



Agata Kowalska, Zdzisław Zakęś

Zakład Akwakultury, Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie

Wybrane wskaźniki podchowu samic i samców sandacza (*Sander lucioperca* L.) przetrzymywanych w systemach recyrkulacyjnych

Wstęp

Wzrost somatyczny ryb jest jednym z najważniejszych wskaźników ich podchowu. Generalnie jest to proces bardzo złożony i uwarunkowany wieloma czynnikami, np. środowiskowymi (głównie temperaturą wody i żywieniem), cechami genetycznymi (w tym płcią ryb) oraz zachowaniami behawioralnymi (Devlin i Nagahama 2002, Magnusen 2007). Korelacja wzrostu ryb z czynnikami zewnętrznymi i wewnętrznymi zależy między innymi od gatunku. Dla przykładu, u ryb zimnolubnych tempo wzrostu w 80% determinowane jest czynnikami środowiskowymi, a poten-

cjał genetyczny może wpływać na niego jedynie w kilkunastu procentach (Gjedrem 2000). W podchowach kontrolowanych, zwłaszcza w recyrkulacyjnych systemach akwakultury (RAS) można zapewnić optymalne i stałe dla danego gatunku czynniki środowiskowe. Poprzez selekcje genetyczne, a także manipulacje chromosomowe czy genomowe (np. z użyciem szoków termicznych lub ciśnieniowych) oraz hormonalne (z użyciem hormonów steroidowych podawanych poprzez iniekcje, implanty czy w immersji) zastosowane we wczesnym stadium ontogenezy można wyhodować populacje charakteryzujące się maksymalnym

tempem wzrostu somatycznego. Wspomniane techniki manipulacji wykorzystuje się już blisko od 30 lat (Devlin i Nagahama 2002) i rozpowszechniły się one zwłaszcza u gatunków ryb drapieżnych ważnych dla akwakultury, tj. u łososia atlantyckiego, *Salmo salar* L. i pstrąga tęczowego, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) (Demska-Zakęś i in. 1999, Magnussen 2007). Jednym z celów stosowania wspomnianych wyżej technik jest uzyskanie i podchów populacji sterylnych lub jednopłciowych. Powszechnie znany jest już fakt, że wzrost ryb może być zależny od płci (Rennie i in. 2008). Maksymalny potencjał wzrostu, w warunkach hodowlanych, można osiągnąć wykorzystując np. jednopłciowe populacje, najczęściej samicze. Nie bez znaczenia jest też wzrost popytu na rynku konsumenckim na produkty pochodzące z monopłciowych populacji ryb łososiowatych. Okazuje się bowiem, że walory smakowe oraz cechy technologiczne w przetwórstwie samic pstrąga tęczowego są korzystniejsze niż samców (Kuźmiński i Dobosz 2010).

Dymorfizm płciowy różnicujący samice i samce pod względem wielkości ciała ryb uwarunkowany jest odmiennym wykorzystywaniem energii metabolicznej (wzrost/rozród) między obu płciami (Devlin i Nagahama 2002, Rennie i in. 2008). Związane jest to z różnicami w osiąganiu dojrzałości płciowej (wiek i wielkość) i czasem produkcji gamet (okres rozrodczy) u samic i samców. Bhatta i in. (2012) wskazują nawet na gonady, jako narządy wydzielnicze odpowiedzialne za regulację wzrostu ciała ryb doskonałokostnych. Dowiedzono też, że hormony steroidowe (zwłaszcza androgeny i estrogeny) mogą pośredniczyć w różnicowaniu tempa wzrostu samic i samców ryb (Mandiki i in. 2004).

W związku z powyższym, za celowe uznano przeprowadzenie badań zmierzających do ustalenia zależności efektów podchowu sandacza europejskiego, *Sander luciperca* (L.) od płci ryb. W analizie wykorzystano takie wskaźniki podchowu jak współczynnik zmienności masy ciała CV, współczynnik kondycji K i współczynnik kondycji Fultona oraz współczynniki trzewiowo- (VSI), wątrobowo- (HSI) i gonadosomatyczny (GSI). W świetle stosowania nowych technologii i technik podchowu ryb w akwakulturze ważnym wydaje się też odpowiedź na pytanie, czy podchów jednopłciowych populacji ma uzasadnienie w przypadku tego gatunku.

Materiał i metody

W latach 2005-2013 w Zakładzie Akwakultury oraz Zakładzie Hodowli Ryb Jesiotrowatych Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie (IRS w Olsztynie) podczas podchowów sandacza w RAS (zakres masy ciała (W) 15-2000 g, wiek 0+, 1+, 2+, 3+) określano wskaźniki hodowlane i płęć ryb. W celu zbadania związku wskaźników podchowu z płcią, odrębnej analizie poddano samce i samice sanda-

cza. Materiał pozyskano w wyniku tarła sztucznego, a podczas podchowu stosowano żywienie i utrzymywano warunki fizykochemiczne wody zgodnie z wymogami ustalonymi dla tego gatunku (Zakęś 2009). Samice i samce podchowowano razem w basenach w RAS, a płęć ryb ustalano pośmiertnie. Po wyznaczonym okresie podchowu ryby usypiano w roztworze etomidatu (Propiscin, IRS w Olsztynie), następnie określano masę ciała (W) z dokładnością $\pm 0,1$ g i mierzono odległości wzdłuż osi ciała od początku pyska do końca promieni twardych płetwy ogonowej (długość całkowitą ciała $L_t \pm 0,1$ cm) i od początku pyska do nasady płetwy ogonowej (długość ciała $L_c \pm 0,1$ cm). Po dekapitacji określano płęć ryb, ważono trzewia (tłuszcz okołojelitowy ($\pm 0,01$ g), przewód pokarmowy ($\pm 0,01$ g), wątroba ($\pm 0,01$ g), śledziona ($\pm 0,01$ g) i gonady ($\pm 0,01$ g). Uzyskane dane wykorzystano do obliczenia wartości:

– współczynnika zmienności masy ciała ryb (CV);

$$CV = 100 \times (SD \times W^{-1})$$

– współczynnika kondycji (K) i współczynnika kondycji Fultona (F);

$$K = (W \times 100) \times L_t^{-3}$$

$$F = (W \times 100) \times L_c^{-3}$$

– współczynników trzewiowo- (VSI, %), wątrobowo- (HSI, %) i gonadosomatycznego (GSI, %);

$$VSI = 100 \times (VW \times W^{-1})$$

$$HSI = 100 \times (HW \times W^{-1})$$

$$GSI = 100 \times (GW \times W^{-1})$$

gdzie: W - masa ciała ryb (g), L_t – długość całkowita ciała ryb (cm), L_c – długość ciała ryb (cm), VW – masa trzewia (g), HW – masa wątroby (g), GW - masa gonad (g).

W ustaleniu istotnych statystycznie różnic w wartościach ww. wskaźników między samicami i samcami wykorzystano program GraphPad Prism (Soft. Inc., USA). Różnice uznawano za istotne statystycznie przy $P \leq 0,05$.

Wyniki

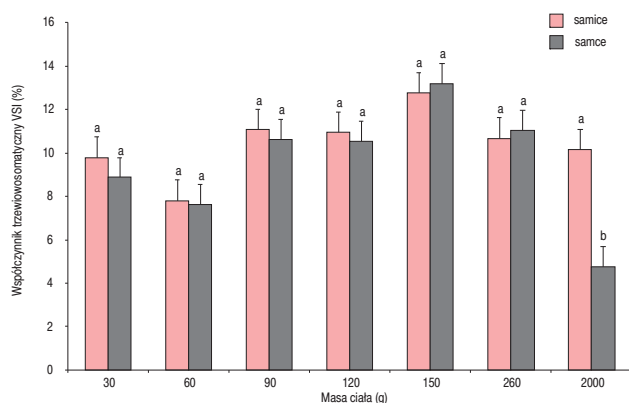
Analiza wykonana po wstępnym podchowcie sandacza, tj. po uzyskaniu przez ryby średniej masy ciała równej 15 g wykazała, że udział samic i samców w podchowanim materiale był zbliżony (samice stanowiły 45%, zaś samce 55% obsady). Masa ciała u obu płci była podobna (tab. 1). Współczynnik kondycji K dla samic i samców był równy 0,77 ($\pm 0,06$), zaś Fultona wynosił, odpowiednio 1,23 ($\pm 0,09$) i 1,24 ($\pm 0,08$). U ryb o masie ciała powyżej 100 g współczynnik kondycji K zarówno dla samic, jak i samców wynosił 0,9 i jego wartość utrzymywała się do osiągnięcia przez ryby masy ciała równej 1100 g. Wartość współczynnika Fultona u ryb o masie ciała od 120 do 2000 g nie przekraczała 1,3 (tab. 1).

Badania przeprowadzone na większym materiale o wyższej masie ciała ($W \geq 30$ g) umożliwiały określanie również wskaźników VSI i HSI samic i samców (rys. 1). Stwierdzono,

TABELA 1

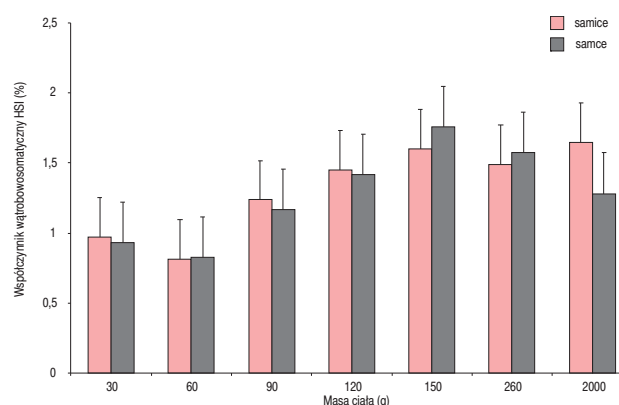
Wskaźniki podchowu samic i samców sandacza w RAS (wartości średnie \pm SD); nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między płciami w danej klasie wielkości ryb ($P > 0,05$)

Masa ciała (g)/wiek ryb	Płeć	Długość całkowita ciała ryb Lt (cm)	Długość ciała ryb Lc (cm)	Masa ciała ryb (g)	Współczynnik zmienności masy ciała CV (%)	Współczynnik kondycji K	Współczynnik kondycji Fultona F	N
~15 g/0+	♀	12,81 ($\pm 1,02$)	10,97 ($\pm 0,91$)	16,52 ($\pm 4,18$)	25,27	0,77 ($\pm 0,06$)	1,23 ($\pm 0,09$)	58
	♂	12,39 ($\pm 1,19$)	10,61 ($\pm 1,08$)	15,30 ($\pm 5,12$)	33,46	0,77 ($\pm 0,06$)	1,24 ($\pm 0,08$)	70
~30 g/0+	♀	15,95 ($\pm 2,23$)	13,72 ($\pm 2,18$)	34,13 ($\pm 15,01$)	43,99	0,78 ($\pm 0,06$)	1,24 ($\pm 0,07$)	13
	♂	15,21 ($\pm 1,98$)	13,07 ($\pm 1,80$)	28,74 ($\pm 13,37$)	46,52	0,76 ($\pm 0,06$)	1,19 ($\pm 0,08$)	15
~60 g/0+	♀	19,17 ($\pm 1,71$)	16,77 ($\pm 1,55$)	53,66 ($\pm 14,91$)	27,76	0,74 ($\pm 0,04$)	1,12 ($\pm 0,07$)	59
	♂	20,32 ($\pm 1,90$)	17,80 ($\pm 1,75$)	65,44 ($\pm 20,83$)	31,83	0,76 ($\pm 0,07$)	1,12 ($\pm 0,09$)	65
~90 g/0+	♀	21,61 ($\pm 3,00$)	19,07 ($\pm 2,82$)	95,89 ($\pm 48,14$)	50,19	0,90 ($\pm 0,61$)	1,31 ($\pm 0,89$)	106
	♂	21,15 ($\pm 3,42$)	18,59 ($\pm 3,23$)	86,92 ($\pm 47,23$)	54,34	0,82 ($\pm 0,12$)	1,20 ($\pm 0,16$)	124
~120 g/1+	♀	23,29 ($\pm 4,56$)	20,68 ($\pm 4,36$)	126,36 ($\pm 60,72$)	48,05	0,88 ($\pm 0,08$)	1,27 ($\pm 0,08$)	62
	♂	22,37 ($\pm 4,79$)	19,86 ($\pm 4,56$)	119,19 ($\pm 68,77$)	57,71	0,90 ($\pm 0,12$)	1,29 ($\pm 1,13$)	67
~150 g/1+	♀	25,95 ($\pm 2,19$)	23,04 ($\pm 2,05$)	152,96 ($\pm 43,02$)	28,13	0,85 ($\pm 0,10$)	1,21 ($\pm 0,12$)	55
	♂	25,47 ($\pm 2,14$)	22,66 ($\pm 1,76$)	146,40 ($\pm 36,07$)	24,64	0,89 ($\pm 0,29$)	1,23 ($\pm 0,09$)	75
~260 g/1+	♀	30,97 ($\pm 3,74$)	28,08 ($\pm 3,65$)	281,68 ($\pm 95,30$)	33,83	0,91 ($\pm 0,51$)	1,22 ($\pm 0,12$)	24
	♂	30,60 ($\pm 3,10$)	27,56 ($\pm 2,90$)	256,82 ($\pm 71,01$)	27,65	0,87 ($\pm 0,06$)	1,20 ($\pm 0,09$)	50
~1100 g/2+	♀	49,76 ($\pm 2,55$)	44,44 ($\pm 2,04$)	1122,56 ($\pm 145,89$)	12,99	0,91 ($\pm 0,97$)	1,27 ($\pm 0,05$)	10
	♂	49,22 ($\pm 2,91$)	43,60 ($\pm 2,88$)	1076,36 ($\pm 182,36$)	16,94	0,90 ($\pm 0,04$)	1,30 ($\pm 0,12$)	8
~2000 g/3+	♀	59,72 ($\pm 3,13$)	54,28 ($\pm 2,89$)	2085,56 ($\pm 408,41$)	19,58	0,97 ($\pm 0,11$)	1,29 ($\pm 0,15$)	11
	♂	57,51 ($\pm 3,69$)	51,97 ($\pm 3,53$)	1820,78 ($\pm 480,53$)	26,39	0,94 ($\pm 0,08$)	1,27 ($\pm 0,09$)	9



Rys. 1. Wartość współczynnika trzewiowosomatycznego VSI samic i samców sandacza w RAS; wartości średnie \pm SD; wartości oznaczone tym samym indeksem literowym nie różnią się istotnie statystycznie ($P > 0,05$).

że przy tej masie ciała ryb wartość tych wskaźników u samców była niższa, lecz statystycznie nieistotna ($P > 0,05$). Podchów ryb do wielkości ok. 60 g, u których udział samic i samców był równy 51 i 49%, wykazał brak różnic między płciowymi w końcowej masie ciała ryb (tab. 1). Tendencja taka utrzymywała się w dalszym podchowcie sandacza. U ryb o masie ciała 30-260 g współczynnik VSI i HSI wynosił odpowiednio dla samic: 7,8-12,8% i 0,8-1,6% oraz dla samców: 7,6-11,0% i 0,8-1,8%, przy czym wyższe wartości dotyczyły ryb o wyższej masie ciała (rys. 1 i 2). Istotne statystycznie różnice między płciowe stwierdzono dopiero u ryb trzyletnich o masie ciała samic 2,1 kg i masie ciała samców 1,8 kg (tab. 1, rys. 3). Bezwzględna masa trzewi samic sandacza była ponad dwukrotnie wyższa (211,95 g) niż samców (89,20 g),



Rys. 2. Wartość współczynnika hepatosomatycznego HSI samic i samców sandacza w RAS; wartości średnie \pm SD; nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między płciami w danej klasie wielkości ryb ($P > 0,05$).

co przełożyło się na istotne różnice w wartości wskaźnika VSI (odpowiednio 14,33 i 10,14%). U ryb młodszych (wiek 2+) o masie ciała samic i samców równej 1,1 kg, zarówno masa trzewi, jak i wartości współczynnika VSI u obu płci były jeszcze zbliżone (tab. 2). Gonady tych ryb zajmowały już znaczną część jamy brzusznej, a wartość współczynnika GSI wyniosła 0,79% (samce) i 0,96% (samice).

Dyskusja

Genetyczna adaptacja danego gatunku/populacji do warunków środowiska odgrywa bardzo ważną rolę w rozwoju i ukształtowaniu cech osobniczych. Izolacja i selekcja ryb sprzyja utrwaleniu pożądanych cech hodowlanych ryb.

Masa trzewi i gonad oraz współczynniki trzewiowo- (VSI) i gonadosomatyczny (GSI) samic i samców sandacza (wiek 2+); wartości średnie \pm SD; nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między płciami ($P > 0,05$)

Masa ciała (g)	Płeć	Masa trzewi (g)	Współczynnik VSI (%)	Masa gonad (g)	Współczynnik GSI (%)
1122,56	♀	159,71 (\pm 36,84)	14,33 (\pm 3,41)	23,94 (\pm 15,97)	0,96 (\pm 0,97)
1076,36	♂	110,11 (\pm 30,43)	10,14 (\pm 1,77)	17,86 (\pm 9,01)	0,79 (\pm 0,70)

Dlatego korzystając z wyselekcjonowanych linii hodowlanych czy z banku genów można podnieść parametry wzrostu ryb nawet o 40% (Magnussen 2007, Sattar i in. 2008). Na przykład, analizy materiału genetycznego wykazały istotne różnice u kilku populacji dorsza, *Gadus morhua* L. pozyskanych z wód północnej Norwegii i Wysp Owczych, które skorelowane były ze wzrostem ryb. Autorzy cytowanej pracy wnioskują, że dane cechy populacji/zasoby genotypowe mogą być utrwalone jako efekt długoterminowego oddziaływania czynnika zewnętrznego, prowadzącego do adaptacji i selekcji. W naszych badaniach wykorzystano materiał pochodzący od ryb podchowiwanych w RAS w warunkach zapewniających optymalne tempo wzrostu. Stado tarłowe podlegało selekcji, tak więc efekt domestykacji mógł mieć potencjalny wpływ na uzyskane dobre i w konsekwencji porównywalne efekty podchowu młodocianych samic i samców sandacza oraz ryb starszych (2+ i 3+) w RAS.

Innym rozwiązaniem mającym na celu zoptymalizowanie produkcji rybackiej jest podchów jedнопłciowych populacji, które charakteryzują się szybszym tempem wzrostu od stad obupłciowych. Sattar i in. (2008) podają, że dyferencjacja płci, wiek i wielkość, przy jakiej ryby osiągają dojrzałość płciową są istotnymi cechami gatunkowymi, również z ekonomicznego punktu widzenia, gdyż mogą decydować o tempie ich wzrostu i produkcji. Z badań przeprowadzonych w IRS w Olsztynie wynika, że w przypadku sandacza europejskiego nie ma różnic w wielkości samic i samców podchowiwanych w RAS do uzyskania przez ryby masy ciała 260 g. Podobnie u juwenalnego sandacza amerykańskiego, *Sander vitreus* (Mitchill) i okonia żółtego, *Perca flavescens* (Mitchill) stwierdzono brak różnic w przyrostach masy ciała juwenalnych samic i samców (Rennie i in. 2008). U hybryd sandacza amerykańskiego (♀ *S. vitreus* × ♂ *S. canadensis*) między płciowe różnice w wielkości ciała ujawniają się dopiero przy masie ciała 200-250 g i długości 30 cm (Malison i in. 2004). Biorąc pod uwagę fakt, że u ryb okoniowatych wielkość ciała determinuje dojrzewanie płciowe (Rennie i in. 2008, Sattar i in. 2008), brak różnic we wzroście sandaczy 0+ w naszym eksperymencie jest uzasadniony. U sandacza amerykańskiego o $L_t = 38$ cm i okonia żółtego o $L_t = 13$ cm, pochodzących ze środowiska naturalnego i następnie podchowiwanych w warunkach kontrolowanych (w okresie jesiennym, temperatura wody 10-15°C), stwierdzono, że samce (w tym samym wieku)

były mniejsze niż samice, co wynikało z wcześniejszego osiągnięcia dojrzałości płciowej przez samce obu gatunków. Ponadto okres rozrodczy (gotowość tarłowa, produkcja gamet i spermacja) u samców sandacza amerykańskiego był dłuższy niż u samic. W efekcie inwestycja energetyczna samców względem samic w reprodukcję jest większa. W cytowanych badaniach wykazano, że redukcja wzrostu somatycznego samców wynikała nie, jak wcześniej sądzono z wyższej ich aktywności, lecz bezpośrednio z większych nakładów energetycznych ponoszonych w wyniku akcji tarłowej (Henderson i in. 2003, Rennie i in. 2008). Wykazano więc, że na dymorfizm płciowy u okonia żółtego i sandacza amerykańskiego wpływają koszty metaboliczne, tj. zmniejszone pozyskiwanie energii na wzrost przez samce w początkowym okresie uzyskiwania dojrzałości płciowej ryb.

Rennie i in. (2008) donoszą, że wolniejsze tempo wzrostu samców ryb okoniowatych w początkowym okresie dojrzewania płciowego względem samic jest wynikiem spadku ich aktywności żerowania. Jest to naturalna strategia tych ryb redukująca ryzyko strat energetycznych ponoszonych w wyniku zachowań drapieżniczych i ryzyko śmiertelności. W związku z tym, że samice dojrzewają później, syndrom ten zauważalny jest wcześniej u samców. Z naszych badań, ze względu na podchów samic i samców w basenach łącznie, trudno wnioskować o wpływie płci na współczynnik pokarmowy pasz (FCR). Jakkolwiek u mniejszego sortymentu sandacza różnice między płciowe w FCR są raczej mało prawdopodobne, zwłaszcza w podchowcie intensywnym (niniejsze badania), to w przypadku ryb okoniowatych dojrzałych płciowo wykazano u samców niższe zużycie paszy i efektywność jej wykorzystania (Rennie i in. 2008). W naszym eksperymencie zróżnicowanie masy ciała (CV) dojrzałych płciowo samców sandacza było wyższe niż samic i może wskazywać na zmiany w intensywności i efektywności pobierania pokarmu. Biorąc pod uwagę powyższe różnice i kształtowanie się hierarchii w stadzie ryb można przypuszczać, że podchów jedнопłciowych populacji sandacza mógłby mieć wpływ na poprawę wskaźników podchowu. Dla potwierdzenia lub wykluczenia tej hipotezy konieczne byłoby przeprowadzenie dalszych badań i analiz.

Malison i in. (1988) oraz Mandiki i in. (2005) wskazali, że różnice w efektywności wykorzystania pasz i w konsekwencji w przyrostach masy ciała w okresie dojrzewania płciowego wywołane są m.in. oddziaływaniem hormonów steroido-

wych. U okonia żółtego stwierdzono pozytywną korelację ww. wskaźników podchowu z ekspozycją estrogenów i negatywną w przypadku androgenów (Malison i in. 1988, Rennie i in. 2008). Z kolei Mandiki i in. (2004) stwierdzili, że u juwenalnego okonia europejskiego, *Perca fluviatilis* L. (W=13,5 g) samice charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami względnego przyrostu masy ciała (SGR) i współczynnika efektywności wyżerowywania paszy (FE) względem samców. Nie wiązało się to jednak z poziomem estrogenów u ryb. Wykazano, że to 17 α -methyltestosteron (MT), aplikowany rybom (zarówno samicom, jak i samcom) w formie implantów istotnie obniża wartości ww. wskaźników podchowu. Niższe tempo wzrostu, wywołane działaniem MT, stwierdzono także w badaniach na sandaczu europejskim o masie ciała 2,2 g (Demska-Zakęś i Zakęś 1997). Również w przypadku tilapii, *Oreochromis niloticus* (L.) udowodniono, że manipulacje wpływające na funkcje wydzielnicze gonad mogą inicjować wzrost ryb (Bhatta i in. 2012). Skoro hormony steroidowe pośredniczą w indukowaniu różnic we wzroście ryb, to zasadne okazuje się tworzenie takich populacji, u których zniweluje się negatywny wpływ np. testosteronu na wskaźniki podchowu. Wykorzystanie opracowanych technik, np. odwracania płci u ryb w celu otrzymania populacji samiczych, może przyczynić się do rozwoju akwakultury ryb drapieżnych, w tym sandacza.

Gonady są integralną częścią układu wydzielniczego i odgrywają istotną rolę w regulacji wzrostu ryb (Bhatta i in. 2012). Stąd też płęć ryb powiązana jest z niektórymi cechami fenotypowymi (Devlin i Nagahama 2002). W gonadach ryb wydzielany jest hormon wzrostu GH (Van der Kraak i in. 1990, Miura i in. 2011), a jego sekrecja np. u samic karasia, *Carassius auratus* (L.), stymulowana jest 17 β -estradiolem (Zou i in. 1997). U juwenalnego okonia żółtego (W = 11-14 g) to 17 β -estradiol podany w paszy, a nie iniekcje z hormonu wzrostu GH stymulowały wzrost ryb (Jentoft i in. 2005). Choć hormony steroidowe mogą wpływać na tempo wzrostu ryb to nie u wszystkich gatunków decydują jednak o sekrecji GH (Bhatta i in. 2012). U tilapii i okonia europejskiego stwierdzono ponadto, że wartość wskaźnika gonadosomatycznego GSI nie jest zależna od poziomu hormonów płciowych (Mandiki i in. 2004, Bhatta i in. 2012). W naszych badaniach nie analizowano poziomu hormonów u samców i samic. Stwierdzono jednak, że wartość współczynnika GSI była wyższa u samic niż samców (wiek 2+), jednakże różnice te okazały się nieistotne statystycznie. Należy jednak dodać, że samice charakteryzowały się nieznacznie wyższą masą ciała. Może się to wiązać z udowodnioną z kolei u niektórych gatunków ryb korelacją wzrostu samic z wartością współczynnika gonadosomatycznego GSI (Shuter i in. 2005). U dorosłego sandacza europejskiego (wiek 3+) stwierdzono także istotnie wyższą masę trzewi u samic niż u samców (niniejsze badania). Prezentowane wyniki wskazują, że u sandacza o masie ciała 1-2 kg płęć może wpływać

na niektóre cechy hodowlane, w tym wartość rzeźną ryb. Biorąc pod uwagę wydajność uzyskiwanej masy produktu rybiego (tusza) dłuższe podchowu jedнопłciowych populacji samiczych mogą okazać się więc niekorzystne.

W przypadku sandacza pochodzącego z tarła sztucznego i podchowyanego w RAS wstępne obserwacje wykazały, że zarówno samice, jak i samce w wieku 0+ i 1+ cechują zbliżone wartości masy ciała i współczynników kondycji. Stwierdzono też, że wielkość osobników obu płci u ryb w wieku 2+ i 3+ była podobna. Uzyskane porównywalne u samic i samców wskaźniki hodowlane mogą być wynikiem stosowania korzystnych warunków podchowu i/lub udomowienia gatunku i wskazują na brak zasadności hodowli jedнопłciowych populacji sandacza, szczególnie w początkowym okresie wzrostu ryb. W przypadku standardowego podchowu sandacza w RAS, tj. do osiągnięcia przez ryby jednostkowej masy ciała 1,0-1,5 kg wpływ płci na efekty podchowu nie jest istotny. Podchów ryb do uzyskania wielkości konsumpcyjnej nie wymaga więc selekcji samic i samców. W przypadku tuczu ryb większych (W \geq 2 kg) efekt płci może być zauważalny. Świadczą o tym różnice międzypłciowe w masie trzewi ryb o masie ciała 2 kg (wiek 3+), co z pewnością może wpływać na wartość rzeźną (Zakęś i in. 2012). Prezentowane wyniki są pierwszymi tego typu badaniami prowadzonymi na sandaczu europejskim. Pozwalają one wstępnie wnioskować, że potencjalnie, opracowanie i implementacja technik produkcji jedнопłciowych populacji sandacza może mieć uzasadnienie ekonomiczne i okazać się korzystne, lecz w przypadku dłuższego podchowu tego gatunku w RAS.

Badania zrealizowano w ramach tematu statutowego nr S-028 Instytutu Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza w Olsztynie.

Literatura

- Bhatta S., Iwai T., Miura C., Higuchia M., Shimizu-Yamaguchi S., Fukada H., Miura T. 2012 – Gonads directly regulate growth in teleosts – Proc. Nat. Acad. Sc. 109 (28): 11408-11412.
- Demska-Zakęś K., Hliwa P., Matyjewicz P., Zakęś Z. 1999 – The effect of 17-methyltestosterone and 11 β -hydroxy androstenedione on the development of reproductive system in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) – Arch. Pol. Fish. 7: 227-235.
- Demska-Zakęś K., Zakęś Z. 1997 – Effect of 17 α -methyltestosterone on gonadal differentiation in pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L. – Aquacult. Res. 28 (1): 59-63.
- Devlin D.H., Nagahama Y. 2002 – Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences – Aquaculture 208: 191-364.
- Gjedrem T. 2000 – Genetic improvement of cold-water fish species – Aquacult. Res. 31: 25-33.
- Henderson B.A., Collins N., Morgan G.E., Vaillancourt A. 2003 – Sexual size dimorphism of walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) – Can. J. Fish. Aquat. Sci. 60: 1345-1352.
- Jentoft S., Topp N., Seeliger M., Malison J., Barry T.P., Held J.A., Roberts S., Goetz F. 2005 – Lack of growth enhancement by exogenous growth hormone treatment in yellow perch (*Perca flavescens*) in four separate experiments – Aquaculture 250: 471-479.
- Kuźminski H., Dobosz S. 2010 – Effect of sex reversal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) using 17 α -methyltestosterone and 11 β -hydroxyandrostenedione – Arch. Pol. Fish. 18: 45-49.

- Magnussen E. 2007 – Interpopulation comparison of growth patterns of 14 fish species on Faroe Bank: are all fishes on the bank fast-growing? – J. Fish Biol. 71: 453-475.
- Malison J.A., Head A.B., Held J.A., Barry T.P. 2004 – Onset of sex-related dimorphic growth in juvenile hybrid walleye (*Sander vitreus* female × *S. canadensis* male). The Third International Percid Fish Symposium, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, U.S.A. PERCIS III s. 41-42.
- Malison J.A., Kayes T.B., Wentworth B.C., Amundson C.H. 1988 – Growth and feeding responses of male versus female yellow perch (*Perca flavescens*) treated with estradiol-17-beta – Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 1942-1948.
- Mandiki S.N., Babiak I., Bopopi J.M., Leprieur F., Kestemont P. 2005 – Effects of sex steroids and their inhibitors on endocrine parameters and gender growth differences in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) juveniles – Steroids 70: 85-94.
- Mandiki S.N., Houbart M., Babiak I., Vandeloise E., Gardeur J.N., Kestemont P. 2004 – Are sex steroids involved in the sexual growth dimorphism in Eurasian perch juveniles? – Physiol. Behav. 80(5): 603-609.
- Miura C., Shimizu Y., Uehara M. 2011 – Gh is produced by the testis of Japanese eel and stimulates proliferation of spermatogonia – Reproduction 142: 869-877.
- Rennie M.D., Purchase C.F., Lester N., Collins N.C., Shuter B.J., Abrams P.A. 2008 – Lazy males? Bioenergetic differences in energy acquisition and metabolism help to explain sexual size dimorphism in percids – J. Anim. Ecol. 77: 916-926.
- Sattar A.S., Jørgensen C., Fiksen Ø. 2008 – Fisheries-induced evolution of energy- and sex-allocation – Bull. Mar. Sci. 83(1): 235-250.
- Shuter B.J., Lester N.P., LaRose J.J., Purchase C.F., Vascotto K., Morgan G., Collins N.C., Abrams P.A. 2005 – Optimal life histories and food web position: linkages among somatic growth, reproductive investment, and mortality – Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62: 738-746.
- Van der Kraak G., Rosenblum P.M., Peter R.E. 1990 – Growth hormone-dependent potentiation of gonadotropin-stimulated steroid production by ovarian follicles of the goldfish – Gen. Comp. Endocrinol. 79: 233-239.
- Zakęś 2009 – Podchów intensywny w zamkniętych obiegach wody – W: Sandacz. Chów i hodowla. Poradnik hodowcy. Wyd. IRS, Olsztyn: 119-164.
- Zakęś Z., Szczepkowski M., Jankowska B., Kowalska A., Demska-Zakęś K., 2012 – Slaughter yield and growth performance indexes of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) selects reared in recirculating aquaculture systems at suboptimal temperatures – Arch. Pol. Fish. 20: 281-288.
- Zou J.J., Trudeau V.L., Cui Z., Brechin J., Mackenzie K., Zhu Z., Houlihan D.F., Peter R.E. 1997 – Estradiol stimulates growth hormone production in female goldfish – Gen. Comp. Endocrinol. 106: 102-112.

Przyjęto po recenzji 20.11.2014 r.

SELECTED REARING INDICATORS OF MALE AND FEMALE PIKEPERCH (*SANDER LUCIOPERCA* L.) HELD IN RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS

Agata Kowalska, Zdzisław Zakęś

ABSTRACT. The aim of the study was to identify the dependence between the rearing indicators of European pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), (body weight range 15-2000 g, age 0+, 1+, 2+, 3+) reared in closed recirculating aquaculture systems (RAS) and fish sex. The study material was obtained from artificial reproduction, and the sex of the fish was determined after they were sacrificed. Fish body weight and body length, the body weight coefficient of variation CV, the K and Fulton coefficients of condition, and the hepatosomatic index HSI of males and females were similar in the analyzed fish size groups. Statistically significant differences between the sexes were noted in the absolute weight of the viscera in fish aged 3+ (female body weight = 2.1 kg; male body weight = 1.8 kg), which was 89.2 g (males) and 211.9 g (females) ($P < 0.05$). The values of VSI in this fish size class were significantly higher among females than males (14.3 and 10.1%, respectively) ($P < 0.05$). The results permit concluding that the potential development and implementation of production techniques for single-sex pikeperch populations might be economically justified and more advantageous for longer-term rearing of this species in RAS.

Key words: pikeperch, Recirculating Aquaculture System (RAS), female and male, rearing parameters