



Unia Europejska
Europejski Fundusz
Morski i Rybacki



**Technologia pozasezonowej produkcji
materiału obsadowego okonia europejskiego
w kontekście dywersyfikacji akwakultury**

Materiały szkoleniowe

Olsztyn, 21-22 kwietnia 2023 roku

Technologia pozasezonowej produkcji materiału obsadowego okonia europejskiego w kontekście dywersyfikacji akwakultury

Materiały szkoleniowe



PRO PERCH

Organizatorzy szkolenia:

- Wydział Bioinżynierii Zwierząt
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie,
- Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza –
Państwowy Instytut Badawczy w Olsztynie,
- Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Redakcja naukowa i techniczna:

Krystyna Demska-Zakęś

Wydanie broszury współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego „Rybactwo i Morze” na lata 2014-2020; projekt pt.: „Dywersyfikacja produkcyjnej funkcji stawów ziemnych w oparciu o semi-intensywny wychów okonia”; akronim: PRO-PERCH (umowa o dofinansowanie nr 00002-6521.1-OR1400004/17/20 zawarta w dniu 13-11-2020 r.).

Program szkolenia

Technologia pozasezonowej produkcji materiału obsadowego okonia europejskiego w kontekście dywersyfikacji akwakultury

Olsztyn, 21-22 kwietnia 2023 roku

21 kwietnia (piątek)

- 15.00 Otwarcie sekretariatu szkolenia, rejestracja uczestników
- 15.50-16.05 Powitanie uczestników szkolenia, oficjalne otwarcie szkolenia
- 16.05-16.45 *Daniel Źarski, Sławomir Krejszeff, Piotr Hliwa, Katarzyna Palińska-Źarska, Jarosław Król* - Innowacyjna technologia produkcji okonia w oparciu o integrację systemów hodowlanych RAS i split-pond
- 16.45-17.25 *Jarosław Król, Sławomir Krejszeff, Katarzyna Palińska-Źarska, Piotr Hliwa, Daniel Źarski* - Praktyczne aspekty rozrodu okonia poza sezonem tarłowym
- 17.25-17.45 Przerwa kawowa
- 17.45-18.25 *Katarzyna Palińska-Źarska, Jarosław Król, Sławomir Krejszeff, Piotr Hliwa, Daniel Źarski* - Optymalizacja i standaryzacja inkubacji ikry oraz podchowu wczesnych stadiów rozwojowych okonia w recyrkulowanych obiegach zamkniętych
- 18.25-19.05 *Piotr Hliwa, Daniel Źarski, Jarosław Król* - Biotechnologiczne aspekty akwakultury okonia
- 20.00 Kolacja

22 kwietnia (sobota)

- 7.00-8.45** Śniadanie
- 9.30-10.10** *Konrad Turkowski, Krzysztof Kupren, Anna Hakuć-Błażowska, Sławomir Krejszeff* - Założenia metodyczne i wstępne wyniki analizy ekonomicznej dotyczące koncepcyjnej produkcji okonia opartej o integrację dwóch systemów hodowlanych
- 10.10-10.50** *Sławomir Krejszeff, Daniel Źarski, Jarosław Król* - Pozasezonowa produkcja materiału obsadowego okonia – aspekty technologiczne
- 10.50-11.50** *Sławomir Krejszeff* - Od teorii do praktyki – prezentacja rozwiązań technicznych i technologicznych do produkcji materiału obsadowego okonia
- 11.50-12.30** Dyskusja, podsumowanie szkolenia
- 13.00-14.00** Obiad

Innowacyjna technologia produkcji okonia w oparciu o integrację systemów hodowlanych RAS i split-pond

Daniel Żarski¹, Sławomir Krejszeff², Piotr Hliwa³, Katarzyna Palińska-Żarska², Jarosław Król²

¹Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie

²Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza – PIB w Olsztynie

³Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Polska akwakultura od wielu lat oparta jest na dwóch podstawowych podsektorach, dostarczających na rynek blisko 80% całkowitej produkcji ryb słodkowodnych:

- ekstensywnej produkcji karpia w stawach ziemnych,
- intensywnej produkcji pstrąga tęczowego i innych ryb łososiowatych (częściowo opartej o systemy całkowitej bądź częściowej recyrkulacji wody).

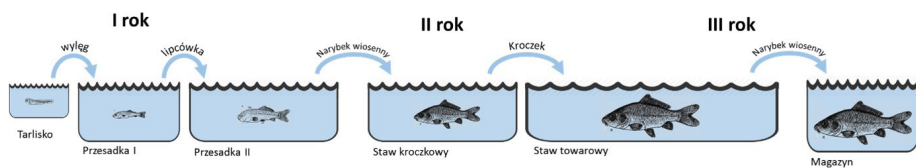
Podział ten uwzględniono również m.in. w „Planie strategicznym rozwoju chowu i hodowli ryb w Polsce w latach 2014-2020 (AKWAKULTURA 2020)”, zwanym dalej „Strategią”, gdzie przedstawiono priorytety rozwoju dla tych zróżnicowanych modeli produkcji. Na uwagę zasługuje fakt, że w zakresie akwakultury ekstensywnej „Strategia” uwzględniała konieczność dywersyfikacji produkcji ryb zwiększając udział w produkcji stawowej ryb dodatkowych do co najmniej 20% (o minimum 3400 ton), ze szczególnym uwzględnieniem gatunków wysoko cenionych przez konsumentów. Ponadto w „Strategii” podkreślono konieczność działań innowacyjnych w zakresie opracowywania efektywnych metod produkcji „nowych gatunków” (tzn. takich, których hodowla intencjonalna nie

była prowadzona albo była prowadzona w niewielkim stopniu) oraz zwiększenie zaawansowania technologicznego podsektora.

Według *Federation of European Aquaculture Producers* (FEAP; www.feap.info) produkcja ryb w obiektach akwakultury w 2019 roku wyniosła w Polsce 44,9 tys. ton. Mając na uwadze, że całkowita podaż ryb słodkowodnych wyniosła w tym samym roku 56,8 tys. ton (GUS), to udział akwakultury w rynku ryb słodkowodnych stanowił ponad 79%. Należy jednak podkreślić, że przy konsumpcji w Polsce na poziomie 13,3 kg ryb na osobę (za www.gospodarkamorska.pl), produkcja akwakulturowa pokrywa zaledwie niecałe 9% całkowitego rynku ryb i owoców morza w Polsce.

Wszelkie prognozy zawarte w „Strategii” sugerowały maksymalny wzrost produkcji pochodzącej z akwakultury do poziomu około 62 tys. ton, gdzie większość tego przyrostu przypisano tzw. akwakulturze intensywnej. Wynika to z faktu, że w przypadku akwakultury ekstensywnej brakowało dotychczas szeroko zakrojonych operacji innowacyjnych, polegających na integracji różnych systemów produkcyjnych i nowatorskiego podejścia do problemu wykorzystania aktualnie funkcjonujących hodowlanych stawów ziemnych.

Technologia produkcji ryb w stawach ziemnych, gdzie utrzymywany jest niewielki przepływ wody, opiera się w zdecydowanym stopniu na tradycyjnym, ekstensywnym chowie monokultury karpia. Do niedawna technologia ta bazowała na materiale obsadowym uzyskiwanym w wyniku tarła naturalnego prowadzonego w niewielkich, płytkich stawach służących do prowokowania spontanicznego rozrodu, z których odławiane larwy przenoszono do nieco większych stawów (tzw. przesadek I). W dalszych etapach chowu wykorzystywano kolejne kategorie stawów (przesadki typu II, kroczkowe, handlowe) dostosowane do zróżnicowanych wymagań i wielkości ryb (rys. 1).



Rys. 1. Schemat tradycyjnego systemu chowu karpia wg. Dubisza (za Horvath i in. 2015).

Tradycyjna technologia chowu karpia limitowana jest przez niską efektywność produkcji materiału obsadowego, z uwagi na niewielką możliwość kontroli tarła naturalnego i uzależnienie tego etapu produkcji od warunków atmosferycznych (temperatury, zachmurzenia, etc.). Dlatego też, coraz więcej gospodarstw w Polsce zaczęło wdrażać w praktyce kontrolowany rozród, przy użyciu wspomaganie hormonalnego. Pozwoliło to m.in. na zwiększenie kontroli nad procesem rozrodu ryb oraz na precyzyjne planowanie terminu tarła. To z kolei przyczyniło się do zmniejszenia kosztów produkcji i w efekcie zwiększenia konkurencyjności takich gospodarstw na rynku. Wiele gospodarstw w pewnym stopniu uwolniło swój potencjał produkcyjny, dotyczący zarówno tarliśki, jak również stawów przesadkowych, często nie wykorzystywanych w produkcji. Natomiast dalszy postęp w technologii produkcji karpia, np. poprzez wykorzystywanie tzw. recyrkulowanych systemów akwakulturowych (z ang. *Recirculating Aquaculture Systems* – RAS) potencjalnie stwarza jeszcze większe możliwości poprawy efektywności podmiotów rybackich, poprzez produkcję ryb dodatkowych (w tym wysoko cenionych ryb drapieżnych).

Szacowana produkcja ryb dodatkowych w stawach karpiowych jest obecnie na niskim poziomie i nie przekracza 10% (ok. 1,7 tys. ton, za FEAP) produkcji uzyskiwanej z ekstensywnych systemów hodowlanych. Spośród tych ryb niewielki odsetek stanowią gatunki drapieżne (szczupak, sum, sandacz oraz okoń), co wynika przede

wszystkim z odmiennych preferencji środowiskowych oraz pokarmowych hodowanego z nimi karpia. Jednocześnie jak dotąd nie podejmowano w większej skali prób produkcji ryb drapieżnych w monokulturze w stawach ziemnych, zwłaszcza z wykorzystaniem w ich żywieniu pasz komponowanych, które gwarantują wysokie tempo wzrostu i wyższą potencjalną opłacalność takiej zintensyfikowanej technologii.

Spośród ryb drapieżnych, jednymi z najbardziej cenionych, osiągających wysokie ceny rynkowe (w Polsce i zagranicą) są ryby okoniowate (okoń, sandacz). W ostatnich latach to właśnie te dwa gatunki stały się najpopularniejszymi gatunkami wskazywanymi jako najlepsze do dywersyfikacji słodkowodnej akwakultury (Policar i in. 2019). Warto w tym miejscu zaznaczyć, że to właśnie dywersyfikacja produkcji na śródlądziu w oparciu o gatunki wysoko cenione przez konsumentów jest priorytetem rozwoju sektora akwakultury w skali całej Unii Europejskiej. W przypadku hodowli okoniowatych najefektywniejszą metodą jest ich produkcja w RAS, uwzględniająca wysoką, stałą temperaturę, odpowiednią ilość tlenu rozpuszczonego w wodzie oraz podawanie rybom wysokiej jakości paszy komponowanej. W takich warunkach można uzyskać rybę handlową w czasie krótszym niż rok (w przypadku okonia) lub mniej niż w dwa lata (w przypadku sandacza). Jednak technologia produkcji w RAS, pomimo dużych perspektyw jest wciąż metodą, do której inwestorzy podchodzą z dystansem. Wynika to z kilku czynników:

- wysokich kosztów początkowych (budowa farmy od podstaw);
- długiego okresu zwrotu inwestycji (pierwszy przychód po 5-6 latach);
- konieczności zatrudnienia wykwalifikowanej kadry;

- wysokich kosztów produkcji (znacznie powiększonych o przede wszystkim koszty energii elektrycznej oraz wykwalifikowanej kadry).

Wymienione elementy sprawiają, że technologia tego typu rozwijana jest przede wszystkim w krajach wysoko rozwiniętych (Francja, Niemcy, kraje Beneluksu, Irlandia, Dania, Szwajcaria). Dotychczas w Polsce odnotowywano pilotażowe farmy, które miały na celu hodowlę ryb okoniowatych w RAS, jednakże według naszej najlepszej wiedzy żadna z nich nie utrzymuje stałego poziomu produkcji, jak również brak jest danych dotyczących podstawowych wskaźników pozwalających na rzetelne szacowanie ekonomicznej opłacalności takiego przedsięwzięcia.

Czynniki ograniczające dynamiczny rozwój produkcji ryb okoniowatych w oparciu o system RAS, wymusiły poszukiwania alternatywnych metod umożliwiających obniżenie kosztów produkcji oraz uwzględniających aktualne kompetencje, jakimi charakteryzuje się sektor. Tym samym, bazując na wieloletnich doświadczeniach oraz komunikacji z zainteresowanymi podmiotami w całej Europie, w ramach projektu PRO-PERCH zaproponowano technologię produkcji uwzględniając następujące aspekty:

- kontrolowany rozród jest najwydajniejszą metodą pozyskiwania wysokiej jakości gamet;
- rozród ryb wyhodowanych w RAS umożliwia rozród pozasezonowy (o dowolnej porze roku);
- kontrola procesu rozrodczego umożliwia selektywne krzyżowanie ryb i tym samym prowadzenie długofalowych programów hodowlanych;
- wychów larw i narybku w RAS, pomimo potencjalnie wysokich kosztów, jest najefektywniejszą formą pozyskiwania

wysokiej jakości materiału obsadowego dedykowanego do dalszego tuczu;

- wychów ryby towarowej w RAS generuje bardzo wysokie koszty i stwarza konieczność budowy dużych obiektów akwakultury, podczas gdy infrastruktura służąca do wychowu narybku zazwyczaj stanowi 15-30% całkowitych kosztów inwestycji;
- możliwość tuczu ryb w stawach ziemnych ma potencjał obniżenia kosztów wychowu ryby handlowej o ok. 60-70%.

Te elementy przyczyniły się do powstania koncepcji technologii opartej na integracji dwóch systemów produkcyjnych – wychowu materiału obsadowego w RAS oraz tuczu ryby handlowej w stawach ziemnych.

Jak dotąd brakuje opublikowanych danych odnośnie produkcji ryb okoniowatych w monokulturze w stawach ziemnych. Jedyne wyniki pochodzą z Irlandii (Toner D., BIM, Irlandia - informacja ustna), gdzie przez ostatnich kilka lat przeprowadzono szereg testów związanych z możliwością wychowu okonia. Doświadczenia te doprowadziły do opracowania konceptu tzw. „*pill pond*” (staw w kształcie pigułki), który uwzględnia konieczność zagęszczenia ryb, natomiast pozostała część obiektu służy jedynie oczyszczaniu wody. W takim systemie dodatkowo wymuszany jest ruch wody za pomocą koła łopatkowego, napędzanego wydajnym silnikiem elektrycznym o niskim poborze mocy. Istotą tego systemu produkcyjnego jest konieczność zagęszczenia/zgromadzenia ryb, aby móc żywić je efektywnie paszą komercyjną. Zagęszczenie jest czynnikiem umożliwiającym efektywną dystrybucję paszy, przy jednoczesnym utrzymaniu dobrej jakości wody, zapewnionej przez wymuszony jej przepływ. Ponadto, do zalet tej koncepcji należy zaliczyć:

- niskie koszty energii, poprzez możliwość integracji systemu z odnawialnymi źródłami energii (np. panelami fotowoltaicznymi, wiatrakami etc.);
- minimalizację zatrudnienia poprzez zastosowanie zautomatyzowanego karmienia ryb;
- wydajność produkcyjną 3-4 ton z 1 ha stawu (biorąc pod uwagę całą powierzchnię stawu, z częścią „nieprodukcyjną”, tzn. strefą oczyszczania wody);
- cykl produkcyjny ryby handlowej w czasie krótszym niż 12 miesięcy, przy integracji z etapem produkcji materiału obrodowego (narybku) w RAS.

Mając powyższe na względzie, nasza uwaga została skupiona na możliwości wykorzystania istniejącej infrastruktury produkcyjnej stawów ziemnych w sposób innowacyjny. To podejście skupia się na fakcie, iż spośród około 70 tys. ha stawów w Polsce, wskutek wprowadzenia do standardowej technologii produkcji karpia technik wylęgarniczych na etapie rozrodu i wychowu form młodocianych uwolnione może zostać około 10 tys. ha stawów (w tym tarliskowych oraz przesadek – ok. 25% powierzchni wszystkich stawów w Polsce; za Bukacińska i in. 1995 oraz www.duw.pl) stanowiących aktualnie niewykorzystany potencjał produkcyjny. Tym samym, możliwość produkcji w zmodyfikowanych stawach ziemnych (bazujących na autorskim koncepcie uwzględniającym modyfikację ich funkcji do celów produkcji ryb drapieżnych), może praktycznie podwoić produkcję ryb pochodzących z aktualnie ekstensywnych systemów produkcyjnych (przy założeniu produkcji w innowacyjnych systemach hodowlanych na poziomie co najmniej 3-4 ton z ha). Wszystko to wskazuje, że to właśnie ten kierunek rozwoju akwakultury w naszym kraju ma szansę sprostać wymaganiom konsumentów oraz producentów. Nie mniej, należy jednak podkreślić bardzo ważną rolę prac

badawczo-rozwojowych oraz transferu technologii w tej dziedzinie, tak aby cały concept produkcji proponowany w ramach projektu PRO-PERCH mógł sprostać wymaganiom przedsiębiorstw oraz potencjalnych inwestorów.

Literatura

Bukacińska M., Bukaciński D., Cygan, J.P., Dobrowolski K.A. 1995. Przyrodniczo-ekonomiczna waloryzacja stawów rybnych w Polsce. The World Conservation Union (Fundacja IUCN Poland), Red. Dobrowolski, K.A., Warszawa, 126 s.

Policar T., Schaefer F.J., Panana E., Meyer S., Teerlinck S., Toner D., Źarski D. 2019. Recent progress in European percid fish culture production technology - tackling bottlenecks. *Aquac. Int.* 27: 1151–1174.

Horvath L., Gizella T., Coche A.G., Kovacs E., Moth-Poulsen T., Woynarovich A. 2015. Training manual on the artificial propagation of carps. FAO, Budapeszt, 38 s.

<https://www.gospodarkamorska.pl/rynek-ryb-w-unii-europejskiej-polska-ponizej-sredniej-w-spozyciu-powyzej-w-eksporcie-68641> (dostęp 22.03.2023)

<https://www.duw.pl/pl/dla-mediow/aktualnosci/10391,Polska-najwiekszym-producentem-karpia-w-UE.html> (dostęp 24.03.2023)

Praktyczne aspekty rozrodu okonia poza sezonem tarłowym

*Jarosław Król¹, Sławomir Krejszeff¹, Katarzyna Palińska-Żarska¹, Piotr Hliwa²,
Daniel Żarski³*

¹Institut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza – PIB w Olsztynie

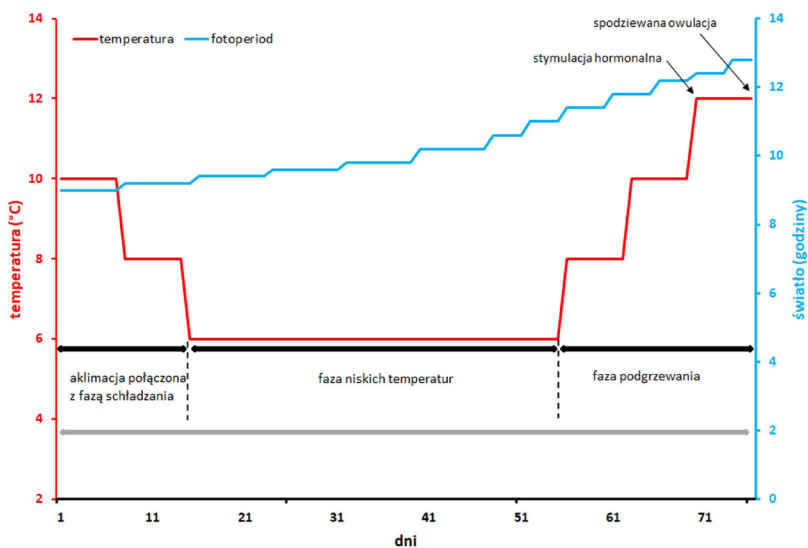
²Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

³Institut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie

Opracowanie skutecznej biotechniki kontrolowanego rozrodu ryb, niezależnie od przyjętego poziomu intensyfikacji hodowli, jest jednym z podstawowych elementów determinujących produkcję akwakulturową każdego gatunku. W intensywnej hodowli ryb okoniowatych, do których zaliczany jest okoń europejski, opartej wyłącznie o systemy recykulowane (RAS) działania związane z kontrolowaniem rozrodu polegają na opracowaniu protokołów umożliwiających ich całoroczną produkcję (Polcar i in. 2019). Zachowanie ciągłości produkcji okonia wymusza zatem na hodowcy posiadanie od kilku do nawet kilkunastu stad rozrodczych oraz cyklicznego przeprowadzania kontrolowanego tarła poza sezonem rozrodczym (Fontaine i in. 2015). Podobnie rzecz ma się w przypadku protokołu rozrodczego tworzonego na potrzeby wdrożenia technologii produkcji okonia opartej na integracji wychowu narybku w RAS oraz tuczu ryby handlowej w odpowiednio zmodyfikowanych stawach ziemnych. Obie sytuacje skutkują koniecznością opracowania odpowiedniego schematu postępowania z tarlakami, polegającego na umiejętnym sterowaniu procesem dojrzewania ryb za pomocą czynników środowiskowych, głównie temperatury i fotoperiodu. Okoń należy bowiem do grupy ryb, u których oba te czynniki mają decydujący wpływ na przebieg gametogenezy (Migaud i in. 2010).

Do regulacji czynników wykorzystywanych w trakcie stymulacji środowiskowej tarlaków okonia hodowanego/przetrzymanywanego w RAS, wykorzystano wiedzę dotyczącą przebiegu procesu związanego z rozwojem gonad w cyklu rocznym u dziko żyjących ryb okoniowatych, na który bezpośredni wpływ mają zmieniające się w ciągu roku kalendarzowego warunki termiczne i świetlne (Sulistyo i in. 1998, 2000). Istotnym okazało się wyodrębnienie trzech podstawowych faz dojrzewania gonad u tych gatunków: (1) indukcji procesu gametogenezy rozpoczynającej się późnym latem lub wczesną jesienią, przy spadku temperatury i skracającym się fotoperiodzie; (2) rozpoczęcia procesu witellogenezy w okresie późno jesiennym oraz zimowym, przy stałej temperaturze i krótkim dniu świetlnym oraz jej prawidłowego przebiegu przy powolnym wzroście temperatury i wydłużaniu się fotoperiodu wczesną wiosną; (3) zakończenia procesu witellogenezy i rozpoczęcia końcowego stadium dojrzewania gamet (FOM), przy wzroście temperatury i dalszym wydłużaniu się dnia świetlnego (Wang i in. 2010). Opracowany protokół stymulacji środowiskowej stosowany w celu uzyskania pełnej dojrzałości gonad u okonia wymaga zatem odpowiednio długiego okresu, w którym hodowca musi zapewnić tarlakom określony reżim dotyczący warunków fototermicznych. Wieloletnie badania dotyczące tego zagadnienia pozwoliły na opracowanie protokołu, który powinien zostać zastosowany w trakcie takiej stymulacji. W przypadku pełnego cyklu hodowanego okonia, opartego wyłącznie o RAS, w pierwszej fazie stymulacji środowiskowej (faza schładzania) sugeruje się zastosowanie długotrwałego, stopniowego obniżania temperatury wody (docelowo do 6°C), połączonego ze skracaniem długości dnia świetlnego o amplitudzie zmian od 4 do 8 godzin (Abdulfatah i in. 2011, 2013). W kolejnym etapie stymulacji (faza niskich temperatur), zarówno temperatura wody (6°C) jak i długość dnia świetlnego (8L:16D) powinny być utrzymywane na niezmiennym poziomie przez okres od 4 do nawet 6 miesięcy (Abdulfatah i in. 2013).

Ostatnią fazę (faza podgrzewania) cechuje sukcesywny wzrost temperatury wody do 12-14°C połączony ze stopniowym wydłużaniem fotoperiodu (Fontaine i in. 2015). W przypadku tarlaków pozyskiwanych ze stawów, gdzie procedurę rozrodu poza sezonem tarłowym rozpoczyna ich jesienny odłów i umieszczenie w systemie recykulowanym, opracowany protokół stymulacji środowiskowej jest znacznie krótszy (ok. 10 tygodni) przy zachowaniu tych samych faz związanych z manipulowaniem termiką wody i fotoperiodem (Żarski i in. 2019b; rys. 1).



Rys. 1. Schemat stymulacji środowiskowej stosowanej w celu uzyskania pełnej dojrzałości gonad u okonia poza sezonem tarłowym (za Żarski i in. 2019b, zmodyfikowane).

Przedstawione schematy postępowania umożliwiają osiągnięcie pełnej dojrzałości tarlaków okonia i przeprowadzenie ich efektywnego kontrolowanego tarła poza sezonem rozrodczym.

Istotnym problemem hodowlanym przy przeprowadzaniu kontrolowanego rozrodu ryb okoniowatych poza sezonem tarłowym, przy zastosowaniu wyłącznie stymulacji środowiskowej, jest słaba synchronizacja owulacji (Khendek i in. 2017). Skutkuje to szeroką rozpiętością terminu pozyskiwania gamet (nawet do 4 tygodni), a tym samym larw okonia. W konsekwencji prowadzi to często do problemów związanych z podchowem młodocianych stadiów tych gatunków (duże zróżnicowanie wielkościowe kohorty, kanibalizm wewnątrzpokoleniowy, np. Król in. 2019). Dlatego w celu synchronizacji tarła zaleca się stosowanie preparatów hormonalnych, oddziałujących na poziomie przysadki mózgowej lub gonad, które przyspieszają ostatnią fazę dojrzewania oocytów, tym samym skutecznie skracając okres pozyskiwania produktów płciowych (Żarski i in. 2015). W kontrolowanym rozrodzie ryb stosuje się głównie dwa rodzaje preparatów hormonalnych: gonadotropiny (GtH) oraz gonadoliberyny (GnRH), które oddziałują na innym poziomie osi podwzgórzowo-przysadkowo-gonadowej. Preparaty zawierające GtH stymulują gonady do produkcji hormonów steroidowych regulujących końcowe dojrzewanie gamet, podczas gdy te zawierające GnRH stymulują przysadkę mózgową do uwalniania endogennych gonadotropin (Mylonas i Zohar 2009). Te dwa rodzaje preparatów, o zupełnie odmiennym mechanizmie oddziaływania na organizm ryby, charakteryzują się również zróżnicowaną efektywnością u różnych taksonów, co jest związane ze specyficznym gatunkowo mechanizmem wewnętrznej regulacji układu dokrewnego po zastosowaniu tych stymulatorów. W kontrolowanym rozrodzie ryb okoniowatych skuteczne okazały się zarówno preparaty hormonalne oparte na ludzkiej gonadotropinie kosmówkowej (hCG; z ang. *human chorionic gonadotropin*), jak i na ssaczyc (mGnRH_a) bądź łososiowych (sGnRH_a) analogach gonadoliberyn (Żarski i in. 2015). Na podstawie wyników wieloletnich badań dotyczących stosowania preparatów hormonalnych w celu wywołania owulacji i spermacji u tej rodziny

ryb, ze względu na efektywność w praktyce hodowlanej można rekomendować stosowanie sGnRH_a (Żarski i in. 2015, 2017a, 2019b). Skuteczność mGnRH_a w przeprowadzeniu kontrolowanego rozrodu wymaga bowiem zastosowania relatywnie wyższych dawek analogu gonadoliberyny (Kouril i in. 1997). Z kolei w odpowiedzi na stosowanie hCG obserwowano m.in. znacznie wyższy poziom kortyzolu oraz glukozy w plazmie krwi stymulowanych ryb (co sugeruje silną odpowiedź stresową po zastosowaniu tego preparatu), wzrost zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych w owulowanych jajach (co może mieć wpływ na jakość larw, dla których owe kwasy stanowią istotny rezerwuar niezbędnych składników odżywczych w okresie odżywiania endogennego) oraz nadmierną produkcję testosteronu, który charakteryzuje się długim okresem półtrwania i jest silnym agonistą wpływającym na produkcję hormonów steroidowych (mogącym w konsekwencji przyczynić się do wczesnego starzenia się gamet w gonadach) (Żarski i in. 2017b, 2019a). Podkreślić należy, iż wszystkie wymienione preparaty charakteryzują się wysokim stopniem standaryzacji dotyczącej zawartości hormonów, ułatwiającym ich stosowanie w praktyce (w przeciwieństwie do ekstraktów z przysadki mózgowej karpia lub innych ryb zawierających bliżej nieokreśloną ilość gonadotropin). Warto również dodać, iż stosowanie preparatów zawierających analogi gonadoliberyn wraz z blokerami dopaminy (Ovopel czy Ovaprim), tak skuteczne w przypadku indukowania owulacji u wielu gatunków ryb karpiowatych, okazały się zupełnie nieprzydatne w odniesieniu do ryb okoniowatych (Roche i in. 2018).

Podsumowując, temperatura i fotoperiod poprzez swoje oddziaływanie na cykl rozrodczy samic okoniowatych, uważane są za czynniki zarówno determinujące jak i modulujące ich dojrzewanie, od momentu inicjacji gametogenezy po zakończenie witellogenezy w oocytach. Natomiast nadal niewiele wiadomo na temat roli jaką pełnią czynniki środowiskowe w procesach endokrynologicznych,

związanych zarówno z końcową fazą dojrzałości oocytów (FOM), jak i tych wywołujących owulację oraz determinujących końcową jakość pozyskiwanych gamet. Pewne jest, iż u okoniowatych wzrost temperatury jest czynnikiem niezbędnym do zainicjowania FOM a tym samym prawdopodobnie także do wywołania owulacji. Inicjacja FOM następuje po zakończeniu witellogenesezy w oocytach i ma charakter asynchronicznego procesu rozłożonego w czasie, przebiegającego w sposób zróżnicowany u poszczególnych osobników. Tym samym, w trakcie kontrolowanego rozrodu poszczególne samice mogą owulować w dużej rozpiętości czasowej, dochodzącej nawet do kilkudziesięciu dni. Dlatego też, aby jak najlepiej zsynchronizować gotowość tarłową samic okonia w danym stadzie, celowym jest podanie preparatu hormonalnego jeszcze przed zainicjowaniem FOM. Pomimo tego, iż w ostatnich latach opracowano metody bezpośredniej oceny jakości jaj u okonia, oparte na cechach morfologicznych i układzie organelli komórkowych dojrzewających gamet, umożliwiającą weryfikację przydatności danej partii ikry w trakcie tarła (Żarski i in. 2011, 2012), pozyskiwanie dobrej jakości jaj, zarówno bez jak i z zastosowaniem stymulacji hormonalnej, w dalszym ciągu jest mało przewidywalne (Schaerlinger i Żarski 2015). Trzeba pamiętać, iż w przypadku większości gatunków ryb, w tym także okoniowatych, to końcowa jakość produktów płciowych, pozyskiwanych w trakcie kontrolowanego rozrodu, decyduje o sukcesie rozrodczym i ma bardzo duży wpływ na przebieg dalszych etapów hodowlanych (Fontaine i in. 2015).

Literatura

- Abdulfatah A., Fontaine P., Kestemont P., Gardeur J.N., Marie M. 2011. Effects of photothermal kinetic and amplitude of photoperiod decrease on the induction of the reproduction cycle in female Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 322-323: 169–176.

- Abdulfatah A., Fontaine P., Kestemont P., Milla S., Marie M. 2013. Effects of the thermal threshold and the timing of temperature reduction on the initiation of reproduction cycle in female of Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 376–379: 90–96.
- Fontaine P., Wang N., Hermelink B. 2015. Broodstock management and control of reproductive cycle. W: *Biology and culture of percid fishes* (Red.) P. Kestemont, K. Dabrowski, R.C. Summerfelt. Springer Netherlands Dordrecht: 103–122.
- Khendek A., Alix M., Viot S., Ledoré Y, Rousseau C., Mandiki R., Kestemont P., Policar T., Fontaine P., Milla S. 2017. How does a domestication process modulate oogenesis and reproduction performance in Eurasian perch? *Aquaculture* 273: 206–214.
- Kouril J., Linhart O., Relot P. 1997. Induced spawning of perch by means of a GnRH analogue. *Aquac. Int.* 5: 375–377.
- Król J., Długoński A., Błażejowski M., Hliwa P. 2019. Effect of size sorting on growth, cannibalism, and survival in Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. postlarvae. *Aquac. Int.* 27: 945–955.
- Migaud H., Davie A., Taylor J.F. 2010. Current knowledge on the photo-neuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species. *J. Fish Biol.* 76: 27–68.
- Mylonas C., Zohar Y. 2009. Controlling fish reproduction in aquaculture. W: *New Technologies in Aquaculture: Improving Production Efficiency, Quality and Environmental Management* (Red.) G. Burnell, G. Allan. Woodhead Publishing Limited: 109-142.
- Policar T., Schaefer F.J., Panana E., Meyer S., Teerlinck S., Toner D., Źarski D. 2019. Recent progress in European percid fish culture production technology - tackling bottlenecks. *Aquac. Int.* 27: 1151–1174.

- Roche J., Źarski D., Khendek A., Ben Ammar I., Broquard C., Depp A., Ledoré Y., Policar T., Fontaine P., Milla S. 2018. D1, but not D2, dopamine receptor regulates steroid levels during the final stages of pikeperch gametogenesis. *Animal* 12: 2587–2597.
- Schaerlinger B., Źarski, D. 2015 - Evaluation and Improvements of Egg and Larval Quality in Percid Fishes. W: *Biology and culture of percid fishes* (Red.) P. Kestemont, K. Dabrowski, R.C. Summerfelt. Springer Netherlands: 193-226.
- Sulistyo I., Fontaine P., Rinchar J., Gardeur J.N., Migaud H., Capdeville B., Kestemont P. 2000. Reproductive cycle and plasma levels steroids in male Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquat. Living Resour.* 13: 99–106.
- Sulistyo I., Rinchar J., Fontaine P., Gardeur J.N., Capdeville B., Kestemont P. 1998. Reproductive cycle and plasma levels of sex steroids in female Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquat. Living Resour.* 11: 101–110.
- Wang N., Teletchea F., Kestemont P., Milla S., Fontaine P. 2010. Photothermal control of the reproductive cycle in temperate fishes. *Rev. Aquac.* 2: 209–222
- Źarski D., Bernáth G., Król J., Cejko B.I., Bokor Z., Palińska-Źarska K., Milla, S., Fontaine P., Krejszef S. 2017a. Effects of hCG and salmon gonadolibere analogue on spermiation in the Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). *Theriogenology* 104: 179–185.
- Źarski D., Fontaine P., Roche J., Alix M., Blecha M., Broquard C., Król J., Milla S. 2019a. Time of response to hormonal treatment but not the type of a spawning agent affects the reproductive effectiveness in domesticated pikeperch, *Sander lucioperca*. *Aquaculture* 503: 527–536.
- Źarski D., Horváth Á., Held J.A., Kucharczyk D. 2015. Artificial reproduction of percid fishes. W: *Biology and culture of percid fishes* (Red.) P. Kestemont, K. Dabrowski, R.C. Summerfelt. Springer Netherlands: 123-161.

- Żarski D., Krejszeff S., Horvath A., Bokor Z., Palińska K., Szentes K., Łuczyńska J., Targońska K., Kupren K., Urbanyi B., Kucharczyk D. 2012. Dynamics of composition and morphology in oocytes of Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L., during induced spawning. *Aquaculture* 364–365: 103–110.
- Żarski D., Palińska K., Targońska K., Bokor Z., Kotrik L., Krejszeff S., Kupren K., Horvath A., Urbanyi B., Kucharczyk D. 2011. Oocyte quality indicators in Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L., during reproduction under controlled conditions. *Aquaculture* 313: 84–91.
- Żarski D., Palińska-Żarska K., Krejszeff S., Król J., Milla S., Fontaine P., Bokor Z., Urbányi B. 2019b. A novel approach for induced out-of-season spawning of Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 512: 734300.
- Żarski D., Palińska-Żarska K., Łuczyńska J., Krejszeff S. 2017b. The type of spawning agent affects the egg composition during out-of-season spawning but not during in-season spawning in Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 245: 19–29.

Optymalizacja i standaryzacja inkubacji ikry oraz podchowu wczesnych stadiów rozwojowych okonia w recyrkulowanych obiegach zamkniętych

*Katarzyna Palińska-Żarska¹, Jarosław Król¹, Sławomir Krejszeff¹, Piotr Hliwa²,
Daniel Żarski³*

¹Institut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza – PIB w Olsztynie

²Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

³Institut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie

Od lat 90-tych XX w. okoń europejski, uważany jest coraz częściej za jeden z kluczowych gatunków do dywersyfikacji akwakultury w Europie oraz obiekt badań procesu udomowienia (Fontaine 2009). I chociaż prace nad rozwojem produkcji tego gatunku rozpoczęły się już ponad 30 lat temu, to badania nad jego biologią, technologią podchowu i rozrodu oraz wychowu larw w warunkach kontrolowanych są wciąż optymalizowane i rozwijane (Fontaine i Teletchea 2019). Żeby sprostać rosnącym wymaganiom rynku i konsumentów produkcja musi odznaczać się stabilnością i możliwością ciągłych, a nie „skokowych” dostaw materiału. Dlatego też, bardzo ważna staje się wiedza o wychowie larw i narybku okonia w recyrkulowanych obiegach zamkniętych (RAS), także poza sezonem rozrodczym. Aby tego dokonać należy najpierw poznać biologię larw i narybku, kluczowe momenty ich rozwoju ontogenetycznego, a następnie stworzyć wystandaryzowane i zoptymalizowane procedury podchowu, gwarantujące możliwie najwyższą efektywność produkcji.

Wczesne stadia rozwojowe (embriony, larwy i narybek) pomimo tego, że czasowo stanowią „niewielki wycinek” z życia ryby, są niezwykle istotne z punktu widzenia prawidłowego rozwoju,

a w konsekwencji także rozwoju produkcji danego gatunku. Larwy ryb, morfologicznie oraz funkcjonalnie stanowią bowiem odmienny organizm w porównaniu do dorosłych osobników (np. Palińska-Żarska i in. 2021). Ważne jest również to, że w okresie larwalnym, zachodzą najbardziej znaczące zmiany natury morfologicznej, fizjologicznej oraz behawioralnej, takie jak: gwałtowny wzrost masy oraz długości ciała, rozpoczęcie odżywiania egzogenego (tj. odżywiania niezależnego od substancji zapasowych zmagazynowanych w woreczku żółtkowym), redukcja kropli tłuszczu, czy też napełnienie pęcherza pławnego (Palińska-Żarska i in. 2019, 2020, 2021). Wiedza w takim zakresie, a także wystandaryzowane i zoptymalizowane procedury wychowu wczesnych stadiów rozwojowych okonia, mogą pozwolić na uniknięcie błędów, mogących rzutować na sukces hodowlany.

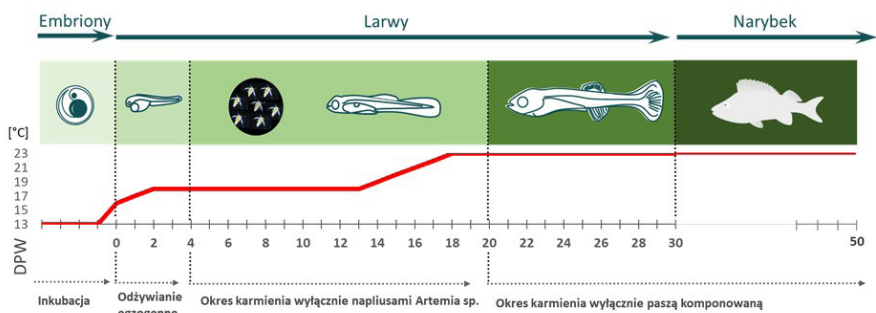
Dotychczasowe informacje dotyczące podchowu larw i narybku okonia koncentrowały się głównie na końcowym efekcie tego procesu. Dostępne dane literaturowe dostarczają przede wszystkim ogólnych zasad podchowu dotyczących np.: optymalnych reżimów termicznych (około 18-23°C), protokołów pierwszego karmienia („drobny solowiec – *Artemia* sp.” między 2 a 4 dniem po wykluciu – DPW), strategii przechodzenia z pokarmu żywego na pasze komponowane (tzw. *co-feeding* między 21 a 24 DPW) (Palińska-Żarska i in. 2019). Jednak informacje te pochodziły w większości z niewystandaryzowanych protokołów podchowu, co znacznie utrudnia, a niekiedy wręcz uniemożliwia ich porównanie (tab. 1). Pojawiają się również sprzeczne dane, gdzie ta sama zmienna (np. czarny kolor ściany zbiornika) miała zarówno pozytywny (Jentoft i in. 2006), jak i negatywny (Tamazouzt i in. 2000) wpływ na skuteczność podchowu larw. W efekcie, zgodnie z opublikowanymi danymi, dysponujemy co prawda protokołami hodowli dorosłych ryb, ale praktycznie brak jest zoptymalizowanych i powtarzalnych protokołów efektywnego podchowu wczesnych stadiów rozwojowych okonia.

Tabela 1. Podstawowe parametry stosowane w trakcie podchowu larw okonia. DPW – dni po wykłuciu, D:N – Dzień:Noc, ENPP – efektywność napełnienia pęcherza pławnego (Palińska-Żarska i in. 2019 – zmodyfikowane).

Rozpoczęcie karmienia (DPW)	Pierwszy pokarm	Przejście na paszę	Temp. (°C)	Fotoperiod (D:N)	Kolor zbiorników	Zagęszczenie (os./l)	ENPP (%)	Przeżywalność		Literatura
								DPW	(%)	
1	Artemia sp.	-	20	16:8	-	< 100	-	21	14-20	Baras i in. 2003
0	zooplankton	-	10-23	-	-	4-16	20-42	24	29-86	Bein i Ribl 1994
3	Artemia sp.	-	18-20	-	-	< 100	-	-	-	Cuvier-Peres i Kestemont 2002
0	Artemia sp. SFO	28 DPW co-feeding	16	24:0	czarny	< 1	-	35	25	Jentoft i in. 2006
3	GSL Artemia sp.	co-feeding	23	14:10	-	40	-	-	-	Kestemont i in. 2003
0	Artemia sp.	17 DPW co-feeding	22-23	14:10	-	14	-	42	71-99	Mandiki i in. 2004
0	Artemia sp.	14 DPW co-feeding	22-23	-	-	10	-	-	-	Mandiki i in. 2007
0	wrotki/ Artemia sp.	7 DPW co-feeding	20-23	-	-	1-9	-	-	-	Mélard i in. 1996
0	zooplankton	-	14-19	12:12	-	4	-	27	10-17	Ribl 1992
0	mrożony zooplankton	4 DPW	20-22	14:10	biały i jasno-szary	10	-	15	13-17	Tamazout i in. 2000
0	Artemia sp.	-	21	16:8	-	10	-	14	57-87	Vlavorou i in. 1999

Podchów wczesnych stadiów okonia w środowisku kontrolowanym, jakim jest np. RAS, umożliwia dostosowanie oraz modyfikowanie warunków życia ryb w sposób pożądany przez hodowcę. Dzięki takiemu podejściu możliwe stało się stworzenie powtarzalnych, zoptymalizowanych warunków, które przekładają się na wysoką przeżywalność obsady i oczekiwany szybki wzrost (Palińska-Żarska i in. 2020, 2021). Zaraz po zapłodnieniu ikrę okonia umieszcza się w zbiornikach ze stałym przepływem wody i możliwością regulacji temperatury. Istotnym elementem inkubacji ikry jest konieczność rozłożenia jej możliwie najbardziej „na płasko” na siatkach (o średnicy oczka nie większej niż 1 mm). Taki sposób inkubacji (ikra u okonia występuje w postaci „taśm” przypominających rękaw) zapewni jajom możliwie największy dopływ tlenu, którego niedobory są niezwykle niebezpieczne dla zarodków, zwłaszcza w późniejszych etapach ich rozwoju. Zgodnie ze stosowanym protokołem, temperatura wody w zbiornikach z ikrą powinna wynosić 13°C i zostać podniesiona stopniowo do 15°C w momencie pojawienia się pierwszych klujących się larw (rys. 1). Podniesienie temperatury synchronizuje wyklucie, które w przypadku larw okonia (bez jakiegokolwiek manualnej pomocy ze strony hodowcy), może trwać nawet do 5 dni (Alix i in. 2015). Moment masowego klucia larw należy uznać za 0 DPW. Wyklute larwy należy podchowrywać w możliwie najciemniejszych zbiornikach (najlepiej czarnych). Przeprowadzone badania wykazały, że w czarnych zbiornikach notowano statystycznie niższą śmiertelność oraz większą efektywność napełnienia pęcherza pławnego (ENPP) w porównaniu do larw podchowrywanych w zbiornikach białych (Palińska-Żarska i in. 2019).

Pierwszy żywy pokarm podaje się larwom w 4 DPW i do 8 DPW karmi się je - *ad libitum* - naupliusami solowca (o wielkości ok. 430 μm; AF origin). Po tym czasie larwy są wystarczająco duże by zacząć podawać im większych rozmiarów naupliusy solowca (o wielkości ok.



Rys. 1. Uproszczony schemat procedury podchowu wczesnych stadiów rozwojowych okonia.

660 μm ; GSL origin). Karmienie larw żywym pokarmem kontynuuje się przez kolejne 10 dni podchowu. Po tym czasie (w temperaturze docelowej mieszczącej się w przedziale od 21 do 23°C) następuje „gwałtowne” przestawienie larw z pokarmu żywego na paszę (bez tzw. *co-feedingu*, czyli podawania larwom równocześnie pokarmu żywego i paszy) (patrz rys. 1). Od tego momentu karmi się je już wyłącznie paszą komponowaną. Przez cały okres podchowu larw, zachowywany jest stały fotoperiod (24D:0N), przy świetle o natężeniu 1500 lux (mierzonym na powierzchni wody). W zaproponowanym protokole, przy zaprezentowanym reżimie temperaturowym oraz żywieniowym, około 30 DPW kończy się okres larwalny okonia. Ryby finalnie tracą wtedy specyficzne „organy” larwalne, takie jak np. fałd płetwowy czy woreczek żółtkowy i od tego momentu uznaje się je za narybek. Podchów narybku okonia nie stwarza wielu problemów. Zgodnie z protokołem ryby podchowywane są w temperaturach z przedziału 21-23°C, uważanych za optymalne na tym etapie cyklu hodowlanego (biorąc pod uwagę pożądane tempo wzrostu i pojawiającą się śmiertelność) (np. Kestemont i in. 2003).

Podsumowując, stworzony protokół „porządkuje” oraz wprowadza nowe, (eksperymentalnie przetestowane) elementy do wiedzy

na temat wychowu wczesnych stadiów rozwojowych okonia. Jest to wiarygodne, powtarzalne narzędzie, dzięki któremu hodowca jest w stanie krok po kroku przejść przez ten dość skomplikowany etap produkcji, jakim jest praca z „najmłodszymi” stadiami tego gatunku. Stosując się do wypracowanych eksperymentalnie procedur jesteśmy bowiem w stanie zrozumieć pojawiające się zjawiska i odpowiedzieć na pytania, np. dlaczego pod koniec inkubacji ikry może występować podwyższona śmiertelność embrionów?, dlaczego w pewnych momentach pojawia się masowa śmiertelność larw, pomimo braku chorób (np. około 9–10 DPW, kiedy sną wszystkie te larwy które nie rozpoczęły odżywiania egzogenego a wykorzystały już cały dostępny w woreczku żółtkowym materiał)?, czy też czemu kilka dni po przejściu na pasze komponowane, nagle zwiększa się znacznie kanibalizm? Ponadto dzięki wypracowanym standardom jesteśmy, nawet z wyprzedzeniem, przewidzieć pewne zjawiska, być na nie przygotowanym i starać się im przeciwdziałać.

Literatura

- Alix M., Chardard D., Ledore Y., Fontaine P., Schaerlinger B. 2015 An alternative developmental table to describe non-model fish species embryogenesis: application to the description of the Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L. 1758) development. *EvoDevo* 6, 39.
- Baras E., Kestemont P., Melard C. 2003. Effect of stocking density on the dynamics of cannibalism in sibling larvae of *Perca fluviatilis* under controlled conditions. *Aquaculture* 219: 241–255.
- Bein R., Ribi G. 1994 Effect of larval density on the development of perch larvae (*Perca fluviatilis* L.). *Aquat. Sci.* 56:97–105.
- Cuvier-Peres A., Kestemont P. 2002. Development of some digestive enzymes in Eurasian perch larvae *Perca fluviatilis*. *Fish. Physiol. Biochem.* 24:279–285.

- Fontaine P. 2009. Développement de la pisciculture continentale européenne et domestication de nouvelles espèces. 18.
- Fontaine P., Teletchea F. 2019. Domestication of the Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). Animal Domestication, IntechOpen, 2019.
- Jentoft S., Øxnevad S., Aastveit AH., Andersen Ø. 2006. Effects of tank wall color and up-welling water flow on growth and survival of Eurasian perch larvae (*Perca fluviatilis*). J. World. Aquacult. Soc. 37: 313–317.
- Kestemont P., Jourdan S., Houbart M., Melard C., Paspatis P., Fontaine P., Cuvier A., Kentouri M., Baras E. 2003. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. Aquaculture 227: 333–356.
- Mandiki SNM., Blanchard G., Mélard C., Koskela J., Kucharczyk D., Fontaine P., Kestemont P. 2004. Effects of geographic origin on growth and food intake in Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) juveniles under intensive culture conditions. Aquaculture 229: 117–128.
- Mandiki SNM., Babiak I., Krol J., Rasolo JFR., Kestemont P. 2007. How initial predator-prey ratio affects intracohort cannibalism and growth in Eurasian perch *Perca fluviatilis* L larvae and juveniles under controlled conditions. Aquaculture 268: 149–155.
- Mélard C., Baras E., Mary L., Kestemont P. 1996. Relationships between stocking density, growth, cannibalism and survival rate in intensively cultured larvae and juveniles of perch (*Perca fluviatilis*). Ann. Zool. Fenn. 33: 643–651.
- Palińska-Żarska K., Krejszeff S., Łopata M., Żarski D. 2019. Effect of water hardness, temperature, and tank wall color, on the effectiveness of swim bladder inflation and survival of Eurasian perch (*Perca luviatilis*, L.) larvae reared under controlled conditions Aquacult. Int. 27 (4): 931–943.

- Palińska-Żarska K., Król J., Woźny M., Kamaszewski M., Szudrowicz H., Wiechetek W., Brzuzan P., Fopp-Bayat D., Żarski D. 2021. Domestication affected stress and immune response markers in *Perca fluviatilis* in the early larval stage. *Fish & Shellfish Immunol.* 114: 184–198.
- Palińska-Żarska K., Woźny M., Kamaszewski M., Szudrowicz H., Brzuzan P., Żarski D. 2020. Domestication process modifies digestion ability in larvae of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*), a freshwater Teleostei. *Sci. Rep.* 10: 2211.
- Ribi G. 1992. Perch larvae (*Perca fluviatilis* L.) survive better in dilute sea water. *Aquat. Sci.* 54: 85–90.
- Tamazouzt L., Chatain B., Fontaine P. 2000. Tank wall colour and light level affect growth and survival of Eurasian perch larvae (*Perca fluviatilis* L.). *Aquaculture* 182: 85–90.
- Vlavanou RS., Masson G., Moreteau J. 1999. Growth of *Perca fluviatilis* larvae fed with *Artemia* spp. nauplii and the effects of initial starvation. *J. Appl. Ichthyol.* 15: 29–33.

Biotechnologiczne aspekty akwakultury okonia

Piotr Hliwa¹, Daniel Źarski², Jarosław Król³

¹Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

²Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie

³Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza – PIB w Olsztynie

Pomimo, że akwakultura jest najszybciej rozwijającym się sektorem produkcji żywności pochodzenia zwierzęcego na świecie, to stanowi ona wciąż stosunkowo niewielką część gospodarki UE oraz Polski. Wprowadzenie „nowych” gatunków do akwakultury, wraz z szerszym stosowaniem zdobyczy biotechnologii, są jednymi z najistotniejszych warunków dalszego rozwoju sektora. W niniejszym opracowaniu omówiono wykorzystanie technik biotechnologicznych w odniesieniu do hodowli okonia m.in. krótko- i długoterminowego przechowywania (kriokonserwacji) gamet czy też osiągnięć inżynierii chromosomowej umożliwiającej powielanie materiału genetycznego i tworzenia osobników poliploidalnych, bądź produkcji jedнопłciowych stad ryb (Beaumont i in. 2010, Judycka i in. 2022).

W praktyce wylęgarniczej, w celu synchronizacji sztucznego rozrodu tarlaków, stosuje się często technikę krótko- i długookresowego przechowywania gamet. Pozwala to hodowcom efektywniej kontrolować rozród, niwelować ewentualne problemy wynikające np. z niskiej jakości lub niewystarczającej ilości świeżo pozyskanego nasienia czy zachować cenny materiał genetyczny wyselekcjonowanych osobników (Asturiano i in. 2017).

W gametach zaraz po ich pozyskaniu inicjowane są nieodwracalne zmiany, podobne do procesu starzenia, które zachodzą również

w gonadach żywych osobników (Samarin i in. 2011). Generalnie, u ryb krótkookresowe przechowywanie nasienia jest zabiegiem prostszym niż przechowywanie jaj. W zależności od gatunku nasienie może być bowiem przechowywane w warunkach chłodniczych czyli w temperaturze około +4°C od kilku dni, jak u karpia (Ravinder i in. 1997), do ponad jednego miesiąca np. u pstrąga tęczowego (McNiven i in. 1993). Czas przechowywania gamet w taki sposób uzależniony jest od temperatury, przy czym im jest ona niższa, tym dłuższe możliwe ich przetrzymywanie. Czas przechowywania jest natomiast ujemnie skorelowany z jakością gamet (Bobe i Labbe 2009, Samarin i in. 2011). Krótkookresowe przechowywanie jaj jest zazwyczaj o wiele bardziej efektywne, kiedy nie używa się w tym celu jakichkolwiek dodatków (rozcieńczalników). Wyjątkiem jest tutaj płyn owaryjny, zapewniający utrzymanie właściwej wilgotności komórek jajowych, nie wpływający negatywnie na ich jakość względem czasu przetrzymywania (Bobe i Labbe 2009). W przypadku okonia możliwość krótkookresowego przechowywania jaj ma duże znaczenie, ponieważ znacznie ułatwia koordynację działań w trakcie kontrolowanego rozrodu, zwłaszcza przy zróżnicowanym czasie owulacji samic z danego stada tarłowego czy prowadzeniu rozrodu poza sezonem tarłowym (Żarski i in. 2015). Czas efektywnego krótkookresowego przechowywania może być skrócony w przypadku jaj, których taśmy uległy pofragmentowaniu lub były częściowo przejrzyste (Lahnsteiner 2000).

Pobrane nasienie musi zachować w trakcie przechowywania odpowiednią jakość oraz zdolność zapładniającą. Nierozcieńczone nasienie okonia może być efektywnie przechowywane maksymalnie przez jedną godzinę (Żarski i in. 2015). Można jednak ten czas wydłużyć, nawet do kilku dni. Taką zdolność zapewniają opracowane doświadczalnie specjalne rodzaje rozcieńczalników, dodatkowo ograniczających m.in. szkodliwy wpływ zanieczyszczenia nasienia

krwią lub moczem (Bernáth i in. 2014). W trakcie przechowywania nasienia przez kilka dni, do zamkniętych probówek należy wtłoczyć tlen. Poza tym należy też kontrolować poziom odwodnienia próbek nasienia i mieszanie go co kilka godzin (Bernáth i in. 2014, Żarski i in. 2015).

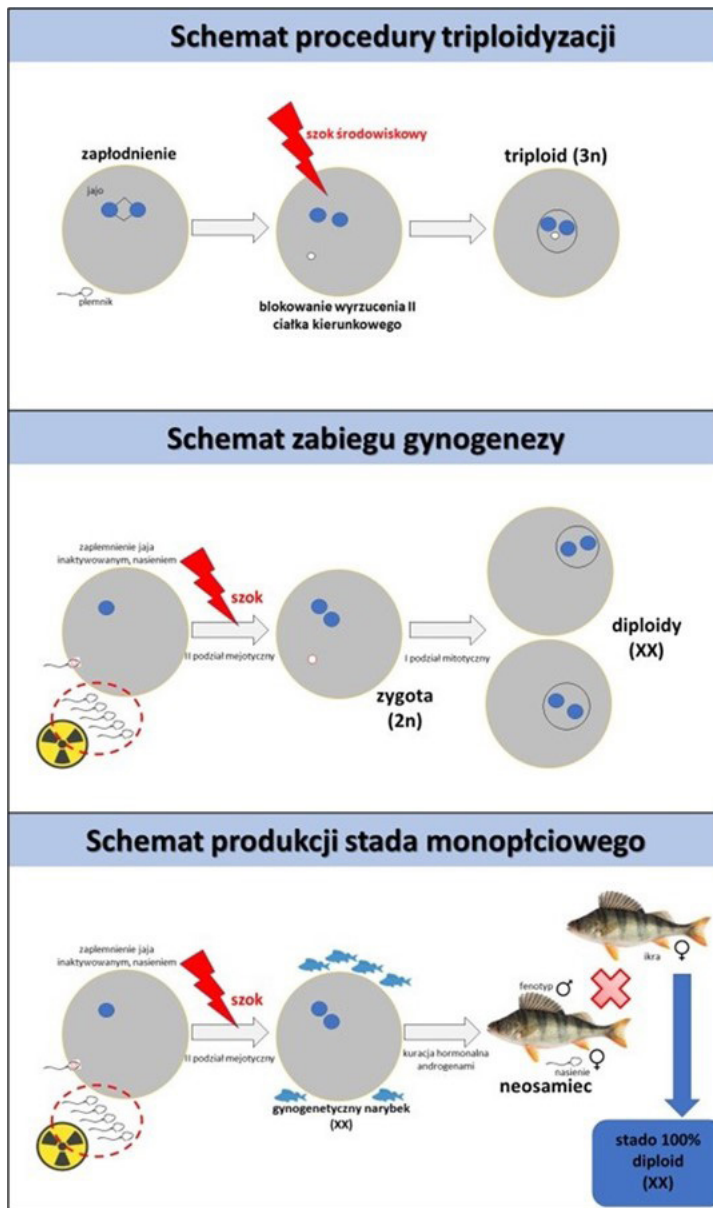
Kriokonserwacja nasienia jest metodą stosowaną w praktyce hodowlanej, w tym rybackiej, zarówno w odniesieniu do zwierząt gospodarskich, jak i dziko żyjących. W okresie tarła ryb może ona ułatwić synchronizację spermacji i owulacji, pozwolić na zachowanie wysokiej jakości gamet oraz uprościć zarządzanie stadem tarłowym. Najczęściej zamraża się nasienie, ale ostatnie lata przynoszą coraz więcej informacji na temat skutecznej kriokonserwacji ikry czy pierwotnych komórek płciowych tej grupy kręgowców (Martínez-Páramo i in. 2017). Kriokonserwacja nasienia polega na zamrożeniu go w oparach ciekłego azotu a następnie przechowywaniu w temperaturze -196°C , po uprzednim rozrzedzeniu w specjalnych rozcieńczalnikach i krioprotektantach. Zamrażanie odbywa się w specjalnych pojemnikach wypełnionych ciekłym azotem lub urządzeniach do zamrażania w warunkach kontrolowanych.

Jak do tej pory wystandaryzowane protokoły kriokonserwacji nasienia zostały opracowane tylko dla niektórych gatunków ryb słodkowodnych, m. in. łososiowatych, karpiowatych, jesiotrów czy sumów (Cabrita i in. 2010). Do niedawna głównym ograniczeniem opracowania procedury kriokonserwacji nasienia okonia był brak standaryzacji odpowiednich krioprotektantów i szybkiego określania koncentracji plemników, co jest niezbędne do optymalizacji warunków zabiegu i ewentualnego upowszechnienia wykorzystania kriokonserwowanego nasienia w praktyce rybackiej (Judycka i in. 2019). Taki protokół opracowali Judycka i in. (2022), którzy w badaniach położyli nacisk na kriokonserwację nasienia okonia w skali komercyjnej. W zoptymalizowanej procedurze wykorzystano nową

formułę rozcieńczalnika zawierającego 0,30 M glukozy, 7,5% metanolu i 25 mM KCl dla nasienia o koncentracji rzędu $3,0 \times 10^9$ /ml plemników. Suplementacja tego rozcieńczalnika skutkowała wysoką ruchliwością plemników (rzędu 54%), nawet do 30 minut po rozmrożeniu nasienia, wykazując znaczną poprawę w porównaniu z wcześniejszymi badaniami przeprowadzonymi u tego gatunku. Ponadto taka procedura umożliwiła zapłodnienie do 237 g jaj (czyli ok. 120 tys. jaj) w jednej aplikacji, co jest często konieczne w warunkach produkcyjnych.

Triploidyzacja to rodzaj manipulacji genomowej prowadzącej do uzyskania osobników o powiększonym o 50% zestawie chromosomów ($3n$) wobec osobników rodzicielskich. Dokonuje się tego poprzez zatrzymanie drugiego ciała kierunkowego w komórce jajowej wkrótce po zaplemnieniu, ale przed pierwszym podziałem mitotycznym zygoty (rys. 1) (Malison i in. 1993). Ryby triploidalne zyskują obecnie coraz większe zainteresowanie hodowców, przede wszystkim ze względu na potencjalnie szybsze tempo ich wzrostu, wynikające z przekierowania energii wyłącznie na wzrost somatyczny, nie zaś na rozwój i budowę gonad (Pandian i Koteeswaran 1998).

Zabieg triploidyzacji przeprowadza się z wykorzystaniem różnych metod. Najczęściej u ryb stosowane są szoki termiczne, ciśnieniowe oraz chemiczne (z użyciem kolchicyny czy cytochalazyny B) (Ihssen i in. 1990, Malison i in. 1993). Parametry szoku termicznego ustalane są eksperymentalnie, indywidualnie dla każdego gatunku i dotyczą one najczęściej: temperatury szoku, czasu jego wykonania od momentu który upłynął od zaplemnienia komórki jajowej oraz czasu trwania samego szoku termicznego (Pandian i Koteeswaran 1998). Przy ustalaniu temperatury szoku najczęściej obowiązuje zasada, iż wysoką temperaturę ($26-32^\circ\text{C}$) stosuje się u tzw. gatunków zimnolubnych, natomiast niską ($4-7^\circ\text{C}$) u tzw. gatunków ciepłolubnych (Basavaraju 2002).



Rys. 1. Schematy procedur biotechnologicznych wykorzystywanych w akwakulturze okonia.

U krewniaka okonia europejskiego czyli okonia żółtego *Perca flavescens* (Mitchill) najefektywniejsze przy produkcji stad triploidalnych okazały się warianty, gdzie stosowano szok ciepły (temperatura wody 28-30°C), 5 min po zaplemnieniu, trwający przez 10 lub 25 min (Malison i in. 1993). Z kolei 100% odsetek triploidów uzyskali u okonia europejskiego wykorzystując bardzo zbliżone parametry szoku środowiskowego, tj. temperaturę 30°C, moment inicjacji 5 lub 7 min po zaplemnieniu, czas trwania 25 min (Rougeot i in. 2003).

W ramach eksperymentalnych prac związanych z produkcją triploidalnych stad ryb okoniowatych wykorzystywano też szoki ciśnieniowe. Efektywność tych zabiegów była jednak mocno zróżnicowana bowiem np. Malison i in. (1993) uzyskali 50% triploidalnych osobników okoni żółtych w grupie, ale przy bardzo wysokiej śmiertelności obsad. Najlepsze pod względem hodowlanym, w tym przypadku okazały się warianty szoków, kiedy stosowano najwyższe wartości ciśnienia, rzędu 9000 i 11000 PSI przez 12 min, a szoki inicjowano 5 min po zapłodnieniu.

Z kolei badania Stabińskiej (2019) polegające na indukcji triploidyzacji u okonia europejskiego z zastosowaniem szoku hydrostatycznego wykazały, że skuteczne i potencjalnie możliwe do wykorzystania w praktyce rybackiej są jedynie warianty, w których stosowano 12-minutowy czas trwania szoku, inicjowany 4 min po zapłodnieniu. Jednocześnie najwyższy odsetek triploidów wynoszący 50,3%, uzyskano w grupie poddanej działaniu ciśnienia hydrostatycznego o wartości 9000 PSI. W wariantach, gdzie ikrę poddano działaniu ciśnienia o niższej wartości, rzędu 7000–8000 PSI, ten odsetek był zdecydowanie niższy (6–10%).

Okoń, podobnie jak wiele innych rodzimych gatunków ryb, cechuje zróżnicowanie tempa wzrostu somatycznego samców i samic, szczególnie zauważalne u osobników dojrzewających płciowo.

Generalnie to samice okonia rosną szybciej i zazwyczaj osiągają większe rozmiary ciała (Mélard i in. 1996). Ze względów ekonomicznych pożądana jest więc możliwość modelowania płci ryb i produkowania wyłącznie samiczych – jedнопłciowych stad. Jedną z najczęściej stosowanych metodą jest gynogeneza (rys. 1). Polega ona, w pierwszym etapie, na zaplemnieniu pozyskanych jaj plemnikami inaktywowanymi genetycznie, co skutkuje uzyskaniem haploidalnych embrionów. Przywrócenie diploidalności rozwijających się zarodków dokonuje się natomiast wskutek zaburzenia przebiegu drugiego podziału mejozytycznego (zablokowanie odrzucenia ciałka kierunkowego II rzędu) w przypadku tzw. gynogenezy heterozygotycznej albo przez zablokowanie pierwszego podziału mitotycznego, w przypadku gynogenezy homozygotycznej.

Badania nad gynogenezą u okonia, prowadzono m.in. poddając grupy jaj szokowi termicznemu przenosząc je do wody o temperaturze w zakresie 28-34°C. Stosowanie szoku inicjowano odpowiednio po 3, 5, 7, 9 lub 11 min od momentu aktywacji gamet, a jego czas wynosił 2, 3, 4, 5 lub 7 min. W efekcie gynogenetyczne potomstwo otrzymano w większości doświadczalnych grup, przy czym najwyższy odsetek (do 25%) odnotowano w wariantach, w których szok zastosowano 5 lub 7 min po aktywacji gamet, temperaturze wody 30-33°C, a jego czas wynosił od 4 do 7 min. Szoki w wodzie o niższej temperaturze (28-29°C) okazały się mniej skuteczne, bowiem uzyskano maksymalnie do 16% gynogenetycznych larw (Łuczyński i in. 2004). Chociaż gynogeneza pozwala teoretycznie na wyprodukowanie 100% stada samiczego w jednym pokoleniu, to metoda ta jest rzadko stosowana w akwakulturze okonia, z co najmniej dwóch powodów (Rougeot i in. 2005). Po pierwsze wskaźnik przeżywalności potomstwa gynogenetycznego jest często niski, prawdopodobnie z powodu ekspresji recesywnych alleli lub negatywnego wpływu szoku. Po drugie zwiększona homozygotyczność może negatywnie

wpływać na tempo wzrostu obsad. Częściowo znalazło to potwierdzenie w badaniach Rougeout i in. (2005), gdzie stosowano zabieg gynogenezy mejotycznej uzyskując zróżnicowaną przeżywalność larw na poziomie 3,4-46,6%. Ponadto w niektórych grupach doświadczalnych, oprócz gynogenetycznych diploidalnych larw, stwierdzono obecność triploidów, stanowiących 6,7-10,0% potomstwa.

Alternatywną, nieco bardziej skomplikowaną i czasochłonną techniką służącą produkcji monopłciowej populacji jest stosowanie hormonów – androgenów (np. 17α -metylotestosteronu, 11β -hydroksyandrostenedionu), aplikowanych w okresie dyferencjacji płci gynogenetycznemu narybkowi, celem wywołania fenotypowej inwersji płci. Finalnie uzyskuje się tzw. neosamce, które produkują nasienie zawierające wyłącznie plemniki z chromosomem żeńskim (X). Następnie krzyżując takie osobniki z normalnymi, diploidalnymi samicami, uzyskujemy w 100% samicze stado ryb (rys. 1). W ten sposób stosując dwustopniową, pośrednią metodę otrzymywania samiczych stad ryb można produkować larwy, których śmiertelność powinna niska i nie powinna odbiegać od obserwowanej u wylęgu otrzymanego na drodze rozrodu „normalnych” tarlaków.

Z powyżej przytoczonych danych jasno wynika, że produkcja monopłciowych, jak i triploidalnych – sterylnych stad okonia ma potencjał w akwakulturze intensywnej, zwłaszcza w kontekście proponowanej zintegrowanej technologii, opartej o systemy recyrkulowane i odpowiednio zmodyfikowane stawy karpiove. Zastosowanie metod z zakresu inżynierii genomowej oraz hormonalnej kontroli płci fenotypowej umożliwia otrzymywanie takich osobników, co może z kolei przynieść wymierne korzyści praktyczne dla dynamicznie rozwijającej się akwakultury okonia. Udowodniono bowiem, że produkcja populacji składających się wyłącznie z samic daje lepsze efekty niż w przypadku zwykłych, mieszanych populacji (Stejskal i in. 2009).

Literatura

- Asturiano J.F., Cabrita E., Horváth Á. 2017. Progress, challenges and perspectives on fish gamete cryopreservation: A mini-review. *Gen. Comp. Endocrinol.* 245: 69-76.
- Basavaraju Y., Mair G.C., Kumar H.M.M., Kumar S.P., Keshavappa G.Y., Penman D.J. 2002. An evaluation of triploidy as a potential solution to the problem of precocious sexual maturation in common carp, *Cyprinus carpio*, in Karnataka, India. *Aquaculture* 204: 407-418.
- Beaumont A., Boudry P., Hoare, K. 2010. Biotechnology and genetics in fisheries and aquaculture. Wyd. Wiley-Blackwell s. 216.
- Bernáth G., Żarski D., Król J., Krejszeff S., Palińska-Żarska K., Bokor Z., Kucharczyk D., Urbányi B., Horváth A. 2014. Methodical standardization of motility assessment and short-term storage in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). 10th International Symposium on Reproductive Physiology of Fish. Oláho, Portugal, 25-30 May 2014.
- Bobe J., Labbe C. 2009. Chilled storage of sperm and eggs. W: Cabrita E., Robles V., Herráez P. (Eds.) *Methods in Reproductive Aquaculture: marine and freshwater species*. Taylor & Francis Group, Boca Raton, 219-235.
- Cabrita E., Sarasquete C., Martínez-Páramo S., Robles V., Beirão J., Pérez-Cerezales S., Herraes M.P. 2010. Cryopreservation of fish sperm: applications and perspectives. *J. Appl. Ichthyol.* 26: 623-635.
- Ihssen P.E., McKay L.R., McMillan I., Phillips R.B. 1990. Ploidy manipulation and gynogenesis in fishes: cytogenetic and fisheries applications. *Trans. Am. Fish. Soc.* 119: 698-717.
- Judycka S., Żarski D., Dietrich M.A., Karol H., Hliwa P., Błażejowski M., Ciereszko A. 2022. Toward commercialization: improvement of

a sperm cryopreservation protocol for European perch enables its implementation for commercial-scale fertilization. *Aquaculture* 737790

Judycka S., Źarski D., Dietrich M.A., Palińska-Źarska K., Karol H., Ciereszko A. 2019. Standardized cryopreservation protocol of European perch (*Perca fluviatilis*) semen allows to obtain high fertilization rates with the use of frozen/thawed semen. *Aquaculture* 498: 208-216.

Lahnsteiner F. 2000. Morphological, physiological and biochemical parameters characterizing the over-ripening of rainbow trout eggs. *Fish Physiol. Biochem.* 23: 107-118.

Łuczyński M., Szczerbowski A., Kucharczyk D. 2004. Wykorzystanie manipulacji genomowych w akwakulturze okonia (*Perca fluviatilis* L.) W: "Rozród, podchów, profilaktyka ryb jesiotrowatych i innych gatunków" (Red.) Z. Zakęś, R. Kolman, K. Demska-Zakęś, T. Krzywosz. Wyd. IRS Olsztyn: 127-129.

Malison J.A., Kayes T.B., Held J.A., Barry T.P., Amundson C.H. 1993. Manipulation of ploidy in yellow perch (*Perca flavescens*) by heat shock, hydrostatic pressure shock and spermatozoa inactivation. *Aquaculture* 110: 229-242.

McNiven M.A., Gallant R.K., Richardson G.F. 1993. Fresh storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) semen using a non-aqueous medium. *Aquaculture* 109: 71-82.

Martínez-Páramo S., Horváth Á., Labbé C., Zhang T., Robles V., Herráez P., Suquet M., Adams S., Viveiros A., Tiersch T.R., Cabrita E. 2017. Cryobanking of aquatic species. *Aquaculture* 472: 156-177.

Mélard C., Baras E., Mary L., Kestemont P. 1996. Relationships between stocking density, growth, cannibalism and survival rate in intensively cultured larvae and juveniles of perch (*Perca fluviatilis*). *Ann. Zool.*

Fennici 33: 643-651.

Pandian T.J., Koteeswaran R. 1998. Ploidy induction and sex control in fish. *Hydrobiology* 384: 167-243.

Ravinder K., Nasaruddin K., Majumdar K.C., Shivaji S. 1997. Computerized analysis of motility, motility patterns and motility parameters of spermatozoa of carp following short-term storage of semen. *J. Fish. Biol.* 50: 1309-1328.

Rougeot C., Minet L., Prignon C., Vanderplasschen A., Detry B., Pastoret P.P., Mélard C. 2003. Induce triploidy by heat shock in Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. *Aquat. Living Resour.* 16: 90-94.

Rougeot C., Virumbalu Ngingo J., Gillet L., Vanderplasschen A., Mélard C. 2005. Gynogenesis induction and sex determination in the Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 243: 411-415.

Samarin A.M., Amiri B.M., Soltani M., Nazari R.M., Kamali A., Naghavi M.R. 2011. Effects of post-ovulatory ageing and temperature on egg quality in kutum *Rutilus frisii kutum*. *World Appl. Sci. J.* 15: 14-18.

Stabińska A. 2019. Efektywność triploidyacji u okonia europejskiego *Perca fluviatilis* L. z zastosowaniem szoku ciśnieniowego. UWM Olsztyn, praca doktorska, s. 81.

Stejskal V., Kouril J., Musil J., Hamáckova J., Polícar T. 2009. Growth pattern of all-female perch (*Perca fluviatilis* L.) juveniles – is monosex perch culture beneficial? *J. Appl. Ichthyol.* 25: 432-437.

Żarski D., Horváth Á., Bernáth G., Krejszef S., Radóczy J., Palińska-Żarska K., Bokor Z., Kupren K., Urbányi B. 2015. Kontrolowany rozród okonia – Poradnik hodowcy. Wyd. Dragon sp. z o.o., Bielsko-Biała: 43-50.

Założenia metodyczne i wstępne wyniki analizy ekonomicznej dotyczące koncepcyjnej produkcji okonia opartej o integrację dwóch systemów hodowlanych

Konrad Turkowski¹, Krzysztof Kupren¹, Anna Hakuć-Błażowska¹, Sławomir Krejszeff²

¹Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

²Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza – PIB w Olsztynie

Zawarta w opracowaniu analiza kosztów, opłacalności i jej uwarunkowań dotyczy tuczu okonia w stawach ziemnych Rybackiego Zakładu Doświadczalnego w Żabieńcu w okresie od kwietnia do października 2022 roku. Analizę przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszym wyliczono koszty, przychód i dochód powyższego przedsięwzięcia, a w drugim określono warunki progowe opłacalności tuczu. Ceny przyjęto na poziomie cen rynkowych z marca 2023 roku. Stawkę wynagrodzenia z tytułu robocizny przyjęto w wysokości 19,7 zł/rgh na podstawie minimalnego wynagrodzenia za pracę w 2022 roku w wysokości brutto 3010 zł.

Koszty

W kalkulacji uwzględniono koszty bezpośrednie tuczu, wychodząc z założenia, że wydzielenie i adaptacja powierzchni 0,1 ha z istniejących w gospodarstwie stawów ziemnych do celów tuczu okonia nie spowoduje zmian kosztów pośrednich, takich jak np. koszty administracyjne. Koszty podchowu analizowano w układzie rodzajowym, w rozbięciu na koszty stałe i zmienne. Koszty zmienne zależały od wielkości obsady i czasu tuczu. Natomiast niezmiennie pod tym względem były koszty stałe. W obliczeniach przyjęto, że koszty

dozoru (3546 zł) oraz koszty amortyzacji (2841 zł) stanowią koszty stałe (6387 zł), natomiast pozostałe koszty (24079 zł) to koszty zmienne tuczu (tab. 1, 2).

W kosztach dominował zakup pasz (43%), a następnie materiał obsadowy (24%). Pozostałe składniki kosztów pozostawały na poziomie ok. 10% (rys. 1). Na materiał obsadowy (7334 zł) złożył się zakup 14667 sztuk narybku okonia o przeciętnej wadze 0,005 kg/szt., łącznie 73,34 kg. W kosztach robocizny dominował dozór (92%), udział pozostałych czynności – obsadzania stawów (4%) i odłowu ryb (4%) był znacznie mniejszy (rys. 2).

Tabela 1. Zestawienie nakładów i kosztów tuczu okonia w stawach ziemnych

Wyszczególnienie	Jednostka	Nakład	Cena (zł)	Koszt (zł)	Udział (%)
Materiał obsadowy	szt.	14667	0,5	7334	24
Pasza	kg	1638	8,0	13104	43
Robocizna, w tym:	rgh	196	19,7	3861	13
obsadzanie	rgh	8	19,7	158	-
dozór	rgh	180	19,7	3546	-
odłów	rgh	8	19,7	158	-
Energia elektryczna	kWh	4752	0,7	3326	11
Amortyzacja urządzeń (5%) ¹	zł	-	-	2841	9
Koszty eksploatacyjne razem	-	-	-	30466	100

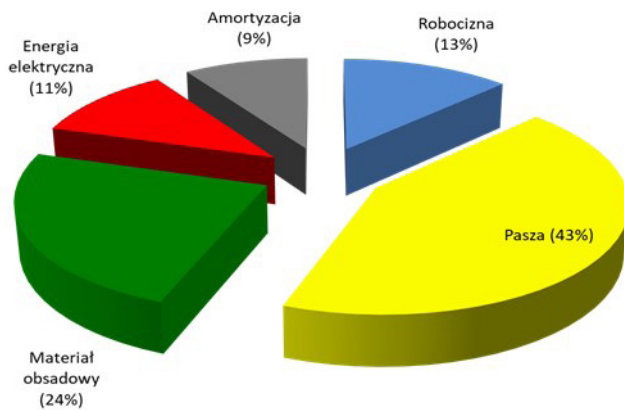
¹ Amortyzację obliczono metodą liniową. Podstawę stanowił przewidywany 20-letni czas eksploatacji urządzeń i wysokość poniesionych nakładów inwestycyjnych (tab. 2).

Tabela 2. Nakłady inwestycyjne poniesione na adaptację stawów ziemnych do tuczu okonia

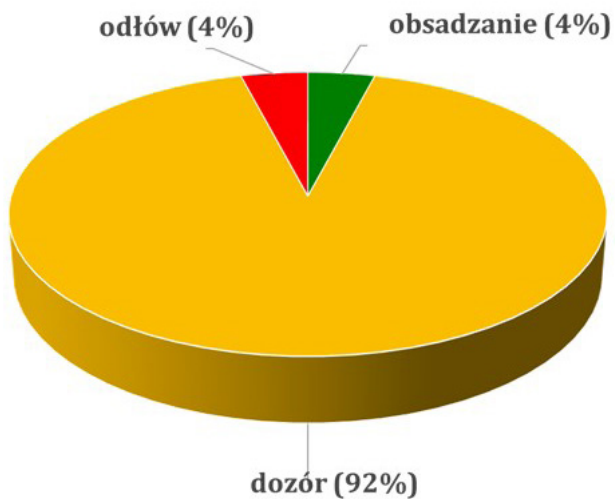
Wyszczególnienie	Nakład	Udział (%)
Kurtyny z grodziec winylowych poprzeczne	19680	17
Krata wpustowa	6150	5
Krata wlotowa	6150	5
Kurtyny z grodziec winylowych podłużne	51000	45
Kładka serwisowa	7380	6
Dyfuzor	12300	11
Dmuchawa boczna	8600	8
Przygotowanie stanu we własnym zakresie (5 dni, 3 ludzi po 8h, 19,7 zł/h)	2364	2
Razem nakłady inwestycyjne	113624	100
Amortyzacja urządzeń (5% rocznie, ½ w roku do innych celów w gospodarstwie stawowym)	2841	-

Przychód i dochód

Odłowiono 13333 szt. okonia o przeciętnej masie 0,1 kg/szt. Biorąc pod uwagę liczbę 14667 sztuk narybku w obsadzie początkowej tucz charakteryzował się wysoką przeżywalnością rzędu ok. 90%.



Rys. 1. Struktura kosztów tuczu okonia w stawach ziemnych



Rys. 2. Struktura kosztów robocizny tuczu okonia w stawach ziemnych

Przy cenie 25 zł/kg za okonia towarowego uzyskano przychód w wysokości:

$$1333 \text{ kg} \times 25 \text{ zł} = \mathbf{33325 \text{ zł}}$$

Dochód wyliczono odejmując od wartości sprzedaży ryb koszty poniesione w trakcie tuczu (tab. 1):

$$33325 \text{ zł} - 30466 \text{ zł} = \mathbf{2859 \text{ zł}}$$

Warto zauważyć, że jest to dochód uzyskany z 0,1 ha zaadaptowanych do tuczu stawów ziemnych. Zarówno dochód, jak i przychód w niniejszym opracowaniu określają wielkości potencjalne, tj. takie które wystąpią przy założeniu 100% sprzedaży wyprodukowanego okonia. Badanie możliwości sprzedaży wymaga przeprowadzenia odpowiednich badań rynkowych i marketingowych, które z uwagi na odmienny charakter i rozmiar wykraczają poza zakres niniejszego opracowania. Przyjęcie założenia o 100% możliwości sprzedaży produkcji stanowiło podstawę dalszych kalkulacji, w tym prognozy rentowności i pozostałych parametrów określających warunki opłacalności podchowu.

Warunki progowe, których spełnienie gwarantuje uzyskanie rentowności podchowu, wyliczono na podstawie następujących parametrów analizy wrażliwości przedsięwzięcia: (1) próg rentowności, (2) margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na poziom produkcji, (3) cena minimalna, (4) margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na cenę, (5) cena planowana.

Próg rentowności

Próg rentowności, zwany też punktem zwrotnym lub punktem wyrównania, oznacza wielkość produkcji, przy której jej wartość

równa jest poniesionym kosztom. Dalszy wzrost produkcji, przy tych samych warunkach cenowych, generuje nadwyżkę przychodów nad kosztami, a więc w miarę wzrostu produkcji ponad poziom wyznaczający jej punkt rentowności, dochody będą coraz wyższe. Próg rentowności wyliczono wg wzoru:

$$Q = K_s / (c - a) \quad (1)$$

gdzie: Q – próg rentowności – wielkość produkcji progowej (kg),
 a – jednostkowe koszty zmienne (zł/kg).

Przeciętne koszty zmienne wyliczono wg wzoru:

$$a = K_z / P \quad (2)$$

gdzie: P – wielkość uzyskanej (potencjalnej) produkcji (kg).

Po podstawieniu danych (tab. 1) do wzoru (1):

K_s – bezpośrednie koszty stałe (6387 zł),

c – cena rynkowa okonia (25 zł/kg),

a – koszt jednostkowy zmienny tuczu okonia (zł/kg) = 24079 zł/1333 kg = 18,06 zł/kg

otrzymano:

$$Q = (6387 \text{ zł}) / (25 \text{ zł/kg} - 18,06 \text{ zł/kg}) = \mathbf{920 \text{ kg}}$$

Wyliczona wielkość produkcji 920 kg gwarantuje zwrot poniesionych kosztów i zero dochodu. Produkcja niższa to straty, a wyższa to rentowność proporcjonalna do wzrostu produkcji.

Margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na poziom produkcji

Określa procentową różnicę między rzeczywistą, możliwą do osiągnięcia w danym układzie technologicznym i kosztowym, wielkością produkcji, a produkcją określającą próg rentowności. Margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na poziom produkcji (MBPP) wyliczono wg wzoru:

$$MBPP = (P - Q) / P \quad (3)$$

Po wstawieniu do wzoru:

$$MBPP = (1333 \text{ kg} - 920 \text{ kg} / 1333 \text{ kg}) \times 100\% = \mathbf{31\%}$$

Uzyskany wynik (31%) wskazuje, że tucz okonia charakteryzuje się umiarkowanym marginesem bezpieczeństwa z uwagi na poziom możliwej do uzyskania produkcji.

Cena minimalna

Cena minimalna oznacza najniższą cenę, przy której produkcja nie przynosi ani strat ani zysków, czyli przy której koszty równe są osiąganym przychodom. Cenę tę wyliczono z przekształcenia wzoru (1), ale w miejsce produkcji wyznaczającej próg rentowności wstawiono produkcję potencjalną lub planowaną, możliwą do osiągnięcia w danych warunkach podchowu:

$$C_{min} = (Ks / P) + a \quad (4)$$

gdzie: C_{min} – cena minimalna (zł/kg).

Po wstawieniu danych do wzoru (4) otrzymano:

$$(6387 \text{ zł} / 1333 \text{ kg}) + 18,06 \text{ zł/kg} = \mathbf{22,85 \text{ zł/kg}}$$

Wynik wskazuje, że sprzedaż okonia poniżej 22,85 zł/kg będzie już przynosiła straty.

Margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na cenę

Margines bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na cenę (MBPC) wyliczono wg wzoru:

$$MBPC = (c_{ryn} - c_{min}) / c_{ryn} \times 100\% \quad (5)$$

Po podstawieniu danych do wzoru (5) otrzymano:

$$MBPC = (25 \text{ zł/kg} - 22,85 \text{ zł/kg}) / 25 \text{ zł/kg} \times 100\% = \mathbf{9\%}$$

Wynik (9%) wskazuje, że analizowane przedsięwzięcie charakteryzuje się bardzo wąskim marginesem bezpieczeństwa z uwagi na zakres negocjacji cenowych.

Cena planowana

Cena planowana, to taka, która zapewnia osiągnięcie określonego dochodu. Wyliczono ją z przekształcenia wzoru (4):

$$c_{plan} = (Ks + D) / P + a \quad (6)$$

gdzie: c_{plan} – cena planowana (zł/szt.), D – planowany dochód (20000 zł).

Po podstawieniu danych do wzoru (6) otrzymano:

$$c_{plan} = (6387 \text{ zł} + 20000\text{zł}) / (1333 \text{ kg}) + 18,06 \text{ zł/kg} = \mathbf{37,85 \text{ zł/kg}}$$

Wynik wskazuje, że uzyskanie planowanego dochodu rzędu 20000 zł, przy aktualnych warunkach kosztowych tuczu, wymagać będzie sprzedaży okonia po cenie nie niższej niż 37,85 zł/kg.

Podsumowanie i wnioski

1. Łączny bezpośredni koszt półrocznego tuczu 14667 szt. narybku okonia (0,005 kg/szt.) w **0,1 ha stawów** ziemnych kształtował się na poziomie **30466 zł**. W efekcie odłowiono **1333 kg** okonia (0,1 kg/szt.) i uzyskano dochód w wysokości **2859 zł**.
2. Największy udział w kosztach stanowiły pasze (**43%**), a następnie koszty zakupu materiału obsadowego (**24%**).
3. W kosztach robocizny (**13%** ogółu kosztów) dominował **dozór**, który stanowił **92%** całości tych kosztów.
4. Tucz okonia był rentowny, ale charakteryzował się umiarkowanym marginesem bezpieczeństwa z uwagi na poziom produkcji (**31%**) i niskim poziomem bezpieczeństwa przedsięwzięcia z uwagi na poziom cen (**9%**).
5. Możliwości poprawy rentowności tuczu należy poszukiwać w produkcji materiału obsadowego we własnym zakresie, użyciu odnawialnych źródeł energii, zastosowaniu równie efektywnych, ale tańszych pasz oraz sprzedaży okonia przetworzonego (np. patroszonego, fileta w opakowaniu próżniowym itd.).

Pozasezonowa produkcja materiału obsadowego okonia – aspekty technologiczne

Stawomir Krejszeff¹, Daniel Źarski², Jarosław Król¹

¹Institut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza – PIB w Olsztynie

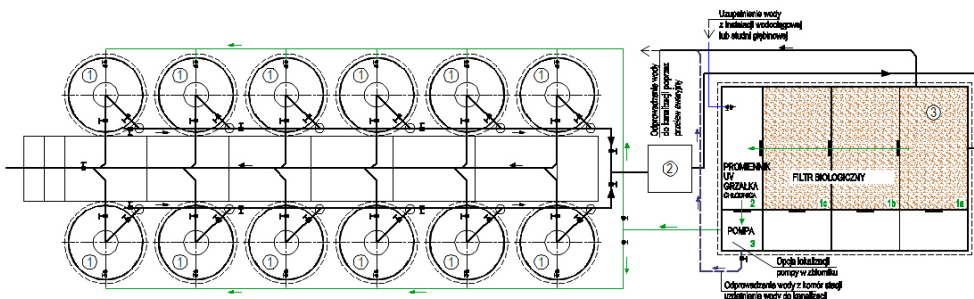
³Institut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie

Wkomponowanie recyrkulacyjnych multitroficznych stawowych systemów hodowlanych (RAMPS, z ang. *Recirculating Aquaculture Multitrophic Pond Systems*) na potrzeby opracowania technologii produkcji dla nowych perspektywicznych gatunków ryb, np. okonia, w polskich warunkach w znacznej mierze jest uzależnione od możliwości uzyskania 5 g narybku w drugiej połowie kwietnia. Wymaga to wykorzystania możliwości jakie niosą ze sobą recyrkulacyjne systemy akwakulturowe (RAS). To dzięki nim hodowcy są w stanie pozyskane jesienią tarlaki przezimować w warunkach zbliżonych do naturalnych, następnie doprowadzić je do gotowości tarłowej poza sezonem rozrodczym i przeprowadzić z ich udziałem rozród kontrolowany, by w końcu wyinkubować pozyskaną ikrę i podchowić larwy oraz narybek. Cały ten proces, bazując na wiedzy zdobytej w ramach realizacji projektu PRO-PERCH, trwa co najmniej 5,5 miesiąca.

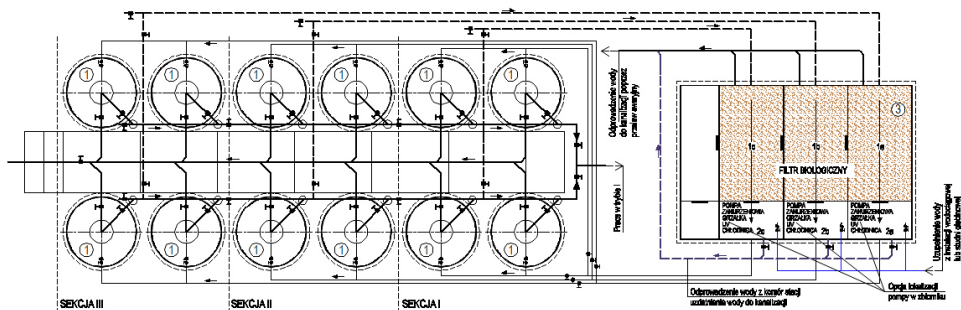
Opracowany protokół dotyczący pozasezonowej produkcji materiału obsadowego okonia, z wykorzystaniem RAS, na potrzeby realizacji projektu PRO-PERCH zakłada uzyskanie ryb o masie jednostkowej ok. 5 g w trzech etapach: (1) przeprowadzenie kontrolowanego rozrodu, (2) podchów larw oraz (3) wychów narybku o wymaganej masie osobniczej. Przyjęte założenie wymagało zaprojektowania i posadowienia trzech niezależnych systemów RAS spełniających specyficzne wymagania dla poszczególnych etapów produkcji, tj. modelowych systemów recyrkulacyjnych do:

przechowywania tarlaków okonia i przeprowadzania rozrodu pozasezonowego (1), inkubacji ikry i podchowu larw okonia (2) oraz podchowu obsadowego narybku okonia (3). W opracowaniu przedstawiona zostanie konstrukcja, zasada działania oraz możliwości produkcyjne modelowego systemu do produkcji narybku okonia.

Modelowy system recyrkulacyjny do podchowu narybku okonia jest zbudowany z: stacji uzdatniania wody, 12 basenów narybkowych, filtra mechanicznego, filtra biologicznego, systemu napowietrzania filtra biologicznego, pomp obiegowych, systemu sterylizacji wody, systemu grzewczego, oświetlenia, systemu doprowadzenia wody do basenów narybkowych ze stacji uzdatniania wody, systemu odprowadzenia wody z basenów narybkowych do stacji uzdatniania wody, pomostu roboczego. Konstrukcja modelowego systemu umożliwia pracę w dwóch trybach. W trybie I cała konstrukcja tworzy jeden system recyrkulacyjny (rys. 1), a w trybie II trzy systemy recyrkulacyjne (rys. 2).



Rys. 1. Modelowy system recyrkulacyjny do podchowu okonia pracujący w trybie I (Jednostka projektowa: architekt Piotr Zubala).



Rys. 2. Modelowy system recykulacyjny do podchovu okonia pracujący w trybie II (Jednostka projektowa: architekt Piotr Zubala).

Stacja uzdatniania wody wykonana z zespanych płyt polipropylenowych o grubości 10 mm, koloru beżowego. Zbiornik ma kształt prostopadłościanu o objętości roboczej $3,24 \text{ m}^3 \pm 10\%$. Posiada wydzielone komory umożliwiające pracę w dwóch trybach. W trybie I: 1a, 1b, 1c: filtra biologicznego; 2: kondycjonowania i sterylizacji wody; 3: stacji pomp. W trybie II: 1a, 1b, 1c: filtrów biologicznych; 2a, 2b, 2c: kondycjonowania, sterylizacji wody i stacji pomp. Uzupełnienie wody z instalacji wodociągowej podczas pracy w trybie I zainstalowane jest w komorze 2, a podczas pracy w trybie II w komorach 2a, 2b i 2c. Odprowadzenie wody do kanalizacji poprzez przelew awaryjny w trybie I zainstalowane jest w komorze 1a, w trybie II w komorach 1a, 1b i 1c. Odprowadzenie wody z komór stacji uzdatniania wody do kanalizacji w trybie I zainstalowane jest w komorze 3, w trybie II w komorach 2a, 2b, 2c. W ścianach łączących komory zainstalowane są szczelne przepusty.

Basen narybkowy wykonany ze spawanych płyt polipropylenowych o grubości 6 mm, w kolorze czarnym. Basen ma kształt walca o objętości roboczej $0,50 \text{ m}^3$. W dnie basenu zainstalowana jest krata odpływowa o średnicy (\varnothing) 300 mm i perforacji 2 mm. Wyposażenie

basenu narybkowego stanowią: teleskopowy system regulacji poziomu i odprowadzania wody; pokrywa wykonana z polipropylenu w kolorze czarnym, częściowo otwierana, z oprawą oświetleniową; przelew awaryjny.

Filtr mechaniczny przeznaczony jest wyłącznie do pracy w trybie I. Przepływ wody przez filtr wynosi $24 \text{ m}^3/\text{h}$. Średnica wlotu brudnej wody i wylotu czystej wody 110 mm . Mikrosito wyposażone jest w panel filtracyjny BeeCell o średnicy 800 mm oraz pompę płuczącą i czujnik poziomu wody. Rozmiar oczek ekranu filtrującego wynosi $40 \text{ }\mu\text{m}$. Filtr wykonany jest z HDPE w kolorze czarnym. Wymiary (szer. \times dł. \times wysokość): $490 \times 690 \times 720 \text{ mm}$.

Filtr biologiczny stanowi złożone ruchome wykonane z polietylenu o dużej gęstości (HDPE). Powierzchnia całkowita to $859 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

System napowietrzania filtra biologicznego stanowią 3 dyfuzory rurowe o długości 1000 mm umiejscowione, niezależnie od trybu pracy, w komorach stacji uzdatniania wody 1a, 1b, 1c. Podstawa każdego dyfuzora wykonana jest z polipropylenu (PP), a membrana z poliuretanu (PU) o powierzchni czynnej 1900 cm^2 . Zakres pracy wynosi od 2 do $10 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Pompy obiegowe wyposażone są w kontroler, umożliwiający ustawienie wydajności z jaką pracuje urządzenie w 70 różnych pozycjach. Moc od 30 do 100%. W trybie I jedna pompa główna o wydajności $20 \text{ m}^3/\text{h}$ i mocy 175 W umiejscowiona jest w komorze 3. W trybie II trzy pompy o wydajności $10 \text{ m}^3/\text{h}$ i mocy 85 W znajdują się w komorach 2a, 2b, 2c.

System grzewczy stanowią trzy grzałki zanurzeniowe o mocy 3 kW każda. Podczas pracy w trybie I wszystkie grzałki umiejscowione w komorze 2. Podczas pracy w trybie II grzałki umiejscowione są pojedynczo w komorach 2a, 2b, 2c.

System sterylizacji wody zbudowany jest z trzech lamp UV zainstalowanych na rurociągach doprowadzających wodę do basenów narybkowych. W każdej z lamp zainstalowany jest promiennik UV o mocy 45 W. Podczas pracy w trybie I wszystkie lampy zainstalowane są na rurociągach podających wodę z komory 2. Podczas pracy w trybie II lampy zainstalowane są na rurociągach podających wodę z komór 2a, 2b, 2c.

Armatura wykonana jest z rur i kształtek PVC oraz PVC-U klejonego. Instalacja zasilająca wykonana z rur w kolorze szarym o średnicy 32 i 25 mm oraz kolan, trójników, redukcji, zaworów, zaworów zwrotnych o średnicy 32 i 25 mm łączonych na klej montażowy. Instalacja powrotna wykonana z rur w kolorze szarym o średnicy 32, 50, 75 i 110 mm oraz kolan 90', trójników 90', zaworów, zaworów zwrotnych o średnicy 50, 75 i 110 mm łączonych na klej montażowy oraz uszczelki kielichowe.

Oświetlenie każdego basenu narybkowego stanowi instalacja typu RGB, tj. diody LED świecące (oprócz klasycznym białym), dodatkowo w kolorze czerwonym, żółtym, zielonym, niebieskim. Instalacja oświetleniowa umożliwia płynną regulację natężenia światła.

Pomost roboczy wykonany z krat WeMa na podkonstrukcji stalowej ocynkowanej.

Modelowy system recyrkulacyjny do podchowu narybku okonia ma możliwość pracy w dwóch trybach. W trybie I zmagazynowana w komorze kondycjonowania i sterylizacji (2) woda jest podawana za pomocą pompy obiegowej usytuowanej w komorze stacji pomp (3) na wszystkie baseny narybkowe. Wielkość przepływu wody przez pojedynczy basen narybkowy jest regulowana za pomocą zaworu zamontowanego na rurze doprowadzającej wodę do basenu. Poziom wody w każdym basenie narybkowym jest regulowany za pomocą teleskopowego systemu regulacji poziomu i odprowadzania wody,

który służy również do całkowitego opróżniania basenów z wody. Opuszczająca baseny narybkowe woda poprodukcyjna jest grawitacyjnie odprowadzana do mikrosita. W trakcie przepływania przez jego wnętrze jest poddana filtracji mechanicznej. Zmagazynowana zawiesina jest usuwana do odpływu kanalizacyjnego. Pozbawiona zawiesiny woda jest odprowadzana do komór filtra biologicznego (1a, 1b, 1c). W trakcie przepływania przez ich wnętrze jest poddawana procesowi filtracji biologicznej. W celu zapewnienia prawidłowego przebiegu procesu uzdatniania wody, złoże jest przez cały czas napowietrzane powietrzem tłoczonym przez system napowietrzania filtra biologicznego. Uzdatniona woda jest odprowadzana do komory kondycjonowania i sterylizacji wody (2) i cykl jej obiegu rozpocznie się od nowa.

W celu określenia możliwości produkcyjnych modelowego systemu recykulacyjnego do podchowu narybku okonia przeprowadzono 53-dniowy podchów. Początkowa średnia masa jednostkowa narybku wynosiła 0,426 g, a biomasa 1,97 kg/m³. Przez cały czas prowadzenia podchowu ryby żywiono paszą o granulacji 0,6-1,2 mm, zadając ją ręcznie w 1-2-godzinnych odstępach czasu. Średnia dzienna dawka pokarmowa wynosiła 3% biomasy. Średnia temperatura wody wynosiła 21,8°C, fotoperiod – 16L:8D. Nasycenie wody tlenem utrzymywało się na średnim poziomie 9,2 mg O₂/l. Efektem podchowu było uzyskanie narybku o średniej masie jednostkowej wynoszącej 5,57 g i biomasy 22,94 kg/m³. Średnia przeżywalność rzeczywista wyniosła 88,7%. Przez cały okres podchowu ryby przyrastały w średnim tempie 4,86% na dobę, a współczynnik pokarmowy paszy wyniósł 0,81.

Uzyskany w ten sposób narybek, po przeprowadzeniu aklimacji, tj. stopniowym obniżeniu temperatury z około 22°C do temperatury panującej w stawie ziemnym był gotowy do rozpoczęcia intensywnego tuczu. Wodę schładzano z prędkością 1°C na dobę.