شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹
صفحات ۱۷۴-۱۶۳

تأثیر جیره‌های حاوی ویتامین B_3 بر شاخص‌های رشد ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) و گیاه کاهو (*Lactuca sativa*) در یک سازگان کشت توأم مدار بسته (Aquaponics)

عرفان سلمرودی[۱]، غلامرضا رفیعی[۲]*، کامران رضایی توابع[۳]، سید احسان‌هاشمی[۴]

۱. دانشجوی کار شناسی ارشد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲. استاد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴. دانشجوی کار شناسی گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ ارسال:۱۳۹۹/۰۱/۲۳ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۲/۱۰**

چکیده

م شخص شده ا ست که ویتامین‌های مختلف نقش مهمی را در ر شد جانوران و گیاهان دارند. به منظور برر سی اثر جیره‌های حاوی ویتامین B_3 و تاثیر آنها بر شاخص‌های رشد ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) و گیاه کاهو (*Lactuca sativa*) در یک سازگان توأم ماهی و گیاه، تعداد ۲۴۰ قطعه ماهی تیلاپیای نیل با میانگین وزنی ۱/۲۵± ۱۲ گرمی و ۲۴۰ عدد نشای کاهو به صورت کاملاً تصادفی به ۱۲ واحد آزمایشی وارد شدند. تیمارها تحت تأثیر ۲۰، ۴۰، و ۶۰ میلی‌گرم ویتامین B_3 در کیلوگرم غذای خشک به مدت ۶۰ روز قرار گرفتند. شاخص‌های رشد ماهی تغییر معنی‌داری را در بین تیمارها نشان نداد ($P\geq۰/۰۵$). شاخص‌های رشد گیاه از قبیل طول نهایی برگ و عرض نهایی برگ تفاوت معنی‌داری را در بین تیمارها نشان دادند ($P<۰/۰۵$) ولی در طول نهایی بوته، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه تفاوت معنی دار مشاهده نگردید ($P\geq۰/۰۵$). اندازه‌گیری شاخص‌های بیو-شیمیایی خون ماهی نیز نشان داد با افزایش سطح ۶۰ میلی‌گرم ویتامین B_3 در هرکیلوگرم غذای خشک، میزان پروتئین کل، گلوکز و تری گلسیرید در ماهی افزایش می‌یابد ($P<۰/۰۵$) ولی محتوای کورتیزول، آلکالین فسفاتاز و آسپارتات آمینوترانسفراز سرم خون ماهی فاقد تفاوت معنی دار بود ($P\geq۰/۰۵$). نتایج این آزمایش نشان داد با افزودن ۴۰ تا ۶۰ میلی‌گرم ویتامین B_3 به غذا، فاکتورهای استرسی خون ماهی تغییر نمی‌کند و همچنین رشد ماهی و کاهو افزایش می‌یابد.

واژگان کلیدی: ویتامین B_3، گیاه کاهو، ماهی تیلاپیا، ماهی آب شیرین، آکواپونیک.

* نویسنده مسئول: غلامرضا رفیعی
Email: ghrafiee@ut.ac.ir

Journal of Fisheries
Vol. 73, No. 2, Summer 2020
pp. 163-174

Effect of dietary-vitamin B_3 on immunity indices of Nile tilapia and growth (*Oreochromis niloticus*) of lettuce (*Lactuca sativa*) in an aquaponics system

Erfan Salamroodi[1], Gholamreza Rafiee[2*], Kamran Rezaei Tavabe[3], Seyyed EhsanHashemi[4]

1. M.sc student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Associate professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
4. Bc. student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Received: 12-Apr-2020 **Accepted: 30-Apr-2020**

Abstract

In order to investigate the effect of dietary-vitamin B_3 on immunity indices of Nile tilapia and growth (*Oreochromis niloticus*) of lettuce (*Lactuca sativa*) in an aquaponics system, 240 tilapia pieces with the average weight of 12 ± 1.25g and 240 seedlings of lettuce were randomly introduced into nine experimental unites. The treatments were different rates of vitamin B_3 concentration in the fish feed with the levels of 20, 40 and 60 mg per kg. Growth indices did not show any significant difference among treatments ($P \geq 0.05$). Lettuce growth indices such as final leaf length and final leaf width showed a significant difference among treatments ($P < 0.05$). The plant final height, plant fresh weight, plant dry weight, root fresh weight and dry weight were not significantly different ($P \geq 0.05$). Biochemical parameters of blood in fish showed the highest mean concentration of total protein, glucose and triglyceride levels in treatment with 60 mg of vitamin per kg compared to other treatments ($P < 0.05$), however blood indices such as serum cortisol, alkaline phosphatase and aspartate aminotransferase contents were not significantly different ($P \geq 0.05$). It was concluded that, with increasing the vitamin B_3 at the rates of 40 to 60 mg in feed, can improve tolerance of fish to stress and increase the fish growth and lettuce in the culture system.

Keywords: Vitamin B_3, Lettuce plant, Nile tilapia, Freshwater fish, Aquaponics.

Corresponding author: Gholamreza Rafiee Email: ghrafiee@ut.ac.ir

۱. مقدمه

به طورکلی نقش آبزیان در تغذیه انسان از گذشته‌های دور مورد توجه بوده است و این نیاز بشر با توجه به افزایش روزافزون جمعیت جهان و فقر پروتئین که بر آن حکمفرماست روز به روز چشمگیرتر شده است. آبزی پروری در کنار رشد قابل توجهی که داشته، همواره با مشکلاتی روبرو بوده است که از آن جمله می‌توان به تغییرات کیفیت آب، شیوع بیماری‌ها و مشکلات تغذیه‌ای اشاره کرد (Sinyakov *et al*., 2002). در حال حاضر از بین روش‌های مهم تصفیه آب و بکارگیری مجدد آب برای پرورش ماهی، سیستم‌های پرورش توأم ماهی و گیاه یا آکواپونیک (Aquaponic) به عنوان یک سامانه یا سیستم سازگار با محیط زیست و متکی بر فرایندهای زیستی مطرح است (Rakocy *et al*., 2003). در آکواپونیک، آب حاوی مواد مغذی و فضولات آبزیان، به عنوان مواد مغذی به مصرف گیاهان می‌رسد و در نهایت پساب تولیدی ماهی با تصفیهٔ مکانیکی، دوباره برای ماهی‌های پرورشی استفاده می‌شود (Rafiee and Saad, 2005; Zou *et al*., 2016). یکی از اصلی‌ترین مزیت‌های سیستم پرورش آکواپونیک صرفه اقتصادی این سیستم برای پروش آبزیان و گیاهان به شکل توأم است. برآوردها نشان می‌دهد که در این سیستم حدود ۲۳ درصد هزینه‌های برق و ۱۱ درصد هزینه‌های غذای ماهی کاهش می یابد (Blidariu and Grozea, 2011). بیش از ۵۰ درصد هزینه‌های پرورش به غذا اختصاص دارد. از این رو می‌توان با تهیه غذای مناسب سبب اقتصادی شدن امر پرورش شد و علاوه بر بهبود شاخص های رشد، کارایی تغذیه را نیز افزایش داد (Kasumyan, 1999). یکی از اقلام غذایی که از نظر کمی جزء ناچیز اما از نظر کیفی جزء ضروری و مهم جیره آبزیان تلقی می گردد، ویتامین‌ها هستند (Kirkland *et al*., 2014). نیاسین نیز یکی از ویتامین‌های گروه B است و این ویتامین در تنفس سلولی دخالت داشته و در آزاد کردن انرژی از کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها دخالت دارد (Kirkland *et al*., 2014). گلیکوژن، مادهٔ کربوهیدراتی ذخیره‌ای موجود در کبد و عضلات است و نیاسین در سنتز آن نقش مهمی را ایفا می‌کند. همچنین نقش مهمی در سوخت و ساز چربی‌ها در بدن دارد. نیاسین به شکل نیکوتین آمید یک جزء ترکیبی ضروری از دو آنزیم نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید (NAD) و نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات (NADP) است. هردو آنزیم به عنوان دهنده و گیرنده هیدروژن در آزادکردن انرژی در واکنش‌های اکسیداسیون-احیاء از هر سه ماده مغذی انرژی زا (کربوهیدرات، چربی، پروتئین) دخالت دارند و در آب محلول اند و توسط نور، حرارت و اکسیژن تخریب نمی‌شوند (Otten *et al*., 2006). نیاسین به عنوان یکی از راه‌های درمان کلسترول بالای خون و کاهش سطح کلسترول خون نیز مطرح است (Kirkland *et al*., 2014). در میان گونه‌های پرورشی، تیلاپیا دومین ماهی از نظر میزان پرورش در سراسر جهان است و تولید آن طی دههٔ گذشته به دلیل استفادهٔ از آن در سیستم‌های گوناگون آبزی پروری، قابلیت فروش و بازارپسندی بالا، رشد سریع، مقاومت بالا در برابر تغییرات شرایط فیزیکو-شیمیایی آب و قیمت بازار پایدار، چهار برابر شده است (Lu and Wang, 2016). در بین گونه‌های مختلف تیلاپیا، تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) به دلیل عملکرد رشد بهتر و مقاومت بیشتر به بیماری‌ها، گونهٔ مهمتری تلقی می‌شود و میزان پرورش آن در سطح جهانی بیشتراست (Abdel-Tawwab *et al*., 2008).

ترکیب آبزی‌پروری با تکنیک هیدروپونیک می‌تواند با کاهش آلودگی و افزایش سودآوری از طریق مصرف آب کمتر، علاوه بر پرورش ماهی (McMurtry and Croft, 1997)، تولید محصولات جانبی را شامل شود (Rakocy *et al*., 2000). گیاهان در سیستم‌های مدار بسته، می‌توانند به منظور کاهش نگرانی در مورد پساب خروجی ماهی استفاده شوند (Han *et al*., 2017). نشان داده شده است که گیاهان آکواپونیک، از مواد مغذی ورودی به طور موثرتری نسبت به سایر سیستم‌های رشد

استفاده می‌کنند، این موضوع ناشی از این واقعیت است که گیاهان آکواپونیک بدون افزودنی هایی موجود در کودهای شیمیایی تولید می شوند (FAO, 2007). پساب ماهی همه عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه از قبیل نیترات، فسفر و پتاسیم را فراهم می کند (Goddek *et al.*, 2015).

گیاه کاهو با نام علمی *Lactuca sativa* از تیره کاسنی‌ها Asteraceae (Compositae) و دارای واریته‌های مختلف است. با توجه به شرایط محیطی مناسب برای کشت گیاه کاهو، به خصوص شرایط دمایی مناسب، این گیاه می‌تواند قابل ارایه برای حضور در سازگان آبکشت در گلخانه باشد. داده‌ها نشان می‌دهد که این گیاه را می‌توان به عنوان گونه گیاهی مناسب جهت کشت توأم گیاه و آبزی بکار برد. بنابراین، به عنوان یکی از گزینه های مناسب جهت پرورش در سازگان کشت توأم آکواپونیک قابل طرح است (Mulabagal *et al.*, 2010). متأسفانه در ایران تحقیقی بر استفاده از نیاسین در ماهیان صورت نگرفته است اما با توجه به تحقیقات انجام شده در رابطه با نیاز گیاهان و ماهی‌ها به ویتامین نیاسین و با علم به اینکه بیش از ۵۰ درصد هزینه های پرورش به غذا اختصاص دارد، از این رو می‌توان با تهیه غذای مناسب سبب اقتصادی شدن امر پرورش شده و علاوه بر بهبود شاخص های رشد، کارایی تغذیه را نیز افزایش داد (Kasumyan, 1999). با توجه به موارد فوق و امکان افزایش کارایی سیستم توام پرورش ماهی و گیاه در تولید ماهی و گیاه کاهو، اثر بکار گیری سطوح مختلف ویتامین نیاسین در جیره غذایی در کشت توأم ماهی تیلاپیای نیل و گیاه کاهو، مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. سازگاری ماهیان با محیط پرورش

تعداد ۲۴۰ قطعه ماهی تیلاپیای نیل با میانگین وزن ۱۲ ±۱/۲۵ گرم از یک مرکز پرورشی خصوصی در روستای برغان واقع در استان البرز (ماهی سرای برغان) تهیه گردید. ماهی‌ها به کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) انتقال داده شدند و پس از بررسی‌های ظاهری و اطمینان از سلامت ظاهری به منظور سازگاری با شرایط محیطی جدید (دما و شوری) به مدت یک هفته در مخازن ۱۰۰۰ لیتری فایبرگلاس در فضای آزاد و تعویض آب روزانه ۲۰ درصد نگهداری شدند که در طی این مدت با غذای تجاری قزل‌آلای رنگین کمان (شرکت ساخت غذای آبزیان فرادانه، ۳۹ در صد پروتئین، ۱۱ درصد چربی و ۱۵ درصد کربوهیدرات) طی دو نوبت در روز ساعت ۷:۰۰ و ۱۹:۰۰ به میزان ۲ درصد وزن بدن تغذیه شدند. پس از پایان دورهٔ سازگاری، جهت شروع آزمایش ماهیها به طور تصادفی در ۱۲ مخزن فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری توزیع شدند (۲۰ قطعه ماهی در هر واحد) (Rafiee and Saad, 2005) و تحت اثر تیمارهای آزمایش قرار گرفتند.

۲.۲. طرح آزمایش

واحد آزمایش شامل یک مخزن نگهداری ماهی به حجم نگهداری ۳۰۰ لیتر آب و یک مخزن پرورش گیاه به حجم ۹۰ لیتر بود که در بالای مخزن پرورشی بزرگتر قرار داده شد و از طریق یک پمپ مکشی، آب از مخزن پرورش ماهی وارد مخزن گردید. روی هر مخزن گیاه، یک صفحه یونولیتی قرار گرفت. هر صفحه دارای ۲۰ حفره جهت قرار گرفتن گلدان‌های کشت گیاه کاهو بود. آب پس از عبور از گلدان‌ها توسط یک فیلتر مکانیکی، تصفیه شد. هر گلدان حاوی خاکی شامل ۳۰ درصد کوکوپیت و ۱۵ درصد ماسه بادی، ۵۵ درصد پرلیت بود و ۳ سانتیمتر از انتهای هر گلدان درون آب مخزن کوچکتر قرار داشت. طول دوره آزمایش ۶۰ روز بود و هیچگونه تعویض آبی در هیچ یک از مخازن آب در طول دوره (به جز ۱۰ لیتر آب که به طور هفتگی برای جبران تبخیر اضافه شد) پرورش صورت نگرفت. تیمارهای آزمایش بر اساس سطوح مختلف ورودی ویتامین به شرح زیر بودند:

شاهد: سیستم پرورشی بدون ورود ویتامینB_3

تیمار (T_1): سیستم پرورشی با غذای حاوی ۲۰ میلی‌گرم ویتامینB_3 به ازای هرکیلوگرم

تیمار (T_2): سیستم پرورشی با غذای حاوی ۴۰ میلی‌گرم ویتامین B_3 به ازای هرکیلوگرم

تیمار (T_3): سیستم پرورشی با غذای حاوی ۶۰ میلی‌گرم ویتامینB_3 به ازای هرکیلوگرم

۲.۳. اجزای جیره غذایی و افزودن ویتامین

جهت ساخت غذا از ترکیبات شامل ۲۵ درصد پودرماهی، ۱۵در صد کنجاله سویا، ۱۰/۵در صد آردگندم، ۱۰/۵درصد آرد جو، ۵/۲۵درصد آرد ذرت، ۵/۲۵درصد سبوس برنج، درصد نشاسته، ۲درصد ملاس چغندر، ۲درصد روغن زیتون، ۱درصد روغن آفتابگردان و ۱درصد پریمیکس ویتامینی (محصول شرکت مرک آلمان) و مکمل معدنی استفاده شد. ابتدا ترکیبات با استفاده از دستگاه آسیاب به صورت کاملاً پودر شد و به مدت ۲۰ دقیقه با استفاده از دستگاه همزن با یکدیگرمخلوط گردید. سپس ترکیبات به ازای هر کیلوگرم جیره خشک در۷۰۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط و سپس به مدت ۲۰ دقیقه با جیره خشک به طور همگن مخلوط شدند، سپس روغن به مخلوط جدید افزوده شد و به مدت ۱۵ دقیقه کل ترکیب مجدداً با یکدیگر مخلوط شدند (Lovell, 1989). بعد از ترکیب جیره پایه، سپس مقدار معینی ویتامینB_3 با توجه به تیمارهای پیش بینی شده به غذای پایه اضافه شد. سپس به صورت مجزا جیره‌های غذایی وارد دستگاه غذاساز شد و به صورت گرانول‌هایی با قطر ۳ میلی متر بیرون آمدند. گرانول‌ها در دستگاه خشک کن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. غذاها پس از خشک شدن، بسته بندی و شماره گذاری شد و در فریزر در دمای ۶۱ - درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف، نگهداری شدند. یک ساعت قبل از توزیع غذا در مخازن، جیره‌های ساخته شده از فریزر خارج و در دمای اتاق نگه‌داری گردید، پس از متعادل شدن دمای غذای کنسانتره، با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن شد و به ماهیان داده شد. طول دوره پرورش ماهی و گیاه هشت هفته بود.

۲.۴. سنجش شاخص‌های رشد ماهی

در پایان دورهٔ آزمایش، غذادهی برای مدت ۲۴ ساعت متوقف گردید و پس از آن تمام ماهیان هر مخزن برداشت شدند و جهت آرام‌سازی به مدت ۱۰ دقیقه در محلول ۲۰ گرم بر متر مکعب پودر گل میخک قرار گرفتند. در انتها وزن و طول تمام ماهی‌ها به ترتیب توسط ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم و خط-کش بر حسب میلی متر اندازه‌گیری شد و شاخص رشد و بقا توسط فرمولهای زیر محاسبه گردید (Kitabayashi *et al.*, 1971):

$$\text{درصد افزایش وزن (گرم)} = \frac{\text{(میانگین وزن نهایی- میانگین وزن اولیه)}}{\text{میانگین وزن اولیه}} \times ۱۰۰$$

$$\text{ضریب رشد ویژه (درصد در روز)} = \frac{\text{(لگاریتم طبیعی وزن نهایی - لگاریتم طبیعی وزن اولیه)}}{\text{تعداد روزها}}$$

$$\text{ضریب تبدیل غذایی} = \frac{\text{گرم غذای خورده شده}}{\text{گرم افزایش وزن}}$$

$$\text{ضریب کارایی پروتئین} = \frac{\text{گرم افزایش وزن}}{\text{گرم پروتئین دریافتی}}$$

$$\text{درصد بقاء} = (\text{تعداد نهایی ماهیان} - \text{تعداد اولیه ماهیان}) \times ۱۰۰$$

۵.۲. شاخص‌های رشد گیاه کاهو

در پایان دوره آزمایش تمامی گلدان‌ها از آب خارج گردید، محتویات و خاک درونشان تخلیه شد و به وسیله آبشویی به شکل بسیار آرام و با احتیاط کامل، خاک اطراف ریشه کاهو حذف گردید. به شکلی که بدون ضربه و آسیب به ریشه‌ها و بوته‌ها تمامی خاک اطرافشان شستشو شد. سپس وزن ریشه‌ها، وزن بوته‌ها و طول برگ‌ها اندازه‌گیری گردید. همچنین در طول آزمایش،

پس از تشکیل کامل برگ جداسازی شد و طول دقیق آنها توسط کولیس مورد سنجش قرار گرفت (FAO, 2014).

۶.۲. روش‌های اندازه‌گیری پیراسنجه‌های فیزیکو - شیمیایی آب

غلظت اکسیژن محلول در آب (DO) و دمای آب آب مخازن پرورشی سه بار در هفته به ترتیب با دستگاه اکسیژن متر و دماسنج Lutron مدل DO-5510 اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان اکسیداسیون و احیا (ORP) نیز از دستگاه ORP متر پرتابل AZ Instrument مدل ۸۶۵۱ استفاده شد. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب (EC) و pH، به ترتیب از دستگاه‌های (HANA, HI 8033) و pH سنج Orion (مدل 410A) استفاده شد.

۷.۲. سنجش شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی

پس از تعیین شاخص رشد ماهی، جهت اندازه‌گیری پروتئین کل، گلوکوز، کورتیزول، تری گلیسرید، کلسترول، آلکالین فسفاتاز و آسپارتات آمینوترنسفراز موجود در سرم خون ماهی، ۵ قطعه ماهی از هر مخزن برداشت گردید و به مدت ۱۰ دقیقه ماهی ها در محلول ۲۰ گرم بر متر مکعب پودر گل میخک قرار گرفتند و پس از بیهوشی کامل خونگیری از ساقه دمی توسط سرنگهای استریل ۲ میلی‌لیتری انجام شد. نمونه‌ها پس از ۶ ساعت نگه‌داری در دمای ۴ درجهٔ سانتی گراد و لخته شدن کامل، با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. سپس سرم خون توسط سمپلر از روی نمونه‌ها برداشت شد. نمونه‌های سرم توسط دستگاه سنجشگر خودکار شاخص‌های بیوشیمیایی (شرکت هیتاچی، ساخت کشور ژاپن) و کیت‌های ضمیمه‌ای (شرکت پارس آزمون، ساخت ایران) مورد ارزیابی قرار گرفت. کورتیزول نیز به روش الیزا توسط کیت‌های تجاری (شرکت آی بی ال، ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد.

۸.۲. تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن تمام داده‌ها توسط آزمون شاپیرو-ویلک سنجش گردید و سپس با آزمون آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA مورد بررسی قرار گرفت. همچنین از آزمون چند دامنه ای دانکن برای تعیین سطح معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) میانگین داده‌ها بین تیمارها استفاده شد. تمام داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه گردید. جهت محاسبات آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ استفاده گردید.

۳. نتایج

۱.۳. عملکرد رشد و بقاء ماهی

شاخص‌های رشد از قبیل وزن نهایی، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و نرخ کارایی پروتئین ماهیان تغییر معنی‌داری را در بین تیمارها نشان نداد ($P \geq ۰/۰۵$). حداقل وزن نهایی در بین تیمارهای موجود، در تیمار یک (۲۰ میلی‌گرم) ثبت شد. حداکثر میانگین وزن انفرادی ماهیان ماهی در پایان دوره آزمایش در تیمار ۴ مشاهده شد. میانگن افزایش وزن انفرادی ماهیان در تیمارهای آزمایش به ترتیب ۴۵/۷۱، ۴۶/۵۹ و ۴۸/۳۷ گرم بود (جدول ۱).

۲.۳ .عملکرد رشد گیاه کاهو

شاخص‌های رشد از قبیل طول نهایی برگ و عرض نهایی برگ تفاوت معنی‌داری را در بین تیمارها نشان دادند ($P<۰/۰۵$) ولی در طول نهایی بوته، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد ($P \geq ۰/۰۵$) (جدول ۲). میزان شاخص‌های رشدی گیاه کاهو با افزایش میزان ویتامین تا سطح ۴۰ میلی‌گرم، افزایش یافت و در مقادیر بالاتر ویتامین دارای کاهش معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$).

جدول ۱- میانگین شاخص‌های رشد (انحراف معیار±میانگین) در بین تیمارهای مختلف در پایان آزمایش

شاخص / تیمار	شاهد	T_1	T_2	T_3
وزن اولیه (گرم)	۱۲/۴۳±۰/۱۷ [a]	۱۲/۵۷±۰/۲۷ [a]	۱۲/۶۰±۰/۲۰ [a]	۱۲/۳۶±۰/۱۸ [a]
وزن نهایی (گرم)	۴۶/۱۹±۳/۲۸ [a]	۴۵/۷۱±۲/۴۹[a]	۴۶/۵۹±۳/۲۴[a]	۴۸/۳۷±۲/۵۲[a]
افزایش وزن نهایی	۲۷۱/۳۵±۲۱/۸۴[a]	۲۶۳/۵۷±۱۵/۴۶[a]	۲۶۹/۹۸±۳۰/۷۱ [a]	۲۹۱/۱۴±۱۴/۷۶[a]
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۲/۵۳±۰/۰۶ [a]	۲/۵۳±۰/۰۵ [a]	۲/۵۴±۰/۰۷ [a]	۲/۵۸±۰/۰۴ [a]
ضریب تبدیل غذایی	۱/۴۷±۰/۲۱[a]	۱/۵±۰/۱۱[a]	۱/۴۶±۰/۱۵[a]	۱/۳۷±۰/۹۰[a]
نسبت کارایی پروتئین (g/g)	۱/۷۳±۰/۱۲ [a]	۱/۷۰±۰/۱۲ [a]	۱/۷۵±۰/۱۸ [a]	۱/۸۵±۰/۱۸ [a]
درصد بقا	۹۳/۳۳±۵/۷۷ [a]	۸۶/۶۶±۵/۷۷ [a]	۹۱/۶۶±۲/۸۸ [a]	۹۶/۳۳±۵/۷۷ [a]

- حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست (P<۰/۰۵)

جدول ۲ - میانگین (انحراف معیار±میانگین) شاخص‌های رشد گیاه کاهو در بین تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش

تیمارها	طول اولیه برگ (میلی متر)	طول نهایی برگ (میلی متر)	عرض اولیه برگ (میلی متر)	عرض نهایی برگ (میلی متر)	طول اولیه بوته (سانتی متر)	طول نهایی بوته (سانتی متر)	وزن اولیه بوته (گرم)	وزن تر بوته (گرم)	وزن خشک بوته (گرم)	طول ریشه (سانتی متر)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
شاهد	۰/۷۶ ۱۶±/۱۶	۵/۸۵ ± ۱۶۲/۳[b]	۱/۲ ± ۸/۵۳[a]	۳/۰۵ ± ۶۸/۳۳[b]	۰/۱۵ ± ۲/۸۶[a]	۲/۰۸ ± ۵۲/۳[a]	۰/۰۰۱ ± ۰/۱۰۹[a]	۲/۳۲ ± ۲۰/۱۷[a]	۱/۰۶ ± ۵/۷۵[a]	۴/۲۸ ± ۳۳/۲۰[a]	۱/۱۹ ± ۵/۰۵[a]	۰/۳۸ ± ۲/۶۱[a]
T_1	۰/۹۷ ± ۱۷/۵۶[a]	۱۰/۰۱ ± ۱۶۴/۳[b]	۱/۳۴ ± ۷/۵[a]	۲/۵۱ ± ۶۷/۳[b]	۰/۰۵ ± ۲/۸۶[a]	۴/۰۴ ± ۵۵/۶۶[a]	۰/۰۰۱ ± ۰/۱۰۹[a]	۳/۵۸ ± ۱۹/۸۶[a]	۱/۲۳ ± ۵/۳۰[a]	۶/۹۵ ± ۳۳/۰۶[a]	۰/۴۲ ± ۶/۰۹[a]	۰/۲۱ ± ۲/۸۱[a]
T_2	۱/۴۴ ± ۱۶/۸۳[a]	۷/۶۳ ± ۱۸۱/۳[ab]	۱/۵۱ ± ۸/۶۳[a]	۱/۵۲ ± ۷۸/۳[ab]	۰/۲۰ ± ۲/۹۳[a]	۲/۰۸ ± ۵۶/۶۶[a]	۰/۰۰۴ ± ۰/۱۰۸[a]	۸/۴۹ ± ۳۶/۵۹[a]	۰/۸۲ ± ۸/۸۹[b]	۹/۵۶ ± ۳۶/۹۸[a]	۰/۷۲ ± ۵/۷۶[a]	۰/۰۶ ± ۲/۷۹[a]
T_3	۲/۵۱ ± ۱۷/۶۳[a]	۱۱/۷۱ ± ۱۳۸/۳[a]	۰/۸۵ ± ۸/۱۶[a]	۵/۸۶ ± ۵۶/۳[a]	۰/۲۰ ± ۲/۸[a]	۴/۰۴ ± ۵۴/۳۳[a]	۰/۰۰۱ ± ۰/۱۱۱[a]	۳/۳۷ ± ۱۴/۵۵[a]	۰/۲۹ ± ۴/۸۲[a]	۵/۸۷ ± ۳۴/۴۳[a]	۱/۸۷ ± ۵/۲۸[a]	۰/۰۷ ± ۲/۳۶[a]

-حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست (P<۰/۰۵)

۳.۳ . شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهی

با افزایش میزان غلظت ویتامین، پروتئین کل افزایش معنی‌داری یافت و به بیشـــترین میزان خود در تیمار ۳ (۶۰ میلی‌گرم ویتامین) رســـید. ســـطح گلوکز موجود در ســـرم خون ماهی در تیمارهای ۲ و ۳ نســـبت به تیمار ۱ افزایش معنی‌داری داشـــت، در حالی که در تیمار ۶۰ میلی‌گرم بیشترین مقدار خود را نسبت به سایر تیمارها نشـــان داد (P<۰/۰۵). میزان کورتیزول موجود در ســـرم خون ماهی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری را در بین تیمارهای موجود نشان نداد (P≥۰/۰۵). به ترتیب کمترین و بیشترین میزان تری گلیسرید خون در تیمار ۲۰ و ۶۰ میلی‌گرم ویتامین حاصل شد که دارای تفاوت معنی‌دار با سایر تیمارها بودند (P<۰/۰۵). میزان کلسترول موجود در ســـرم خون در تیمار ۲۰ میلی گرم تفاوت معنی‌داری از خود نشـــان داد (P<۰/۰۵). محتوای آلکالین فســـفاتاز و آسپارتات آمینوترانسفراز سرم خون ماهی، در هیچ‌یک از تیمارها تفاوت معنی‌داری نشـــان ندادند و از نظر آماری همواره مقدار ثابت بود (P≥۰/۰۵) (جدول ۳).

جدول۳- میانگین (انحراف معیار± میانگین) شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی تیلاپیا در بین تیمارهای آزمایشی در پایان دوره آزمایش.

شاخص‌ها / تیمار	شاهد	T_1	T_2	T_3
پروتئین کل (میلی‌گرم بر دسی لیتر)	۴/۸۹±۰/۱۱^{b}	۴/۶۷±۰/۱۲^{a}	۴/۹۰±۰/۱۳^{b}	۴/۹۸±۰/۰۵^{b}
گلوکز (میلی‌گرم بر دسی لیتر)	۱۰۸/۶۰±۱/۶۳^{a}	۱۰۶/۴۴±۱/۵۹^{a}	۱۲۰/۸۸±۵/۳۹^{b}	۱۲۸/۱۷±۱/۶۱^{ab}
کورتیزول (میکروگرم بر دسی لیتر)	۲۲۷/۹۳±۳/۵۳^{a}	۲۱۹/۹۹±۷/۴۹^{a}	۲۲۹/۸۰±۸/۳۷^{a}	۲۳۰/۰۷±۶/۲۴^{a}
تری گلیسرید (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۷۵/۶۸±۷/۳۴^{ab}	۲۸۲/۵۵±۳/۱۹^{a}	۲۹۴/۶۸±۱۶/۳۳^{ab}	۳۰۲/۱۹±۲/۸۳^{b}
کلسترول (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۰۴/۲۱±۹/۹۱^{b}	۱۸۲/۸۰±۵/۶۹^{a}	۱۹۶/۱۵±۴/۱۳^{b}	۲۰۸/۸۳±۹/۹۱^{b}
آلکالین فسفاتاز (واحد بر لیتر)	۱۵/۰۳±۲/۰۳^{a}	۱۴/۰۹±۱/۵۹^{a}	۱۵/۴۶±۱/۹۲^{a}	۱۴/۹۷±۲/۵۷^{a}
آسپارتات آمینوترانسفراز (واحد بر لیتر)	۲۳۹/۴۴±۸/۵۵^{a}	۲۴۵/۸۴±۶/۵۵^{a}	۲۳۱/۳۹±۹/۸۴^{a}	۲۴۲/۸۰±۱۱/۹۲^{a}

-حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست (P<۰/۰۵)

۴. بحث

بر ا ساس نتایج به‌د ست آمده در این پژوهش، افزایش سطوح ویتامین نیاسین به غذا، باعث تغییر معنی‌داری در افزایش وزن ماهی نشد و متعاقب آن سایر عملکردهای رشد ماهی از قبیل درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، نرخ تبدیل غذایی و نرخ کارایی پروتئین نیز تغییر معنی داری را در سطوح مختلف ویتامین نشان نداد. براساس تحقیقاتی که توسط (Morris *et al*., 1998) و همچنین (Shaik Mohamed and Ibrahim, 2001) روی گربه‌ماهی روگاهی (*Heteropneustes fossilis*) صورت گرفت، ویتامین B_3 روی رشد ماهی تأثیرگذار است. با توجه به تحقیق صورت گرفته توسط (Ahmed, 2011) مشخص شده ا ست که دوزهای م شخص ویتامین B_3بر ر شد دو نوع کپور (*Labeo rohita mrigala* و *Cirrhinus*) تأثیر مثبت دارد. این عدم تطابق بین یافته ها را می‌توان به شرایط پرورش (شرایط آزمایشگاهی و درجه حرارت، سرعت جریان آب و سایر عوامل محیطی) و همچنین در روش ا ستفاده از ویتامین، ماهیت منابع پروتئین سالم در رژیم غذایی تیمار ها، تفاوت در ا ندازه، سن، گو نه و ترشحات گیاه موجود در سیستم نسبت داد. گزارش شده است که دلیل تغییرات زیاد در مورد نیاسین در مورد گونه‌های مختلف احتمالاً ناشی از استفادهٔ معیارهای نابرابر در روش های ارز یابی داده ها باشد (Halver, 1989; Morris *et al*., 1998). با افزایش سطح ویتامین، نرخ تبد یل غذایی و نرخ کارایی پروتئین از لحاظ آماری هیچ تفاوت معنی‌داری از خود نشان نداد که با نتایج سایرین مطابقت کامل داشت. در تحقیق حاضر با افزایش سطح نیاسین، افزایش وزن ماهی و نرخ کارایی پروتئین و نرخ تبدیل غذایی به صورت جزیی صورت پذیرفت که دلیل این عدم تطابق را می‌توان به تفاوت در گونه، نرخ تبدیل غذایی، نرخ کارایی پروتئین تحت تاثیر میزان غذادهی و کارایی بیشتر کپور ماهیان در جذب مواد غذایی نسبت داد.

با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، با افزایش میزان ویتامین نیاسین به میزان ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذای خ شک افزایش ر شد در گیاه کاهو بد ست آمد. در تحقیقات مشابه، افزایش میزان ۱۰۰ میلی‌گرم ویتامین نیا سین باعث ر شد قابل توجه ای در دانه و گیاه لوپین مشاهده شد (Ali Shahhat *et al*., 2014). Awuah و همکاران (۲۰۰۴) از کاهو در مطالعه خود برای تصفیه پساب فاضلاب مداوم ا ستفاده کردند. آنها مشاهده کردند که با ر شد کاهو از میزان مواد محلول کل در آب به میزان ۷۰در صد، از کلیفرم ۹۹ در صد، از نرخ م صرف اک سیژن توسط میکروارگانیسم‌ها ۹۳ درصدی، از نرخ مصرف شیمیایی اکسیژن ۵۹ درصد، از نیترات ۷۰ درصد، از

فسفر کل ۳۳ درصد و از آمونیاک ۹۵ درصدکاسته خواهد شـــد. در تحقیقاتی دیگر، با توجه به اینکه جذب آب از طریق ریشه کاهو صورت می‌گیرد و کاهو خود حاوی ۹۶ درصـد آب اسـت، ویتامین C بطور سـاده از طریق آب به کاهو قابل انتقال است و ویتامین C می‌تواند به رشد سریع گیاهان کمک کند. سـطح بهینه برای شـاخص‌های رشـد گیاه کاهو از قبیل طول برگ، عرض برگ، طول بوته، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، طول ریشه و وزن خشک ریشه در ۴۰ میلی‌گرم ویتامین نیاسین محاسبه شد که با نتایج محققین مطابقت داشـــت (Cooper *et al*., 1982). طبق گزارش Aoi و Hayashi (۱۹۹۶)، کاهو یون‌های آمونیوم را از آب جذب می‌کند، زیرا آمونیوم (NH4-N) قبل از نیترات (NO3-N) به عنوان منبع نیتروژن جذب می‌شـود ولی مصـــرف NO3-N در درجه اهمیت بعدی قرار دارد و در حضور این یون‌ها در آب ابتدا NH4-N جذب می شود. Ingersoll و Baker (۱۹۹۸) گزارش دادند که بازده حذف نیترات کاهو آب از ۳۱ تا ۵۱ درصد متغیر است.

کمترین میزان پروتئین کل موجود در ســـرم خون ماهی تیلاپیای نیل، در تیمار یک ثبت شـــد و در ســـایر تیمارها افزایش معنی‌داری یافت شد. هر دو آنزیم (NAD) و (NADP) به عنوان دهنده و گیرندهٔ هیدروژن در آزاد کردن انرژی از هر سه مادهٔ مغذی انرژی زا (کربوهیدرات، چربی و پروتئین) دخالت دارند (Otten *et al*., 2006). میزان تری گلیسرید خون نیز در تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در این بررسی کمترین میزان تری‌گلیســـرید مربوط به تیمار ۱ بود که ناشـــی از تاثیر ویتامین بیشتر می‌تواند باشد. با توجه به نتایج تیمار شـــاهد و کاهش میزان کلســـترول در این تیمار می‌توان اذعان نمود که نوع بافت بدن و خصوصیات ماهی می‌تواند در این امر دخیل باشـــد. بیشـــترین میزان تری‌گلیســـرید مربوط در تیمار ســه ثبت شـد. این تغییرات نشـان دهنده دامنه اثر این ویتامین در کاهش میزان کلســـترول خون است که تابع نوع و خصوصیات فیزیولوژیکی مقدار مصرف آن می‌تواند تغییر کند. می‌توان گفت سطوح بالای ویتامین نیاســـین بر روی این فاکتورها موثر نبوده و تنها افزایش هزینه را برای پرورش دهنده به دنبال خواهد داشـــت. در تحقیقی که روی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) انجام گرفته اســت، مشـــخص شـــد که با افزایش ســـطح نیاسین (۳۶/۸ میلی گرم بر کیلوگرم غذا) سطح کلسترول و تری گلیســـرید خون تغییر معنی‌داری داشـــت که با تحقیق حاضـــر مطابقت دارد (Huang *et al*., 2013). محققان دیگر نشان داده اند که نیاسین می‌تواند با نفوذ بر متابولیســـم چربی خون، محتوای چربی خون را کاهش دهد (Zak *et al*., 2006). بررســـی تاثیر ســـطوح مختلف ویتامین B_3 در آب نشـــان داد که با افزایش ســـطوح ویتامینB_3، محتوای گلوکز موجود در ســـرم خون ماهی تیلاپیای نیل به شـــکل معنی‌داری افزایش می‌یابد. این موضـــوع یکی از مهم‌ترین وظایف ویتامین B_3 در بدن، فعال کردن آنزیم‌های لازم برای سوخت و ساز قند در بدن محسوب می‌شود (Kirkland *et al*., 2014)، گلوکز موجود در ســرم خون ماهی تحت تأثیر تغییرات ســطوح ویتامین B_3، تغییرات معنی‌داری را در روند افزایشی سطوح گلوکز نشان داد. از طرفی دیگر افزایش سطوح گلوکز سرم خون در تیمارهای آزمایشی به نسبت تیمار شاهد، ممکن است یک پاسخ استرسی نیز باشد. بدن ماهی به دلیل تحمل اســـترس حاصـــل از فرایند ویتامین‌دهی هفتگی، ســـطح انرژی در دسترس بدن را بالا خواهد برد. در ضمن محتوای کورتیزول ســـرم خون در تیمارهای شـــاهد، ۲۰ میلی‌گرم، ۴۰ میلی‌گرم و ۶۰ میلی‌گرم ویتامین B_3 در هر لیتر آب تغییرات معنی‌داری را نشـــان نداد. طبق یافته های (Wendelaar Bonga, 1997)، مسیر پاسخ استرسی در نهایت موجب افزایش گلوکز خون و انرژی در دســـترس بدن می‌شـــود، در این شـــرایط، ابتدا آزادســـازی کورتیزول شـــروع می‌شـــود. این موضـــوع ثابت می‌کند که افزایش سطوح گلوکز سرم خون در ماهیان در این آزمایش، پاسخ استرسی ناشی از شرایط آزمایشگاهی نبوده است و صرفا تحت تاثیر افزایش ســـطوح ویتامین B_3 موجود در آب گلوکز افزایش یافته است. تغییرات سطوح ویتامین در آب،

در سطوح مختلف آلکالین فسفاتاز و آسپارتات آمینوترانسفراز تغییر ایجاد نکرد و با یافته‌های (Hilton, 1989) کاملاً مطابقت داشت. افزایش سطوح آنزیم آلکالین فسفاتاز و آسپارتات آمینوترانسفراز در ماهی‌ها به عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های ارزیابی آسیب بافتی و بخصوص آسیب کبدی تلقی می‌شود (Molina *et al*., 2005). با توجه به عدم تغییر این شاخص‌ها و رشد و رفتار مناسب ماهی هنگام غذا گیری و تاثیر مثبت ویتامین در شاخص‌های رشد گیاه کاهو، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش سطوح مختلف ویتامین به غذا باعث کارایی بیشتر سیستم کشت توام ماهی و گیاه کاهو درسازگان یا سیستم مدار بسته می‌شود.

۵. منابع

References

Abdel-Tawwab, M.; Abdel-Rahman, A.M. and Ismael, N.E., 2008. Evaluation of commercial live bakers' yeast, Saccharomyces cerevisiae as a growth and immunity promoter for Fry Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture* 280(1-4), 185-189.

Ahmed, I., 2011. Effect of dietary niacin on growth and body composition of two indian major carps rohu, *Labeo rohita* and mrigal, *Cirrhinus mrigala* (hamilton), fingerlings based on dose–response study. *Aquaculture International* 19(6), 567-584.

Ali Shahhat I. M.; Ghazal G. M.; Mohamed Gh. S., 2014. Effect of Ascorbic acid and Niacin on Protein, Oil Fatty Acids and Antibacterial Activity of Lupinus termis Seeds. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* 2014-15 6(4), 866-873.

Aoi T. and Hayashi T. 1996. Nutrient removal by water lettuce (*Pistia stratiotes*). *Water Science and Technology* 34(7-8), 407-412.

Awuah E., Oppong-Peprah M., Lubberding H.J. and Gijzen, H.J. 2004. Comparative performance studies of water lettuce, duckweed and algal-based stabilization ponds using low-strength sewage. *Journal of the Toxicology and Environmental Health* 67(20-22), 1727-1739.

Blidariu F., Grozea A. 2011. Increasing the economic efficiency and sustainability of indoor fish farming by means of aquaponics-review. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies* 44(2), 1-8.

Cooper J.L., Hilton B. L., Arditti J., Tarr J. B. 1982. Niacin biosynthesis in leaf-disks and seedlings of cattleya-skinneri (*Orchidaceae*). *New Phytologist Trust* 91(4), 621-628.

FAO 2007. Media Fact Sheet Aquaculture in China and Asia. Retrieved May. 2007. 861-869.

FAO, 2014. Small-scale aquaponic food production. Food and agriculture organization of the United Nations.

Goddek S., Delaide B., Mankasingh U., Ragnarsdottir K., Jijakli H., and Thorarinsdottir R. 2015. *Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics*. Sustainability 7 (4), 4199–4224.

Halver, J.E., 1989. The vitamins. In: Halver JE Fish nutrition. 2nd. Academic Press, New York. 32-102.

Han Y., Wang J., Zhao Z., Chen J., Lu H., and G Liu. 2017. Fishmeal Application Induces Antibiotic Resistance Gene Propagation in Mariculture Sediment. *Environmental Science and Technology* 51(18), 10850– 10860.

Hilton J.W. 1989. The interaction of vitamins, minerals and diet composition in the diet of fish. *Aquaculture* 79(1-4), 223-244.

Huang, F.; Wen, H.; Wu, F.; Jiang, M.; Liu, W.; Tian, J. and Shao, H., 2013. The dietary niacin requirement of large GIFT tilapia. *Journal of South China Agricultural University* 34(2), 235-240.

Ingersoll T., and Baker L.A. 1998. Nitrate removal in wetland microcosms. *Water research* 32(3), 677-684.

Jiang M., Huang F., Wen H., Yang Ch., Wu F., Liu W., Tian J. 2014. Dietary Niacin Requirement of GIFT Tilapia, *Oreochromis niloticus*, Reared in Freshwater. *Journal of the World Aquaculture Society* 45(3), 333-341.

Kasumyan, A.O., 1999. Olfactory taste senses in sturgeon behavior. *Journal of Ichthyology* 15, 228-232.

Kirkland JB. Niacin. In: Zempleni J, Suttie JW, Gregory JF III, Stover PJ. 2014. editors Handbook of vitamins. 5th edition Boca Raton (FL): CRC Press, 149–90.

Kitabayashi K., Kurata H., Shudo K., Nakamura K. and Ishikawa S. 1971. Studies of formula feed fokuruma prawn: I. On the relationship among glucosamine, phosphorus and calcium. *Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory* 65, 91-107.

Lovell, R.T., 1989. Nutrition and Feeding of Fish. Van Mostrand Reinhold, New York. 260.

Lu, M and Wang, M., 2016. Tilapia polyculture: a global review. *Aquaculture Research* 47(8), 2363-2374.

McMurtry J.A. and Croft B.A. 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. Annu. Rev. Entomol. *Annual Review of Entomology* 42(1), 291-321.

Molina R.V., Valero M., Navarro Y., Guardiola J.L. and García-Luis A. 2005.Temperature effects on flower formation in saffron (Crocus sativus L.). *Scientia Horticulturae* 103(3), 361-379.

Morris, P.C.; Backer, R.T.M. and Davies, S.J., 1998. Nicotinic acid supplementation of diets for the African catfish, Clarias gariepinus (Burchell). *Aquaculture Research* 29(11), 791-799.

Mulabagal V., Ngouajio M., Nair A., Zhang, Y., Gottumukkala A. and Nair, M. 2010. In vitro evaluation of red and green lettuce (*Lactuca sativa*) for functional food properties. *Food Chemistry Journal* 118, 300-306.

Otten JJ, Pitzi Hellwig J, Meyers LD. 2006. Dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements. Washington (DC): The National Academy Press, 262–9.

Rafiee G., Saad C.R. 2005. Nutrient cycle and sludge production during different stages of red tilapia (*Oreochromis sp.*) growth in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 244(1-4), 109-118.

Rakocy J., Shultz R.C., Bailey D.S., Thoman E.S. 2003. Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. In South Pacific Soilless Culture Conference-SPSCC 648, 63-69.

Rakocy J.E., Baily D.S., Martin J.M., Shultz K.A. 2000. Tilapia production systems for the Lesser Antilles and other resource-limited, tropical area. Tilapia Aquaculture in the 21st century,Proceeding from the fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture, 651-662.

Shaik Mohamed, J. and Ibrahim, A., 2001. Quantifying the dietary niacin requirement of the Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch), and fingerlings. *Aquaculture Research* 32(3), 157-162.

Sinyakov M.S., Dror M., Zhevelev H.M., Margel S., Avtalion R.R. 2002. Natural antibodies and their significance in active immunization and protection against a defined pathogen in fish, *Vaccine*, 20(31), 3668-3674.

Wendelaar Bonga S.E. 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews* 77(3), 591-625.

Zak, A.; Zeman, M.; Vecka, M. and Tvrzicka, E., 2006. Nicotinic acid: an unjustly neglected remedy. *Casopis ceského lékárnictva*. 145(11), 825-831.

Zou Y., Hu Z., Zhang J., Xie H., Liang S., Wang J., Yan R. 2016. Attempts to improve nitrogen utilization efficiency of aquaponics through nitrifies addition and filler gradation. *Environmental Science and Pollution Research* 23(7), 6671-6679.