نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳
ص ۸۷-۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۲

استفاده از اتوسکوپ در تعیین جنسیت فیل‌ماهیان پرورشی *(Huso huso)*

❖ **بهرام فلاحتکار*:** دانشیار گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، ایران
❖ **حسنعلی شاهواری:** کارشناس مزرعهٔ پرورش ماهیان خاویاری مروارید قروق، تالش، گیلان، ایران

چکیده

در مطالعهٔ حاضر برای تعیین جنسیت فیل‌ماهیان سه‌سالهٔ پرورشی در محدودهٔ وزنی ۵/۵-۲/۵ کیلوگرم از اتوسکوپ استفاده شد. ۲۳۵۰ فیل‌ماهی برای این کار در نظر گرفته شدند به طوری که، با برش کوچک ۰/۸-۰/۶ سانتی‌متری، پروب دستگاه اتوسکوپ وارد ناحیهٔ شکمی شد و گنادها برای تعیین جنسیت مشاهده و بررسی شدند. نتایج نشان داد ۹۹/۲ درصد ماهیان با استفاده از این روش از نظر جنسیت تفکیک‌پذیرند و نسبت جنسی ماهیان مورد مطالعه ۰/۹۸: ۱ محاسبه شد. این مطالعه مشخص کرد که تعیین جنسیت در فیل‌ماهیان با حداقل سه سال سن از طریق اتوسکوپی به‌راحتی و با دقت بالایی انجام‌شدنی است.

واژگان کلیدی: اتوسکوپ، جنسیت، گناد، ماهی خاویاری، وزن.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۱۸۲۳۲۲۳۵۹۹ فاکس: ۰۱۸۲۳۲۲۳۶۰۰
Email: falahatkar@guilan.ac.ir

۱.مقدمه

فیل‌ماهی از بزرگ‌ترین ماهیان آب شیرین است که در دریای خزر، سیاه و آزوف پراکنش طبیعی دارد. نسل این ماهی نیز همانند بسیاری از گونه‌های خاویاری به دلایلی چند از جمله صید بی‌رویه و قاچاق، تخریب مناطق تخم‌ریزی و آلودگی‌های زیست‌محیطی شدیداً کاهش یافته است. با این حال، تلاش‌هایی برای حفظ ذخایر آن در تفریخگاه‌ها در حال انجام است. نظر به نرخ رشد سریع، بازماندگی بالا، مقاومت در برابر عوامل نامساعد زیست‌محیطی و استرس‌زا و کیفیت بالای گوشت و خاویار بسیاری از کشورها به پرورش مصنوعی این گونه توجه ویژه‌ای کرده‌اند (Falahatkar *et al.*, 2009). سن بلوغ این ماهی در محیط‌های طبیعی در نرها بین ۱۴-۱۲ سال و در ماده‌ها ۱۶-۱۴ سال است، اما در محیط پرورش به نظر می‌رسد با مدیریت نگهداری و تغذیه‌ای مناسب، این سن در نرها به ۸-۶ سال و در ماده‌ها به ۱۰-۸ سال کاهش یابد (Hochleithner and Gessner, 2001). با وجود این، اطلاعات در خصوص مدیریت مولدین، رشد و توسعهٔ گنادی و بلوغ و رسیدگی در شرایط پرورشی بسیار محدود است.

با توجه به سن بلوغ بالا در ماهیان خاویاری و نبود مشخصهٔ خارجی که با آن بتوان جنسیت نر و ماده را از هم تفکیک کرد، مدیریت جنسیت در این ماهیان از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است به طوری که، برخی از مزارع پرورشی ماهیان نر را پس از سه سال پرورش و رسیدن به وزن بازاری از چرخهٔ تولید خارج و صرفاً به نگهداری ماهیان ماده برای تولید خاویار اقدام می‌کنند.

روش‌های غیر تهاجمی، نظیر سونوگرافی و اندوسکوپی، در تعیین جنسیت ماهیان مختلفی به کار رفته است (Moccia *et al.*, 1984; Ortenburger *et al.*, 1996; Will *et al*., 2002; Evans *et al.*, 2004; Bryan *et al.*, 2005; Whiteman *et al.*, 2005). امروزه از این روش‌ها در ماهیان بااهمیت و در معرض خطر، نظیر ماهیان خاویاری، نیز استفادهٔ بسیاری می‌شود (Moghim *et al.*, 2002; Kynard and Kieffer, 2002; Falahatkar *et al.*, 2011).

در حالی که، روش‌های مختلف جراحی مبتنی بر برداشت نمونهٔ بافت برای مطالعات میکروسکوپی یا ماکروسکوپی بسیار دقیق‌اند و خصوصاً در تعیین مرحلهٔ رسیدگی طی دورهٔ پرورش حائز اهمیت‌اند، اما در مطالعات میدانی یا صرفاً تعیین جنسیت در مراحل ابتدایی پرورش ماهیان خاویاری از اهمیت یا دقت کمتری برخوردارند، چراکه فرصت و امکانات لازم برای انجام‌دادن برخی شیوه‌های خاص در این خصوص وجود ندارد. این در حالی است که تعیین جنسیت در تعداد بسیاری از ماهیان، که عمدتاً در کارهای صحرایی (نظیر مزارع پرورش ماهی) انجام می‌شود، می‌بایست مبتنی بر سرعت عمل و دقت بالا باشد و حتی بعضاً این فرصت برای بیهوش‌کردن ماهی نیز وجود نخواهد داشت (Kynard and Kieffer, 2002)، به طوری که، ممکن است تا بیش از ۴۰۰ ماهی در یک روز کاری تعیین جنسیت شوند (Hurvitz *et al.*, 2007).

در این بین به نظر می‌رسد، روشی باید در تعیین جنسیت ماهیان خاویاری مد نظر قرار گیرد که بتواند مبتنی بر دقت عمل و کارایی بالا در شرایط مختلف باشد همچنین، افراد با سطح معلومات پایین‌تر هم بتوانند این روش را به کار گیرند. بنابراین، هدف از مطالعهٔ حاضر بررسی عملکرد اتوسکوپ در تعیین

جنسیت فیل‌ماهیان پرورشی سه‌ساله در اوزان مختلف و مقایسهٔ نسبت‌های جنسی در این مرحله به‌منزلهٔ روشی کم‌تهاجمی است.

۲. مواد و روش‌ها

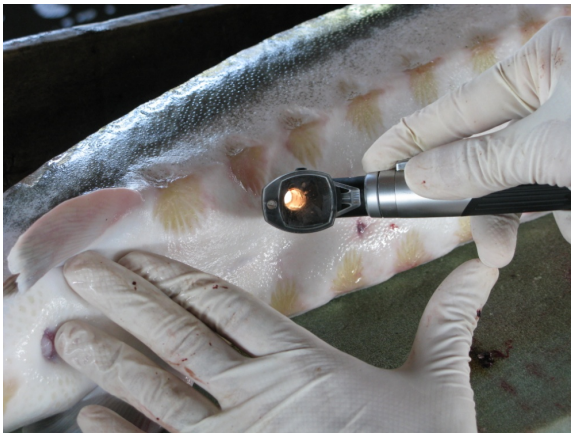
۲ .۱. ماهی و شرایط پرورش

فیل‌ماهیان مورد استفاده در این تحقیق حاصل تکثیر مصنوعی مولدین وحشی دریای خزر که تا وزن ۱۰۰ گرمی در مجتمع تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی نگهداری و پرورش یافته سپس، به مزرعهٔ پرورش ماهیان خاویاری قروق تالش انتقال یافته‌اند. این ماهیان در مخازن گرد بتونی و با استفاده از غذای فرموله‌شدهٔ شرکت فرادانه به مدت سه سال در شرایط مزرعه پرورش یافتند. در مجموع، تعداد ۲۳۵۰ فیل‌ماهی با وزن متوسط ۱ ± ۴/۷ کیلوگرم (میانگین ± انحراف معیار) برای تعیین جنسیت در تحقیق حاضر استفاده شدند.

۲ .۲. تعیین جنسیت

برای تعیین جنسیت ماهیان از اتوسکوپ (Heine, Herrsching, Germany) استفاده شد (شکل ۱). ماهیان پس از صید، توزین و انتقال از مخازن پرورش به روی میز کار، به وسیلهٔ بندهای پهن مخصوصی ثابت نگه داشته شدند و برش کوچکی در حد ۰/۸-۰/۶ سانتی‌متر در قسمت شکمی و بین پلاک‌های ۲ و ۳ شکمی (از سمت دم به سر) به وسیلهٔ اسکالپل تیز ایجاد شد سپس، با استفاده از برش ایجادشده، پروب دستگاه اتوسکوپ وارد ناحیهٔ شکمی شد و با روشن‌کردن چراغ مخصوص اتوسکوپ اندام‌های داخلی و از جمله گنادها برای ارزیابی و تعیین جنسیت بررسی و مشاهده شدند (شکل ۲). کل مدت این عمل کمتر از ۲ دقیقه بود سپس، برش ایجادشده به وسیلهٔ چسب Corega (Dungarvan Co., Waterford, Ireland) پر شد و ۱ml اکسی‌تتراسایکلین به ازای هر ماهی در قسمت ساقهٔ دمی در زیر بالهٔ پشتی تزریق و نهایتاً ماهی به مخازن پرورش برگردانده شد.

شکل ۱. اتوسکوپ مورد استفاده در تحقیق حاضر برای تعیین جنسیت فیل‌ماهیان پرورشی



شکل ۲. نمای شکمی فیل‌ماهی تحت ارزیابی تعیین جنسیت و چگونگی به‌کارگیری اتوسکوپ

۲ .۳. آنالیز داده‌ها

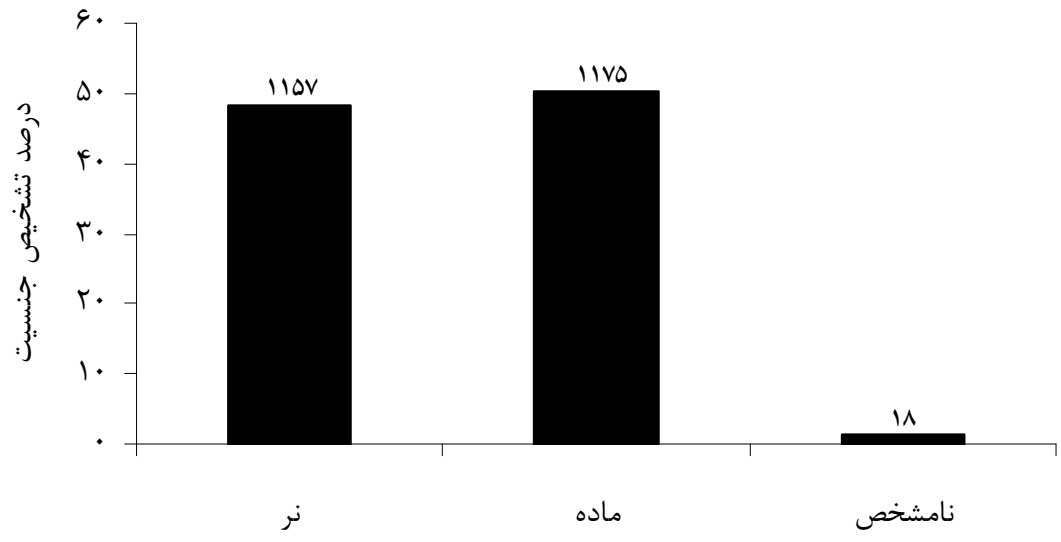
ماهی‌ها در سه دستهٔ وزنی مشخص تفکیک شدند و نسبت جنسی در هر دسته محاسبه شد. سپس، برای مشاهدهٔ اختلاف بین نسبت‌های جنسی از نسبت جنسی مورد انتظار ۱:۱ از آزمون مربع کای در سطح معنی‌دار ۹۵٪ با نرم‌افزار SPSS (نسخهٔ ۱۳؛ Chicago, IL) استفاده شد.

۳. نتایج

تعداد و درصد ماهیان تعیین جنسیت شده در محدوده‌های وزنی متفاوت در جدول ۱ نشان داده شده است. اختلاف معنی‌داری در این نسبت‌ها در وزن‌های متفاوت وجود نداشت به طوری که، درصد نرها از ۵۰/۵–۴۸ و ماده‌ها از ۵۱/۸–۴۸/۹ درصد متغیر بود. در کل، نسبت جنسی ۱:۰/۹۸ در بین ماهیان سه‌ساله ملاحظه شد به طوری که، از ۲۳۵۰ عدد ماهی مورد ارزیابی، ۱۱۵۷ عدد (۴۹/۲ درصد) نر، ۱۱۷۵ عدد (۵۰ درصد) ماده و ۱۸ عدد (۰/۸ درصد) با جنسیت نامشخص شناسایی شدند (شکل ۳). هیچ‌کدام از ماهیان تحت آزمایش تلف نشدند یا علائمی از عفونت‌های ثانویه را پس از تعیین جنسیت نشان ندادند.

جدول ۱. درصد تشخیص جنسیت در فیل‌ماهیان سه‌سالهٔ پرورشی در محدوده‌های وزنی متفاوت با استفاده از اتوسکوپ

محدودهٔ وزنی (کیلوگرم)	تعداد	درصد ماهیان نر	درصد ماهیان ماده	درصد ماهیان غیر قابل تشخیص
۲/۵-۴	۵۵۰	۴۸	۵۱/۸	۰/۲
۴-۵	۸۰۰	۴۸/۵	۵۰/۱	۱/۴
۵-۶	۱۰۰۰	۵۰/۵	۴۸/۹	۰/۶



شکل ۳. درصد تشخیص جنسیت در فیل‌ماهیان سه‌سالهٔ پرورشی (n=۲۳۵۰). اعداد روی ستون‌ها تعداد هر جنس از کل ماهیان مورد بررسی را نشان می‌دهد

۴. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از اتوسکوپ در ماهیان سه‌ساله می‌توان جنسیت را در اکثر قریب به اتفاق آنها تعیین کرد. فقط ۰/۸ درصد از ماهیان در تحقیق حاضر شناسایی‌شدنی نبودند که در مقایسه با سایر روش‌های به‌کار گرفته‌شدهٔ قبلی رقم بسیار اندکی است. Falahatkar و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از اندوسکوپی موفق به تعیین جنسیت ۹۶ درصد از فیل‌ماهیان در اوزان و سنین مختلف شدند. همین مقدار در تحقیقات Wildhaber و همکاران (۲۰۰۷ و ۲۰۰۵) و Hurvitz و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است. به نظر می‌رسد با افزایش سن، حجم و اندازهٔ گنادها افزایش می‌یابد، اما ذخایر و محتویات چربی احشایی نیز زیاد می‌شود که یکی از دلایل خطا در شناسایی یا تعیین جنسیت ماهیان می‌تواند باشد.

مطالعات مختلفی در خصوص تعیین جنسیت ماهیان خاویاری با استفاده از روش‌های تهاجمی نظیر بیوپسی (Conte *et al.*, 1988; Falahatkar, 2010)، کمتر تهاجمی نظیر خونگیری و سنجش استروئیدهای جنسی (Linares-Casenave *et al.*, 2003; Nazeri *et al.*, 2013) و اندوسکوپی (Wildhaber *et al.*, 2005, 2007; Matsche *et al.*, 2011) همچنین، روش‌های غیر تهاجمی نظیر شاخص‌های مورفولوژیک (Mal'sev and Merkulov, 2002) و سونوگرافی (Moghim *et al.*, 2002; Colombo *et al.*, 2004) انجام شده است که هر کدام معایب و مزایای خاص خود را دارد. هزینه‌ها، دردسترس‌بودن، کارایی بالا، تجربهٔ افراد در به‌کارگیری روش مورد نظر و انجام‌پذیربودن از اهم این موارد است (فلاحتکار و همکاران، ۱۳۸۸).

در این بین، کاربرد شیوه‌هایی که کاربر را قادر به مشاهدهٔ مستقیم بافت گنادی کند، کارایی بالایی خواهد داشت. اندوسکوپی یکی از این روش‌هاست که کارایی بالایی برای آن در نظر گرفته شده است، اما قیمت بالای دستگاه و آسیب احتمالی که سیستوسکوپ لاپاراسکوپ می‌تواند به سبب بی‌دقتی کاربر به سایر اندام‌های داخلی ماهی وارد کند از معایب این شیوه محسوب می‌شود. به این ترتیب، استفاده از اتوسکوپ به علت قیمت پایین (۵ درصد قیمت لاپاراسکوپ) و امکان مشاهدهٔ مستقیم اندام‌های داخلی بدون ورود به محوطهٔ شکمی می‌تواند آن را در زمرهٔ روش‌های مطلوب در تعیین جنسیت ماهیان خاویاری قرار دهد. ضمن اینکه در مطالعات صحرایی امکان حمل، جابه‌جایی، تأمین منبع انرژی و حساسیت دستگاه از محدودیت‌های استفاده از لاپاراسکوپ است در حالی که، در استفاده از اتوسکوپ صرفاً به کمی تجربه، سرعت عمل و آشنایی با آناتومی ماهی خاویاری نیاز است و معایب ذکرشده برای لاپاراسکوپی را ندارد. نداشتن تلفات و بهبود سریع زخم ماهی همچنین، سرعت عمل در انجام‌دادن کار بدون نیاز به بخیه‌زنی از دیگر مزایای این روش محسوب می‌شود.

نظیر مطالعهٔ حاضر، Kynard and Keiffer (2002) با استفاده از borescope موفق به تعیین جنسیت و شکل مجرای تناسلی در تاسماهی پوزه‌کوتاه *Acipenser breirostrom* شدند که البته آنها از ۴۴۳ ماهی مورد آزمایش موفق به تعیین جنسیت ۲۷۳ عدد شدند. آنها استفاده از این دستگاه

را به دلایلی نظیر نداشتن جراحت ماهی (به علت ورود از طریق منفذ تناسلی)، سرعت عمل بالا، کاربرد در شرایط مختلف آب و هوایی و شناسایی تخمک در مرحلهٔ قبل از تخم‌ریزی و تخمک‌های نابالغ، آموزش آسان به تکنیسین‌ها و قیمت مناسب آن توصیه کردند. این در حالی است که در روش پیشنهادی در تحقیق حاضر، بیش از ۹۹ درصد ماهیان بدون هیچ مشکلی تعیین جنیست شدند که می‌تواند حائز اهمیت باشد.

استفاده از روش‌هایی که کمترین استرس را به ماهی وارد کند همیشه در اولویت است. با اینکه روش‌هایی نظیر استفاده از شاخص‌های مورفولوژی یا سونوگرافی می‌تواند استرس و تبعات ناشی از شکافتن بدن و جراحی ماهی را در پی نداشته باشد، اما مشاهدهٔ مستقیم بافت گنادی را امکان‌پذیر نمی‌کند بنابراین، ممکن است با نتایج ضد و نقیضی همراه باشد. همان طور که اشاره شد، مشاهدهٔ مستقیم بافت گنادی از اهمیت دوچندانی در تعیین جنسیت ماهی برخوردار است که البته این امر مستلزم جراحی و ایجاد شکاف در ناحیهٔ شکمی است و به تبع می‌تواند سبب بروز استرس در ماهی شود (Falahatkar, 2010). به نظر می‌رسد در شیوهٔ اتوسکوپی، به سبب ورودنکردن به ناحیهٔ شکمی، شدت بروز استرس و آسیب‌های احتمالی به اندام‌های داخلی کمتر است که البته این امر باید مطالعه و بررسی شود. در برخی مطالعات، بررسی همه‌جانبهٔ گنادها در ماهیان خاویاری از نقطه‌نظر تعیین مرحلهٔ رسیدگی جنسی و شاخص‌هایی نظیر GSI و قطر تخمک، از طریق استفاده از دو روش هم‌زمان اندوسکوپی و سونوگرافی، توصیه شده است (Bryan *et al.*, 2007). بنابراین، به نظر می‌رسد با کارایی مطلوبی که استفاده از این دستگاه در تحقیق حاضر نشان داد برای جداسازی جنسیت‌ها در مراحل ابتدایی رشد (سه‌سالگی) مناسب است، اما مطالعات تکمیلی دربارهٔ گنادها با استفاده از سایر روش‌های ذکرشده امکان‌پذیر است، چراکه در شیوهٔ اتوسکوپی امکان بیوپسی و برداشت بافت گنادی برای مطالعات هیستولوژیک و میکروسکوپیک وجود ندارد. ضمن اینکه با افزایش ضخامت لایهٔ پوست و عضله در ناحیهٔ شکمی ماهی، استفاده از این شیوه محدودتر خواهد شد.

بنا بر نتایج این مطالعه، تعیین جنسیت در فیل‌ماهیان با سن حداقل سه سال با استفاده از دستگاه اتوسکوپ با دقت بالایی انجام‌پذیر است و می‌توان آن را به سبب قیمت و دقت مناسبی که دارد به پرورش‌دهندگان ماهیان خاویاری و محققان رشته‌های مختلف شیلاتی و بیولوژی توصیه کرد، البته درک محدودیت‌های این روش حائز اهمیت است و خطاهای احتمالی می‌بایست به حداقل برسد، ولی روش مناسبی خصوصاً در سنین ابتدایی پرورش برای تفکیک جنسیت در ماهیان خاویاری به علت سرعت عمل بالا و آسیب‌های حداقلی به ماهی خواهد بود.

تقدیر و تشکر

از همکاری مدیریت و کارکنان مزرعهٔ پرورش ماهیان خاویاری قروق تالش که ما را در این تحقیق یاری دادند کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

References

[1]. Bryan, J.L., Wildhaber, M.L., Noltie, D. B., 2005. Examining madtom reproductive biology using ultrasound and artificial photothermal cycles. North American Journal of Aquaculture 67, 211–230.

[2]. Bryan, J.L., Wildhaber, M.L., Papoulias, D.M., DeLonay, A.J., Tillitt, D.E., Annis, M.L., 2007. Estimation of gonad volume, fecundity, and reproductive stage of shovelnose sturgeon using sonography and endoscopy with application to the endangered pallid sturgeon. Journal of Applied Ichthyology 23, 411–419.

[3]. Colombo, R.E., Willis, P.S., Garvey, J.E., 2004. Use of ultrasound imaging to determine sex of shovelnose sturgeon. North American Journal of Fisheries Management 24, 322–326.

[4]. Conte, F.S., Doroshov, S.I., Lutes, P.B., Strange, E.M., 1988. Hatchery manual for the white sturgeon (*Acipenser transmontanus* Richardson) with application to other north American Acipenseridae. University of California Cooperative Extension Service Publication 3322, Oakland, California.

[5]. Evans, A.F., Fitzpatrick, M.S., Siddens, L.K., 2004. Use of ultrasound imaging and steroid concentrations to identify maturational status in adult steelhead. North American Journal of Fisheries Management 24, 967–978.

[6]. Falahatkar, B., Poursaeid, S., Shakoorian, M., Barton, B., 2009. Responses to handling and confinement stressors in juvenile great sturgeon *Huso huso*. Journal of Fish Biology 75, 784–796.

[7]. Falahatkar B., 2010. Primary and secondary stress responses of great sturgeon following gonad biopsy. Aquaculture Europe 2010, October 5–8, Porto, Portugal.

[8]. Falahatkar, B., Tolouei, M.H., Falahatkar, S., Abbasalizadeh, A., 2011. Laparoscopy, a minimally-invasive technique for sex identification in cultured great sturgeon *Huso huso*. Aquaculture 321, 273–279.

[9]. Hochleithner, M., Gessner, J., 2001. The Sturgeon and Paddlefishes of the World -Biology and Aquaculture. Aquatech publications, 106p.

[10]. Hurvitz, A., Jackson, K., Degani, G., Levavi-Sivan, B., 2007. Use of endoscopy for gender and ovarian stage determinations in Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) grown in aquaculture. Aquaculture 270, 158–166.

[11]. Kynard, B., Kieffer, M., 2002. Use of a borescope to determine the sex and egg maturity stage of sturgeons and the effect of borescope use on reproductive structures. Journal of Applied Ichthyology 18, 505–508.

[12]. Linares-Casenave, J., Kroll, K.J., Van Eenennaam, J.P., Doroshov, S.I., 2003. Effect of ovarian stage on plasma vitellogenin and calcium in cultured white sturgeon. Aquaculture 221, 645–656.

[13]. Mal'sev, A.V., Merkulov, Y.G., 2006. A biometric method for determining the sex of Acipenserids, including the Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* (Acipenseridae) of the Azov population. Journal of Ichthyology 46, 536–540.

[14]. Matsche, M.A., Bakal, R.S., Rosemary, K.M., 2011. Use of laparoscopy to determine sex and reproductive status of shortnose sturgeon (*Acipenser brevirostrum*) and Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus oxyrinchus*). Journal of Applied Ichthyology 27, 627–636.

[15]. Moccia, R.D., Wilkie, E.J., Munkittrick, K.R., Thompson, W.D., 1984. The use of fine needle fibre endoscopy in fish for in vivo examination of visceral organs, with special reference to ovarian evaluation. Aquaculture 40, 255–259.

[16]. Moghim, M., Vajhi, A.R., Veshkini, A., Masoudifard, M., 2002. Determination of sex and maturity in *Acipenser stellatus* by using ultrasonography. Journal of Applied Ichthyology 18, 325–328.

[17]. Nazeri, S., Mojazi Amiri, B., Nazeri, M.R., Mirvaghefi, A.R., 2013. Sexing of farmed immature beluga (*Huso huso*) using steroid hormone levels as indicators. Comparative Clinical Pathology. DOI 10.1007/s00580-012-1662-8

[18]. Ortenburger, A.I., Jansen, M.E., Whyte, S.K., 1996. Nonsurgical videolaproscopy for determination of reproductive status of the Arctic charr. Canadian Veterinary Journal 37, 96–100.

[19]. Whiteman, E.A., Jennings, C.A., Nemeth, R.S., 2005. Sex structure and potential female fecundity in a *Epinephelus guttatus* spawning aggregation: applying ultrasonic imaging. Journal of Fish Biology 66, 983–995.

[20]. Wildhaber, M.L., Papoulias, D.M., DeLonay, A.J., Tillitt, D.E., Bryan, J.L., Annis, M.L., Allert, J.A., 2005. Gender identification of shovelnose sturgeon using ultrasonic and endoscopic imagery and the application of the method to the pallid sturgeon. Journal of Fish Biology 67, 114–132.

[21]. Wildhaber, M.L., Papoulias, D.M., DeLonay, A.J., Tillitt, D.E., Bryan, J.L., Annis, M.L., 2007. Physical and hormonal examination of Missouri River shovelnose sturgeon reproductive stage: a reference guide. Journal of Applied Ichthyology 23, 382–401.

[22]. Will, T.A., Reinert, T.R., Jennings, C.A., 2002. Maturation and fecundity of a stock enhanced population of striped bass in the Savannah River Estuary, U.S.A. Journal of Fish Biology 60, 532–544.