13 (1) 299-304, Spring 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Effect of watercress (*Nasturtium afficinale*) on *antioxidant capacity of* water and survival of Rainbow trout fry (*Oncorynchus mykiss)* in a water recirculating system

Gholamreza Rafiee*, Faezeh Hojati, Hajar Saeid

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Key Words

Water cress
Vitamin C
Water antioxidant capacity
Rain bow trout
Aquaponic

Abstract

Introduction: It sees that with using water cress plant (*Nasturtium afficinale*) in an integrated fish and plant culture system, it would be possible to initiate an equilibrium ecosystem for culture of Rain bow trout fry.

Materials & Methods: With running an experimental design, effect of different densities of water cress on fry (*Oncorynhcus mykiss*) and antioxidant capacity of water were evaluated in a water recirculating system. The treatments were different levels of Water cress; 0, 20, 40 and 60g plant separately introduced in each hydroponic chamber of experimental unit in triplicates.

Result: The survival of fish in treatment with 60g plant was significantly ($P<0.05$) lower than other treatments and from 20 pieces reached to 15±1.24 pieces at the end of experiment. With feeding on the fish, the EC of water increased in all treatments without any significant differences ($P>0.05$). The highest and lowest EC of water recorded in treatments with 0 and 20 g plant with the rate of 594±60.51 and 580±82.31µs/m, respectively. Antioxidant capacity of water in treatments with 40 and 60 g plant reached to 414.75±15.90 and 414.75±15.90 µm/l, respectively at the end of experiment. It was concluded that there is not any balancing between amounts of introduced plant and fish into the culture system, and nominated plant needed more concentration of nutrients for growth.

Conclusion: The results of this experiment opened new vision of research to standard the water-born condition for growth of fish based on antioxidant capacity of water.

* Corresponding Author's email: ghrafiee@ut.ac.ir
Received: 2 March 2020; Reviewed: 9 June 2020; Revised: 21 June 2020; Accepted: 8 July 2020
(DOI): 10.22034/aej.2020.133785

مقاله پژوهشی

اثر به‌کارگیری گیاه بولاغ اوتی (*Nasturtium officinale*) بر ماندگاری و رشد لاروها ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorynchus mykiss*) در یک سیستم کشت توام گیاه و ماهی مدار بسته

غلامرضا رفیعی*، فائزه حجتی، هاجر سعیدی

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

کلمات کلیدی

گیاه بولاغ اوتی
ویتامین ث
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی
قزل‌آلای رنگین‌کمان
کشت توام ماهی و گیاه

چکیده

مقدمه: به‌نظر می‌رسد که از گیاه بولاغ اوتی می‌توان در یک سازگان توام پرورش لارو ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌صورت مدار بسته برای ایجاد یک سازگان متعادل بوم سازگانی بهره برد.

مواد و روش‌ها: برای این منظور و در قالب یک طرح کاملاً تصادفی تاثیر وجود تراکم‌های مختلف گیاه بولاغ اوتی بر رشد و ماندگاری آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در یک سازگان مدار بسته پرورش ماهی مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش را مقادیر مختلف۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم گیاه بولاغ اوتی در بخش هایدروپونیک با سه تکرار تشکیل دادند.

نتایج: میزان ماندگاری لاروها در تیمار با ۶۰ گرم گیاه اختلاف معنی‌داری ($P\leq0/05$) را با سایر تیمارها نشان داد و کم‌تر از سایر تیمارها بود. تعداد ماهیان از تعداد ۲۰ قطعه در شروع آزمایش به ۱/۲۴±۱۵ قطعه در پایان آزمایش رسید. با شروع آزمایش و غذادهی ماهیان میزان هدایت الکتریکی آب افزایش یافت ولی اختلاف معنی‌داری را دربین تیمارها نشان نداد ($P>0/05$). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار هدایت الکتریکی آب به ترتیب در تیمارهای صفر و ۲۰ گرم و به‌مقدار ۶۰/۵۱±۵۹۴ و ۸۲/۳۱±۵۸۰ میکروزیمس اندازه‌گیری شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب در تیمار حاوی ۴۰ گرم گیاه دارای بیش‌ترین و در تیمار حاوی ۶۰ گرم گیاه دارای کم‌ترین مقدار بود و مقدار آن به‌ترتیب در تیمار ۴۰ و ۶۰ گرم گیاه و به ۱۵/۹۰±۵۴۴/۷۵ و ۱۵/۹۰±۴۱۴/۷۵ میکرومول در لیتر در پایان آزمایش رسید.

نتیجه‌گیری و بحث: نتایج به‌دست آمده نشان داد تعادل مناسبی بین تعداد گیاه وارد شده به سازگان پرورشی و تراکم ماهیان برای تولید متابولیت‌های مورد نیاز گیاه برای رشد وجود ندارد و بولاغ اوتی برای رشد بهینه به غلظت بالایی از مواد معدنی نیاز دارد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ghrafiee@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۲ اسفند ۱۳۹۸؛ تاریخ داوری: ۲۰ خرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۱ تیر ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۸ تیر ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/aej.2021.133785

مقدمه

تولید آبزیان به‌عنوان یکی از مواد غذایی مهم در جیره غذایی انسان‌ها در بسیاری از کشورهای جهان به‌حساب می‌آیند. از آن‌جایی که با افزایش جمعیت کره زمین و بهره‌برداری از منابع آب، بخش مهمی از این منابع آلوده و یا غیرقابل مصرف می‌شوند، محدودیت بیش‌تری در استفاده از منابع آب و زمین ایجاد خواهد شد و به تبع آن مقدار مصرف آب و فضای مناسب نیز برای احداث مزارع آبزیان نیز محدود می‌شود. برای رفع این مشکلات دانشمندان پرورش ماهی به فکر پالایش آب برگشتی از مخازن پرورش ماهی و استفاده مجدد از آن‌ها در سیستم پرورش آبزی افتادند.در فرایند پالایش آب آمونیاک تولیدی در بخشی از سیستم پرورشی توسط پالایشگرهای باکتریایی به نیتریت و سپس به نیترات تبدیل می‌شود و مواد معلق تولیدی نیز توسط جدا سازهای مکانیکی از آب گرفته می‌شود (Lewis و همکاران، ۱۹۹۷؛ Pierce، ۱۹۸۰؛ Rackocy، ۲۰۰۰؛ Rafiee و Saad، ۲۰۰۵). چون‌در طی عملکرد باکتری‌ها در سیستم پرورشی اسید تولید می‌شود قلیاییت نیز کاهش می‌یابد. در همین ارتباط نیز طی فرایند معدنی شدن هدایت الکتریکی آب افزایش می‌یابد و با ادامه این روند شرایط محیط پرورش به مرحله‌ای می‌رسد که برای زیست ماهی و نیز باکتری‌های نیترات‌ساز نامناسب می‌گردد. یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی برای رفع این مشکل به‌کارگیری فتوسنتزکنندگان در سیستم پرورشی آبزی می‌باشد. فتوسنتزکنندگان با جذب ترکیبات نیتروژن‌دار محلول و مواد معدنی، باعث بهبود شرایط زیست آبزی پرورشی می‌شوند. پژوهشگران عملکرد گیاهان و جلبک‌های مختلف را در سیستم‌های مختلف پرورشی مورد ارزیابی قرار داده‌اند (Naegel، ۱۹۷۷؛ Gloger و همکاران، ۱۹۹۵؛ Seawright، ۲۰۰۲؛ Rafiee و Saad، ۲۰۰۵). مشکل اساسی در طراحی و راه‌اندازی یک سیستم موفق پرورشی را عدم اطلاع از عملکرد اختصاصی فتوسنتزکننده مورد استفاده، باکتری‌های موجود در سیستم پرورشی و عملکرد آبزی‌پرورشی و عدم ایجاد تعادل بین میزان متابولیت‌های تولیدی و مصرف آن توسط فتوسنتزکننده‌ها، عنوان کرده‌اند (Rackocy، ۲۰۰۰؛ Seawright، ۲۰۰۲؛ Rafiee و Saad، ۲۰۰۵). اثر عصاره‌های گیاهان مختلف به جیره غذایی آبزیان اضافه شده است و نتایج خوبی در ارتباط با اثر این مواد بر بهبود شاخص‌های خونی داشته است (رمضانی و همکاران، ۱۳۹۷؛ علیزاده و همکاران، ۱۳۹۸). بولاغ اوتی گیاهی است از خانواده Cruciferae و نام علمی آن *Nasturtium officinale* است. این گیاه از لحاظ انواع ویتامین‌ها هم‌چون A، C، D و هم‌چنین املاح معدنی مورد نیاز بدن هم‌چون آهن، ید و کلسیم غنی می‌باشد. طبق بررسی‌های شیمیایی در هر صد گرم برگ و ساقه تازه بولاغ اوتی در حدود ۷۹ میلی‌گرم ویتامین C، ۴۹۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۲۸۲ میلی‌گرم پتاسیم، ۵۲ میلی‌گرم سدیم، ۱/۷ میلی‌گرم آهن، ۵۴ میلی‌گرم فسفر، ۱۵۱ میلی‌گرم کلسیم و ۲/۲ میلی‌گرم پروتئین وجود دارد (Yanishlieva-Maslarova، ۲۰۰۱). بنابراین از نظر ویتامین C و کلسیم در ردیف سبزیجات غنی از ویتامین C و کلسیم قرار می‌گیرد ضمن این‌که مقدار آهن آن نیز قابل توجه است. در این ارتباط این فرضیه تداعی می‌شود که با حضور این گیاه در آب ذخیره آنتی‌اکسیدانی آب افزایش می‌یابد و مقدار ویتامین C ترشحی توسط این گیاه در آب زیاد است و می‌تواند بخشی از نیازهای لارو ماهی را به این ویتامین از طریق جذب سطحی فراهم کند. با توجه به پراکنش و حضور این گیاه آبزی در بسیاری از مناطق حضور ماهیان سردآبی در ایران و توجه به ترکیب بیوشیمیایی آن و این‌که این گیاه توانایی جذب یونی بالایی را به‌خصوص در مناطقی با غلظت املاح معدنی کم دارد. به‌نظر می‌رسد که این گیاه را می‌توان در یک سازگان توام پرورش لارو ماهی قزل‌آلای رنگین کمان به‌صورت مدار بسته برای ایجاد یک تعادل بوم سازگانی به‌کار گرفت. از آن‌جایی‌که مرحله آلوین از مراحل حساس پرورشی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌حساب می‌آید و نیاز لارو به ویتامین‌ها به‌خصوص ویتامین C و کلسیم زیاد است. لذا، سعی گردید با انجام یک پژوهش تاثیر تراکم و حضور گیاه بولاغ اوتی و عملکرد آن بر رشد و ماندگاری آلوین‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان و تغییرات شرایط آنتی‌اکسیدانی آب در یک سازگان مدار بسته پرورشی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

طرح آزمایش: طراحی و اجرای این پژوهش در کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان گروه شیلات و محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گرفت. آب مورد نیاز این کارگاه از منبع چاه تامین شد. بچه‌ماهیان مورد نیاز این پروژه از تکثیر مصنوعی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان گروه شیلات و محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران فراهم شدند. تیمارهای آزمایش را مقادیر مختلف ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم گیاه بولاغ اوتی در بخش هایدروپونیک با سه تکرار برای هر تیمار تشکیل داد. واحد آزمایش را یک سازگان توام مشتمل بر یک حوضچه گرد از جنس فایبرگلاس (با قطر و ارتفاع به‌ترتیب ۸۰ سانتی‌متر و ۷۲ سانتی‌متر) و یک تشت گرد پلاستیکی (با قطر و ارتفاع به‌ترتیب ۵۳ سانتی‌متر و ۱۹ سانتی‌متر) جهت پرورش ماهی و گیاه تشکیل داد. حجم آب در هر حوضچه معادل ۲۰۰ لیتر و در هر تشت ۶ لیتر بود. در بخش هایدروپونیک، چیدمان بدین‌نحو بود که هر تشت توسط تعدادی سنگ به دو قسمت مساوی تقسیم شد، به‌طوری‌که خروجی و ورودی آب در دو سمت آن قرار داشت. در سمتی که خروجی قرار داشت به‌میزان سه کیلوگرم ماسه ریخته شد و سپس گیاهان در آن

کاشته شدند و بر روی ماسه‌ها به‌میزان یک کیلوگرم سنگ‌ریزه به‌منظور جلوگیری از گل آلود شدن آب ریخته شد.

ماهی و غذادهی: پس از ورود آب به تشت‌ها و هوادهی، تعداد ۲۰ قطعه بچه‌ماهی به وزن ۰/۰۸ گرم به هر واحد آزمایش وارد شد. مجاری خروجی به گونه‌ای تعبیه شد که مانع از زیر آب قرار گرفتن گیاهان شود. بچه‌ماهیان هر دو ساعت یک‌بار با غذای اولیه (کارخانه چینه) غذادهی شدند . مقدار غذادهی ۵ درصد وزن بدن بچه‌ماهیان در روز بود.

نمونه‌برداری از ماهیان و گیاه و آب: در طول دوره آزمایش دو بار از گیاه و ماهی تحت تیمار و از آب نمونه‌برداری شد. اولین نمونه‌برداری از آب ۲۰ روز پس از شروع آزمایش، دومین آن در پایان آزمایش بود. مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب، به منظور تعیین میزان ویتامین C و ارتباط آن با رشدماهی، نیز در پایان آزمایش اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن گیاه و ماهی از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم استفاده شد. مقدار pH، آمونیاک کل، اکسیژن، هدایت الکتریکی و قلیائیت کل نیز در شروع و ۲۰ روز بعد از شروع آزمایش و در انتهای آزمایش اندازه‌گیری شدند. دمای آب نیز در طول دوره پژوهش به‌طور روزانه با دماسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری شد.برای اندازه‌گیری pH، اکسیژن و هدایت الکتریکی از دستگاه کنترل‌کننده پیراسنجه‌های آب استفاده شد.میزان آمونیاک کل و قلیائیت کل نمونه‌های آب با استفاده‌از دستگاه فتومتر مدل Palintest 8000 اندازه‌گیری شدند.برای اندازه‌گیری قدرت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها از روش FRAP[1] معرفی شده توسط (Benzic و Strain، ۱۹۹۶) پس از تغییراتی استفاده گردید. در این روش، احیاء یون‌های آهن فریک (Fe^{3+}) به آهن فرو (Fe^{2+}) توسط مولکول‌های احیاء کننده موجود در نمونه‌های بیولوژیک و ایجاد کمپلکس Fe^{2+} با مولکول تری پیریدیل-S تری آذیل (TPTZ)، ایجاد یک کمپلکس آبی رنگ می‌نماید که شدت رنگ در طول موج ۵۹۳ نانومتر با اسپکتوفتومتر ارزیابی می‌شود. معرف آماده به کار TPTZ از مخلوط نمودن ۱۰ حجم بافر استات ۳۰۰ میلی‌مول در لیتر با pH=۳/۶، یک حجم محلول TPTZ ۱۰ میلی‌مولار در اسیدکلریدریک ۴۰ میلی‌مولار و هم‌چنین یک حجم از فریک کلراید ۲۰ میلی‌مولار تهیه شد.مقدار ۲۰ میکرولیتر از نمونه آب به ۱/۵ میلی‌لیتر از معرف TPTZ تازه تهیه شده اضافه و درمحیط ۳۷ درجه سانتی‌گراد پس از ده دقیقه شدت رنگ اندازه‌گیری شد. در این مطالعه برای حذف کدورت ایجاد شده، ۲۰ میکرولیتر از نمونه آب به ۱/۵ میلی‌لیتر بافر استات اضافه‌شد و به‌عنوان نمونه شاهد استفاده گردید. محلول سولفات آهن ($7H_2O$،$FeSo_4$) در غلظت‌های ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ میکرومول در لیتر جهت تهیه منحنی استاندارد و محاسبه غلظت نهایی استفاده گردید. نتایج قدرت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها به صورت میکرومول در لیتر آهن احیاء شده بیان گردیدند. تمام مواد از شرکت مرک (آلمان) تهیه شدند (APHA، ۱۹۸۰).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به متغییرهای مورد بررسی از تجزیه واریانس یک‌طرفه (one-way ANOVA) استفاده شد. برای تعیین سطح اختلاف بین میانگین‌ها از آزمون چند متغییره دانکن (Duncan، s multiple range test) استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excell استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نرم‌افزار آماری (Spss(version 11 مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج

بقاء و رشد لاروها: میزان ماندگاری لاروها در پایان آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها بود. ماندگاری لاروها در تیمار با ۶۰ گرم گیاه اختلاف معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵)را با سایر تیمارها نشان داد و کم‌تر از سایر تیمارها بود و از تعداد ۲۰ قطعه در شروع آزمایش به ۱۵±۱/۲۴ قطعه رسید. بیش‌ترین تعداد ماندگاری در تیمار با ۲۰ گرم بولاغ اوتی دیده شد و به تعداد ۱۹±۰/۰۰ رسید. میانگین وزن لاروها اختلاف معنی‌داری‌را در پایان آزمایش نشان نداد ($P>$۰/۰۵). این مقادیراز ۰/۰۸ گرم در شروع آزمایش به ۰/۶۷±۰/۰۷، ۰/۵۵±۰/۰۷، ۰/۵۷±۰/۰۵ و ۰/۶۸±۰/۱۱ گرم به‌ترتیب در تیمارهای صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم گیاه بولاغ اوتی در بخش هایدروپونیک رسید. مقدار تراکم گیاه در طول آزمایش به‌شدت کاهش یافت و این کاهش با افزایش تراکم گیاه محسوس‌تر بود و دامنه تغییرات زیادی را در بین واحدهای آزمایش نشان داد و در پایان آزمایش اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($P>$۰/۰۵)(جدول ۱).

پیراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب: مقدار pH، بی‌کربنات، آمونیاک، اکسیژن و هدایت الکتریکی در طول دوره آزمایش در جدول ۲ آمده است. مقدار pH در بین تیمارهای آزمایش افزایش یافت ولی تغییرات معنی‌داری‌را در بین تیمارها نشان نداد ($P>$۰/۰۵). بیش‌ترین مقدار pH در تیمار با ۲۰ گرم گیاه دیده شد و به حد ۷/۵۷±۰/۰۵ رسید. مقدار کربنات آب در انتهای آزمایش کاهش یافت و در بین تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری‌را نشان نداد($P>$۰/۰۵).بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کربنات به‌ترتیب در تیمارهای صفر گرم و۲۰ گرم با مقادیر ۱۸۰±۲۶/۲۱ و ۱۵۰±۲/۸۳ مشاهده شد. با شروع آزمایش میزان آمونیاک کل در بین تیمارها افزایش نشان داد ولی اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشد ($P>$۰/۰۵). بیش‌ترین میزان آمونیاک کل در تیمار ۲۰ و ۶۰ گرم مشاهده شد و مقدار آن ۰/۰۹ میلی‌گرم در لیتر بود. میزان اکسیژن آب در طول آزمایش در حد ۷ میلی‌گرم در لیتر نگه داشته شد و اختلاف معنی‌داری را در بین

تیمارها نشان نداد (P>۰/۰۵). با شروع آزمایش و غذادهی ماهیان، میزان هدایت الکتریکی آب افزایش یافت ولی اختلاف معنی‌داری را دربین تیمارها نشان نداد (P>۰/۰۵). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار هدایت الکتریکی آب به‌ترتیب در تیمارهای صفر و ۲۰ گرم و به‌مقدار ۵۹۴±۶۰/۵۱ و ۵۸۰±۸۲/۳۱ مشاهده شد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب در تیمار فاقد گیاه دارای افزایش بود و در تیمار حاوی ۶۰ گرم دارای کاهش بود و در تیمارهای دیگر نوساناتی را در طول آزمایش نشان داد. این مقادیر در بین تیمارهای آزمایش در پایان آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری بود (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آن به‌ترتیب در تیمار ۴۰ و ۶۰ گرم گیاه و به مقادیر ۵۴۴/۷۵±۱۵/۹۰ و ۴۱۴/۷۵±۱۵/۹۰ رسید (جدول۳).

جدول۱: میانگین (میانگین± sd) تعداد لارو، وزن لارو و وزن گیاه در طول دوره آزمایش

تیمارها	تعداد لاروها			میانگین وزن لاروها (گرم)			میانگین وزن گیاه (گرم)	
	ابتدا	میانه	انتها	ابتدا	میانه	انتها	ابتدا	میانه	انتها
صفر گرم	۲۰	۱۹/۵±۰/۵۸ a	۱۸±۰/۵۷ b	۰/۰۸	۰/۴۱±۰/۰۶ a	۰/۶۷±۰/۰۷ a	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۲۰ گرم	۲۰	۱۹/۵±۰/۷۱ a	۱۹±۰/۰۰ b	۰/۰۸	۰/۳۱±۰/۰۱ a	۰/۵۵±۰/۰۷ a	۲۰	۸/۵±۱/۸۴ a	۶/۹±۴/۱۰ a
۴۰ گرم	۲۰	۱۸/۵±۲/۱۳ a	۱۸±۱/۴۱ b	۰/۰۸	۰/۳۴±۰/۱۳ a	۰/۵۷±۰/۰۵ a	۴۰	۲۲/۲۵±۷/۰ b	۵/۹±۸/۲۰ a
۶۰ گرم	۲۰	۱۶/۵±۲/۹۵ a	۱۵±۱/۲۴ a	۰/۰۸	۰/۳۹±۰/۰۸ a	۰/۶۸±۰/۱۱ a	۶۰	۳۶/۱۵±۸/۱۳ b	۱۱/۶±۸/۰۶ a

حروف انگلیسی یکسان در بالای اعداد در هر ستون به معنی عدم اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها در سطح ۰/۰۵ درصد می‌باشد.

جدول ۲ : میانگین (میانگین± sd) مقادیر اندازه‌گیری شده pH، بی‌کربنات، آمونیاک، اکسیژن و هدایت الکتریکی در طول دوره آزمایش

پیراسنجه‌ها	pH	CaCo3 میلی کرم در لیتر	NH3 میلی کرم در لیتر	DO میلی کرم در لیتر	EC میکرو زیمنس/ثانیه
ابتدای دوره	۶/۲۸±۰ a	۲۰۶±۰ a	۰/۰۰۰ a	۷/۰۰±۰/۰۰ a	۴۵۹±۰/۰۰ a
صفر گرم	۷/۳۴±۰/۰۵ b	۱۸۰±۲۶/۲۱ a	۰/۰۷۷±۰/۰۶ a	۷/۰۹±۰/ 62 a	۵۹۴±۵۱ /۶۰ a
۲۰ گرم	۷/۵۷±۰/۰۵ b	۱۵۰±۲/۸۳ a	۰/۰۹±۰/۰۱۴ a	۷/۴۰±۰/۰۰۹ a	۵۸۰±۳۱/۸۲ a
۴۰ گرم	۷/۵۳±۰/۰۴۲ b	۱۷۹±۷/۷۸ a	۰/۰۷±۰/۰۲۸ a	۷/۱۹±۰/۰۱۴۹ a	۵۸۳±۰/۷۱ a
۶۰ گرم	۷/۵۴±۰/۰۲۱ b	۱۷۴±۱۹/۰۹ a	۰/۰۹±۰/۰۰ a	۷/۰۰±۰/۴۲ a	۵۷۸±۲۴/۲۵ a

حروف انگلیسی یکسان در بالای اعداد در هر ستون به معنی عدم اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها در سطح ۰/۰۵ درصد است.

جدول ۳: مقادیر میانگین (میانگین± sd) ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (میکرومول در لیتر) آب در بین تیمارها در طول دوره آزمایش

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	ابتدای دوره	میانه دوره	انتهای دوره
صفر گرم	۴۲۹/۷۵±۲/۵۰	۴۴۶/۴۵±۹۵/۱۰ a	۴۶۹/۷۵±۴۲/۲۶ a
۲۰ گرم	۴۲۹/۷۵±۲/۵۰	۴۴۲/۲۵±۳۳/۵۸ a	۴۲۶/۴۲±۳۸/۸۹ a
۴۰ گرم	۴۲۹/۷۵±۲/۵۰	۴۰۱/۴۰±۱۷/۶۷ a	۵۴۴/۷۵±۱۵/۹۰ b
۶۰ گرم	۴۲۹/۷۵±۲/۵۰	۴۱۱/۶۲±۱۶/۷۹ a	۴۱۴/۷۵±۱۰/۶۰ a

حروف انگلیسی یکسان در بالای اعداد در هر ستون به معنی عدم اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها در سطح ۰/۰۵ درصد است.

بحث

حدود چند دهه از تحقیقات مربوط به نیازمندی ماهیان به ویتامین‌های مختلف می‌گذرد و اثبات شده که اکثر ماهیان قادر به بیوسنتز ویتامین‌های مورد نیاز خود می‌باشند. در این میان، مشخص شده است که ماهیان قادر به این عمل نمی‌باشند و باید ویتامین‌های مورد نیاز خود را از طریق جیره غذایی تهیه کنند. ویتامین C ازجمله موادی است که باید از منابع خارجی تهیه شود، ولی این ماده به‌راحتی در آب حل و از دسترس ماهی خارج می‌شود. کمبود یا نبود ویتامین C در بدن قزل‌آلا پیامدهایی دارد. قابل توجه‌ترین آن‌ها تغییراتی است که در بافت‌های نگه‌دارنده و کلاژن، استخوان، غضروف و هم‌چنین در ماهیچه‌ها و اندام‌های خونی رخ می‌دهد. کمبود ویتامین C علاوه بر

زیان‌هایی که به بافت‌های محافظ می‌زند، باعث بروز آسیب‌هایی در قسمت خون‌ساز کلیه می‌شود. این تغییرات شامل تخریب و لاغر شدن شدید سلول‌های خون‌ساز می‌باشد. ایجاد حالت کم خونی نیز از دیگر اثرات مهم کمبود این ویتامین است (Miron و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به این‌که وجود این گیاه در آب می‌تواند یک منبع دائمی تولید ویتامین C را برای استفاده مستقیم ماهی به‌وجود آورد. مشخص شد که برای وجود و حفظ گیاه بولاغ اوتی نیاز است که شرایط یونی آب تنظیم شود. پرورش توام گیاه و آبزی جزو پژوهش‌هایی است که برای افزایش تولید و حذف متابولیت‌های ماهی به‌کار گرفته شده‌اند.

Quillereو همکاران(۱۹۹۳)،با طراحی‌سازگان مصنوعی پرورش، مشتمل بر سه بخش زیستی ماهی، باکتری و گیاه، سعی بر ایجاد یک سازگان متعادل به‌منظور پالایش آب حوضچه آبزی کرد. عملکرد گیاه کاهو به‌عنوان تصفیه‌کننده زیستی در جذب ترکیبات نیتروژن‌دار نیز بارها مورد استفاده قرار گرفته شده است و از گیاه به‌عنوان یک تصفیه کننده زیستی با هدف جذب مواد زائد آب توسط گیاه استفاده شده است(Rackocy، ۲۰۰۰؛ Seawright، ۲۰۰۲؛Rafiee و Saad، ۲۰۰۵). در این تحقیق از گیاه به‌عنوان افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب استفاده شد و ایجاد تعادل بین تعداد لارو و مقدار گیاه نیز مورد توجه قرار گرفت. با توجه به نتایج به‌دست آمده بین میانگین وزن لاروها در تیمارهای۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرمی اختلاف معنی‌دار در طول دوره پرورش لارو وجود نداشت و وزن بولاغ اوتی نیز دارای کاهش بود که حاکی از رها شده بخشی از پیکره گیاه در آب است. کاهش وزن نمونه‌های گیاهی بولاغ اوتی در محیط پرورش ماهی نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که شرایط رشد گیاه به‌خوبی در سیستم پرورشی مهیا نیست و در این ارتباط بخشی از تغییر شرایط اکسیداتیو به‌خودی خود ناشی از رهاسازی و تجزیه میکروبی گیاه است. لذا کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب را در حضور گیاه بولاغ اوتی می‌توان به وجود رادیکال‌های آزاد ناشی از تجزیه میکروبی گیاه نسبت داد. این موضوع در تیمار شاهد و در تیمار ۴۰ گرم بولاغ اوتی خود را به‌خوبی نمایان ساخت. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها با ترکیب فنولی، رزمارینیک اسید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و اثر آنتی DPPH متانولی بادرنجبویه که عصاره غنی از ترکیب فنولی و رزمارنیک اسید است در حفظ ثبات روغن سویا به اثبات رسیده است (Buta و همکاران، ۲۰۱۳).

کاهش هدایت الکتریکی در تیمارهای حاوی گیاه بولاغ اوتی نشانه‌ای از جذب یون‌های آب توسط گیاه بولاغ اوتی در مقایسه با تیمار شاهد می‌باشد. در این ارتباط افزایش pH آب و غلظت اکسیزن در تیمارهای حاوی گیاه نیز بایستی نقش مهمی را در این ارتباط خواهد داشت. لذا، اظهارنظر در این موارد نیاز به بررسی‌های دقیق‌تری دارد. در این پژوهش که به‌صورت مقدماتی صورت پذیرفت نشان داده شد که عملکرد گیاه بولاغ اوتی در سیستم پرورش لارو ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان قابل‌ارزیابی‌است، گرچه‌نتایج به‌دست‌آمده‌دارای تناقضاتی است‌ولی‌دیدگاه جدیدی را در ارتباط‌با نقش‌گیاهان‌دربوم‌سازگان‌های آبی جهت‌افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب جهت ایجاد شرایط بهینه زیست‌ماهیان به‌خصوص درمرحله لاروی مطرح می‌کند. لذا، استاندارد سازی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب در بوم سازگان و در مراحل مختلف زیست آبزیان از مواردی است که می‌تواند به‌عنوان کاری جدید در دستور پژوهش‌های زیستی قرار گیرد.

منابع

۱. **رمضانی، ح.؛ دادگر، ش. و قدیری‌ابیانه، م.، ۱۳۹۷.** بررسی تاثیر رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی (*Oncorhynchus mykiss*) در مرحله پرواری با استفاده از مکمل گیاهی. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۱، شماره ۲، صفحات ۲۰۶ تا ۱۹۷.

۲. **علیزاده‌چاری، ح.؛ اکرمی، ر.؛ قلیچی، ا. و ابراهیمی، پ.، ۱۳۹۸.** تجویز خوراکی اسانس اسطوخودوس *Lavandula officinalis* بر شاخص‌های رشد، خونی و ایمنی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss*. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۱، شماره ۴، صفحات ۱۹۷ تا ۲۰۶.

3. **APHA (American Public Health Association American). 1980.** Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Standard methods for experimentation of water and wastewaters, 15th edition. American public Health Association, Washington.

4. **Benzie, I.F. and Strain, J.J., 1996.** The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. Analytical Biochemistry. Vol. 239, No. 1, pp: 70-86.

5. **Bidwell, R.G.S., 1974.** Plant Physiology, Macmillan, New York, NY, 643 pp. Casey, H., 1977. Origin and variation of nitrate-nitrogen in the chalk springs, streams and rivers in Dorset, and its utilization by higher plants. Progress in Water Technology. Vol. 8, pp: 225-235.

6. **Buta, N.; Popa, N.; Roman, L.; Bordea, G.; Bordea, A. and Bordea, N., 2013.** The antioxidant effect of *Melissa officinalis* extract regarding the sunflower oil used in food thermal aplications. Journal of Material Processing Technolog. Vol. 19, No. 2, pp: 276-279.

7. **Gloger, C.K.; Cotner, B.J.; Cole, M.W.M.; Rakocy, J.E.; Baily, D.S. and Shultz, K., 1995.** A contribution of lettuce to waste water treatment capacity of raft hydroponics in a closed recirculating fish culture system. Aquaculture Engineering and Waste Management, Proceedings from the Aquaculture in the mid-Atlantic conference. Washington, D. C. June 24-28,

8. **Lewis, W.M.; Yopp, J.H.; Schramm, H.L. and Brandenbrug, A.M., 1978.** Use of hydroponics to maintain water quality of recirculated water in a fish culture system.

Transactions of the American Fisheries Society. Vol. 107, No. 1, pp: 92-99.

9. **Miron, T.L.; Herrero, M. and Ibáñez, E., 2013.** Enrichment of antioxidant compounds from Lemon Balm (*Melissa officinalis*) by pressurized liquid extraction and enzyme- assisted extraction, Journal of Chromatography A. Vol. 1288, pp: 1-9.
10. **Naegel, L.C.A., 1977.** Combined production of fish and plants in re-circulating water. Aquaculture. Vol. 10, pp: 17-24.
11. **Pierce, B., 1980.** Water reuses aquaculture systems in two green houses in northern Vermont. Proc. World Mari culture Society. Vol. 11, pp: 18-127.
12. **Quillere, I.; Marie, D.; Roux, L.; Gosse, F. and Morot Gaudry, J.F., 1993.** An artifical productive ecosystem based on a fish/bacteria/plant association. 1. Design and management, Agriculture, Ecosystems & Environment. Vol. 47, pp: 13-30.
13. **Rakocy, J.E., 2000.** Integrating tilapia culture with vegetable hydroponics in recirculating systems, Journal of World Aquaculture Society. Vol. 1, No. 1, pp: 163-184.
14. **Rafiee, G.R. and Saad, C.R., 2005.** Nutrient cycle and sludge production during different stage of red tilapia (*Oreochromis* sp.) growth in a recirculating aquaculture system. Aquaculture. Vol. 244, pp: 109-118.
15. **Render, B.D. and Stickney, R.R., 1997.** Acclimation to ammonia by *Tilapia aurea*. Transactions of the American Fisheries Society. Vol. 108, No. 4, pp: 383-388.
16. **Seawright, D.E., 1993.** A method for investigating nutrient dynamics in integrated aquaculture, hydroponics systems. In: Wang, J.K. (Ed.), Techniques for Modern Aquaculture. Proceedings of a Conference, 21-23 June (1993), Spokane, WA. pp: 137-147.
17. **Yanishlieva-Maslarova, N.V., 2001.** Inhibiting oxidation, in: Pokorny, J.; anishlieva, N. and Gorden, M., (Eds.), Antioxidants in Food. Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, UK. pp: 22-70.