

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ МІЖРОДОВИХ ГІБРИДІВ ЛОСОСЕВИХ (*SALMONIDAE* (JAROSKI OR SCHINZ, 1822)) РИБ З МЕТОЮ ДОСЯГНЕННЯ ЕФЕКТУ ГЕТЕРОЗИСУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЇХ РИБОПРОДУКТИВНОСТІ

А. І. Мрук, amruk@ukr.net, Інститут рибного господарства НААН, м. Київ

А. І. Кучерук, anna-kycheryk@ukr.net, Інститут рибного господарства НААН, м. Київ

Л. Л. Галолян, ecofishua2017@gmail.com, Інститут рибного господарства НААН, м. Київ

Н. Г. Михайленко, mng70@i.ua, Інститут рибного господарства НААН, м. Київ

Мета. Дослідити можливість отримання високопродуктивних міжродових гібридів лососевих риб між райдужною фореллю та американською палією; струмковою фореллю і американською палією; райдужною фореллю та струмковою фореллю, а також розробка методичних підходів та визначення оптимальних варіантів гібридних схрещень.

Методика. Роботи виконувалися згідно з комплексною технологією відтворення лососевих риб в рибницьких господарствах України. Дослідження проводили в індустріальному господарстві «Ішхан».

Результати. З метою отримання міжродових гібридів були використані 6 варіантів гібридних схрещень з плідниками 3 видів лососевих риб, які належали до 3 родин (*Salmo*, *Oncorhynchus*, *Salvelinus*). У дослідженні були використані 4-річні самиці райдужної форелі, середня маса тіла яких становила 3296,8 г, за довжини за Смітом 62,6 см, з середньою робочою плодючістю 7420 ікринок; самці райдужної форелі — 3-річного віку, з середньою масою тіла 1613 г та його середньою довжиною 49,8 см; самиці струмкової форелі — 3-річного віку, середньою масою тіла 453,8 г та середньою робочою плодючістю 1540 ікринок; та самці масою 458,7 г; плідники американської палії: маса 3-річних самиць становила 809,7 г, за довжини 38,9 см та робочої плодючості 1732 ікр., а середня маса 4-річних самців складала 1212,8 г, за середньої довжини тіла 46,0 см.

Було використано 12 варіантів запліднення: 6 варіантів за природної температури води в господарстві та 6 варіантів за дії температурного шоку.

У природних умовах створення міжродових гібридів практично неможливе, за виключенням варіантів між струмковою фореллю та американською палією, що пояснюється подібністю їх біології. Однак ефективність даного схрещення є низькою та для виробників економічно недоцільною. За проведення температурного шоку під час запліднення найбільш ефективними виявились гібриди, де особинами жіночої статі були самиці райдужної форелі, а чоловічої — самці американської палії та самці струмкової форелі. Середня наважка цьоголіток міжродових гібридів становила, у залежності від виду риб, від 8 до 54 г. Найвищі результати було отримано за створення гібридів, де були використані плідники:

♂ американської палії × ♀ райдужної форелі;

♂ струмкової форелі × ♀ райдужної форелі.

У даних варіантах схрещення виживання цьоголіток за термін вирощування становило 94,8 та 92,8% відповідно. Зокрема, вищезначені гібриди за період вирощування не зазнали інфекційних захворювань.

© А. І. Мрук, А. І. Кучерук, Л. Л. Галолян, Н. Г. Михайленко, 2021



Наукова новизна. Отримані нові дані щодо розробки методів отримання життєстійкого потомства новостворених гібридів та визначено оптимальні варіанти схрещення між самицями та самцями вказаних видів лососевих.

Практична значимість. Реалізація результатів здійснюється шляхом їх використання за штучного вирощування лососевих риб у спеціалізованих господарствах, що дозволить отримувати якісну продукцію та зниження її собівартості.

Ключові слова: райдужна форель, струмкова форель, американська паля, інкубація, вільні ембріони, личинки, мальки, цьоголітки.

STUDY AND DEVELOPMENT OF METHODS FOR OBTAINING INTERGENERIC HYBRIDS OF SALMONIDS (*SALMONIDAE* (JAROCKI OR SCHINZ, 1822)) FOR ACHIEVING THE EFFECT OF HETEROSIS AND INCREASING THEIR PRODUCTIVITY

A. Mruk, amruk@ukr.net, Institute of Fisheries NAAS of Ukraine, Kyiv

A. Kucheruk, anna-kycheryk@ukr.net, Institute of Fisheries NAAS of Ukraine, Kyiv

L. Galoyan, ecofishua2017@gmail.com, Institute of Fisheries NAAS of Ukraine, Kyiv

N. Mykhailenko, mng70@i.ua, Institute of Fisheries NAAS of Ukraine, Kyiv

Purpose. To study the possibility of obtaining highly productive intergeneric salmonid hybrids between rainbow trout and brook trout; brown trout and brook trout; rainbow trout and brown trout, as well as to develop methodological approaches and determine of optimal variants of hybrid crosses.

Findings. In order to obtain intergeneric hybrids, we used six variants of hybrid crosses with brood fish of three salmonids belonging to three families (*Salmo*, *Oncorhynchus*, *Salvelinus*). The study used age-4 female rainbow trout with average body weight of 3296.8 g, Fork length was 62.6 cm, and the average working fecundity was 7420 eggs. Age-3 rainbow trout males had an average body weight of 1613 g and an average body length of 49.8 cm; age-3 brown trout females had an average body weight of 453.8 g and average working fecundity of 1540 eggs, and males had an average weight of 458.7 g; age-3 brook trout females had an average weight of 809.7 g and a length of 38.9 cm with working fecundity of 1732 eggs, and age-4 males had an average weight of 1212.8 g and an average body length of 46.0 cm.

Twelve variants of fertilization were used: six variants at normal water temperature and six variants after a temperature shock.

Under natural conditions, the creation of intergeneric hybrids is almost impossible, except for variants between brown trout and brook trout, which is due to the similarity of their biology. However, the efficiency of this cross is low and economically impractical for fish farmers. When applying the temperature shock during fertilization, hybrids proved to be the most effective, where females were rainbow trout, and males were brook trout and brown trout. The average weight of young-of-the-year intergeneric hybrids was, depending on the species of fish, from 8 to 54 g. The highest results were obtained for the creation of hybrids where following broodstock was used:

♂ brook trout X ♀ brown trout;

♂ brown trout X ♀ rainbow trout.

In these variants of crossbreeding, the survival rate of young-of-the-year during the period of cultivation was 94.8 and 92.8%, respectively. In particular, the above hybrids did not suffer from infectious diseases during the growing period.

Originality. New data on the development of methods for obtaining viable offspring of newly created hybrids were obtained, and the optimal variants of crossing between females and males of these salmonids were determined.

Practical value. The results can be used for artificial breeding of salmonids in specialized farms that will allow obtaining high quality products and reducing their costs.

Key words: rainbow trout, brown trout, brook trout, incubation, free embryos, larvae, fry, young-of-the-year.



ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЖРОДОВЫХ ГИБРИДОВ ЛОСОСЕВЫХ (*SALMONIDAE* (JAROSKI OR SCHINZ, 1822)) РЫБ С ЦЕЛЬЮ ДОСТИЖЕНИЯ ЭФФЕКТА ГЕТЕРОЗИСА И ПОВЫШЕНИЯ ИХ РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ

А. И. Мрук, amruk@ukr.net, Институт рыбного хозяйства НААН, г. Киев

А. И. Кучерук, anna-kycheryk@ukr.net, Институт рыбного хозяйства НААН, г. Киев

Л. Л. Галолян, ecofishua2017@gmail.com, Институт рыбного хозяйства НААН, г. Киев

Н. Г. Михайленко, mng70@i.ua, Институт рыбного хозяйства НААН, г. Киев

Цель. Исследовать возможность получения высокопродуктивных межродовых гибридов лососевых рыб между радужной форелью и американской палией; ручьевой форелью и американской палией; радужной форелью и ручьевой форелью, а также разработка методических подходов и определение оптимальных вариантов гибридных скрещиваний.

Методика. Работы выполнялись согласно комплексной технологии воспроизводства лососевых рыб в рыбноводных хозяйствах Украины. Исследования проводили в индустриальном хозяйстве «Ишхан».

Результаты. С целью получения межродовых гибридов были использованы 6 вариантов гибридных скрещиваний с производителями 3 видов лососевых рыб, принадлежащих к 3 семействам (*Salmo*, *Oncorhynchus*, *Salvelinus*). В опытах были использованы 4-летние самки радужной форели, средняя масса тела которых составляла 3296,8 г, при длине 62,6 см, и средней рабочей плодовитости 7420 икринок; самцы радужной форели 3-летнего возраста со средней массой тела 1613 г и средней длины тела 49,8 см; самки ручьевой форели — 3-летнего возраста, средней массой тела 453,8 г и средней рабочей плодовитостью 1540 икр., и самцы массой 458,7 г; производители американской палии: масса 3-летних самок составляла 809,7 г, при длине 38,9 см и рабочей плодовитости 1732 икр., масса 4-летних самцов — 1212,8 г, при средней длине тела 46,0 см.

Было использовано 12 вариантов оплодотворения: 6 вариантов при естественной температуре воды и 6 вариантов при воздействии температурного шока.

В естественных условиях получение межродовых гибридов практически невозможно, за исключением вариантов между ручьевой форелью и американской палией, что объясняется сходством их биологии. Однако эффективность данного скрещивания низкая и для промышленного производства экономически нецелесообразна. При воздействии температурного шока во время оплодотворения наиболее эффективными оказались гибриды, где особями женского пола были самки радужной форели, а мужскими — самцы американской палии и самцы ручьевой форели. Средняя навеска сеголеток межродовых гибридов составляла, в зависимости от вида рыб, от 8 до 54 г. Лучшие результаты были получены при создании гибридов с использованием производителей:

♂ американской палии × ♀ радужной форели;

♂ ручьевой форели × ♀ радужной форели.

В данных вариантах скрещиваний выживание сеголеток в течение выращивания составило 94,8 и 92,8% соответственно. В частности, вышеуказанные гибриды за период выращивания не подвергались инфекционным заболеваниям.

Научная новизна. Получены новые данные по разработке методов получения жизнестойкого потомства новых гибридов, и определены оптимальные варианты скрещиваний между производителями указанных видов лососевых рыб.

Практическая значимость. Реализация результатов осуществляется путем их использования при искусственном выращивании лососевых рыб в специализированных хозяйствах, и позволит получать качественную продукцию при уменьшении ее себестоимости.

Ключевые слова: радужная форель, ручьевая форель, американская палия, инкубация, свободные эмбрионы, личинки, мальки, сеголетки.



ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Організми триплоїдів представлені трьома гаплоїдними геномами. Ключ до розуміння життєздатності триплоїдів у риб було отримано у ході наукових досліджень чинників щодо появи у природних популяціях особин, в яких були відсутні вторинні статеві ознаки. Цитогенетичне вивчення цих тварин виявило їх триплоїдність, що підтвердило можливість існування життєздатних триплоїдів у природі та доступність механізму їх отримання. У ході попередніх досліджень на амфібіях було виявлено, що різна обробка яйцеклітини відразу після запліднення призводить до утворення триплоїдного ембріона. Це відбувається завдяки тому, що у більшості випадків під час запліднення ікринок риб не відбувається завершення другої стадії мейозу [3]. Під час нормального запліднення яйцеклітина завершує процес мейозу відразу після запліднення і додатковий набір хромосом (у вигляді так званого вторинного полярного тільця) видаляється з яйцеклітини. Під час використання холодого чи теплового шоку, високого тиску, чи певних видів хімічної обробки цей другий розподіл у процесі мейозу не відбувається й додатковий набір материнських хромосом зберігається. Отримані у результаті ембріони мають один батьківський та два материнських набори хромосом і, отже, є триплоїдами [13, 15].

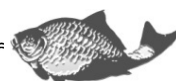
Французькими вченими було проведено низку досліджень, які демонструють, що відносна продуктивність триплоїдів (з урахуванням виживання та швидкості росту), виявляється вищою, ніж у диплоїдів з початку третього року життя. На четвертому році життя (у віці 3+) продуктивність самиць триплоїдів складає 137% від продуктивності самиць диплоїдів [10, 11].

На триплоїдність покладали великі сподівання, особливо щодо цінних видів риб, як форель та лосось. Очікувалося, що ці стерильні тварини могли б мати вищий темп росту та уникнути проблем, які зазвичай супроводжують статеве дозрівання, а саме погіршення якості м'яса та зменшення виходу продукції. Однак на практиці виявилося, що триплоїдні самці у лосося зазнають значного вторинного статевого розвитку. Крім того, багато промислових методів отримання триплоїдів, мають високий рівень мінливості за одержуваних результатів (частка реально отриманих триплоїдів). Високі рибницькі показники триплоїдів старшого віку пояснюються тим, що гонади у самиць-триплоїдів, як правило, не розвиваються, тому всі енергоресурси організму витрачаються тільки на ріст та накопичення маси тіла [12].

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Упродовж останніх 10 років штучне розведення лососевих риб в Україні поступово збільшує обсяги делікатесної та дієтичної продукції. У нинішній час загальна кількість вирощеної форелі складає близько 1500 т/рік. Асортимент лососевих риб в Україні на сьогодні не обмежується вирощуванням райдужної форелі та її форм, оскільки споживчий ринок потребує розширення асортименту [5, 6].

Високі органолептичні якості, вміст поліненасичених жирних кислот, привабливий естетичний вигляд струмкової форелі та наявність природних



популяції сприяє збільшенню обсягів культивування даного виду. Однак, темп росту струмкової форелі у порівнянні з райдужною є вдвічі нижчим. Крім того, струмкова форель має значно нижчі показники виживання на всіх етапах вирощування до товарної маси. Райдужна форель, безумовно, є лідером за комплексом продуктивних показників, однак істотною перешкодою на шляху успішного її вирощування є підвищена схильність до багатьох захворювань, насамперед вірусної та бактеріальної природи [8-10].

Профілактичні та лікувальні заходи не завжди ефективні, тому виникає необхідність пошуку інших шляхів вирішення даної проблеми. В світовій аквакультури з цією метою використовують отримання міжродових гібридів, які є досить стійкими до умов довкілля та захворювань, а також ростуть швидше, ніж вихідні форми. Високий темп накопичення маси у міжродових гібридів пояснюється тим, що вони мають триплоїдний набір хромосом, який робить риб стерильними, а гетерозис сприяє вищій опірності організму риб до хвороб та несприятливих умов довкілля.

Створення міжродових гібридів на основі струмкової форелі має перспективу щодо зариблення цими рибами природних водойм з метою підвищення їх промислової продуктивності. Це може бути актуальним для підвищення продуктивності Шацьких озер, Дністровського водосховища та карпатських рік.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Роботи проводили згідно з авторськими рекомендаціями — «Комплексною технологією відтворення лососевих риб в рибницьких господарствах України» [4].

Об'єктами досліджень були плідники райдужної форелі 4–5 років, американської палії — 3–4 років, струмкової форелі — 3 років, статеві продукти означених риб, запліднена ікра, вільні ембріони, личинки, мальки та цьоголітки даних риб, водне середовище.

Роботи проводили в індустріальному господарстві «Ішхан», розміщеному у Чернівецькій області. Загальна площа водного дзеркала в господарстві складає 5600 м². Водопостачання господарства включає в себе декілька джерел, а саме: джерело, що знаходиться поряд з руслом річки Черемош та виходить на поверхню самотоком, а також 2 артезіанські свердловини, загальний дебіт яких складає 300 л/с. З метою максимального використання наявної кількості води використовується напівзамкнутий цикл водоспоживання, що забезпечується 3 ерліфтами з компресорами потужністю 300, 200, 300 л/с. Середньорічна температура води в ємностях господарства знаходиться в межах 12°C. Влітку підвищується до 17°C, взимку не опускається нижче 5°C. Щільність посадки риби за вирощування, у залежності від вікової категорії, складає 20–50 кг/м³. Кількість розчиненого у воді кисню на вході у басейни становить 85%, на витоці — 55%.

Світовий досвід отримання міжродових гібридів оснований на створенні шоку під час запліднення ікринок з використанням високого тиску чи високої температури. Оскільки для створення шоку шляхом високого тиску необхідне спеціальне обладнання (капсула для розміщення ікринок, стійка до високого тиску, манометр та інше), нами був використаний метод температурного шоку.

Методика використання високої температури для отримання міжродових



гібридів полягала у наступному. Температура води під час запліднення складала 8,2°C. Від початку активації спермійв ікринки витримували 10 хвилин за температури води 8,2°C, так чого їх переміщували у ємність з водою, в якій температура становила 26,5°C та витримували ікринки в означених умовах упродовж 15 хвилин. Після закінчення терміну шокової температури води, ікринки поміщали в інкубаційний апарат з температурою 8,2°C та продовжували інкубацію. Для інкубації використовували лоткові апарати горизонтального типу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Основною вимогою за вирощування лососевих риб є висока якість води. Дослідження такої показані в таблиці 1. Вода в господарстві «Ішхан» за хімічним складом, відповідно до класифікації О. О. Альокіна, відноситься до гідрокарбонатного класу групи кальцію.

Мінералізація води є близькою до нормативних значень, однак незначно перевищує їх за рахунок високих концентрацій кальцію, сума іонів якого коливалась в межах 333,1–402,4 мг/дм³.

Мінералізація води залежала від концентрації основних іонів. За цим необхідно відзначити, що концентрації хлоридів та сульфатів були низькими та коливались в межах 9,8–10,4 та 10,3–16,0 мг/дм³ відповідно. Найвищим значенням мінералізації характеризувалось джерело № 1 (402,4 мг/дм), найнижчим — джерело № 2 (333,1 мг/дм³). На виотці з господарства, де вода зі всіх джерел змішується, показник мінералізації становив 372,7 мг/дм³.

Так, концентрація кальцію у воді коливалась у межах 58,1–72,1 мг/дм³ за НЗ до 40 мг/дм³, магнію — 3,6–17,0 мг/дм³ за НЗ* до 15 мг/дм³, натрію+калію — 5,8–33,3 мг/дм³, гідрокарбонатів 219,7–280,7 за НЗ 150 мг/дм³, хлоридів — 9,4–10,8 мг/дм³ за НЗ до 50 мг/дм³ та сульфатів — 12,3–16,0 мг/дм³ за НЗ до 50,0 мг/дм³.

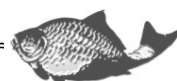
Концентрації кальцію, магнію та калію у воді забезпечили показники загальної твердості на рівні 3,3–5,0 мг-екв./л за НЗ – 4,0 мг-екв./л. У досліджених пробах води виявлені всі біогенні елементи (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, Fe²⁺³⁺). Концентрації амонійного азоту (NH₄⁺) були в межах 0,30–0,39 мг N/дм³ за НЗ — 0,5 мг N/дм³. Концентрації нітратів NO₃⁻ були в межах 0,5–1,2 мг N/дм³ за НЗ — 1,0 мг N/дм³. Незначно підвищений показник вмісту нітратів в джерелі № 1 (1,2 мг N/дм³) пов'язаний з попаданням до джерела стічних вод з прилеглих сільськогосподарських угідь.

Відмічені низькі концентрації у воді мінерального фосфору 0,06–0,08 мг P/дм³ за НЗ – 0,3 мг P/дм³. Концентрації нітритів (NO₂⁻) коливались в межах 0,04–0,06 мг N/ дм³, що було значно нижче допустимих нормативних величин (НЗ – 0,1 мг N/дм³ (NO₂⁻)).

Показники іонів загального заліза були низькими (0,19–0,23 мг Fe/дм³ за НЗ — 0,5 мг/дм³).

Водневий показник(pH) набував значне середовище від слабокислого до слаболужного, де показник цей коливався в межах 6,8–7,6.

* НЗ – Нормативні значення



Таблиця 1. Показники хімічного складу води джерел водопостачання господарства «Ішхан»

Table 1. Chemical composition parameters of water supply sources of fish farm “Ishkhan”

№	Показники якості води / Water quality indicators	Дже- рело 1 / Sour- ce 1	Дже- рело 2 / Sour- ce 2	Дже- рело 3 / Sour- ce 3	Ви- ток / Turn	НЗ води за виращува- ння форелі* / Water standards for trout farming*
01	Водневий показник, pH / Hydrogen ion concentration, pH	6,80	7,60	7,60	6,50	7,00–8,00
02	Вільний аміак, NH ₃ , мгN/л / Uncombined ammonia, NH ₃ , mg N/dm ³	0,001	0,003	0,003	0,001	0,05
03	Перманганатна окислюваність, мгO/л / Permanganate index, mg O/dm ³	0,24	0,60	0,60	0,60	до 10,00
04	Біхроматна окислюваність, мгO/л / Dichromate oxidizability, mg O/dm ³	0,60	1,50	1,50	1,50	до 30,00
05	Амонійний азот, NH ₄ ⁺ , мгN/л / Ammonium nitrogen, NH ₄ ⁺ , mg N/dm ³	0,31	0,39	0,30	0,56	0,50
06	Нітрити, NO ₂ ⁻ , мгN /л / Nitrites, NO ₂ ⁻ , mg N /dm ³	0,04	0,05	0,04	0,06	0,10
07	Нітрати, NO ₃ ⁻ , мгN/л / Nitrates, NO ₃ ⁻ , mg N/dm ³	1,20	0,60	0,50	0,20	1,00
08	Мінеральний фосфор, PO ₄ ³⁻ мгP/л / Inorganic phosphorus, PO ₄ ³⁻ , mg P/dm ³	0,06	0,08	0,07	0,11	0,30
09	Загальне залізо, Fe ²⁺ + Fe ³⁺ , мгFe/л / Total ferum, Fe ²⁺ + Fe ³⁺ , mg Fe/dm ³	0,19	0,23	0,20	0,21	0,50
10	Кальцій, Ca ²⁺ , мг/л / Calcium, Ca ²⁺ , mg/dm ³	72,1	60,1	58,1	60,1	40,0
11	Магній, Mg ²⁺ , мг/л / Magnesium, Mg ²⁺ , mg/dm ³	17,0	3,6	15,8	13,4	15,0
12	Натрій + калій, Na ⁺ + K ⁺ , мг/л / Sodium + Potassium, Na ⁺ + K ⁺ , mg/dm ³	5,8	23,3	18,3	17,5	20,0
13	Гідрокарбонати, HCO ₃ ⁻ , мг/л / Hydrocarbonates, HCO ₃ ⁻ , mg/dm ³	280,7	219,7	268,5	256,3	150,0
14	Хлориди, Cl ⁻ , мг/л / Chlorides, Cl ⁻ , mg/dm ³	10,8	10,8	9,4	9,4	50,0
15	Сульфати, SO ₄ ²⁻ , мг/л / Sulfates, SO ₄ ²⁻ , mg/dm ³	16,0	15,6	12,3	16,0	40,0
16	Загальна твердість, мг-екв/л / Total hardness, mg-q/dm ³	5,0	3,3	4,2	4,1	4,0
17	Мінералізація, мг/л / Mineralization, mg/dm ³	402,4	333,1	382,4	372,7	300,0

* нормативний документ: Вода для рибницьких господарств. Загальні вимоги та норми.

* normative document: Water for fish farms. General requirements and norms



Показники розчинених у воді органічних речовин, які визначали за показниками перманганатної та біхроматної окиснюваностей, були незначними й коливались відповідно в межах 0,24–0,60 мг О/дм³ за НЗ до 10,0 мг О/дм³ та 0,6–1,5 мг О/дм³ за НЗ до 30,0 мг О/дм³.

У воді був незначно присутній вільний аміак, кількість якого не може негативно впливати на вирощування форелі.

Основну увагу впродовж досліджень під час отримання міжродових гібридів було акцентовано на підборі варіантів схрещення між лососевими рибами з метою визначення найбільш продуктивного гібриду. Були використані наступні варіанти гібридних схрещень:

- ♂ струмкової форелі × ♀ американської палії;
- ♂ американської палії × ♀ струмкової форелі;
- ♂ американської палії × ♀ райдужної форелі;
- ♂ райдужної форелі × ♀ американської палії;
- ♂ райдужної форелі × ♀ струмкової форелі;
- ♂ струмкової форелі × ♀ райдужної форелі.

Продуктивну та репродуктивну характеристику плідників трьох видів риб з трьох родів, які були використані в 6 варіантах гібридних схрещень, освітлено в наступних таблицях.

Характеристика самиць райдужної форелі показана в таблицях 2, 3.

Репродуктивні показники 4-річних самиць райдужної форелі показані в таблиці 2.

Таблиця 2. Репродуктивна характеристика 4-річних самиць райдужної форелі (n = 16)

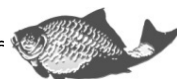
Table 2. Reproductive characteristics of age-4 rainbow trout females (n = 16)

№	Маса тіла, г / Body weight, g	Довжина тіла, см L* / Body length, cm	Загальна маса ікри, г / General eggs weight, g	Робоча плодючість, ікринок / Working fertility of eggs		Параметри ікри / Parameter of eggs		ГCI % / GSI	Індекс репродуктивності, г/кг / Reproductive index, g / kg
				General	Відносна / relative	D, мм / D, mm	P, мг / W, mg		
M	3296,8	62,6	543,6	7420	2367	74,1	4,5	17	170,2
m	1304,2	4,6	124,2	1532	475	10,6	0,3	2,2	21,9
δ	326,2	1,1	31,0	383,2	118,9	2,6	0,1	0,5	5,5
Cv	44,8	7,3	22,8	20,6	20,1	14,3	6,2	12,9	12,8

Примітка * — довжина тіла риб за Смітом.

Note * — the body length of fish according to Smith.

Середня маса тіла самиць становила 3296,8 г, довжина за Смітом — 62,6 см. Межі коливань за даними показниками склали 2000–4400 г та 54–70 см



відповідно. Середня робоча плодючість складала 7420 ікринок (межі коливань — 4809–9019), відносна робоча плодючість була 2367 ікринок, за коливання 1457–3499, що було пов'язано з індивідуальною масою самиць, тобто, за зниження індивідуальної маси зростало значення відносної робочої плодючості. Середня маса ікринки становила 74,1 мг та діаметр — 4,5 мм. Середнє значення кількості отриманої ікри від маси складало 17,0%.

Репродуктивні показники 4-річних самиць були досить високими. Статистична обробка отриманих даних засвідчила високий показник мінливості за масою тіла самиць (44,8%), при яких варіабельність за довжиною тіла була низькою (7,3%), що пояснюється значенням індивідуальної робочої плодючості самиць, мінливість якої була помірною та складала 20% та кількістю оваріальної рідини у черевній порожнині самиці.

Продуктивні показники 4-річних самиць райдужної форелі представлені в таблиці 3.

Таблиця 3. Продуктивна характеристика чотирирічних самиць райдужної форелі (n = 16)

Table 3. Productive characteristics of age-4 rainbow trout females (n = 16)

Показники / Indexes	Маса риби, г / Weight, g	Довжина тіла, см L*/ Body length, cm	Коефіцієнти / indices				
			Прогонистості, од. / Exile, units	Вгодваності, од. **/ Fatness, units	Велико-головості од. / Large-headed, units	Обхват, од. / Girth, units	М'ясистості, од. / Fleshiness units
M	3296,80	62,61	3,90	1,33	21,00	0,62	18,60
m	1304,20	4,56	2,54	0,18	0,94	5,88	3,74
δ	326,22	1,14	0,63	0,02	0,22	1,42	0,90
Cv	44,77	7,29	6,52	7,94	4,48	9,49	20,10

Примітка * – довжина тіла риб за Смітом;

** – коефіцієнт вгодваності визначено за Фультоном;

Note * – the body length of fish according to Smith;

** – the fatness factor is determined by Fulton.

Статистична обробка підтвердила гарний екстер'єр риб — самиці були досить вгодвані — коефіцієнт вгодваності складав 1,33 од., мали високий індекс м'ясистості — 18,6 одиниць, та відрізнялись високоспинністю — коефіцієнт прогонистості становив 3,9 одиниць, коефіцієнт обхвату — 0,62.

Самці райдужної форелі були 3-річного віку з середньою масою тіла 1613 г та середньою довжиною тіла за Смітом 49,8 см. Об'єм еякуляту складав 27,5 мл, рухливість сперміїв тривала 62,2 с, що відповідало нормованим показникам для райдужної форелі.

Характеристика плідників струмкової форелі показана в таблицях 4, 5. Досліджувані риби були 3-річного віку, першого нересту. Робоча плодючість самиць струмкової форелі у середньому становила 1540 ікринок, межі коливань складала 745–3918 ікринок. Ікринки були великими — їх діаметр у середньому,



складав 4,9 мм, а маса — 64,9 мг. Варіабельність за показником робочої плодючості була високою — 36,4%, у зв'язку з тим, що вибірка була рендомна та з індивідуальними особливостями досліджуваних самиць. Гонадосоматичний індекс виявився високим та складав 23,7% від маси тіла самиць (табл. 4).

Таблиця 4. Репродуктивна характеристика 3- річних самиць струмкової форелі (n = 25)

Table 4. Reproductive characteristics of age-3 brown trout females (n = 25)

Показники / Indexes	Маса тіла, г / Body weight, g	Маса ікри, г / weight of eggs	Довжина тіла, см L* / Body length, cm	Плодючість, ікринок / Fertility, eggs		Параметри ікри / Parameter of eggs		Гонадосоматичний індекс / Gonadosomatic index	Індекс репродуктивності, г/кг / Reproductive index g/kg
				Робоча / Working	Відносна / Relative	P, мг / W, mg	D, мм / D, mm		
M	453,70	1140	34,00	1847,00	3971,00	61,50	74,70	23,76	244,40
m	139,40	44,00	3,43	672,40	513,00	5,90	0,20	3,40	33,00
δ	27,99	8,80	0,70	134,50	102,00	1,10	3,90	0,67	6,70
Cv	30,80	38,40	10,00	36,40	129,00	9,60	4,10	14,10	14,20
min	824,00	230,00	41,00	745,00	2949,00	51,00	4,40	16,40	164,00
max	43,00	38,00	27,00	3918,00	4977,00	73,00	5,10	23,70	235,60

Примітка * — довжина тіла риб за Смітом.

Note * — the body length of fish according to Smith.

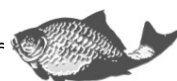
Репродуктивна характеристика трирічних самців струмкової форелі представлена у таблиці 5. Середня маса 3-річних самців струмкової форелі складала 458 г, довжина тіла — 34 см, з межами коливань 654–164 г та 41–27 см відповідно.

Таблиця 5. Репродуктивна характеристика 3-річних самців струмкової форелі (n = 25)

Table 5. Reproductive characteristics of age-3 brown trout males (n = 25)

Показники / Indexes	Маса тіла, г / Body weight, g n-25	Об'єм еякуляту, / Ejaculate volume, ml n-25	Тривалість рухливості спермій, с / Duration of sperm motility, s n-10
M	458,70	6,80	35,60
m	134,40	2,23	14,10
δ	26,89	0,44	5,30
Cv	29,31	32,60	39,70
Max	654,00	11,20	56,40
Min	164,00	3,50	19,50

Характеристику плідників американської палії представлено в таблицях 6, 7.



Таблиця 6. Репродуктивна характеристика 3-річних самиць американської палії

Table 6. Reproductive characteristics of age-3 brook trout females

Показники / Indexes	n=29		
	M ± m	δ	C.v
Маса, г / Weight, g	809,70±152,80	28,40	18,90
Довжина тіла за Смітом, см / Smith's body length, cm	38,90±2,70	0,50	7,00
Коефіцієнт вгодованості / Fattening factor	1,80±1,20	0,05	10,10
Робоча плодючість, ікринок / Working fertility, of eggs	1732,00±418,00	108,00	14,20
Відносна робоча плодючість, ікринок/кг / Relative working fertility of eggs/kg	2174,00±293,00	75,70	13,50
Діаметр ікринки, мм / Diameter of an egg, mm	4,80±0,10	0,04	2,90
Маса ікринки, мг / Weight of an egg, mg	70,30±6,80	1,80	9,70

Маса самиць складала 809,7 г, за довжини риб (за Смітом) 38,9 см. Робоча плодючість становила 1732 ікринки, відносна плодючість — 2174 ікринок/кг. Якісні характеристики ікринок були наступними: діаметр — 4,8 мм та маса — 70,3 мг.

Рибницько-біологічна характеристика 4-річних самців американської палії показана в таблиці 7. Середня маса самців американської палії становила 1212,8 г, середня довжина тіла — 46,0 см. Межі коливань складали 850–1600 г та 39,5–52,0 см відповідно. Мінливість екстер'єрних показників у 4-річних самців за індивідуальною масою була помірною — 16,72%, за довжиною тіла — невисокою 6,5%. Об'єм еякуляту порівняно із самцями райдужної форелі був невисоким та складав 3,89 см³, рухливість спермійв становила 54,6 с, що свідчило про її доброякісність.

Таблиця 7. Рибницько-біологічні показники 4-річних самців американської палії (n = 25)

Table 7. Piscicultural and biological parameters of age-4 brook trout males (n = 25)

Показники / Indexes	M ± m	δ	C.v
Маса, г / Weight, g	1212,80±203,00	40,50	16,70
Довжина тіла за Смітом, см / Smith's body length, cm	46,00±2,90	0,60	6,40
Довжина тіла без С, см / Body length without C, cm	42,88±2,80	0,60	6,60
Коефіцієнт вгодованості, од. / Fattening factor, units	1,52±0,10	0,02	7,90
Висота тіла максимальна, см / Maximum body height, cm	12,46±1,00	0,20	8,40
Висота тіла мінімальна, см / Body height is minimal, cm	4,58±0,50	0,10	10,40
Обхват тіла максимальний, см / Maximum body girth, cm	26,61±2,00	0,40	7,50
Обхват тіла мінімальний, см / Body girth is minimal, cm	10,65±0,70	0,10	6,30
Об'єм еякуляту / Ejaculate volume, ml	3,89±0,50	0,10	14,50
Рухливість спермійв, с / Duration of sperm motility, s	54,6±8,60	1,70	15,80



Результати запліднення та інкубації міжродових гібридів показані в таблиці 7. Було використано 12 варіантів запліднення: 6 варіантів за природної (8,2°C) температури води та 6 варіантів за дії температурного шоку.

Методика використання високої температури для отримання міжродових гібридів полягала в наступному. Температура води під час запліднення складала 8,2°C. Від початку активації сперміїв ікринки витримували 10 хв за температури води 8,2°C, після чого ікринки переміщували у ємність з водою в якій температура становила 26,5°C та витримували ікринки в означених умовах упродовж 15 хвилин. Після закінчення терміну шоківної температури води, ікринки знову поміщали в інкубаційний апарат з температурою 8,2°C та продовжували інкубацію.

Таблиця 8. Варіанти запліднення ікри за різної температури води та виживання ікринок під час інкубації

Table 8. Variants of egg fertilization at different water temperature and egg survival during incubation

Варіанти схрещень / Options for crossings	t° води, °C, / T of the water, °C	К-сть ікринок у досліді / Number of eggs in the experiment	Виживаність ікринок, % / Survival, eggs, pcs. %	t° води, °C / T of the water, °C	К-сть ікринок, у досліді / Number of eggs in the experiment	Виживаність ікринок, % / Survival, eggs, pcs. %
♂ струмкової форелі × ♀ американської палії / ♂ brown trout × ♀ brook trout	8,2	2000,0	<u>207,0</u> 10,3	26,5	2000,0	<u>700,0</u> 35,0
♂ Американської палії × ♀ струмкової форелі / ♂ brook trout × ♀ brown trout	8,2	2000,0	<u>301,0</u> 15,1	26,5	2000,0	<u>520,0</u> 26,5
♂ Американської палії × ♀ райдужної форелі / ♂ brook trout × ♀ rainbow trout	8,2	2000,0	<u>12,0</u> 0,6	26,5	2000,0	<u>1700,0</u> 85,0
♂ райдужної форелі × ♀ американської палії / ♂ rainbow trout × ♀ brook trout;	8,2	2000,0	<u>0</u> 0	26,5	2000,0	<u>620,0</u> 31,0
♂ райдужної форелі × ♀ струмкової форелі / ♂ rainbow trout × ♀ brown trout.	8,2	2000,0	<u>0</u> 0	26,5	2000,0	<u>553,0</u> 27,65
♂ струмкової форелі × ♀ райдужної форелі / ♂ brown trout × ♀ rainbow trout	8,2	2000,0	<u>30</u> 1,5	26,5	2000,0	<u>1620,0</u> 81,0



За даними таблиці, є очевидним, що у природних умовах створення міжродових гібридів є практично неможливим, за виключенням варіантів між струмковою фореллю та американською палією, що пояснюється подібністю їх біології. Однак ефективність даного схрещення є низькою та для виробників економічно недоцільною. За проведення температурного шоку під час запліднення найбільш ефективними виявились гібриди, де особинами жіночої статі були самиці райдужної форелі, а чоловічої – самці американської палії та самці струмкової форелі.

Цьоголіток вирощували в бетонованих басейнах. Результати наведені в таблиці 8.

Таблиця 9. Результати вирощування цьоголіток міжродових гібридів (15 березня — 1 листопада)

Table 9. Result of growing young-of-the-year intergeneric hybrids (March 15 – November 1)

Варіанти схрещень / Options for crossings	t°C води за запл. / T of the water, °C	К-сть личинок, екз. / Number of larvae, ind.	Середня маса, личинок (початкова), мг / Average weight, larvae (initial), mg	Середня маса, цьоголіток (кінцева), г / Average weight, young of the year (final)	Вижива- нність, екз. % / Survival, ind. %
♂струмкової форелі × ♀ американської палії / ♂ brown trout × ♀ brook trout	26,5	700,0	122,0	12,0	<u>221,0</u> 31,6
♂ американської палії × ♀ струмкової форелі / ♂ brook trout × ♀ brown trout	26,5	520,0	130,0	8,0	<u>270,0</u> 51,9
♂ американської палії × ♀ райдужної форелі / ♂ brook trout × ♀ rainbow trout	26,5	1700,0	140,0	54,0	<u>1611,0</u> 94,8
♂райдужної форелі × ♀американської палії / ♂ rainbow trout × ♀ brook trout	26,5	620,0	125,0	22,0	<u>315,0</u> 50,8
♂райдужної форелі × ♀струмкової форелі / ♂ rainbow trout × ♀ brown trout	26,5	553,0	132,0	11,0	<u>302,0</u> 54,6
♂струмкової форелі × ♀райдужної форелі / ♂ brown trout × ♀ rainbow trout	26,5	1620,0	141,0	42,0	<u>1504,0</u> 92,8



На 1 листопада середня наважка цьоголіток міжродових гібридів становила, в залежності від виду риб, від 8 до 54 г. Найвищі результати було отримано за створення гібридів, де були використані плідники:

♂ американської палії × ♀ райдужної форелі;

♂ струмкової форелі × ♀ райдужної форелі.

В даних варіантах схрещення виживання за термін вирощування становило 94,8 та 92,8% відповідно. Зокрема, вищезначені гібриди за період вирощування не зазнали інфекційних захворювань.

В процесі наступних досліджень буде проведена повторність дослідів у даних варіантах схрещень та проведено пошук оптимальних температур за створення гібридів.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

За природної температури води під час запліднення лососевих риб, міжродові гібриди були отримані в наступних схрещеннях: ♂ американської палії × ♀ струмкової форелі, ♂ струмкової форелі × ♀ американської палії; при цьому вихід ікринок з інкубації склав 15,1 та 10,3% відповідно. У варіантах запліднення — самець американської палії і самиця райдужної форелі та самець струмкової і самиця райдужної форелі запліднення також відбулось, однак отримані показники були дуже низькими — 0,6 та 1,5% відповідно.

За використання температурного шоку під час запліднення (26,5°C) було отримано гібридів у всіх варіантах схрещення, однак найвищий вихід з інкубації та виживання за наступного вирощування отримали за схрещення самиць райдужної форелі з самцями американської палії — 85% та струмкової форелі — 81%.

Перспектива використання триплоїдних міжвидових та міжродових гібридів лососевих риб є незаперечною та широко використовується у світі, завдяки їх високій продуктивності. Зокрема стерильність триплоїдних риб дозволяє використовувати їх для зарибнення природних водойм для підвищення загальної продуктивності, без ризику інвазії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алекин О. А., Семенов А. Д., Скопинцев Б. А. Руководство по химическому анализу вод суши. Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. 268 с.
2. Галасун П. Т., Булатович М. А., Борбат М. О. Технологическая инструкция по производству радужной форели в различных типах хозяйств Украины. Львов, 1987. 17 с.
3. Кирпичников В. С. Генетика и селекция рыб. 2-е изд., пер. и доп. Ленинград : Наука, 1987. 520 с.
4. Комплексна технологія відтворення лососевих риб в рибницьких господарств України / Мрук А. І. та ін. Київ : ІРГ НААН, 2015. 27 с.
5. Моніторинг росту струмкової форелі в індустріальних умовах господарства «Ішхан» / Мрук А. І. та ін. // Рибогосподарська наука України. 2013. № 1. С. 31—38.
6. Мрук А. І. Рибницько-біологічна характеристика райдужної форелі селекційного покоління F2, вирощуваної у ВАТ «Закарпатський



- рибокомбінат» // Рибогосподарська наука України. 2008. № 2. С. 56—60.
- Молекулярно-генетический анализ гетерогенности пород радужной форели / Сексте Э. А. и др. // Докл. РАСХН. 2008. № 1. С. 43—46.
 - Оцінка ефективності реалізації складових етапів кріоконсервації сперми струмкової форелі (*Salmo trutta morpha fario* Linne) / Філіппов В. Ю. та ін. // Рибогосподарська наука України 2015. № 1. С. 88—95.
 - Результаты гибридизации радужной форели (*Parasalmo mykiss*) и черноморской кумжи (*Salmo trutta labrax*) с применением термошока: андрогенез, гиногенез, особи с признаками рода *Oncorhynchus* / Артамонова В. С. и др. // Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем : Междунар. научн. конф., 5-8 июня 2007 г. : тезисы докл. Ростов-на-Дону, 2007. С. 32—33.
 - Филиппов В. Ю., Мрук А. И., Бучацкий Л. П. Воспроизводство радужной форели *Oncorhynchus mykiss* с использованием криоконсервированных половых продуктов // Рибогосподарська наука Украпни. 2009. № 4. С. 82—84.
 - Effect of induced triploidy on fin regeneration of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* / Alonso M. et al. // J. Exp. Zool. 2000. Vol. 287. P. 493—502.
 - Distinct temporal patterns of Transaldolase 1 gene expression in future migratory and sedentary brown trout (*Salmo trutta*) / Amstutz U. et al. // Aquaculture. 2006. Vol. 260. P. 326—336.
 - Chourrout D. Techniques of chromosome manipulation in rainbow trout: a new evaluation with karyology // Theor. Appl. Genet. 1986. Vol. 72. P. 627—632.
 - Benfey T. J. Triploid Atlantic salmon: current status and future prospects // ICES CM. 2009/Q:11. 10 p.
 - Welfare Considerations of Triploid Fish / Fraser T. W. K. et al. // Reviews in Fisheries Science. 2012. Vol. 20. P. 192—211.
 - Frost W. E., Brown M. E. The trout. London : Collins, 1967. 286 p.
 - Quillet E., Chevassus B., Devaux A. Timing and duration of hatching in gynogenetic, triploid tetraploid and hybrid progenies in rainbow trout // Genet. Sel. Evol. 1988. Vol. 20. P. 199—210.
 - Giuffra E., Guyomard R., Forneris G. Phylogenetic relationships and introgression patterns between incipient parapatric species of Italian brown trout (*Salmo trutta* L. complex) // Mol. Ecol. 1996. Vol. 5. P. 207—220.

REFERENCES

- Alekin, O. A. Semenov, A. D., & Skopincev, B. A. (1973). *Rukovodstvo po himicheskomu analizu vod sushi*. Leningrag: Gidrometeoizdat.
- Galasun, P. T., Bulatovich, M. A., & Borbat, M. O. (1987). *Tehnologicheskaja instrukcija po proizvodstvu raduzhnoj foreli v razlichnyh tipah hozjajstv Ukrainy*. L'vov.
- Kirpichnikov, V. S. (1987). *Genetika i selekcija ryb*. Leningrad: Nauka.
- Mruk, A. I., Terterian, L. A., Kurinenko, H. A., Haloian, L. L. (2015). *Kompleksna tekhnolohiia vidtvorennia lososevykh ryb v rybnytskykh hospodarstv Ukrainy*. Kyiv: IRH NAAN.
- Mruk, A. I., Terterian, L. L., & Khandozhivska, A. I., et al. (2013). *Monitorynh rostu strumkovoio foreli v industrialnykh umovakh hospodarstva «Ishkhan»*. *Rybohospodarska nauka Ukrainy, 1*, 31-38.



6. Mruk, A. I. (2008). Rybnytsko-biologichna kharakterystyka raiduzhnoi foreli selektsiinoho pokolinnia F2 vyroshchuvanoiu VAT «Zakarpatskyi rybokombinat». *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 2, 56-60.
7. Sekste, Je. A., et al. (2008). Molekuljarno-geneticheskij analiz geterogenosti porod raduzhnoj foreli. *Dokl. RASHN*, 1, 43-46.
8. Filippov, V. Ju., et al. (2015). Otsinka efektyvnosti realizatsii skladovykh etapiv kriokonservatsii spermy strumkovoi foreli (*Salmo trutta morpha fario* Linne). *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 1, 88-95.
9. Artamonova, V. S., et al. (2007). Rezul'taty gibridizacii raduzhnoj foreli (*Parasalmo mykiss*) i chernomorskoj kumzhi (*Salmo trutta labrax*) s primeneniem termoshoka: androgenez, ginogenez, osobi s priznakami roda *Oncorhynchus*. *Estestvennye i invazijnye processy formirovanija bioraznoobrazija vodnyh i nazemnyh jekosistem. Mezhdunar. nauchn. konf., 5-8 iyunja 2007 g.: tez. dokl. Rostov-na-Donu*, 32-33.
10. Filippov, V. Ju., Mruk, A. I., & Buchackij, L. P. (2009). Vosproizvodstvo raduzhnoj foreli *Oncorhynchus mykiss* s ispol'zovaniem kriokonservirovannyh polovyh produktov. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 4, 82-84.
11. Alonso, M., Tabata, Y. A., Rigolino, M. G., & Tsukamoto, R. Y. (2000). Effect of induced triploidy on fin regeneration of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. Exp. Zool.*, 287, 493-502.
12. Amstutz U., Giger T., Champigneulle A., Day P. J. R., & Largiadèr C. R. (2006). Distinct temporal patterns of Transaldolase 1 gene expression in future migratory and sedentary brown trout (*Salmo trutta*). *Aquaculture*, 260, 326-336.
13. Chourrout, D. (1986). Techniques of chromosome manipulation in rainbow trout: a new evaluation with karyology. *Theor. Appl. Genet.*, 72, 627-632.
14. Benfey, T. J. (2009). Triploid Atlantic salmon: current status and future prospects. *ICES CM 2009/Q:11*.
15. Fraser, T. W. K., Fjellidal, P. G., Hansen, T., & Mayer, I. (2012). Welfare Considerations of Triploid Fish. *Reviews in Fisheries Science*, 20, 192-211.
16. Frost, W. E., & Brown, M. E. (1967). *The trout*. London: Collins.
17. Quillet, E., Chevassus, B., & Devaux, A. (1988). Timing and duration of hatching in gynogenetic, triploid tetraploid and hybrid progenies in rainbow trout. *Genet. Sel. Evol.*, 20, 199-210.
18. Giuffra, E., Guyomard, R., & Forneris, G. (1996). Phylogenetic relationships and introgression patterns between incipient parapatric species of Italian brown trout (*Salmo trutta* L. complex). *Mol. Ecol.*, 5, 207-220.

