۲۰ – ۱۹ اردیبهشت ۱۴۰۲
دانشگاه آزاد اسلامی واحدبابل، بابل – ایران
9-10 May 2023
Islamic Azad University, Babol Branch, Babol-Iran

دهمین کنفرانس ملی و دومین کنفرانس بین المللی
ماهی شناسی ایران
The 10th National and 2nd International
Iranian Conference of Ichthyology

گواهی ارائه مقاله

نویسنده/گان : سعید زاهدی ، محمد حسین خانجانی

عنوان مقاله : بررسی اثر حمل کوتاه مدت بر فاکتورهای استرسی خون در ماهی جوان قزل آلای رنگین کمان *Oncorhynchus mykiss*

نحوه ارائه : پوستر

Certificate of Presantation

Author/s : Saeed Zahedi , Mohammad Hussein Khanjani

Article Entitle : The effect of short-term transportation on blood stress factors of young rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*

Presantation : Poster

صابر وطن دوست
دبیر کمیته علمی کنفرانس
Saber Vatandoust

سید میرالله حسینی
رئیس دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل
و رئیس کنفرانس
Seyyed Mirallah Hosseini

سهیل ایگدری
رئیس انجمن ماهی شناسی ایران
Sohail Eagderi

10th

بررسی اثر حمل کوتاه مدت بر فاکتورهای استرسی خون در ماهی جوان قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

سعید زاهدی[1*]، محمد حسین خانجانی[2]

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد
۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت

Email: saeedzahedi@um.ac.ir

چکیده

امروزه انتقال ماهی بین مزارع پرورشی، یکی از اقدامات رایج در صنعت آبزی پروری بوده ولی همانند بسیاری از فعالیتهای معمول در طی یک دوره پرورشی، برای ماهی استرس زا می باشد. اما نکته ای که غالبا نادیده گرفته می شود این است که طی حمل، اغلب ماهی بطور همزمان چند استرس من جمله دستکاری، ازدحام و جابجایی را همزمان تجربه می کند که اثرات اینها باید از یکدیگر تمییز داده شود. به همین جهت و در گام نخست در این مطالعه، اثر حمل کوتاه مدت (یکساعته) قزل‌آلا بدون تغییر تراکم نگهداری بر فاکتورهای استرسی خون مورد مطالعه قرار گرفت. به این منظور، قزل‌آلای جوان تمام ماده (۲۲±۳۳۰ گرم) که در تراکم ۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب داخل استخرهای هشت ضلعی نگهداری شده بود، به دو مخزن حمل ۲۰۰۰ لیتری پلاستیکی مشابه و مستقر بر روی زمین یا کامیونت متحرک (با سرعت تقریبی ۷۵ کیلومتر بر ساعت) منتقل و پس از یکساعت خونگیری انجام شد. هیچ گونه تلفاتی حین صید با تور دستی، وزن کشی، انتقال به داخل مخازن و نگهداری یکساعته در حالت ثابت یا متحرک مشاهده نشد. وزن ماهیان دو مخزن ثابت و متحرک فاقد اختلاف معنی دار بود. مقادیر گلوکز و کورتیزول پلاسما، افزایش معنی‌داری را در یکساعت پس از انتقال به داخل تانک در هر دو حالت سکون و تحرک نسبت به ماهیان داخل استخر نشان دادند. اما، مقادیر گلوکز خون بین ماهیان مخازن ثابت و متحرک اختلاف معنی داری را نشان نداد. در مقابل، مقادیر کورتیزول پلاسما در مخزن دارای تحرک نسبت به مخزن ثابت بطور معنی داری بالاتر بود. نتایج حاصله نشان می دهد که علاوه بر استرس زا بودن دو اقدام دستکاری و تغییر محیط، که غالبا طی حمل رخ می دهد، صدا، لرزش و تلاطم حین حرکت نیز بر فاکتورهای استرسی ماهی اثرگذار است.

واژگان کلیدی: *O. mykiss*، حمل، گلوکز، کورتیزول

The effect of short-term transportation on blood stress factors of young rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Saeed Zahedi[1*], Mohammad Hussein Khanjani[2]

1- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad
2- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Jiroft, Jiroft

Email: saeedzahedi@um.ac.ir

Abstract

Today, transporting fish between rearing farms is one of the common activities in the aquaculture industry, but like many other operations during a culture period, it is stressful for the fish. But the point that is often ignored is that during transportation, the fish often simultaneously experiences three stresses of handling, crowding, and transportation, the effects of which must be distinguished from each other. Therefore, in the first step, in the present study, the effect of short-term transportation (one hour) of trout without changing the stocking density was studied on the blood stress factors. For this purpose, young all-female rainbow trout (330±22 g), which were kept at a stocking density of 30 kg/m^3 inside octagonal tanks, were transferred to two same plastic 2000-liter transport tanks placed on the ground or the moving truck (at an approximate speed of 75 kilometers per hour), and after one hour blood was taken. No mortality was observed during dip-netting, weighing, transferring into the tanks, and even after one-hour storage in a stationary or mobile tanks between the experimental treatments. No significant difference were observed between stationary and mobile tanks. Plasma glucose and cortisol levels increased significantly in one hour after transfer into the tanks in both stationary and mobile states compared to the fish in the octagonal tanks. However, blood glucose values did not show any significant differences between the stationary and mobile tanks. On the other hand, plasma cortisol levels were significantly higher in the mobile tank compared to the stationary one. The results show that in addition to the stressfulness of handling and changing the environment, which often occurs during transportation, noise, vibration and turbulence during the movement also affect the stress factors of fish.

Keywords: ***O. mykiss*, transportation, glucose, cortisol**

مقدمه

طی چند دهه گذشته، پرورش قزل آلای رنگین کمان در کشور رشد بسیار خوبی را تجربه کرده است و امروزه ایران به یکی از بزرگترین تولیدکنندگان این ماهی در آب شیرین در جهان تبدیل شده است (Hassanpour *et al*., 2011). امروزه شاهد هستیم که پرورش قزل آلا در تعداد بسیار زیادی از مزارع، استخرهای دومنظوره، قفس و غیره در عمده استانهای کشور انجام می شود و صنعت پرورش قزل آلا، از رشد تقریبا قابل قبولی طی برنامه ششم توسعه برخوردار بوده است (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۴۰۰).

اما طی این سالها، صنعت سردابی کشور از بعد زیستی با چالش‌های متعدد و گوناگونی روبرو بوده است. یکی از این چالش‌ها، عوامل استرس‌زا[۱]می‌باشند که موجب تولید استرس در ماهیان پرورشی می‌شوند. استرس، از دو منظر سلامت و تولید می‌تواند مورد ارزیابی قرار گیرد (North *et al*., 2006). استرس در ماهیان موجب تغییرات بسیار زیاد و متنوعی در عوامل بیوشیمیایی (مثل هورمونها، پروتئینها، یونها و ..) خون و بافت، تغییر در بیان ژن‌های گوناگون در سطح mRNA و پروتئین، ایمنی، رشد، رفتار و غیره می‌شود (Wedemeyer, 1996; Ashley, 2007; Schreck and Tort, 2016). پرواضح است که عملیات پرورشی، برای ماهیان بویژه گونه حساسی همچون قزل آلا، عاری از استرس نبوده و اقدامات گوناگونی که طی یک عملیات پرورشی در واحدهای تولیدی انجام می‌شود، همچون دستکاری[۲]، رقم‌بندی، حمل و نقل، واکسیناسیون، درمان بیماری‌ها، تراکم نگهداری نامناسب و ازدحام[۳]و مواردی همچون رقابت و درگیری بین ماهیان و نیز، عوامل بیماریزا می‌تواند به‌عنوان عوامل استرس‌زا محسوب شود (Ellis *et al*., 2002).

در همین راستا، انتقال یا حمل ماهی، به‌عنوان یکی از اقدامات رایج بسیار مهم و عمدتا اجتناب ناپذیر در مزارع پرورشی مطرح می باشد و غالبا، هر مزرعه ای بسته به برنامه تولید، این اقدام را یک یا چند بار طی سال تجربه می کند. مطالعات پیشین نشان می دهد که حمل ماهی باعث ایجاد استرس در ماهیان می شود و پاسخهای فیزیولوژیکی متعددی مثل رهاسازی کتکل آمینها و کورتیکواستروئیدها و همچنین افزایش مقادیر گلوکز خون را موجب می شود. به همین جهت، مقادیر کورتیزول خون به طور معمول به عنوان شاخص میزان استرس تجربه شده توسط ماهی مورد استفاده قرار می گیرد (Barton and Peter, 1982, Pankhurst, 2011, Pottinger, 2008). به همین جهت، مدیریت حمل ماهی یک موضوع مهم در مدیریت آبزی‌پروری تلقی می شود که در ارتباط مستقیم با سلامت ماهی است و می‌تواند به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده در اقتصاد تولید مطرح باشد (Johnston, 1999). به کرات مشاهده شده است که هر گونه سهل انگاری یا مدیریت ناصحیح طی حمل، تلفات و خسارات شدید مالی را به بار آورده و ماهیانی که طی حمل، دچار استرس و یا آسیب شدید می شوند، مستعد بروز بیماری بوده و برنامه تولید مزرعه دچار مشکلات جدی می شود.

---

۱ Stressors

۲ Handling

۳ Stocking density (crowding)

نکته ای که در بحث حمل غالبا نادیده گرفته می شود این است که تراکمهای معمول حمل قزل آلا در ایران (که بر اساس وزن ماهی تغییر می کند)، بسیار بالاتر از تراکم نگهداری ماهی در داخل استخرهاست. در حقیقت، استرس تجربه شده توسط قزل آلا طی حمل را نمی توان فقط و بطور مستقیم به حمل (جابجایی) نسبت داد چراکه ماهیان طی فرآیند معمول حمل، با انواعی از عوامل استرسزا مواجه می شوند: استرس به جهت قطع خوراک قبل از حمل، احتمالا استرس ازدحام درصورت کاهش سطح آب در روز حمل، دستکاری (به جهت صید توسط ساچوک یا پره، گرفتن میانگین وزنی، انتقال به داخل مخزن)، تغییر محیط نگهداری (انتقال از داخل استخر به داخل محیط تاریک داخل مخزن حمل)، استرس ازدحام در داخل مخزن و خود مبحث حمل یا جابجایی (صدا، لرزش و تلاطم) که اثرات اینها بایستی از یکدیگر تمییز داده شود. البته نباید انتقال به مزرعه جدید با آب جدید (مزرعه مقصد) را فراموش کرد. هنوز جنبه‌های زیادی از پاسخ استرسی قزل آلا در سطوح مختلف زیستی به استرس حمل، مورد مطالعه و کنکاش قرار نگرفته است.

با توجه به اهمیت بالای حمل ماهی و نگرانی عمده مزارع تکثیر، حدواسط و پرورش قزل آلا پیرامون آن، در این مطالعه و در گام نخست، به بررسی اثر حمل کوتاه مدت (یکساعته) قزل‌آلا توسط کامیونت (مشابه آنچه که در کشور عمومیت دارد) بدون تغییر تراکم نگهداری (برای اجتناب از تجربه استرس ازدحام داخل تانک توسط ماهی) بر فاکتورهای استرسی خون پرداخته شد.

مواد و روشها

آزمایش در مزرعه پرورش قزل‌آلا (شهرستان تربت حیدریه، خراسان رضوی) و با ماهیان جوان تمام ماده فرانسوی موجود در مرکز انجام شد. ماهیان در استخرهای هشت ضلعی با تراکم تقریبی ۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب پرورش داده می شدند. استخرهای مذکور از جنس آجر با آستر سیمانی، با حجم کل ۴/۵ متر مکعب، جریان گردشی منطبق بر عقربه‌های ساعت و یک لوله زهکش بصورت مرکزی بودند که فقط به میزان ۲۰۰۰ لیتر آبگیری شدند. قبل از شروع آزمایش، قطع خوراک دهی برای مدت ۷۲ ساعت انجام شده بود. مخازن حمل (از جنس پلاستیک فشرده، سه لایه و دارای حجم ۲۰۰۰ لیتر که از قبل، با فرمالین ضدعفونی و کاملا شسته شده بودند) از آب استخر ذخیره تامین کننده آب ورودی استخرهای هشت ضلعی، توسط پمپ کفکش، آبگیری شد. آب ورودی، آب چشمه مزرعه (با درجه حرارت ۱۳ درجه سانتی گراد، pH ۷/۲ و هدایت الکتریکی ۷۲۰ میکروموس بر سانتی متر) بود. لازم به ذکر است که در این مطالعه، از دو مخزن حمل استفاده گردید که یکی مستقر بر کامیونت (تیمار متحرک) و دیگری روی زمین (تیمار ثابت) قرار داشت. با تنظیم شیر مانومتر، ورود اکسیژن مایع از شلنگ کف به داخل مخازن تنظیم گردید. پس از گذشت چند دقیقه، یکسان بودن اکسیژن محلول داخل مخازن توسط اکسی متر کنترل گردید تا اختلافی از این جهت وجود نداشته باشد. سپس، عملیات اصلی صید و توزین شروع شده و ماهیان با توردستی صید و پس از توزین (ترازوی دیجیتالی با دقت ۵ گرم) به داخل مخازن حمل منتقل شدند. تمام عملیات صید توسط یک نفر انجام شد و سعی شد که وزن ماهی داخل وان در هر بار انتقال به هم نزدیک باشد. هر کدام از مخازن به میزان ۶۰ کیلوگرم ذخیره شدند. پس از گذشت چند دقیقه، دوباره اکسیژن مخازن بررسی و بر حسب نیاز ماهی تنظیم

و کامیونت از مزرعه خارج گردید. برای اطمینان و جلوگیری از عدم تغییر دمای آب داخل مخزن کامیونت متحرک (با وجود اینکه سه لایه بودن مخازن از تغییر دما در کوتاه جلوگیری می کند)، روی مخزن با پتو پوشانیده شد. کامیونت حمل ماهی، با سرعتی نزدیک به ۷۵ کیلومتر بر ساعت در حرکت بود و پس از یکساعت از شروع ریختن ماهی داخل مخازن، به مزرعه بازگشت. آزمایش سه مرتبه تکرار شد.

طی این آزمایش، درجه حرارت آب مخازن با استفاده از دماسنج دیجیتالی (China)، اکسیژن محلول با استفاده از اکسی‌متر (YSI 550, YSI inc, USA)، پی‌اچ با استفاده از پی اچ متر (China) و آمونیاک با استفاده از کولوریمتر (Hanna instrument, USA) در ابتدا و انتهای آزمایش سنجش گردید. نمونه‌برداری از ماهیان با با برداشت تصادفی ۶ قطعه ماهی از هر مخزن توسط تور دستی انجام شد. برای کاهش خطای نمونه‌برداری، کل نمونه‌برداری توسط یک فرد صورت پذیرفت. پس از بیهوش نمودن ماهیان توسط عصاره میخک (جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران)، کل ماهیان توزین مجدد شدند. خونگیری از رگ دمی به میزانی نزدیک به دو سی‌سی انجام گرفت که فوراً داخل لوله محتوی ماده ضدانعقاد ریخته شده و داخل یونولیت محتوی پودر یخ نگهداری گردید تا نهایتا جهت انجام سانتریفیوژ به آزمایشگاه خصوصی منتقل شد.

سانتریفیوژ نمونه‌های خون در ۱۵۰۰ دور بر دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه با دستگاه سانتریفیوژ (شرکت پارس آزما، ایران) انجام شد و پلاسمای حاصله برای سنجش فاکتورهای بیوشیمیایی پلاسما مورد استفاده قرار گرفت.

مقادیر گلوکز پلاسما با استفاده از رنگ سنجی توسط کیت (پارس آزمون، کرج، ایران) سنجش شد. مقادیر هورمون کورتیزول خون ماهیان با استفاده از کیت الایزا (Diagnostics Biochem Canada Inc, Ontario, Canada) و با کمک دستگاه الایزا ریدر (ELx 800, BioTek, USA) مورد سنجش قرار گرفت.

برای بررسی آماری، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون Shapiro-Wilk و همگن بودن داده‌های حاصله توسط آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های بیوشیمیایی با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه (ANOVA) و آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند. برای مقایسه داده های وزن و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب بین دو مخزن، از آزمون t استفاده شد. داده‌های آزمایش بصورت انحراف معیار ± میانگین نشان داده شده‌اند. برای پردازش داده‌ها از نرم افزار اکسل و جهت انجام آنالیز و مقایسه میانگین‌ها از نرم افزار اس‌پی‌اس‌اس نسخه ۲۶ استفاده شد.

نتایج

در این مطالعه، به رغم تمهیدات انجام شده، دمای آب در حدود ۱ درجه سانتی گراد در مخزن متحرک و ۰,۵ درجه سانتی گراد در مخزن ثابت نسبت به استخرهای هشت ضلعی افزایش یافت. اما هیچ گونه اختلافی در سایر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب بین دو مخزن و استخرها مشاهده نشد (جدول ۱). هیچ گونه تلفاتی حین صید با توردستی، وزن کشی، انتقال به داخل مخازن حمل و نیز، نگهداری یکساعته ماهیان جوان درون مخازن در هر دو حالت ثابت یا متحرک مشاهده نشد. به رغم مشاهده وجود مقادیری کف سفید رنگ بر روی

سطح آب بویژه در مخزن متحرک، هیچ گونه اختلاف معنی داری در وزن ماهیان دو مخزن در انتهای آزمایش مشاهده نشد (جدول ۲، p> ۰,۰۵). همچنین، سنجش مقادیر گلوکز و کورتیزول پلاسمای خون ماهیان جوان، افزایش معنی‌داری را در یکساعت پس از انتقال به داخل تانک در هر دو حالت سکون و تحرک نسبت به ماهیان داخل استخر نشان داد (p< ۰,۰۵). اما، مقادیر گلوکز خون بین ماهیان مخزن ثابت و متحرک اختلاف معنی داری را نشان نداد (p> ۰,۰۵). در مقابل، مقادیر کورتیزول پلاسما در مخزن دارای تحرک نسبت به مخزن ثابت بطور معنی داری بالاتر بود (p< ۰,۰۵).

جدول ۱: میانگین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در تیمارهای آزمایشی

فاکتور	استخر هشت ضلعی	مخزن ساکن	مخزن متحرک
درجه حرارت (درجه سانتی گراد)	۱۳±۰/۱	۱۳/۵±۰/۲	۱۴±۰/۳
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۸/۳ ±۰/۵	۸/۵±۰,۵	۸/۴ ±۰/۵
پی‌اچ	۷/۲±۰/۱	۷/۱±۰/۲	۷/۲±۰/۱
آمونیاک کل (میلی گرم بر لیتر)	۰/۱۲±۰/۰۱	۰/۱± ۰/۰۳	۰/۱±۰/۰۵

جدول ۲: وزن کل (کیلوگرم)، گلوکز و کورتیزول پلاسمای قزل‌آلای جوان در سه تراکم نگهداری مورد آزمون

محل نگهداری	وزن کل ماهی	گلوکز (mg/dL)	کورتیزول (ng/mL)
استخر هشت ضلعی	-	۴۰/۱±۲^{b}	۳۰/۲±۱۰/۶ ^{c}
مخزن ثابت	۶۰/۱±۰/۱۴	۶۰/۱۷ ±۶/۳^{a}	۵۰/۴±۷/۸^{b}
مخزن متحرک	۶۰/۲۲±۰/۱۵	۵۵/۴ ±۳/۸^{a}	۸۰/۷±۱۱/۲^{a}

بحث

در این مطالعه، افزایش ترشح موکوس، تغییر تحرک و افزایش دو فاکتور بیوشیمیایی خون مرتبط با استرس (گلوکز و کورتیزول) در ماهیان درون مخازن حمل نسبت به ماهیان استخرهای هشت ضلعی مشاهده گردید. از نظر رفتاری، علایم کمبود اکسیژن به هیچ عنوان مشاهده نشد. ماهیان در قسمت میانی و نزدیک کف مخزن حمل شنا می کردند که این رفتار در حمل ماهی، نشاندهنده آرامش ماهی و اکسیژن کافی داخل مخزن است. اما، تحرک ماهیان داخل مخازن، تا قبل از حرکت کامیونت (که امکان بررسی میسر بود)، نسبت به داخل استخرها بیشتر بود.

نتایج مطالعه ما نشان می دهد، که با توجه به تغییرات کورتیزول خون، حتی در صورت ثابت بودن مخزن و بدون تجربه تحرک، خود فرآیند صید، توزین و انتقال ماهی به داخل مخزن برای ماهی استرس زا می باشد. همچنین، نتایج نشان می دهد که استرس از نوع حاد بوده که حتی پس از گذشت یکساعت در حالت سکون، سطح کورتیزول خون به سطح پایه بر نمیگردد. غالبا در تجربه استرس، پس از چند دقیقه تا

چند ساعت سطوح کورتیزول خون به سطوح پایه بر می گردد (Zahedi *et al*., 2014). مطالعات پیشین به ایجاد پاسخ استرسی حاد بعنوان یک مکانیزم سازشی توسط ماهیان پرورشی در حین حمل اشاره داشته اند (Ashley, 2007).

درک صحیح از عوامل ایجاد استرس و اثرات آن، به مدیریت بهتر در پرورش ماهی کمک شایانی می کند چراکه مطالعات پیشین نشان داده اند که استرس منجر به افزایش حساسیت ماهی به بیماریها به جهت سرکوب سیستم ایمنی می شود (Iguchi *et al*., 2003, Tort, 2011, van Kemenade and Chadzinska, 2009). در مطالعه حاضر، مقداری کف بویژه در تانک متحرک مشاهده گردید که این کف، ماحصل اتصال ترکیباتی همچون موکوس ماهی به حبابهای اکسیژن در حال صعود است. یکی از پاسخهای مشهود ماهیان به استرس، تولید حجم بالایی از موکوس روی پوست و آبشش است که وجود کف بیشتر در آب مخازن، موید این مطلب می باشد.

همچنین، نتایج مطالعه نشان می دهد که خود حرکت کامیونت که استرس صدا، لرزش و تلاطم را در پی دارد، استرس ماهیان را تشدید نموده که این موضوع با تغییر سطح کورتیزول خون و نیز، افزایش ترشح موکوس در ماهیان کاملا مشهود بود. متاسفانه صدا و لرزش از پارامترهایی هستند که حذف آنها طی حمل ممکن نمی باشد ولی از تلاطم آب می توان با تنظیم سطح آب داخل مخزن و استفاده از اجسام شناوری که تلاطم سطح آب را می کاهند، جلوگیری نمود. با توجه به استرس زا بودن حمل، و تغییر چندین عامل طی آن (همچون درجه حرارت، آمونیای آب، پی اچ، اکسیژن محلول، ازدحام و .....)، انجام تمهیداتی که کاهش استرس ماهی را در پی داشته باشد همچون خوراندن خوراک دارای ترکیبات تقویت کننده ایمنی به مدت چند روز (Jeney *et al*.1997)، رعایت قطع غذای ۴۸ یا ۷۲ ساعته (بسته به درجه حرارت آب)، خوراندن آنتی بیوتیکها بصورت پیشگیرانه (Vanderzwalmen *et al*., 2018)، کاهش دمای آب مخزن حمل با افزودن یخ، تنظیم دقیق اکسیژن، استفاده از ترکیبات آرام کننده برای ماهی (Sandodden *et al*. 2001)، افزودن نمک یا اسیدآسکوبیک به آب مخزن (Wu *et al*., 2021)، استفاده از پروبیوتیکها (Vanderzwalmen *et al*., 2018) رعایت تراکم مناسب، تعویض آب حین حملهای طولانی، ضدعفونی تانک، آداپتاسیون حین تخلیه و نیز، رعایت دوره استراحت پس از ورود به محیط جدید (Milligan *et al*., 2000)، ضروری می نماید.

منابع

سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۰. سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۴۰۰. تهران. ایران.

Ashley, P. J., 2007. Fish welfare: current issues in aquaculture. Applied Animal Behaviour Science, 104: 199-235.

Barton, B., Peter, R., 1982. Plasma cortisol stress response in fingerling rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to various transport conditions, anaesthesia, and cold shock. J. Fish Biol. 20, 39–51.

Ellis, T., North, B., Scott, A. P., Bromage, N. R., Porter, M. Gadd, D., 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. Journal of Fish Biology, 61: 493- 531.

Hassanpour, B., Ismail, M. M., Mohamed, Z., Kamarulzaman, N.H., 2011. Factors affecting technical change of productivity growth in rainbow trout aquaculture in Iran. African Journal of Agricultural Research, 6(10): 2260-2272.

Iguchi,, K.i, Ogawa, K., Nagae, M., Ito, F., 2003. The influence of rearing density on stress response and disease susceptibility of ayu (*Plecoglossus altivelis*). Aquaculture 220, 515–523.

Jeney, G., Galeotti, M., Volpatti, D., Jeney, Z., Anderson, D.P., 1997. Prevention of stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing different doses of glucan. Aquaculture, 154(1): 1-15.

Johnston, I.A., 1999. Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. Aquaculture, 177(1-4): 99-115.

North, B.P., Turnbull, J.F., Ellis, T., Porter, M.J., Migaud, H., Bron J. and Bromage, N.R., 2006. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 255(1): 466-479.

Pankhurst, N.W., 2011. The endocrinology of stress in fish: an environmental perspective. Gen. Comp. Endocrinol. 170, 265–275.

Pottinger, T.G., 2008. The stress response in fish-mechanisms, effects and measurement. Fish Welfare. Blackwell Publishing Ltd, UK, pp. 32–48.

Sandodden, R., Finstad, B., Iversen, M., 2001. Transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): anaesthesia and recovery. Aquaculture Research, 32(2): 87-90.

Schreck, C.B., Tort, L., 2016. The concept of stress in fish. In: Fish Physiology, Academic Press, Vol. 35, 1-34.

Tort, L., 2011. Stress and immune modulation in fish. Dev. Comp. Immunol. 35, 1366–1375.

Vanderzwalmen, M., Eaton, L., Mullen, C., Henriquez, F., Carey, P., Snellgrove, D., Sloman, K.A., 2019. The use of feed and water additives for live fish transport. Reviews in Aquaculture, 11(1): 263-278.

van Kemenade, B., Chadzinska, M., 2009. The Impact of Stress on Immune Regulation. Wszechswiat.

Wedemeyer, G. A., 1996. Physiology of Fish in Intensive Culture Systems. Chapman and Hall, ITP, New York.

Wu, Y., You, X., Sun, W., Xiong, G., Shi, L., Qiao, Y., Wu, W., Li, X., Wang, J., Ding, A., Wang, L., 2021. Insight into acute heat stress on meat qualities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during short-time transportation. Aquaculture, 543: 737013.

Zahedi, S., Mirvaghefi, A., Rafati, M., Rafiee, G., Mojazi Amiri, B., Hedayati, M., Makhdoomi, C. and Zarei Dangesaraki, M., 2014. The effect of sub-lethal exposure to copper and the time course of recovery in clean water on biochemical changes in juvenile fish (*Acipenser persicus*). Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, 47(4): 253-264.