяги вирощування тваринних гідробіонтів методами аквакультури досягнуть 105–107 млн. т на рік в той час, як обсяги промислу зростуть лише до 93–95 млн. т [11, с. 3].

Одним із напрямків прикладного застосування досягнень нанотехнологій в інтенсивній аквакультурі є удосконалення складу штучних кормів для годівлі риби. Зростання попиту на екологічно чисту продукцію потребує заборони або істотного скорочення використання антибіотиків та гормональних стимуляторів росту у складі рибних кормів. У зв'язку з цим актуальним є пошук альтернативних кормових добавок, які сприятливо впливають на організм риб та збільшують ефективність засвоєння штучних кормів. Зокрема, такими добавками є нанодисперсні порошки біологічно активних металів, наприклад, заліза, які позитивно впливають на організм тварин. Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (EFSA) віднесло нанопорошки оксидів заліза, цинку та міді до категорії GRAS (загальноновизнаний як безпечний) як таких, що вважаються безпечними харчовими дієтичними добавками до кормів для тварин [12, с. 14].

Залізо є незамінним мікроелементом для організму: входить до складу гемоглобіну, який відповідає за транспорт кисню в організмі, присутне у ферментах-цитохромах, які беруть участь у детоксикаційних процесах — знешкоджують шкідливі речовини, які щохвилини утворюються в результаті життєдіяльності. Також залізо необхідне для функціонування ендокринної системи, синтезу ДНК, процесу ділення клітин та підтримання імунітету [13, с. 177; 14, с. 511].

Високу біологічну активність мають полівалентні нанопорошки оксидів заліза. Наночастинки заліза в електрично нейтральній формі здатні легко проникати через цитоплазматичну мембрану живої клітини до мішеней біологічної дії та поступово розчинятися в біосередовищах. До того ж, оксиди нанозаліза мають високу хімічну реактивність і досить швидко та повно розкладаються у печінці й селезінці та включаються в

гемоглобін еритроцитів у формі атомарного заліза, збільшуючи здатність останніх транспортувати кисень [15, с. 210-211; 16, с. 23].

**Формулювання цілей статті.** Робочою гіпотезою даного наукового дослідження було те, що біологічно активні наночастинки заліза при введенні в раціон годівлі дволітків стерляді, за садкового методу вирощування риби у водному середовищі із нестійким рівнем насичення киснем, посилюватимуть транспортну функцію крові у доставці кисню до органів і тканин, що позитивно вплине на рибницько-біологічні показники.

Мета роботи полягала у дослідженні ефективності використання кормової мікродобавки нанозаліза для годівлі дволітків стерляді, за вирощування цієї риби в сітчастих садках, в умовах некерованого кисневого режиму водойми.

**Матеріал та методика досліджень.** Дослідження проведено у вересні-жовтні 2022 р. на базі осетрового садкового господарства «Науково-виробниче сільськогосподарське підприємство «Бестер»» (далі у тексті скорочено – ПП «Бестер»). Садки цього підприємства розташовані на акваторії Канівського водосховища, у прибережній зоні м. Ржищів Київської області.

Матеріалом для дослідження слугували дволітки стерляді, за їх вирощування у садках з інтенсивною годівлею продукційним комбікормом «ІНЦІО 917» виробництва компанії BioMar.

Експеримент проведено в один тур, без повторності, за двома варіантами: дослідним і контрольним. У дослідному варіанті для годівлі риби використовували комбікорм із додаванням нанозаліза у дозі 1 мг на 1 кг корму. Джерелом нанозаліза слугував біостимулятор росту рослин і тварин «NanoFe+» виробництва ТОВ «НПП «Нові технології»» (м. Київ, Україна). Препарат має форму колоїдного розчину хелатного полівалентного нанодисперсного порошку із суміші оксидів заліза ( $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_3\text{O}_4$ ), із розміром часток від 3 до 45 нм. За інформацією виробника, цей препарат не є канцерогеном і за ступенем впливу на організм людини відноситься до IV класу безпеки.

Для приготування корму препарат набирали піпет-дозатором, розводили у дистильованій воді та рівномірно зволожували цим розчином комбікорм за допомогою побутового пульверизатора. Корм, призначений для годівлі риб у контролі, для вирівнювання умов експерименту зволожували чистою водою. Після зволоження комбікорм залишали для просушування у затемненому, добре провітрюваному приміщенні та згодовували риbam на наступний день.

Дволітків стерляді за п'ять днів до початку експерименту, з метою адаптації до нових умов утримання, виловили із виробничого садка, розділили на дві групи, дослідну і контрольну, провели індивідуальне

зважування кожної риби, задля оцінки мінливості індивідуальної маси тіла риб за коефіцієнтом варіації ( $C_v$ ), і розсадили у два садки із площею 10 м<sup>2</sup> кожний (табл. 1).

Таблиця 1. Зариблення експериментальних садків ПП «Бестер» дволітками стерляді у вересні 2022 р.

Показник	Од. виміру	Дослід (садок № 43)	Контроль (садок № 42)	Дослід / контроль, %
Початок експерименту 13.09.22				
Кількість риб	екз.	30	31	-
Щільність посадки	екз./м <sup>2</sup>	3,0	3,1	96,77
Середня маса риб	г/екз.	130,0 ± 8,52	149,5 ± 7,19	86,96
$C_v$ маси тіла	%	30,82	22,56	136,61

Як видно з таблиці, щільність посадки дволітків стерляді в садках відрізнялася незначно (менше, ніж на 4%) та була приблизно у 6 разів меншою за рекомендовану для садкових рибних господарств [17, с. 50]. Експериментальний матеріал дещо відрізнявся за якісним складом: у дослідному варіанті кількісні характеристики риб виглядали відносно гіршими за контрольний.

Протягом експерименту кожного дня двічі, вранці і ввечері в один і той же час, на глибині 2 м вимірювали температуру води і вміст розчиненого кисню за допомогою термооксиметру AZ-86021 (DO).

Нормування годівлі здійснювали у відповідності до рекомендацій виробника комбікормів, з урахуванням температури води і загальної маси риб у кожному садку. Добову норму корму коригували за результатами контрольних ловів. Корм роздавали двічі на день, між 9 і 10 та між 16 і 17 годинами дня, рівними порціями, на кормовий столик, підвішений у воді на висоті 25–30 см від садкового дна. Поїдання корму перевіряли через 30 хвилин після роздачі корму: піднімали кормові столики і оглядали їх поверхню.

Тривалість експерименту, без урахування днів посадки і вилову риби, становила 35 діб. Протягом цього періоду було проведено 2 контрольних лови, із оглядом, підрахунком та загальним зважуванням риби з кожного садка. Під час завершального вилову індивідуально зважували кожен екземпляр риби.

Результати експерименту оцінювали за методами, загальноприйнятими у рибогосподарських дослідженнях. Швидкість росту аналізували за величинами абсолютного і відносного ( $\Delta M$ ) приросту маси тіла, питомої швидкості росту ( $C_w$ ) та коефіцієнту масонакопичення ( $K_m$ ) [18, с. 263], виживаність – за відсотком риб, що вижили до кінця експерименту з числа посаджених. Ефективність конверсії комбікорму визначали за кормовим

коефіцієнтом, величину якого розраховували як відношення кількості спожитого корму до приросту маси тіла риб [18, с. 264].

Математичну обробку даних провели за допомогою комп'ютерних програм SPSS і Microsoft Excel.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Умови вирощування стерляді в садках протягом експерименту представлено у формі графіку середньодобової температури води і вмісту розчиненого у воді кисню (рис. 1).

Як видно з графіку, протягом експерименту температура води у водоймі в зоні розташування садків знижувалася від 17 до 11,5°C. Слід відзначити, що протягом перших 24 діб, від початку досліджень (13 вересня) і до дати другого контрольного лову (6 жовтня), температурний показник знаходився в сприятливому для інтенсивного вирощування осетрових риб температурному інтервалі 14-24°C [17, с. 17]. Решту 11 діб температура води була нижче 14°C.

Динаміка вмісту розчиненого у воді кисню мала характер, протилежний динаміці температури води: із зниженням останньої концентрація кисню у воді закономірно зростала. З метою візуальної оцінки відповідності кисневого режиму вимогам осетрових риб крім кривої, побудованої за даними фактичної концентрації кисню у воді, на графіку представлено ще дві. Для побудови цих кривих використано розрахункові величини концентрації кисню при 75%- і 60%-му рівнях насичення за відповідної температури води. На думку багатьох науковців [19, с. 34; 20, с. 8], 75%-й рівень насичення киснем найбільше відповідає вимогам осетрових риб, а 60%-й рівень є мінімальною межею кисневої зони адаптації для цих риб. Як видно з графіку, протягом періоду дослідження стерлядь перебувала, переважно, у нижній частині цієї зони, за винятком чотирьох перших і двох останніх днів експерименту, коли концентрація кисню у воді опускалася за її нижню межу. З цього можна зробити висновок, що вирощування дволітків стерляді

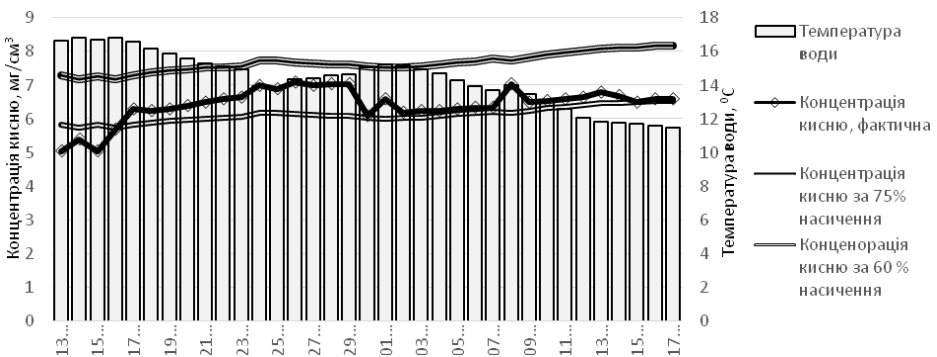


Рис. 1. Динаміка показників температури води і концентрації розчиненого у воді кисню

в експерименті відбувалося за умов кисневого режиму, які не можна назвати достатньо сприятливими для реалізації потенціалу росту осетрових риб.

Оціночні показники експерименту, зібрані за даними контрольних ловів і завершального вилову дослідного матеріалу, після математичної обробки зведено до таблиці (табл. 2).

Таблиця 2. Рибницько-біологічні показники вирощування дволітків стерляді в садках на кормах із додаванням нанозаліза

Показник	Од. виміру	Дослід	Контроль	Дослід / контроль, %
Контрольний лов 23.09.22 (10 діб від початку експерименту)				
Кількість риб	екз.	30	31	–
Вживаність	%	100,00	100,00	–
Середня маса	г/екз.	156,80	168,70	92,94
Індивідуальний приріст	г/екз.	26,80	18,80	142,55
$\Delta M$	%	18,69	11,82	158,12
$C_w$	%	1,87	1,18	158,47
$K_m$	%	9,75	6,54	149,08
Витрати корму, всього	кг	0,94	1,14	–
$K_k$	од.	1,16	1,95	59,49
Контрольний лов 06.10.22 (13 діб від попереднього контрольного лову / 23 доби від початку експерименту)				
Кількість риб	екз.	30	31	–
Середня маса	г/екз.	175,40	183,40	95,64
Вживаність	%	100,00	100,00	–
Індивідуальний приріст	г/екз.	18,60 / 45,40*	14,70 / 33,90	126,53 / 133,82
$\Delta M$	%	11,20 / 29,73	8,35 / 20,37	134,13 / 145,95
$C_w$	%	0,86 / 1,29	0,64 / 0,89	134,38 / 144,94
$K_m$	%	4,73 / 6,91	3,58 / 4,85	132,12 / 142,47
Витрати корму, всього	кг	0,71 / 1,64	0,81 / 1,95	–
$K_k$	од.	1,26 / 1,20	1,78 / 1,85	70,79 / 64,86
Завершення експерименту 18.10.22 (12 діб від попереднього контрольного лову / 35 діб від початку експерименту)				
Кількість риб	екз.	30	31	–
Середня маса	г/екз.	182,80 ± 8,39	189,90 ± 10,02	95,94
$C_v$ маси тіла	%	21,27	23,23	91,56
Вживаність	%	100,00	100,00	–
Індивідуальний приріст	г/екз.	7,40 / 52,80	6,50 / 40,40	113,85 / 130,69
$\Delta M$	%	4,13 / 33,76	3,48 / 23,81	118,67 / 141,79
$C_w$	%	0,34 / 0,96	0,29 / 0,68	117,24 / 141,18
$K_m$	%	1,93 / 5,20	1,65 / 3,76	116,97 / 138,30
Витрати корму, всього	кг	0,39 / 2,03	0,41 / 2,36	–
$K_k$	од.	1,75 / 1,28	2,04 / 1,88	85,78 / 68,09

\* – тут і у подальшому, за наявності дробу, вказано результати: у чисельнику – за період між контрольними ловами, у знаменнику – від початку експерименту

Як видно з таблиці 2, протягом всього експерименту риби у дослідному варіанті демонстрували кращі результати росту, ніж у контрольному: абсолютний приріст маси тіла був вищим на 30,69%, відносний приріст – на 41,79%, коефіцієнт масонакопичення – на 38,30%. Подібний ефект від додавання нанозаліза в корми для тварин спостерігали у дослідженнях, раніше проведених на кролях (доза нанозаліза – 3 мг/кг корму) [16, с. 23–25] і на севрюзі (доза – 50 мг/кг корму) [21, с. 498].

Слід відмітити неоднакову інтенсивність росту і набору маси тіла у дволітків стерляді протягом експерименту. На прикладі зміни величин коефіцієнту масонакопичення, розрахованих за даними контрольних ловів, можна простежити динаміку цього процесу (рис. 2).

Зменшення інтенсивності набору маси тіла риб в обох варіантах протягом експерименту обумовлене сезонним зниженням температури води, за якої відбувалося вирощування риби. Варто звернути увагу на те, що найбільша різниця у величинах коефіцієнту накопичення між варіантами експерименту була на першому, десятиденному, відрізку часу, за більш сприятливої для росту риб температури води, але у менш сприятливих кисневих умовах: протягом чотирьох перших днів концентрація кисню у воді була нижче межі кисневої адаптації.

Заслуговує на увагу те, що у дослідному варіанті риби зростали більш рівномірно, ніж у контрольному: коефіцієнт варіації індивідуальної маси тіла риб (табл. 1 і 2) у дослідному варіанті від початку до кінця експерименту зменшився з 30,82% до 21,87%, у той час, як у контролі цей показник майже не змінився і становив 22,56% та 23,23%, відповідно.

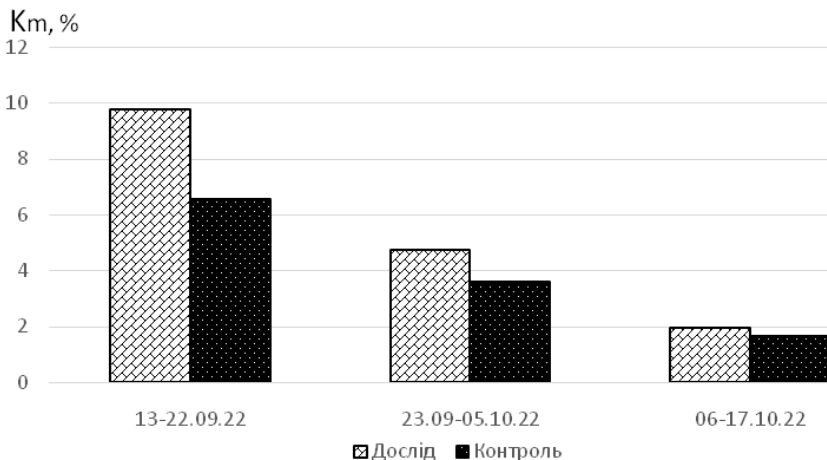


Рис. 2. Динаміка набору маси тіла дволітків стерляді протягом експерименту (за величиною коефіцієнта масонакопичення  $K_m$ )



За показником виживаності дволітків стерляді (табл. 2) ні один з варіантів експерименту не мав переваги: відходу риби не зафіксовано.

Кращий результат конверсії спожитого рибами корму отримано у дослідному варіанті: кормовий коефіцієнт у досліді становив 1,26, що майже у 1,5 раз менше величини аналогічного показника у контролі (1,88). Варто також проаналізувати зміни величин кормового коефіцієнту, розрахованих для окремих відрізків часу між контрольними ловами риби (рис. 3).

Як видно з графіку, в обох варіантах експерименту спостерігається загальне зростання величин кормового коефіцієнта від початку до кінця дослідження, імовірно, внаслідок впливу на ефективність засвоювання рибами корму температури води, яка протягом усього експерименту знизилася від 17 до 11,5°C. Особливо яскраво вплив температурного фактору на конверсію корму простежується на третьому відрізку часу, за температури води нижче 14°C, тобто, за межами сприятливого для вирощування осетрових риб температурного інтервалу [16, с. 17]. Варто відмітити, що різниця між кормовими коефіцієнтами у варіантах зменшувалася від початку до кінця експерименту.

**Висновки і пропозиції.** Дослідженнями встановлено, що додавання препарату нанозаліза в дозі 1 кг/кг комбікорму для годівлі дволітків стерляді, за вирощування в умовах водного середовища, недостатньо сприятливих для реалізації потенціалу росту осетрових риб, позитивно вплинуло на такі рибницько-біологічні показники, як швидкість росту, інтенсивність масонакопичення і конверсія рибних кормів.

На величину різниці в оціночних показниках дослідного і контрольного варіантів впливали температура води і вміст розчиненого у воді кисню. Так, за підсумками перших 24-х днів дослідження, при утриманні риби

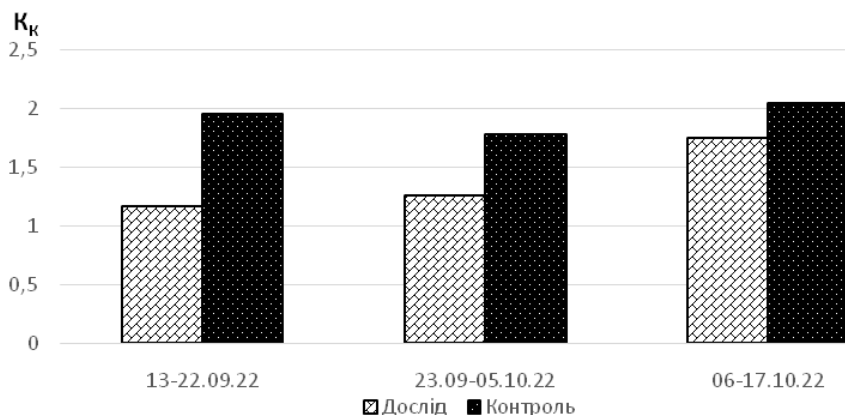


Рис. 3. Динаміка величин кормового коефіцієнту протягом експерименту

в температурному діапазоні 14–17 °С і за відносно менш сприятливого кисневого режиму, ніж у наступному 11-денному відрізку експерименту, питома швидкість росту стерлядів дослідному варіанті перевищила таку в контролі на 45%, а кормовий коефіцієнт був нижче на 35%. При подальшому вирощуванні, за температури від 14 до 11,5 °С і у більш сприятливих кисневих умовах, питома швидкість росту риб у дослідному варіанті перевищила показник у контролі на 17%, а кормовий коефіцієнт виявився нижче лише на 14%.

Дослідження впливу добавки нанозаліза в рибний корм на результати вирощування риби доцільно продовжити, зокрема, з метою пошуку оптимальних доз препарату в кормах для різних видів риб та за різних умов утримання, атакож – задля вивчення механізмів біологічно активної дії наночасток цього мікроелементу на продуктивні показники риборіництва.

## **FISH-BREEDING AND BIOLOGICAL INDICATORS OF TWO-YEAR-OLD STERLET GROWING IN CAGE FEEDING WITH FEED WITH THE ADDITION OF NANOIRON**

*Kovalenko V.O. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,*

*Zubchevskiy B.V. – Postgraduate,*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

*kovalenko@nubip.edu.ua, tenno15@ukr.net*

Intensive forms of fish farming require more and more attention to be paid to complete, balanced feeding of fish and to increase the beneficial effect of expensive artificial feeds. At the same time, with an increase in the density of stocking fish for cultivation, the need to create and maintain optimal conditions of the water environment for cultured organisms grows. In open aquaculture systems (ponds, net cages, direct-flow pools), the possibilities of influencing water quality indicators are limited (for example, to maintain the optimal concentration of oxygen dissolved in water) or absent (water temperature control). Under these conditions, critically important parameters of the water environment become limiting factors that make further intensification of the technological process impossible.

The effect of micro-addition of nano-iron in feed for fish on biological indicators of growing two-year-old starlet in net cages in the water area of a reservoir with uncontrolled natural conditions of the water environment was studied. The investigation was conducted on the basis of a sturgeon production enterprise, in two variants (experiment and control) with a single repetition. In the experimental version, the drug of nano-iron was added to fish feed at a dose of 1 mg/kg. The duration of the experiment was 35 days. The evaluation of the results of the experiment was carried out according to the indicators of the rate of growth and mass accumulation, fish survival and the efficiency of the use of fish feed.

The results of the experiment showed the advantages of the experimental variant over the control one in terms of individual (+30.7%) and relative gain (+41.8%) body

weight, specific growth rate (+41.2%), mass accumulation (+38.3%) and the value of the feed conversion ratio (-31.9%).

Therefore, the addition of nano-iron to the diet of two-year-old starlet had a positive effect on the results of fish breeding, probably due to the strengthening of the ability of fish blood to transport oxygen and the corresponding activation of grow than and digestion processes.

The scientific novelty is that: for the first time, the dose of nano-iron was selected and tested 1 mg/kg of fish feed; for the first time, the experiment was carried out in the production conditions of cage fish farming on sterlet, one of the most common objects of sturgeon aquaculture.

Keywords: sterlet, nano-iron, oxygen concentration, weight gain, feed conversion.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Lynn E. Foster. Nanotechnology: Science, Innovation, and Opportunity. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 2006. 283 p.
2. Гусев В. О. Державна інноваційна політика: методологія формування та впровадження : монографія. Донецьк : Юго-Восток, 2011. 624 с.
3. Гусев А. И., Ремпель А. А. Нанокристаллические материалы. М.: Физматлит, 2001. 224 с.
4. Ventola, C. Lee. Progress in nanomedicine: approved and investigational nanodrugs. *Journal of Pharmacy and Therapeutics*. 2017; 42 (12): 742–755.
5. Overton, T. R., & Yasui, T. Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *Journal of animal science*. 2014. 92(2). 416–426.
6. Каленська С. М., Лопатько К. Г., Афтандіянц Є. Г. Науково-практичні рекомендації по застосуванню препаратів на основі водних розчинів наночастинок біогенних металів для вирощування озимої пшениці. *Наук. вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК*. К., 2010. Вип. 144, ч. 1. 20–28.
7. Baranwal, A., Srivastava, A., Kumar, P., Vajpai, V.K., Maurya, P.K., & Chandra, P. Prospects of nanostructure materials and their composites as antimicrobial agents. *Frontiers in Microbiology*. 2018. No 9. 422.
8. Ogunkalu, O. A. Utilization of nanotechnology in aquaculture and seafood sectors. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*. 2019. No 19, 26–33. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/810044> (дата звернення : 02.11.2022).
9. FAO (2021). Statistical Yearbook : World Food and Agriculture. Rome: Food & Agriculture Organization. 2021. 368 p. URL: <https://doi.org/10.4060/cb4477en> (дата звернення : 02.11.2022).
10. FAO (2018). The state of world fisheries and aquaculture 2018 – meeting the sustainable development goals. Rome: Food & Agriculture Organization. 2018. 227 p. URL: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>. (дата звернення: 02.11.2022)

11. Нові тренди у рибогосподарському секторі економіки Європи : звіт за матеріалами регіонального семінару EuroFish (13 вересня 2022 р., м. Гданськ, Польща). Бюджетна установа «Методично-технологічний центр з аквакультури». 05.10.2022. URL: (дата звернення: 02.11.2022)
12. He, X., Deng, H., & Hwang, H. The current application of nanotechnology in food and agriculture. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2019. 27(1), 1–21.
13. Wessling-Resnick, M. Iron. In: Ross, A. C., Caballero, B., Cousins, R. J., Tucker, K.L., Ziegler, R.G., eds. *Modern Nutrition in Health and Disease*. 11 th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2014:176–188.
14. Aggett, P. J. Iron. In: Erdman J. W., Macdonald I. A., Zeisel S. H., eds. *Present Knowledge in Nutrition*. 10 th ed. Washington, DC: Wiley-Blackwell; 2012: 506–520.
15. Jonson, E. E., Wessling-Resnick, M. Iron metabolism and the innate immune response to infection. *Microbes and Infection*. 2012. Vol. 14, Issue 3: 207–216.
16. Чурилов Г. И. Эколого-биологические эффекты нанокристаллических металлов : автореф. дис. док. биол. наук: 03.02.08. Балашиха, 2010. 33 с.
17. Судакова Н. В. Технологии и нормативы по товарному осетроводству в VI рыболовной зоне. М.: Издательский дом ВНИРО, 2006. 100 с.
18. Щербина М. А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Издательский дом ВНИРО, 2006. 360 с.
19. Матишов Г. Г., Матишов Д. Г., Пономарева Е. Н., Лужняк В. А., Чипинов В. Г., Коваленко М. В., Казарникова А. В. Опыт выращивания осетровых рыб в условиях замкнутой системы водообеспечения для фермерских хозяйств. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. 72 с.
20. Коваленко М. В. Оптимизация методов выращивания осетровых рыб в управляемых условиях водной среды: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.10. Астрахань, 2007. 23 с.
21. Ebrahimi, P., Changizi, R., Ghobadi, S. et al. (2020). Effect of Nano-Fe as Feed Supplement on Growth Performance, Survival Rate, Blood Parameters and Immune Functions of the Stellate Sturgeon (*Acipenser stellatus*). *Russian Journal of Marine Biology*. 46, 493–500.

#### REFERENCES

1. Lynn E. Foster. (2006). *Nanotechnology: Science, Innovation, and Opportunity*. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall.
2. Husiev V. O. (2011). *Derzhavna innovatsiina polityka: metodolohiia formuvannia ta vprovadzhennia: monohrafiia*. [State innovation policy: methodology of formation and implementation: monograph]. Donetsk: Yuho-Vostok. [in Ukrainian].

3. Gusev A. I., Rempel A. A. (2001). *Nanocrystallicheskie materialy*. [Nanocrystalline materials]. Moscow: Fizmatlit. [in Russian].
4. Ventola, C. Lee. (2017). Progress in nanomedicine: approved and investigational nanodrugs. *Journal of Pharmacy and Therapeutics*, 42(12): 742–755.
5. Overton, T. R., & Yasui, T. (2014). Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *Journal of animal science*, 92(2): 416–426.
6. Kalenska S.M., Lopatko K.H., AftandiliantsYe.H. (2010). *Naukovo-praktychni rekomendatsii po zastosuvanniu preparativ na osnovi vodnykh rozchyniv nanochastynok biohennykh metaliv dlia vyroshchuvannia ozymoi pshenytsi*. [Scientific and practical recommendations for the use of preparations based on aqueous solutions of nanoparticles of biogenic metals for the cultivation of winter wheat]. *Naukoviy visnyk NUBiPUkrainy. Serii: Tekhnika ta enerhetyka APK*. Kyiv. Vol. 144 (Part 1), pp. 20–28. [in Ukrainian].
7. Baranwal, A., Srivastava, A., Kumar, P., Bajpai, V.K., Maurya, P.K., & Chandra, P. (2018). Prospects of nanostructure materials and their composites as antimicrobial agents. *Frontiers in Microbiology*, no 9, 422.
8. Ogunkalu, O. A. (2019). Utilization of nanotechnology in aquaculture and seafood sectors. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, no 19, 26–33. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/810044>.
9. FAO (2021). *Statistical Yearbook : World Food and Agriculture*. Rome: Food & Agriculture Organization. URL: <https://doi.org/10.4060/cb4477en>
10. FAO (2018). *The state of world fisheries and aquaculture 2018 – meeting the sustainable development goals*. Rome: Food & Agriculture Organization. URL: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>
11. *Novitrendy u rybohospodarskomu sektori ekonomiky Yevropy* (2022). [New trends in the fisheries sector of the European economy] *Zvit za materialamy rehionalnoho seminaru EuroFish*. (13 September 2022, Hdansk, Poland). Budgetinstitution «Methodological and technological center for aquaculture» URL: [https://bumtca.com.ua/novi-trendi-u-rybogospodarskomu-sektori-ekonomi-ki-yevropi/?fbclid=IwAR2p88NiLqGFzBNcr6D\\_vtCpL0HZVZpvkLcpN ZoXMvs4vMddGnaztZsAdBk](https://bumtca.com.ua/novi-trendi-u-rybogospodarskomu-sektori-ekonomi-ki-yevropi/?fbclid=IwAR2p88NiLqGFzBNcr6D_vtCpL0HZVZpvkLcpN ZoXMvs4vMddGnaztZsAdBk)
12. He, X., Deng, H., & Hwang, H. (2019). The current application of nanotechnology in food and agriculture. *Journal of Food and Drug Analysis*, 27(1), 1–21.
13. Wessling-Resnick, M. Iron. In: Ross, A. C., Caballero, B., Cousins, R. J., Tucker, K.L., Ziegler, R.G., eds. (2014). *Modern Nutrition in Health and Disease*. 11 th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins. 176–188.
14. Aggett, P. J. Iron. In: Erdman J. W., Macdonald I. A., Zeisel S. H., eds. (2012). *Present Knowledge in Nutrition*. (10th ed.). Washington, DC: Wiley-Blackwell: 506–520.

15. Jonson, E. E., Wessling-Resnick, M. (2012). Iron metabolism and the innate immune response to infection. *Microbes and Infection*, Vol. 14, Issue 3: 207–216.
16. Churilov G. I. (2010). *Ecologicheskie I biologicheskie effect nanokristallicheskich metallov* [Ecological and biological effects of nanocrystalline metals]. (DSc Thesis), Balashikha: Russian State Agrarian Correspondence University. [in Russian].
17. Sudakova N. V. et al. (2006). *Tekhnologicheskie normativy po tovarnomu osetrovodstvu v VI rybovodnoy zone* [Technologies and standards for commercial sturgeon breeding in the VI fish breeding zone]. Moscow: VNIRO Publishing House. [in Russian].
18. Shcherbina M. A., Gamygin E. A. (2006). *Kormlenie ryb v presnoovodnoy akvakulture* [Fish feeding in freshwater aquaculture]. Moscow: VNIRO Publishing House. [in Russian].
19. Matishov G. G. et al. (2006). *Opyt vyrashchivaniya osetrovyykh ryb v usloviyakh zamknoy systemy vodoobespecheniya dlia fermerskykh khoziaistv* [Experience in growing sturgeons in a closed water supply system for farms]. Rostov-on-Don: YuNTs RAS Publishing House. [in Russian].
20. Kovalenko M. V. (2007). *Optimizatsiya metodov vyrashchivaniya osetrovich ryb v upravlyaemykh usloviyakh vodnoy sredy* [Optimization of methods for rearing sturgeons in controlled conditions of the aquatic environment]. (PhD Thesis), Astrakhan : Astrakhan State Technical University. [in Russian].
21. Ebrahimi, P., Changizi, R., Ghobadi, S. et al. (2020). Effect of Nano-Fe as Feed Supplement on Growth Performance, Survival Rate, Blood Parameters and Immune Functions of the Stellate Sturgeon (*Acipenser stellatus*). *Russian Journal of Marine Biology*. 46, 493–500.