



Anna M. Wiśniewska<sup>1</sup>, Józef Szarek<sup>1</sup>, Janusz Guziur<sup>1</sup>, Stefan Dobosz<sup>2</sup>, Marcin Sidoruk<sup>1</sup>,  
Beata Szynaka<sup>3</sup>, Janusz Zakrzewski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

<sup>2</sup>Zakład Hodowli Ryb Łososiowatych w Rutkach, Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie

<sup>3</sup>Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

## Praktyczne wdrożenia doskonalące metody chowu i hodowli pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) – zalecenia z wybranych badań własnych

### Wstęp

Przepisy dotyczące ochrony środowiska, ograniczony dostęp do wody słodkiej oraz konieczność większego skupiania się na gospodarowaniu ściekami i dobrostanie zwierząt spowalniają rozwój branży rybackiej (Martins i in. 2010). W świetle obowiązujących rozwiązań prawnych, akwakultura wymaga technologii chowu ryb, które uwzględniają możliwość i opłacalność produkcji, zapewniają zachowanie dobrostanu oraz ograniczają wpływ hodowli na środowisko przyrodnicze. Jednym z rozwiązań może być upowszechnianie technologii recykulacji wód. Kompleksowe badania, przeprowadzone w obiektach stosujących technologię jednokrotnego wykorzystania wody (OOH) i technologię recykulacji wód (RAS), pozwoliły na wskazanie dwóch podstawowych problemów mogących mieć wpływ na dobrostan ryb, a dotyczących rodzaju technologii oraz prowadzonych w trakcie chowu zabiegów gospodarczych (Sidoruk i in. 2012, Szarek i in. 2013a). W badaniach testowania technologii produkcji pstrąga tęczowego w warunkach polskich, jako narzędzie do oceny wpływu jakości środowiska na funkcjonowanie ryb przetestowano kompleksowe analizy patomorfologiczne, zgodnie ze wskazaniami literaturowymi mówiącymi, iż ocena morfologiczna i histochemiczna pozwala na ustalenie subtelnych zaburzeń w organizmach zwierząt (Schwaiger i in. 1997, Szarek i in. 2011, 2013b,c, Babińska i in. 2014). Badaniem morfologicznym i histochemicznym towarzyszyły analizy biometryczne, analizy wskaźników gospodarczych oraz badania jakości wód (Sidoruk i in. 2012, Guziur i in. 2013).

Celem pracy jest zaprezentowanie możliwości wykorzystania wybranych wyników badań kompleksowych w diagnozowaniu potrzeb gospodarstw specjalizujących się w hodowli pstrąga w zakresie rozwiązań polepszających warunki chowu i hodowli, przy jednoczesnym założeniu jak najmniejszej ingerencji w prowadzone działania gospodarcze. Przedstawione w pracy wyniki i analizy statystyczne stanowią fragment szerszych kompleksowych badań prowadzonych w trakcie realizacji projektu „Testowanie technologii produkcji pstrąga w Polsce w świetle Rozporządzenia Komisji (WE) nr 710/2009”. Proponowane wdrożenia polegają na dostosowaniu istniejących rozwiązań technologicznych do indywidualnych potrzeb gospodarstw.

### Materiał i metody

Kompleksowe badania prowadzono w okresie późnej wiosny i jesieni, w latach 2010-2012. Wybór okresu badań podyktowany był terminami osiągnięcia asortymentu handlowego ryb w analizowanych obiektach. Jednocześnie, ze względu na towarzyszące inne badania (szczególnie dotyczące wpływu chowu pstrąga tęczowego na jakość wody), założono ocenę wskaźników w okresach niewralgicznych dla jakości wód (wiosna i jesień). Badania zlokalizowano w sześciu gospodarstwach pstrągowych, z których trzy – to obiekty hodowlane stosujące technologię OOH a trzy inne – technologię RAS. Poniżej krótka charakterystyka prowadzonych badań.

**Badania patomorfologiczne** – miały na celu sprawdzenie, czy nowoczesne metody diagnostyczne mogą sta-

nowić narzędzie w ocenie stanu kondycyjnego i zdrowotnego pstrąga tęczowego w warunkach dwóch różnych technologii produkcji pstrąga OOH i RAS.

Próbki do badań pobierano w latach 2010-2012 wiosną i jesienią, każdorazowo od 40 pstrągów tęczowych, tj. z 3 gospodarstw rybackich typu OOH od 480 ryb i z 3 gospodarstw rybackich typu RAS od 480 ryb. Makroskopowe badanie pstrągów polegało na oględzinach zewnętrznych, ze szczególnym uwzględnieniem skóry z łuskami, oczu, skrzelu i płetw, oraz na ocenie ich narządów wewnętrznych (Szarek i in. 2013a). Mikroskopowej analizie morfologicznej poddano wątrobę (pięć wycinków) pstrągów. Skrawki grubości 8  $\mu\text{m}$  barwiono hematoksyliną i eozyną (HE) oraz zgodnie z metodą PAS według McManusa celem określenia poziomu i rozmieszczenia wielocukrów (Bankroft 2000). Próbki do badań ultrastrukturalnych przygotowano zgodnie z metodyką opisaną przez Bankrofta (2000) oraz Levisa i Knighta (1977). Skrawki ultracienkie poddano ocenie w mikroskopie elektronowym (TEM 900 PC Opton, RFN).

**Ocenie biometrycznej** poddano te same pstrągi, które brano do oceny patomorfologicznej. Oceniano długość ciała – mierzono odległości wzdłuż osi ciała: długość całkowitą ciała Lt (od początku pyska do końca promieni twardych płetwy ogonowej) i długość ciała Lc (od początku pyska do nasady płetwy ogonowej) z dokładnością do 1 mm. Masę ciała ryb określano z dokładnością do 1 g. Wyznaczano również współczynnik kondycji Fultona.

**Ocena wskaźników gospodarczych** dotyczyła następujących parametrów: produkcja – masa ryb odłowiona ze stawu po zakończeniu cyklu gospodarczego, odniesiona do objętości wody, określana jako odłów ryb ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), przeżywalność obsad (%) i przyrost jednostkowy sztuki ( $\text{g}/\text{szt.}$ ) oraz współczynnik pokarmowy FCR obliczany jako ilość paszy w kg niezbędnej do uzyskania 1 kg przyrostu ryb.

**Badania wskaźników jakościowych wody** – we wszystkich gospodarstwach wyznaczono punkty pomiarowe do oceny wody, tzn. obrazujące jakość wody dopływającej do obiektów i wypływającej z obiektów. Próbki pobierano wiosną i jesienią w latach 2010-2012, w maju, czerwcu, październiku i listopadzie, trzy razy dziennie – rano, w południe i wieczorem. W wyznaczonych punktach wykonano pobory próbek wody, a następnie dokonano analizy wskaźników: fizycznych (temperatura, zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie, wartości pH), masy organicznej (zawartość suchej masy i popiołu, BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>C</sub>), biogenych (zawartość: fosforu organicznego i fosforanowego, azotu ogólnego i organicznego, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>). Za pomocą wieloparametrycznej sondy do badań właściwości fizycznych wody YSI 6600 w wybranych punktach pomiarowych oznaczono nasycenie wód tlenem (%).

W trakcie diagnozy potrzeb wdrożeniowych badanych gospodarstw wykorzystano wyniki:

- badania patomorfologicznych w zakresie mikroskopowej oceny morfologicznej wątroby,
- pomiarów parametrów biometrycznych w zakresie długości całkowitej ciała Lt oraz masy ciała,
- oceny wskaźników gospodarczych badanych gospodarstw,
- badania wskaźników jakościowych wody w zakresie pomiaru zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie i % nasycenia wód tlenem.

Uzyskane wyniki badań zostały poddane analizie statystycznej na poziomie istotności równym 0,05. Stosowano testy: U Manna-Whitneya, test t-Studenta, jedno- i dwuczynnikową ANOVA (parametryczna analiza wariancji). Test U służył do zbadania, czy obserwowane w badaniach patomorfologicznych różnice są istotne statystycznie oraz czy zależą od rodzaju technologii chowu. Test t-Studenta posłużył do analiz zróżnicowania wartości wskaźników hodowlanych uzyskiwanych w obu technologiach. Analizę wariancji posługiwano się w celu określenia istotności obserwowanych różnic parametrów biometrycznych i jakości wody. Jako zmienną różnicującą, w omawianych analizach przyjęto typ technologii chowu. W przypadku wystąpienia zróżnicowania istotnego statystycznie, wprowadzano dodatkowe zmienne wynikające z okresu poboru próbek.

## Wyniki

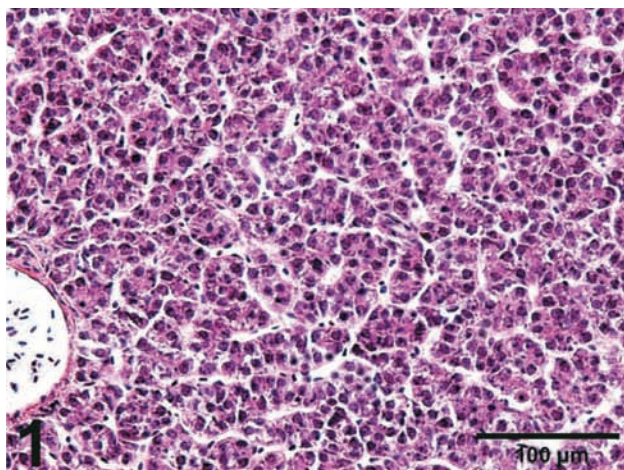
Zmiany makroskopowe występowały u badanych pstrągów sporadycznie, niezależnie od systemu chowu, okresów odłowu ryb czy też ich wielkości. Potwierdzeniem braku zróżnicowania istotnego statystycznie w odniesieniu do obserwowanych zmian makroskopowych są wyniki testu U Manna-Whitneya (tab. 1). W oględzinach zewnętrznych odnotowano uszkodzenia skóry i łusek (częstsze u ryb w chowie typu RAS). W oględzinach wewnętrznych szczególną uwagę zwrócono na wątrobę, gdzie stosunkowo często odnotowano stłuszczenie zwykłe i przekrwienie.

Analiza mikroskopowa struktury wątroby pstrągów tęczowych wykazała, że uzyskany obraz odpowiadał normalnemu – występującemu u ryb zdrowych (fot. 1). Stwierdzano go niezależnie od masy ciała ryb oraz systemu chowu (OOH i RAS). Spośród zmian mikroskopowych stosunkowo często występowało, zwłaszcza u pstrągów z chowu intensywnego, stłuszczenie zwykłe i przekrwienie (fot. 2).

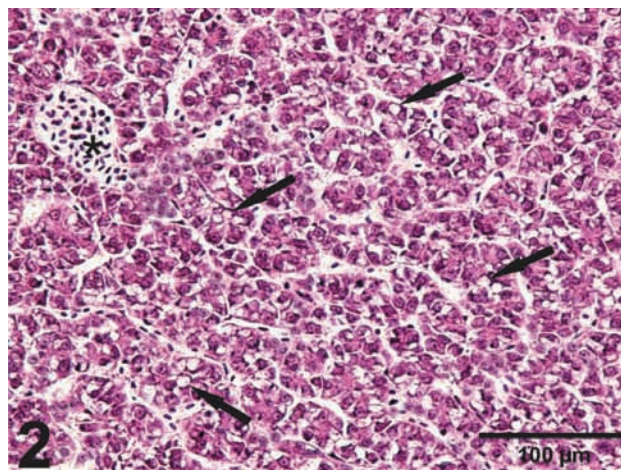
Liczbowo więcej zmian obserwowano u ryb z technologii RAS, natomiast wyniki testu UMW nie potwierdziły zróżnicowania istotnego statystycznie (tab. 2). Niemniej jednak stopień intensywności zmian mikroskopowych w wątrobie był większy u pstrągów pochodzących z chowu RAS w porównaniu z chowem ekstensywnym. Jeszcze wyraźniej różnice te odnotowano w badaniu ultrastrukturalnym wątroby ryb z obu testowanych technologii (fot. 3, 4).

Wyniki testu U Manna-Whitneya dla badanych parametrów oceny makroskopowej wątroby (brak różnic istotnych statystycznie na poziomie istotności równym 0,05)

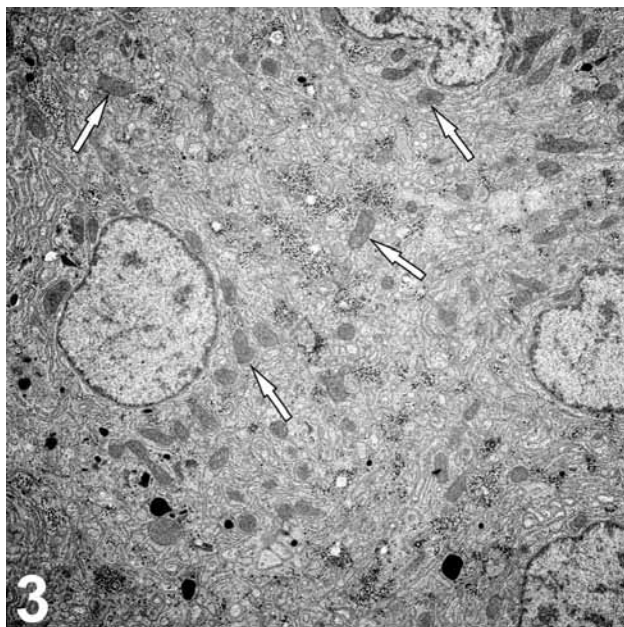
Parametry	Suma rang OOH	Suma rang RAS	U	Z	p
skóra i łuska – uszkodzenia mechaniczne	19,5	16,5	6,5	0,289	0,773
skóra i łuska – inne zmiany	14,0	22,0	4,0	-1,010	0,312
płatwy – uszkodzenia mechaniczne	18,0	18,0	8,0	0,144	0,885
płatwy – inne zmiany	18,0	18,0	8,0	0,144	0,885
skrzela – zaburzenia w krążeniu	18,0	18,0	8,0	0,144	0,885
oko	18,0	18,0	8,0	0,144	0,885
wątroba – zaburzenia w krążeniu	18,0	18,0	8,0	0,144	0,885
wątroba – zmiany wsteczne	14,0	22,0	4,0	-1,010	0,312



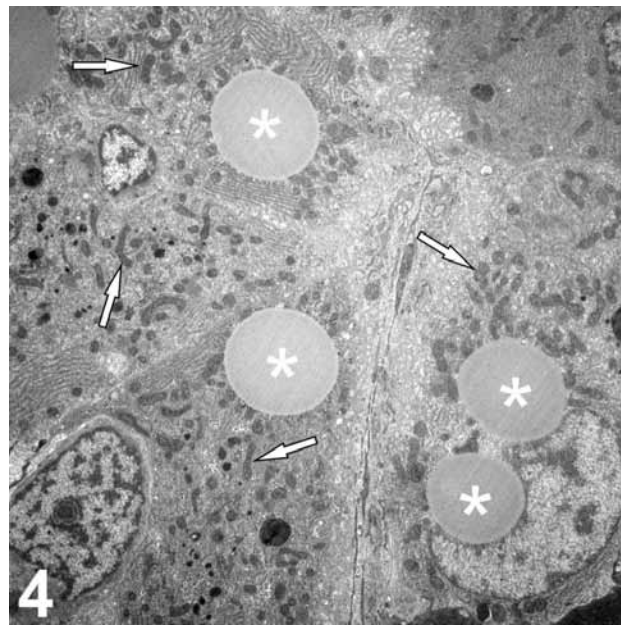
Fot. 1. Prawidłowy obraz mikroskopowy wątroby pstrąga tęczowego z technologii OOH. Barw. HE.



Fot. 2. Obraz mikroskopowy wątroby pstrąga tęczowego z technologii RAS: stłuszczenie zwykłe (strzałki), przekwienie (gwiazdka). Barw. HE.



Fot. 3. Obraz ultrastrukturalny wątroby pstrąga tęczowego z technologii OOH: mitochondria bez zmian (strzałki). Pow. 3000 x.



Fot. 4. Obraz ultrastrukturalny wątroby pstrąga tęczowego z technologii RAS: proliferacja i polimorfizm mitochondriów (strzałki), lipidy (gwiazdki). Pow. 3000 x.

Wyniki badań ultrastrukturalnych wątroby wskazują, że w chowie RAS stosunkowo najczęściej zmiany lokalizowały się w mitochondriach (fot. 4), a rzadziej dotyczyły szorstkiej siateczki śródplazmatycznej. Ta lokalizacja odstępstw od

normy wskazuje, że zmiany miały charakter adaptacyjny, jak i uszkodzający (w mniejszym stopniu). Uzyskany obraz subkomórkowy daje podstawę do stwierdzenia, że neuralgicznym punktem w chowie pstrągów jest zapewnienie im

TABELA 2

Wyniki testu U Manna-Whitneya dla badanych parametrów oceney mikroskopowej wątroby (brak różnic istotnych statystycznie na poziomie istotności równym 0,05)

Parametry	Suma rang OOH	Suma rang RAS	U	Z	p
martwica	20,0	16,0	6,0	0,433	0,665
zwyrodnienie tłuszczowe	14,0	22,0	4,0	-1,010	0,312
zwyrodnienie mięszkowe	14,0	22,0	4,0	-1,010	0,312
przekrwienie	16,5	19,5	6,5	-0,289	0,773
wynaczynienie	14,0	22,0	4,0	-1,010	0,312
naciek melanomakrofoagów	18,0	18,0	8,0	0,144	0,885
naciek komórek limfoidalnych	13,0	23,0	3,0	-1,299	0,194

właściwych warunków oddychania komórkowego – odpowiednia temperatura wody i poziom tlenu (Szarek i in. 2013b, 2014).

W celu sprawdzenia, czy rodzaj technologii chowu może mieć wpływ na wartości uzyskiwanych wskaźników gospodarczych, pozyskane w trakcie badań wartości wskaźników produkcyjnych (odtów, przeżywalność i przyrost jednostkowy sztuki oraz współczynnik pokarmowy FCR), analizowano statystycznie porównując dane testem t-Studenta (tab. 3). Analiza statystyczna otrzymanych wyników wskaźników produkcyjnych wskazuje, że mimo niższej przeżywalności i przyrostu jednostkowego sztuki, wydajność produkcji określana parametrem zwanym odtów była większa (ponad 2,5-krotnie) w technologii RAS, przy zbliżonych wartościach współczynnika FCR (tab. 3).

TABELA 3

Analiza porównawcza 4 wskaźników technologicznych w grupach badawczych OOH i RAS (dane z sezonu wiosna-jesień 2011)

Wariant	Wskaźnik technologiczny			
	Odtów (kg/m <sup>3</sup> )	Przeżywalność (P%)	przyrost sztuki (g/szt.)	zużycie paszy FCR
OOH	13,69	96,72	460	1,10
RAS	32,32	91,05	386	1,05
różnice statystyczne (p)	istotne p = 0,0004	istotne p = 0,0001	istotne p = 0,0001	nieistotne p = 0,9026

Zestawienie wyników badań biometrycznych 960 ryb, wskazywało, że mimo średnio siedmiokrotnie większego zagęszczenia wyjściowego obsad w technologii RAS, uzyskane średnie wielkości długości całkowitej Lt i masy ciała w obu technologiach były zbliżone (tab. 4). Wyniki analizy statystycznej wszystkich uzyskanych pomiarów nie potwierdziły obserwowanego podobieństwa, wskazując, iż stwierdzone różnicowanie długości ciała Lt i masy ciała pozyskiwanych ryb w obu badanych technologiach było istotne statystycznie (tab. 5).

TABELA 4

Średnie wartości parametrów: masa i długość ciała Lt uzyskane w sześciu gospodarstwach w trakcie badań w latach 2010-2012 (n = 960 ryb)

Parametry	Typ technologii	
	OOH	RAS
średnia wielkość wyjściowej obsady – zagęszczenie ryb w kg/m <sup>3</sup>	11,43	83,77
średnia długość Lt (cm)	35,30	33,70
min.	27,50	26,80
maks.	42,40	44,20
odchylenie standardowe SD	3,00	3,18
średnia masa (g)	513,40	475,00
min.	220,00	234,00
maks.	858,00	861,00
odchylenie standardowe	134,71	153,79

TABELA 5

Wyniki analizy wariancji wybranych pomiarów biometrycznych (analiza wariancji przeprowadzona według grupowania 6 gospodarstw uwzględniającego technologię). Wszystkie wartości F istotne statystycznie na poziomie istotności równym 0,05

Parametry	SS – Efekt	MS – Efekt	SS – Błąd	MS – Błąd	F	p
Lt	4462	496	1650	3,241	152,9612	0,0000
Masa ciała	9579215	1064357	3409203	6697,846	158,9104	0,0000

Na wyniki analizy statystycznej wartości parametrów biometrycznych duży wpływ miało zróżnicowanie wartości badanych parametrów, obserwowane w poszczególnych gospodarstwach zarówno w jednej, jak i drugiej technologii. Potwierdziła to wykonana po analizie wariancji analiza post-hoc przy użyciu testu Tukeya. W jednym z badanych gospodarstw (wyłonionym na podstawie testu post-hoc), zróżnicowanie długości ciała (min. 27,50, maks. 40,20 SD = 4,12) ryb jednego sortymentu zostało określone jako wysoce niepożądane ze względu na konieczność prowadzenia dodatkowych manipulacji gospodarczych, a co za tym idzie zwiększonej ekspozycji na stres związany z manipulacjami podczas odfowu w celu sortowania, ważenia. Gospodarstwo to zostało wytypowane do przetestowania i wdrożenia zastosowania śruby Archimedesesa z sortownicą.

Wody zasilające stawy hodowlane były na ogół dobrze natlenione, a średnia zawartość tlenu rozpuszczonego kształtowała na poziomie 75-90% (tab. 6).

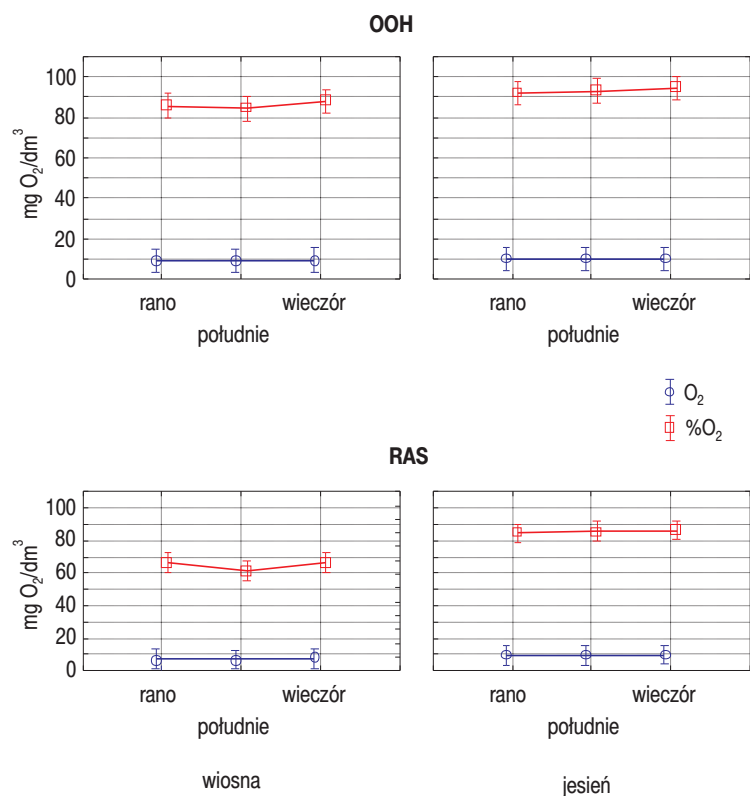
Dla obu parametrów jakościowych wody przeprowadzono analizę wariancji mającą na celu stwierdzenie, czy istnieje zróżnicowanie w wartościach tych parametrów w zależności od sezonu i technologii. W tym celu postużono się analizą wariancji. Otrzymana wartość statystyki F pozwoliła na potwierdzenie różnicowania (F=5,5192, p=0,02044). Wyniki analizy post-hoc testem HSD Tukeya (tab. 7) pozwoliły na określenie jako źródła zmienności różnic w obserwowanych wartościach parametrów zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie (O<sub>2</sub>) i % nasycenia tlenem

TABELA 6

Średnie wartości parametrów jakościowych wody: nasycenie tlenem ( $O_2$ ) i % nasycenia tlenem ( $\%O_2$ ) w wodach dopływających do stawów w sześciu gospodarstwach w trakcie badań w latach 2010-2011 (\*wartości poniżej zdolności przyswajania)

Parametry	Technologia	Średnia	Minimum	Maksimum	Odch. std
$O_2$	OOH	9,61	7,15	10,69	0,857
	RAS	8,34	5,68	10,41	1,56
$\%O_2$	OOH	89,66	*64,13	105,47	11,07
	RAS	75,15	*51,66	91,47	13,70

wody ( $\%O_2$ ) – wód dopływających, zarówno w porównaniach międzysezonowych, jak i pomiędzy technologiami. Następną analizę przeprowadzono w celu weryfikacji, czy obserwowane zróżnicowanie wartości nasycenia tlenem notowane w różnych godzinach poboru próby jest istotne statystycznie. Otrzymana wartość statystyki F była istotna ( $F=3,00389$ ,  $p=0,04997$ ). Wyniki analizy post-hoc testem



Rys. 1. Zmiany w wartościach parametrów nasycenia tlenem i % nasycenia tlenem w zależności od typu technologii, pory poboru próbki i sezonu.

HSD Tukeya pozwoliły na określenie, jako źródła zmienności (w obu technologiach i sezonach), różnic w obserwowanych wartościach parametru nasycenia tlenem ( $O_2$ ) w pomiarze południowym w stosunku do pomiaru porannego i wieczornego (rys. 1).

TABELA 7

Przybliżone prawdopodobieństwa dla testów post hoc (test HSD Tukeya; błąd: MS międzygrupowe = 54,296). W – wiosna, J – jesień. Wartości istotne statystycznie na poziomie istotności równym 0,05 wytłuszczone

Technologia/Sezon/Parametr	OOH/W/ /O <sub>2</sub>	RAS/W/ O <sub>2</sub>	OOH/J/ O <sub>2</sub>	RAS/J/ O <sub>2</sub>	OOH/W/ /%O <sub>2</sub>	RAS/W/ %O <sub>2</sub>	OOH/J/ %O <sub>2</sub>
RAS/W/ O <sub>2</sub>	0,9897						
OOH/J/ O <sub>2</sub>	1,0000	0,9396					
RAS/J/ O <sub>2</sub>	1,0000	0,9755	1,0000				
OOH/W/ %O <sub>2</sub>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>			
RAS/W/ %O <sub>2</sub>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>		
OOH/J/ %O <sub>2</sub>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	0,0748	<b>0,0001</b>	
RAS/J/ %O <sub>2</sub>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	1,0000	<b>0,0001</b>	<b>0,0341</b>

Obserwowane, istotne statystycznie, dzienne zróżnicowanie wartości parametru nasycenia tlenem wpłynęło na wskazanie dobowych wahań wartości nasycenia tlenem, jako potencjalnego zagrożenia mogącego mieć wpływ na dobrostan zwierząt w obu typach technologii i stało się przesłanką do rekomendowania wdrożenia częstszych, dobowych pomiarów tlenu w badanych gospodarstwach.

## Dyskusja i podsumowanie

Pstrąg tęczowy jest gatunkiem wrażliwym na braki tlenu, jak i na stres związany z manipulacjami podczas odłowu w celu sortowania, ważenia i załadunku (Matthews i Berg 1997, Lefevre i in. 2008). Czynniki fizyczne wpływające na fizjologię ryb to przede wszystkim dostępność tlenu oraz temperatura (Żelazny 2007, Ötles i in. 2010). Stosowanie manipulacji wiąże się z pobytem ryb poza środowiskiem wodnym. Sytuacja ta może powodować zmiany temperatury ciała ryb, jak i obniżenie możliwości pobierania tlenu do poziomu niebezpiecznego dla ich życia (Lefevre i in. 2008). Przeprowadzone badania potwierdzają, że wątroba pstrąga tęczowego to czuły narząd, który odzwierciedla wpływ środowiska na ich stan zdrowia. Obserwowane morfologiczne odstępstwa od normy, choć liczbowo zbliżone do siebie (tab. 1, 2), różniły się stopniem intensywności w analizowanych technologiach chowu (OOH i RAS). W chowie typu RAS były bardziej wyraźnie wyrażone – ich stopień nasilenia był większy (występowały na większym obszarze obejmując większą liczbę hepatocytów). Ponadto u ryb z chowu intensywnego obserwowano więcej zmian wstecznych (stłuszczenie, zwyrodnienie i ogniska martwicy) niż u ryb z chowu OOH (tab. 2). Spostrzeżenia te zarówno z punktu widzenia lekarsko-weterynaryjnego, jak i hodowlanego, są istotne dla określenia właściwego postępowania oraz odpowiedniej profilaktyki. Wyniki badań

potwierdzają, że makroskopowe i mikroskopowe badania morfologiczne to stosunkowo proste i doskonałe narzędzia w dążeniu do uzyskania obrazu stanu zdrowia tych ryb (Schwaiger i in. 1997, Szarek i in. 2013a). Chów pstrąga tęczowego, wykazującego tendencję do intensyfikacji (Ciereszko i Ocalewicz 2007, Brister i Kapuściński 2001), powinien być objęty stałym monitoringiem badań morfologicznych, wstępnie przez hodowcę, a w przypadkach koniecznych przez lekarza weterynarii (Żelazny 2007, Szarek i in. 2011).

Cechą charakterystyczną produkcji pstrąga jest swoista „unifikacja technologiczna”. Metoda produkcji jest zbliżona, we wszystkich gospodarstwach stosowane są gotowe pasze przemysłowe. Udział pokarmu naturalnego w uzyskiwanych przyrostach ryb nie ma żadnego znaczenia. Stosowanie w technologii chowu wysokiej jakości pasz przemysłowych oraz urządzeń technicznych poprawiających jakość wody umożliwia produkcję intensywną (Goryczko 2005).

Kompleksowe badania wykonane w projekcie i zaprezentowane analizy wybranych wyników łączące wyniki badań patomorfologicznych ryb oraz analiz biometrycznych i jakości wód skłoniły zespół do rekomendowania wdrożeń w postaci: kompleksowej metody oceny patomorfologicznej ryb – w zakresie oceny wpływu interakcji środowisko-technologia na stan zdrowia ryb; zmodyfikowanej pompy w postaci śruby Archimedesesa i sortownicy automatycznej w zakresie minimalizowania wpływu manipulacji gospodarczych oraz wykonywania częstych (przynajmniej 3 razy na dobę) pomiarów zawartości tlenu w wodzie za pomocą tlenomierzy. Wdrożenia, mogące minimalizować negatywne oddziaływanie manipulacji gospodarczych na dobrostan ryb uznano za innowację w procesie produkcji pstrąga, zgodnie z definicją innowacji stosowaną przez Główny Urząd Statystyczny (Zasady gromadzenia ... 2008), mówiącą, iż innowacyjne produkty, procesy oraz metody nie muszą być nowością dla rynku, na którym operuje przedsiębiorstwo, ale muszą być nowością przynajmniej dla samego przedsiębiorstwa. Zastosowana interpretacja jest zgodna z definicją działań innowacyjnych zawartą w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1290/2013 z dnia 11 grudnia 2013 r. ustanawiającego zasady uczestnictwa i upowszechniania dla programu „Horyzont 2020” – programu ramowego w zakresie badań naukowych i innowacji (2014 – 2020) oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 1906/2006.

## Przykładowe wdrożenie

Na potrzeby jednego z gospodarstw biorących udział w badaniach realizowanych w projekcie, zaadaptowano zastosowanie tak zwanej śruby Archimedesesa z sortownicą. Jest to pompa wodna śrubowa, w której transport cieczy wymuszany jest obrotami ślimakowej śruby. W zależności

od średnicy rury przenoszenie ryb wraz z wodą jest możliwe już od 5 g do 2,5 kg średniej masy ciała. Innowacja produkcyjna polega na wydłużeniu śruby Archimedesesa – w stosunku do masowo produkowanych urządzeń. Ma ona na celu umożliwienie użytkowania jednego urządzenia w obsłudze stawów o zróżnicowanym sortymencie ryb, przy założonym przyspieszeniu wykonywanych manipulacji skutkujących zmniejszeniem poziomu stresu ryb. Wprowadzone modyfikacje w obrębie wdrożenia zapewniają transport wody i ryb na wysokość do 4 m (przy zastosowaniu śruby o długości 7 m), natomiast sortownica umożliwi sortowanie ryb na 3 sorty od 10 do 600 gramów. Zestaw urządzeń w sposób bezstresowy pozwala manipulować rybą na stawach, co ma duże znaczenie w okresie intensywnych przyrostów masy ciała. Sortownica ma możliwość dowolnego ustawiania za pomocą pokrętła wielkości sortowanych ryb w trakcie pracy, co ułatwia reagowanie na bieżąco i znacznie zmniejsza czas doboru zadanych sortów. Konstrukcja pompy i sortownicy zapewnia łatwe przemieszczanie urządzenia po terenie obiektu. W połączeniu z systemem rurociągów zapewnia ułatwienie pracy.

Urządzenie jest wdrożone w obiekcie doświadczalnym instytucji naukowej. Miejsce wdrożenia zapewnia możliwość bieżącego monitoringu przeprowadzonych innowacji produktowych urządzenia i dokładnego sprawdzenia, czy założony efekt wdrożenia zostanie osiągnięty.

*Autorzy dziękują hodowcom wytypowanych gospodarstw rybackich za wydatną pomoc w zorganizowaniu pobierania próbek do badań, a mgr. Aleksandrowi Penkowskiemu za pomoc przy opracowaniu mikrogramów i elektro-nogramów.*

*Badania sfinansowane przez UE oraz Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi w ramach Programu Operacyjnego „Zrównoważony rozwój sektora rybołówstwa i nadbrzeżnych obszarów rybackich, „PO Ryby 2007-2013”, umowa nr 00001-61724-OR1400002/10.*

## Literatura

- Babińska I., Szarek J., Strzyżewska E., Wojtacka J., Wąsowicz K., Dublan K., Zakrzewski J., Białowas H., Penkowski A. 2014 – Patterns of the concentration of glycosaminoglycans in the liver of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) reared in two different conditions – J. Comp. Pathol. 150(1): 119.
- Bancroft J.D., Cook H.C. 2000 – Manual of histological techniques and their diagnostic application. Churchill Livingstone, Edinburgh, London, Madrid, Melbourne, New York, Tokyo.
- Brister D.J., Kapuściński A. 2001 – Global rise of aquaculture. A trigger for organic and ecolabelling standards for aquatic animals – The Organic Standard 3, 7-11.
- Ciereszko A., Ocalewicz K. 2007 – Modern methods for rainbow trout production. A time for trout – Focus on fish Breeding – Academia 1(13): 20-23.
- Goryczko K., 2005 – Pstrąg tęczowy. Chów i hodowla. IRS Olsztyn: 241.
- Guziur J., Wiśniewska A., Dobosz S., Goryczko K. 2013 – Rearing and biometric parameters of the trout – In: The quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) from technologies applied in Poland. Testing of trout production technologies applied in Poland in

- the light of the Commission Regulation (WE) 710/2009 (Eds) J. Szarek, K.A. Skibniewska, J. Zakrzewski, J. Guziur, Publishing Office ElSet, Olsztyn: 23-45.
- Lefevre F., Bugeon J., Aupérin B., Aubin J. 2008 – Rearing oxygen level and slaughter stress effects on rainbow trout flesh quality – *Aquaculture* 284(1): 81-89.
- Lewis F.R., Knight D.R. 1977 – Staining methods for sectioned material. North Holland Publications Co., Amsterdam, s. 134-186.
- Martins C.I.M., Eding E.H., Verdegem M.C.J., Heinsbroek L.T.N., Schneider O., Blancheton J.P., d'Orbcastel E.R., Verreth J.A.J. 2010 – New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: a perspective on environmental sustainability – *Aquacult. Eng.* 43: 83-93.
- Matthews K.R., Berg N.H. 1997 – Rainbow trout responses to water temperature and dissolved oxygen stress in two southern California stream pools – *J. Fish Biol.* 50: 50-67.
- Ötles Y., Ozden O., Ötles S. 2010 – Organic fish production and the standards – *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 9(2): 125-131.
- Schwaiger J., Wanke R., Adam S., Pawert M., Honnen W., Triebkorn R. 1997 – The use of histopathological indicators to evaluate contaminant related stress in fish – *J. Aquat. Ecosyst. Stress Recovery* 6: 75-86.
- Sidoruk M., Koc J., Szarek J., Goryczko K., Dobosz S., Guziur J., Wiśniewska A., Zakrzewski J. 2012 – Testowanie technologii produkcji pstrąga w Polsce w świetle Rozporządzenia Komisji (WE) nr 710/2009. Wpływ gospodarki wodnej na wybrane składniki jakości wód gospodarstw pstrągarskich – *Przegląd Rybacki* 36, 6(126): 20-24.
- Szarek J., Babińska I., Strzyżewska E., Skibniewska K.A., Zakrzewski J., Guziur J., Szynaka B., Wiśniewska A., Dobosz S., Dublan K., Koc J., Sidoruk M. 2013a – Ocena makroskopowa wątroby jako wskaźnik stanu zdrowia pstrąga tęczowego w świetle badań własnych – *Przegląd Rybacki* 5(131): 28-32.
- Szarek J., Babińska I., Szynaka B., Andrzejewska A., Strzyżewska E., Wojtacka J., Wąsowicz K., Szweda M., Dublan K. 2013b – Ultrastructural analysis as a tool in evaluation of the effect of the type of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) farming technologies on morphology of hepatocytic organelle – *Pol. J. Pathol.* 64(1): 115.
- Szarek J., Goryczko K., Skibniewska K., Guziur J., Koc J., Dobosz S., Siwicki A.K., Sidoruk M., Babińska I., Terech-Majewska E., Zakrzewski J. 2011 – Wstępne wyniki badań nad jakością pstrąga tęczowego z polskiej technologii chowu. W: *Materiały Szkoleniowe. 36 Krajowa Konferencja – Szkolenie dla Hodowców Ryb Łososiowatych* (Red.) R. Kowalski – Stowarzyszenie Producentów Ryb Łososiowatych, Jastrzębia Góra: 87-99.
- Szarek J., Siwicki K.A., Babińska I., Skibniewska K.A., Dobosz S., Goryczko K., Guziur J., Szynaka B., Strzyżewska E., Wojtacka J., Terech-Majewska E., Zakrzewski J., Wiśniewska A., Szweda M. 2013c – Does the type of technology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) breeding influence morphological pattern of the internal organs and immunity in this fish – *J. Comp. Pathol.* 148(1): 92.
- Szarek J., Szynaka B., Babińska I., Andrzejewska A., Strzyżewska E., Dobosz S., Zakrzewski J., Wiśniewska A., Wojtacka J. 2014 – Ultrastructural pattern of the liver in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) reared extensively (OS) and intensively (RAS) – *J. Comp. Pathol.* 150(1): 119.
- Zasady gromadzenia i interpretacji danych dotyczących innowacji. Pomiar działalności naukowej i technicznej. Podręcznik, Oslo (wyd. 3) Warszawa 2008, [http://www.stat.gov.pl/gus/definicje\\_PLK\\_HTML.htm?id=POJ-7060.htm](http://www.stat.gov.pl/gus/definicje_PLK_HTML.htm?id=POJ-7060.htm).
- Żelazny J. 2007 – Wpływ warunków hodowli na bezpieczeństwo zdrowotne ryb przeznaczonych do konsumpcji – W: *Ochrona zdrowia w gospodarce rybackiej* (Red.) Żelazny J. PIWet-PIB, Puławy: 73-81.

Przyjęto po recenzji 19.05.2014 r.

## **PRACTICAL INNOVATIONS FOR IMPROVING BREEDING AND REARING RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM 1792) – RECOMMENDATIONS BASED ON THE AUTHOR'S SELECTED RESEARCH**

**Anna M. Wiśniewska, Józef Szarek, Janusz Guziur, Stefan Dobosz, Marcin Sidoruk, Beata Szynaka, Janusz Zakrzewski**

**ABSTRACT.** This study proposes solutions developed during a project to improve breeding and rearing conditions in existing trout farms that could be implemented with the least possible disturbance to farming. The aim of the work was to identify the needs of trout farms in terms of adapting existing technological solutions to individual conditions. Problems that are addressed include low trout resistance to oxygen deficits and susceptibility to stress from manipulation during sorting, weighing, and loading. The solutions presented include: a comprehensive pathomorphological fish assessment method to determine the impact the environment and technology have on fish health; the use of oxygen probes and Archimedes screws with sorting devices.

**Key words:** rainbow trout, breeding technology, liver pathomorphology, Archimedes screw, oxygen probe