

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra>

## BIOLOGI REPRODUKSI DAN TINGKAT KEBERHASILAN PEMIJAHAN IKAN BAUNG *Hemibagrus nemurus* (Valenciennes, 1840) POPULASI CIRATA DENGAN INKUBASI SUHU BERBEDA

Deni Radona<sup>#</sup>, Jojo Subagja, Vitas Atmadi Prakoso, Irin Iriana Kusmini, dan Anang Hari Kristanto

Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar dan Penyuluhan Perikanan  
Jl. Sempur No. 1, Bogor 16129

(Naskah diterima: 5 April 2018; Revisi final: 16 Mei 2018; Disetujui publikasi: 16 Mei 2018)

### ABSTRAK

Ikan baung merupakan salah satu komoditas populer di Indonesia. Dalam pengembangan budidayanya masih diperlukan input teknologi terutama pada proses pembenihan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakter biologi reproduksi dan keberhasilannya dalam proses pemijahan pada ikan baung populasi Cirata yang diinkubasi pada suhu 23°C-24°C, 25°C-26°C, 27°C-28°C, dan 29°C-30°C. Inkubasi induk dilakukan pada styrofoam berukuran 45 cm x 35 cm x 25 cm dengan ketebalan 3 cm. Setiap styrofoam diisi satu ekor induk yang matang gonad. Seleksi tingkat kematangan gonad dilakukan secara kanulasi dan induksi hormon menggunakan LHRH analog (0,6 mL/kg). Penyuntikan dilakukan dua kali dengan selang waktu enam jam. Styrofoam diisi air dengan ketinggian 20 cm, dilengkapi tutup pada bagian atas, water heater, dan sistem aerasi. Inkubasi suhu dilakukan secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan suhu dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Hasil penelitian menunjukkan suhu optimal inkubasi pada induk yaitu 27°C-28°C dengan waktu laten 8 jam 35 menit, dan derajat ovulasi 100%. Secara statistik inkubasi induk pada suhu 27°C-28°C menunjukkan nilai karakter biologi reproduksi yang berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan inkubasi suhu 23°C-24°C dan 25°C-26°C. Nilai biologi reproduksi yang dihasilkan pada perlakuan terbaik tersebut adalah indeks kematangan gonad  $8,6 \pm 0,5\%$ ; fekunditas  $23.909 \pm 1.473$  butir per ekor; derajat pembuahan  $85,5 \pm 5,5\%$ ; derajat penetasan  $69,9 \pm 5,0\%$ ; dan sintasan  $72,3 \pm 5,8\%$ . Pada inkubasi suhu 27°C-28°C, telur terdistribusi dengan diameter telur rata-rata sebesar 1,5 mm.

**KATA KUNCI:** ikan baung; inkubasi; suhu; reproduksi; pemijahan

**ABSTRACT:** *Reproductive biology and level of spawning of Asian redtail catfish Hemibagrus nemurus (Valenciennes, 1840) from Cirata population incubated at different temperature settings. By: Deni Radona, Jojo Subagja, Vitas Atmadi Prakoso, Irin Iriana Kusmini, and Anang Hari Kristanto*

*Asian redtail catfish is one of the most popular fish commodities in Indonesia. However, improvements in its aquaculture technology are still needed, especially in the breeding process. This study was aimed to evaluate the characters of reproductive biology and level of spawning on Asian redtail catfish from Cirata population incubated at different temperature settings of 23°C-24°C, 25°C-26°C, 27°C-28°C, and 29°C-30°C. Broodstock incubation was conducted in styrofoam boxes (sized 45 cm x 35 cm x 25 cm) with a wall thickness of 3 cm. One mature broodstock was placed inside each Styrofoam. Each styrofoam box was previously filled with freshwater of 20 cm deep, equipped with a lid on top, a water heater, and an aeration system. The gonad maturity stage of each broodstock was determined using cannulation, whilst the hormone induction used LHRH hormone analog (0.6 mL/kg). The injection was performed twice within six hours interval. The incubation was arranged in a completely randomized design (CRD) with four temperature treatments with three replicates. The results showed that the optimal incubation temperature for the broodstock was 27°C-28°C with the latent time ovulation of 8 hours 35 minutes and an ovulation rate of 100%. Statistically, the incubation of broodstock at 27°C-28°C showed a significant difference on the reproductive biological character value ( $P < 0.05$ ) compared to temperature ranges at 23°C-24°C and 25°C-26°C. The reproductive biology*

<sup>#</sup> Korespondensi: Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar dan Penyuluhan Perikanan. Jl. Sempur No. 1, Bogor 16129, Indonesia.  
Tel. + 62 251 8313200  
E-mail: [deniradona\\_kkp@yahoo.com](mailto:deniradona_kkp@yahoo.com)

parameters generated were gonadosomatic index of  $8.6 \pm 0.5\%$ ; fecundity of  $23,909 \pm 1,473$  egg per individual; fertilization rate of  $85.5 \pm 5.5\%$ ; hatching rate of  $69.9 \pm 5.0\%$ ; and survival rate of  $72.3 \pm 5.8\%$ . At the incubation temperature of  $27^{\circ}\text{C}$ - $28^{\circ}\text{C}$ , the egg was distributed with an average egg diameter of 1.5 mm.

**KEYWORDS:** Asian redtail catfish; incubation; temperature; reproduction; spawning

## PENDAHULUAN

Ikan baung *Hemibagrus nemurus* merupakan salah satu sumber daya genetik dari 22 jenis ikan air tawar di Indonesia yang dapat digunakan untuk diversifikasi usaha budidaya (Gustiano *et al.*, 2015). Ikan ini bernilai ekonomis karena memiliki kualitas daging dan nilai gizi baik. Di pasar nasional harga ikan baung per kg berkisar Rp30.000,00-Rp40.000,00. Sejauh ini dalam memenuhi kebutuhan konsumsi maupun penyediaan benih untuk kegiatan pembesaran masih mengandalkan tangkapan dari alam (Leesa-Nga *et al.*, 2000). Di Indonesia, pemijahan ikan baung pertama kali dilakukan pada tahun 1983 secara alami, sedangkan pemijahan secara buatan baru dilakukan pada tahun 1991 dengan menggunakan hormon ekstrak kelenjar hipofisa ikan mas *Cyprinus carpio* dan *Human Chorionic Gonadotrophin* (HCG) (Gaffar & Muflikhah, 1992). Pengembangan teknologi pemijahan baru dilakukan pada tahun 2000 an, pemijahan ikan baung sudah menggunakan teknologi rangsangan hormon *Luteinizing Hormon Releasing Hormon* (LHRH) analog kombinasi dengan anti-dopamin.

Sampai saat ini, dalam pengembangan budidaya ikan baung masih banyak terdapat kendala dan permasalahan terutama pada proses pembenihan. Kegagalan induk betina dalam berovulasi menjadi penyebab utama menurunnya produktivitas. Untuk itu, diperlukan usaha dalam memperbaiki pengelolaan dan manajemen induk untuk meningkatkan performa pemijahan, salah satunya dengan menjaga kondisi lingkungan perairannya yaitu suhu. Suhu merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi proses fisiologi dan reproduksi pada ikan (Migaud *et al.*, 2013; Pankhurst & Munday, 2011; Brian *et al.*, 2008; Korner *et al.*, 2008). Suhu air yang berfluktuasi sering menjadi penghambat dalam proses pematangan gonad (Vikingstad *et al.*, 2008) dan proses waktu jalannya pemijahan (Nowosad *et al.*, 2014). Untuk itu, diperlukan teknologi inkubasi induk pada suhu optimal dalam upaya mempertahankan kualitas telur dan mempercepat proses ovulasi. Penelitian pendahuluan terkait inkubasi induk pada ikan baung sudah dilakukan Kristanto *et al.* (2016), dari hasil penelitian memperlihatkan ada pengaruh yang nyata pada kinerja reproduksi ikan. Namun pada penelitian tersebut, proses inkubasi ketiga induk ikan baung yang mewakili

ulangan dari perlakuan penelitian dilakukan di dalam wadah yang sama.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi karakter biologi reproduksi dan keberhasilan proses pemijahan pada ikan baung populasi Cirata yang diinkubasi suhu berbeda.

## BAHAN DAN METODE

### Ikan Uji

Ikan uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa induk betina dedara ikan baung populasi Cirata hasil domestikasi. Induk berukuran panjang  $28,86 \pm 0,77$  cm; dan bobot  $326,67 \pm 12,47$  g; merupakan ikan koleksi di Instalasi Riset Plasma Nutfah Perikanan Air Tawar Cijeruk. Induk yang digunakan sebanyak 12 ekor dengan tingkat kematangan gonad akhir (TKG IV). Seleksi tingkat kematangan gonad dilakukan dengan metode kanulasi dan dilakukan induksi hormon dengan menggunakan LHRH analog dosis 0,6 mL/kg. Penyuntikan dilakukan dua kali dengan selang waktu enam jam. Sampel ikan berasal dari satu kelompok umur yang sama dan dipelihara dalam lingkungan yang sama.

### Inkubasi Induk

Inkubasi induk dilakukan dengan menggunakan *styrofoam* berukuran 45 cm x 35 cm x 25 cm, ketebalan 3 cm dan diisi air setinggi 20 cm. Setiap *styrofoam* diisi satu ekor induk. *Styrofoam* dilengkapi tutup pada bagian atas, *water heater*, dan sistem aerasi. Inkubasi induk untuk mendapatkan suhu optimal dilakukan secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan suhu, yaitu (A)  $23^{\circ}\text{C}$ - $24^{\circ}\text{C}$ , (B)  $25^{\circ}\text{C}$ - $26^{\circ}\text{C}$ , (C)  $27^{\circ}\text{C}$ - $28^{\circ}\text{C}$ , dan (D)  $29^{\circ}\text{C}$ - $30^{\circ}\text{C}$ . Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali.

### Karakter Biologi Induk

Karakterisasi biologi induk dilakukan setelah perlakuan inkubasi pada suhu berbeda. Parameter yang diamati adalah waktu laten ovulasi (jam), derajat ovulasi (%), bobot gonad (g), indeks kematangan gonad [IKG] (%); dan fekunditas (butir per ekor). Pengamatan bobot gonad dan IKG dilakukan dengan menimbang gonad total, sedangkan fekunditas dihitung berdasarkan metode gravimetrik (Effendie, 2002).

### Kinerja Reproduksi

Kinerja reproduksi induk ikan baung diamati setelah proses ovulasi dilakukan. Parameternya adalah derajat pembuahan (%); derajat penetasan (%); dan sintasan (%). Sebanyak 150 butir telur yang telah dibuahi ditebar ke dalam basket berukuran 12 cm x 10 cm x 5 cm dengan ketinggian air sekitar 3 cm. Basket yang digunakan sebanyak 12 buah, mewakili dari empat perlakuan dan tiga ulangan. Nilai derajat pembuahan diamati dua jam setelah fertilisasi, derajat penetasan diamati setelah 30 jam pembuahan, sedangkan sintasan diamati setelah dua hari penetasan.

### Analisis Data

Parameter biologi reproduksi yang diamati diukur menggunakan rumus Effendie (2002) dan Murtidjo (2001). Data yang diperoleh kemudian ditabulasi dan dianalisis dengan analisis varian (ANOVA) pada selang kepercayaan 95%. Perbedaan antar perlakuan dianalisis lanjut dengan uji lanjut Duncan menggunakan bantuan program SPSS versi 18.

## HASIL DAN BAHASAN

### Karakter Biologi Induk

Waktu laten dan derajat ovulasi ikan baung populasi Cirata disajikan pada Tabel 1, sedangkan karakterisasi biologi induk yang meliputi panjang, bobot, bobot gonad, IKG dan fekunditas disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengamatan dari 12 induk ikan baung yang dilakukan pemijahan diperoleh 10 ekor yang mengalami ovulasi. Induk dengan inkubasi suhu 27°C-28°C memiliki waktu ovulasi rata-rata delapan jam dengan derajat ovulasi 100%. Dari hasil perlakuan inkubasi suhu menunjukkan bahwa inkubasi induk dengan suhu 27°C-28°C dan 29°C-30°C memiliki nilai IKG dan fekunditas yang tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ); namun berbeda dengan perlakuan inkubasi pada suhu 23°C-24°C. Suhu merupakan faktor penting dalam memengaruhi proses biologi dan kehidupan ikan (Targonska *et al.*, 2010). Menurut Schulte (2011), suhu memiliki pengaruh besar terhadap proses biologi suatu organisme dari ukuran sel hingga ekosistem, karena hal yang dipengaruhi adalah tingkat reaksi biologi dan keseimbangan interaksi intermolekuler. Selain itu, suhu juga dapat memengaruhi perkembangan kematangan gonad dan berperan dalam menghasilkan telur pada ikan (Migaud *et al.*, 2013; Pankhurst & Munday, 2011; Vikingstad *et al.*, 2008).

Suhu inkubasi yang optimal akan menghasilkan telur dengan kualitas dan ukuran telur yang homogen, sebaliknya induk ikan baung yang diinkubasi dengan suhu yang rendah akan menurunkan kualitas telur dan ukuran yang tidak seragam (Kucharczyk *et al.*, 2014; Nowosad *et al.*, 2015). Rendahnya kualitas dan ukuran telur pada ikan terjadi karena menurunnya plasma 17 $\alpha$ -estradiol (E2) dalam tubuh dan proses sekresinya tidak berjalan secara optimal karena pengaruh suhu yang

Tabel 1. Waktu laten dan derajat ovulasi, serta tingkat keberhasilan pemijahan buatan induk ikan baung dengan inkubasi suhu berbeda

Table 1. Latent time of ovulation, ovulation rate and successful level of artificial spawning on Asian redtail catfish with different incubation temperatures

Perlakuan suhu <i>Temperature treatment</i> (°C)	Waktu laten ovulasi (jam) pascainduksi-II <i>Latent time of ovulation (hours)</i> <i>post induction-II</i>	Rata-rata waktu ovulasi <i>Average ovulation time</i> (jam/hours)	Keterangan pemijahan <i>Spawning information</i>	Derajat ovulasi <i>Ovulation rate</i> (%)
23-24	-	11.3 ± 2.3	Tidak (No)	66.6
	13.5		Ya (Yes)	
	9		Ya (Yes)	
25-26	9	7.3 ± 1.8	Ya (Yes)	66.6
	5.5		Ya (Yes)	
	-		Tidak (No)	
27-28	8.3	8.6 ± 0.7	Ya (Yes)	100
	9.5		Ya (Yes)	
	8		Ya (Yes)	
29-30	5.5	8.7 ± 2.9	Ya (Yes)	100
	12.5		Ya (Yes)	
	8		Ya (Yes)	

Tabel 2. Karakteristik induk ikan baung dengan inkubasi pada suhu berbeda  
 Table 2. Characteristics of Asian redbtail catfish broodstock subjected to different incubation temperature

Perlakuan suhu Temperature treatment (°C)	Panjang Length (cm)	Bobot Weight (g)	Bobot gonad Gonad weight (g)	IKG (%)	Rata-rata IKG Average of IKG (%)	Fekunditas (butir/100 g induk) Fecundity (egg/100 g of broodstock)	Rata-rata fekunditas (butir/100 g induk) Average of fecundity (egg/100 g of broodstock)
23-24	25.6	300	-	-	-	-	-
	26.5	340	17.8	5.1	4.8 ± 0.3 <sup>a</sup>	5.204	4.873 ± 332 <sup>a</sup>
	26.3	300	13.5	4.5	-	4.540	-
25-26	27.5	340	28.9	8.5	-	7.212	-
	25	300	20.9	7	7.7 ± 0.8 <sup>b</sup>	6.179	6.696 ± 517 <sup>b</sup>
	27.5	340	-	-	-	-	-
27-28	25	300	25.1	8.4	-	8.349	-
	25.5	320	26.1	8.2	8.6 ± 0.5 <sup>b</sup>	6.821	7.818 ± 705 <sup>bc</sup>
	26	300	27.9	9.3	-	8.282	-
29-30	26.5	320	28.9	9	-	8.706	-
	26.3	320	27.9	8.7	8.6 ± 0.4 <sup>b</sup>	8.457	8.272 ± 450 <sup>c</sup>
	25	320	25.8	8.1	-	7.651	-

Keterangan: Angka yang diikuti huruf superskrip yang sama pada lajur yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata menurut Uji Duncan (P>0,05)

Remarks: Numbers followed by the same superscript letter in the same line indicates no significantly difference (P>0.05)

terlalu rendah (Lahnsteiner & Leitner, 2013; Pankhurst & King, 2010). Telur dengan kualitas baik akan mengalami proses embriogenesis dan organogenesis yang baik sehingga menghasilkan larva yang berkualitas.

**Kinerja Reproduksi**

Kinerja reproduksi yang meliputi derajat pembuahan, penetasan, dan sintasan disajikan pada Tabel 3. Dari hasil pengamatan kinerja reproduksi induk ikan baung diperoleh hasil dengan nilai reproduksi

tertinggi pada perlakuan inkubasi pada suhu 27°C-28°C, yaitu derajat pembuahan (85,5 ± 5,5%); derajat penetasan (69,9 ± 5,0%); dan sintasan (72,3 ± 5,8%). Secara statistik nilai tersebut menunjukkan perbedaan secara nyata (P<0,05) dengan perlakuan inkubasi pada suhu 23°C-24°C.

Suhu berperan penting dalam waktu pemijahan dan siklus reproduksi pada ikan (Hilder & Pankhurst, 2003; Brian *et al.*, 2008; Korner *et al.*, 2008). Suhu akan memengaruhi proses reproduksi melalui hipotalamus-pituitari-gonad. Hormon gonadotropin disintesis di

Tabel 3. Kinerja reproduksi induk ikan baung dengan inkubasi pada suhu berbeda  
 Table 3. Reproduction performance of Asian redbtail catfish broodstock subjected to different incubation temperature settings

Perlakuan suhu Temperature treatment (°C)	Rata-rata derajat pembuahan Average of fertilization rate (%)	Rata-rata derajat penetasan Average of hatching rate (%)	Rata-rata sintasan Average of survival rate (%)
23-24	69.8 ± 1.3 <sup>a</sup>	46.3 ± 4.0 <sup>a</sup>	37.9 ± 2.2 <sup>a</sup>
25-26	84.6 ± 4.9 <sup>b</sup>	54.6 ± 4.9 <sup>ab</sup>	54.2 ± 13.8 <sup>ab</sup>
27-28	85.5 ± 5.5 <sup>b</sup>	69.9 ± 5.0 <sup>c</sup>	72.3 ± 5.8 <sup>b</sup>
29-30	80.8 ± 6.4 <sup>ab</sup>	60.5 ± 1.8 <sup>bc</sup>	64.7 ± 6.8 <sup>b</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti huruf superskrip yang sama pada lajur yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata menurut Uji Duncan (P>0,05)

Remarks: Numbers followed by the same superscript letter in the same line indicates no significantly difference (P>0.05)

kelenjar hipotalamus (Levavi-Sivan *et al.*, 2010; Zohar *et al.*, 2010). Pada penelitian ini diperoleh suhu inkubasi yang optimal 27°C-28°C. Inkubasi induk dengan suhu relatif rendah akan menghambat proses fisiologi dan metabolisme, sedangkan inkubasi dengan suhu tinggi dapat memengaruhi ovulasi dini, perkembangan gonad yang tidak normal dan resorpsi telur (Nowosad *et al.*, 2015; Pankhurst & King, 2010).

## KESIMPULAN

Inkubasi induk ikan baung pada suhu 27°C-28°C memberikan hasil yang nyata pada karakter biologi reproduksi (IKG, fekunditas, derajat pembuahan, derajat penetasan, dan sintasan) dengan keberhasilan pemijahan (derajat ovulasi) sebesar 100%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar dan Penyuluhan Perikanan karena sudah mendanai kegiatan ini melalui APBN 2017. Terima kasih juga kepada Ibu Dr. Ani Widiyati atas saran dan masukannya dalam penulisan makalah ini, kepada Bapak Otong Zenal Arifin atas fasilitas penelitiannya, dan kepada Bapak Sudarmaji, Ujang Heri Heryana, Ardea Kusuma, Dedi Supriadi, dan Heppy Aprilistianto atas bantuan yang diberikan selama penelitian.

## DAFTAR ACUAN

- Brian, J.V., Harris, C.A., Runnalls, T.J., Fantinati, A., Pojana, G., Marcomini, A., Booy, P., Lamoree, M., Kortenkamp, A., & Sumpter, J.P. (2008). Evidence of temperature dependent effects on the estrogenic response of fish: implications with regard to climate change. *Science of the Total Environment*, 397, 72-81.
- Effendie, M.I. (2002). Biologi perikanan. Yayasan Pustaka Nusatama. Yogyakarta, 163 hlm.
- Gaffar, A.K., & Muflikhah, N. (1992). Pemijahan buatan dan pemeliharaan larva ikan baung. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Perikanan Air Tawar*, hlm. 254-257.
- Gustiano, R., Kusmini, I.I., & Ath-thar, M.H.F. (2015). Mengenal sumber daya genetik ikan lokal air tawar Indonesia untuk pengembangan budi daya. Institut Pertanian Bogor Press, 51 hlm.
- Hilder, M.L., & Pankhurst, N.W., (2003). Evidence that temperature change cues reproductive development in the spiny damsel fish, *Acanthochromis polyacanthus*. *Environmental Biology Fishes*, 66, 187-196.
- Kristanto, A.H., Subagja, J., Ath-Thar, M.H.F., Arifin, O.Z., Prakoso, V.A., & Cahyanti, W. (2016). Pengaruh suhu inkubasi induk pada pemberian naungan pada larva terhadap produksi benih ikan baung. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*, hlm. 163-167.
- Korner, O., Kohno, S., Schonenberger, R., Suter, M.J.F., Knauer, K., Guillet, L.J., & Burkhardt-Holm, P. (2008). Water temperature and concomitant waterborne ethinylestradiol exposure affects the vitellogenin expression in juvenile brown trout, *Salmotrutta*. *Aquatic Toxicology*, 90, 188-196.
- Kucharczyk, D., Ćarski, D., Targonska, K., Łuczynski, M.J., Szczerbowski, A., Nowosad, J., Kujawa, R., & Mamcarz, A., (2014). Induced artificial androgenesis in common tench, *Tinca tinca* (L.), using common carp and common bream eggs. *Journal Animal Science*, 13, 196-200.
- Lahnsteiner, F., & Leitner, S. (2013). Effect of temperature on gametogenesis and gamete quality in brown trout, *Salmo trutta*. *Journal of Experimental Zoology*, 319 A, 38-148.
- Leesa-Nga, S.N., Daud, S.K., Sodsuk, P.K., Siraj, S.S., Tan, S.G., & Sodsuk, S. (2000). Biochemical polymorphism in yellow catfish, *Mystus nemurus* (C&V), from Thailand. *Biochemical Genetics*, 38, 1-9.
- Levavi-Sivan, B., Bogerd, J., Manano's, E.L., Gomez, A., & Lareyre, J.J. (2010). Perspectives on fish gonadotropins and their receptors. *General and Comparative Endocrinology*, 165, 412-437.
- Migaud, H., Bell, G., Cabrita, E., McAndrew, B., Davie, A., Bobe, J., Herraez, M.P., & Carrillo, M. (2013). Gamete quality and broodstock management in temperate fish. *Review in Aquaculture*, 5, 194-223.
- Murtidjo, B.A. (2001). Beberapa Metode Pembenihan Ikan Air Tawar. Kanisius. Yogyakarta, 108 hlm.
- Nowosad, J., Targonska, K., Chwaluczyk, R., Kaszubowski, R., & Kucharczyk, D. (2014). Effect of temperature on the effectiveness of artificial reproduction of dace [Cyprinidae, *Leuciscus leuciscus*] under laboratory and field conditions. *Journal of Thermal Biology*, 45, 62-68.
- Nowosad, J., Kucharczyk, D., Liszewski, T., Targonska, K., & Kujawa, R., (2015). Comparison of temperature shock timing to induced artificial mitotic gynogenesis and androgenesis in common tench. *Aquaculture International*, 23(1), 45-53.
- Pankhurst, N.W., & Munday, P.L. (2011). Effect of climate change on fish reproduction and early life history stages. *Marine and Freshwater Research*, 62, 1015-1026.
- Pankhurst, N.W., & King, H.R. (2010). Temperature and salmonid reproduction: implications for aquaculture. *Journal of Fish Biology*, 76, 69-85.
- Schulte, P.M. (2011). Response and adaptations to the environment (temperature). In Farrell, A.P., Cech,

- J.J.Jr., Richards, J.G., Stevens, E.D., (Eds.). *Encyclopedia of fish physiology from genom to environment*. Volume 3. Energetics, interactions with the environment, Lifestyles, and Applications. Ingggris, Elsevier, p. 1688-1694.
- Targonska, K., Kucharczyk, D., Kujawa, R., Mamcarz, A., & ĩarski, D. (2010). Controlled reproduction of *Aspius aspius* (L.) using luteinizing hormone releasing hormone (LHRH) analogues with dopamine inhibitors. *Aquaculture*, 306, 407-410.
- Vikingstad, E., Andersson, E., Norberg, B., Mayer, I., Klenke, U., Zohar, Y., Stefansson, S.O., & Taranger, G.L. (2008). The combined effects of temperature and GnRH a treatment on the final stages of sexual maturation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.. *Fish Physiology Biochemical*, 34, 289-298.
- Zohar, Y., Munoz-Cueto, J.A., Elizur, A., & Kah, O. (2010). Neuroendocrinology of reproduction in teleost fish. *General and Comparative Endocrinology*, 165, 438-455.