Journal of Aquaculture Development
Vol. 19, No. 2, 2025, Pages: 66-80
DOI: 10.71901/jad-2025-2-887

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Production performance of red hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) and various plants in home-grown aquaponic system at different water salinities

Mashaii, N.[1*], Rajabipour, F.[1]

1- National Research Center of Saline Water Aquatics, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bafq, Yazd, Iran.

Received: 12 February 2025 **Accepted: 7 April 2025**

Abstract:

Introduction: Aquaponics is the integration of a hydroponic systems with recirculating aquaculture that removes waste and metabolites produced by farmed fish from the environment through nitrification and their absorption by plants. Production in an aquaponic system plays an important role in preserving water, soil, the environment, and food security.

Materials and Methods: The combined production of tilapia and plants in two separate aquaponic systems on a home scale with a space of 1 m^3 for fish farming and 3 m^2 for plant cultivation was investigated over a 7-months period. Hybrid red tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) were stocked at a density of 60 fish/m3 in set 1 (water salinity of 2.3 ppt) and set 2 (water salinity of 11 ppt) with an average weight of 45.6 and 51.7 g, respectively. Vegetables, medicinal plants, and fodder were grown in the troughs.

Results and discussion: The production rate of cultured tilapia was 21.6 kg/m^3 in set 1 and 20.9 kg/m^3 in set 2. During the 7-month production period on 3 m^2 of the cultivation area, in set 1, peppermint (*Mentha piperita*), beet (*Beta vulgaris*) and argula (*Argula eruca sativa)* had yields of 28.6, 28 and 13.7 kg respectively, and in set 2, glasswort (*Salicornia* sp.) had a yield of 64.8 kg.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

Conclusion: Combined production of fish and plants in home aquaponic systems aims to provide continuous access to fresh, healthy food, leading to household food security and contributing to local economies, especially in small and rural communities.

Keywords: Aquaponic, home-grown, tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*), plant products, salinity

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

* *Corresponding Author: nassrinmashaii@yahoo.com*

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال نوزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۴، صفحه های ۶۶ تا ۸۰
DOI: 10.71901/jad-2025-2-887

"مقاله پژوهشی"

عملکرد تولید ماهی تیلاپیا هیبرید قرمز (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) و گیاهان مختلف در سیستم آکواپونیک خانگی در شوری‌های متفاوت

نسرین مشائی [۱*]، فرهاد رجبی پور [۲]

۱- سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور بافق یزد

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱/۱۸

چکیده

آکواپونیک عبارت از ادغام سیستم هیدروپونیک با آبزی‌پروری باز گردشی است که فضولات و متابولیت‌های تولید شده توسط ماهیان پرورشی را از طریق نیتراسیون و جذب آنها توسط گیاهان، از محیط خارج می‌کند. تولید در سیستم آکواپونیک در حفظ آب و خاک و محیط زیست و امنیت غذایی نقش دارد. در بررسی حاضر تولید توأم ماهی تیلاپیا و محصولات گیاهی خوراکی و علوفه در دو سیستم آکواپونیک مجزا با شوری‌های متفاوت، در مقیاس خانگی با فضای ۱ متر مکعب پرورش ماهی و ۳ متر مربع کشت گیاه، در یک دوره ۷ ماهه مورد بررسی قرار گرفت. میزان تولید ماهی تیلاپیا هیبرید قرمز (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) در مجموعه ۱ (شوری ۲/۳ قسمت در هزار) به مقدار ۲۱/۶ و در مجموعه ۲ (شوری ۱۱ قسمت در هزار) ۲۰/۹ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد. در دوره هفت ماهه تولید در ۳ متر مربع سطح کشت، در مجموعه ۱، نعناع فلفلی (*Mentha piperita*)، چغندر برگی (*Beta vulgaris*) و منداب (*Argula eruca sativa*) با تولید به ترتیب ۲۸/۶، ۲۸ و ۱۳/۷ کیلوگرم محصول قابل توجه داشتند و در مجموعه ۲، گیاه سالیکورنیا (*Salicornia* sp.) با تولید ۶۴/۸ کیلوگرم محصول دهی مناسب داشت. تولید توأم ماهی و گیاه در مجموعه‌های آکواپونیک خانگی با هدف دسترسی دائم به غذای تازه و سالم، در تأمین غذای خانوار و کمک به اقتصاد محلی به ویژه در جوامع کوچک و روستایی نقش مهمی دارد.

کلمات کلیدی: آکواپونیک، خانگی، تیلاپیا (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*)، محصولات گیاهی، شوری.

* عهده‌دار مکاتبات: nassrinmashaii@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

مقدمه

آکواپونیک یک فناوری نسبتاً نوین است که در سال‌های اخیر به عنوان یک مدل پایدار زیستی برای تولید مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته و در سطح جهانی محبوبیت پیدا کرده است. این سیستم شامل یک مجموعه کشاورزی تلفیقی است که با ترکیب آبزی-پروری بازگردشی با تولید گیاهان بدون خاک در شرایط هیدروپونیک، سبب بازیافت آب و مواد مغذی و تصفیه پساب از طریق نیتریفیکاسیون و رشد محصولات کشت شده می‌شود. با ترکیب این دو سیستم تولید غذا، نیازهای مواد مغذی ضروری برای رشد گیاه برآورده شده و همزمان مواد زائد تولید شده از پرورش ماهی بازیافت می‌شود (Hussain and Brown, 2024; Kiu *et al*., 2024).

آکواپونیک مشکلاتی از قبیل محدودیت در دسترس بودن آب و خاک حاصلخیز، آلودگی محیط زیست، کاربرد کود و سموم شیمیایی را حل می‌کند (Hussain and Brown, 2024). مهم ترین مزایای سیستم آکواپونیک عبارتند از این که در اقلیم‌های مختلف و مقیاس‌های متنوع قابل اجراء است، سبب تولید محصولات غذایی سالم، تنوع محصولات مزرعه و دسترسی به محصولات تازه در سراسر سال می‌گردد و از اقتصاد محلی و خانوار حمایت می‌کند. کاربرد این سیستم به ویژه در مناطق با اقلیم خشک و منابع محدود آب و خاک و جمعیت رو به افزایش، بسیار مناسب است (El-Sayed, 2006; Karlsdottir, 2012; Kiu *et al*., 2024). تخلیه پساب مزارع پرورش ماهی می‌تواند سبب یوتریفیکاسیون و تغییر کیفیت آب‌های سطحی شود (Nikzad *et al*., 2024). تولید در سیستم آکواپونیک موجب کاهش حجم تخلیه مواد زاید به محیط و تصفیه آب در سیستم می‌گردد.

ماهی تیلاپیا متعلق به خانواده Cichlidae گزینه مناسبی برای تولید در سیستم آکواپونیک است. بسیاری از گونه‌های این خانواده از ماهیان زینتی محسوب می‌شوند و گونه ای از آنها بومی ایران است (Dadgar *et al*., 2014). گونه تیلاپیای نیل سیاه *Oreochromis niloticus*، هیبرید قرمز و واریته های آن در اغلب کشورهای جهان پرورش داده می‌شوند. تولید ماهی تیلاپیا در سیستم آکواپونیک در آمریکا بیش از ۵۰ سال سابقه دارد و تحت مجوز USDA به عنوان بخشی از برنامه کشاورزی خوب (Good Agricultural Practices Program, GAP) ترویج شده است. این فناوری اکنون در بسیاری از مناطق آسیا، اروپا، استرالیا، آمریکای مرکزی و شمالی به کار می‌رود (Rakocy *et al*., 2019). در کشور ما نیز پژوهش‌های تولید ماهی تیلاپیا در سیستم آکواپونیک در مقیاس آزمایشگاهی و تجاری صورت گرفته، نرماتیوهای تولید به دست آمده و کیفیت محصولات مطالعه شده‌اند است (Rajabipour, 2015; Rajabipour *et al*., 2017; Rafiee *et al*., 2019; Mashaii, 2023; Mashaii, 2023). همچنین در سال‌های اخیر، عملکرد رشد ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در سیستم آکواپونیک با تراکم‌های مختلف گیاه کاهو (*Lactuca sativa*) (Nazari *et al*., 2023)، و تأثیر جیره‌های حاوی ویتامین C در سیستم آکواپونیک حاوی قزل آلای رنگین‌کمان، و ویتامین B_3 بر شاخص‌های رشد تیلاپیا و کاهو (Salamroodi *et al*., 2020 a and b) بررسی شده است.

سیستم‌های آکواپونیک را می‌توان در مقیاس‌های

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

تجاری، نیمه تجاری و خانگی طراحی و اجراء کرد. واحدهای آکواپونیک کوچک برای تولید خانگی مناسب هستند و در بسیاری از مناطق جهان با موفقیت آزمایش شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Somerville *et al.,* 2014). در بررسی حاضر تولید توأم ماهی تیلاپیا و محصولات گیاهی در سیستم اکواپونیک در مقیاس خانگی برای نخستین بار در کشور در دو مجموعه آکواپونیک حاوی آب با شوری‌های متفاوت بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

اجراء سیستم آکواپونیک خانگی و تولید ماهی و گیاه

واحدهای آکواپونیک کوچک شامل ۱ متر مکعب مخزن پرورش ماهی و ۳ متر مربع کشت گیاه برای تولید خانگی مناسب هستند (Somerville *et al.,* 2014). دو مجموعه آکواپونیک خانگی حاوی آب با شوری ۲/۳ (مجموعه ۱) و ۱۱ (مجموعه ۲) قسمت در هزار در فضای گلخانه‌ای در مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب‌های شور بافق راه‌اندازی شد. سه تانک IBC[2] (شکل ۱) به ابعاد ۱/۲×۱×۱ متر تهیه شد. یکی از آنها برای پرورش ماهی به‌کار رفت. دو تانک دیگر به‌نحوی برش داده شد که از یکی از آنها دو تراف با ارتفاع ۴۰ سانتیمتر برای کشت گیاه، و از دیگری یک تراف کشت گیاه و یک مخزن سپتیک با ارتفاع ۶۰ سانتیمتر مهیّا شد. برای هر مجموعه از یک پمپ آب ۲۰۰۰ لیتر بر ساعت و یک پمپ ۱۰ وات برای هوادهی استفاده شد. تراف‌های کشت گیاه با پوکه معدنی پر شدند و به‌نحوی بر روی بلوک‌های سیمانی قرار گرفتند که آب خروجی تانک پرورش ماهی از بالا به آنها منتقل و از منافذ زیر تراف‌ها به سپتیک رفته به تانک پرورش ماهی پمپاژ می‌شد. برای تنظیم دمای هوا در فصل گرم، کولر آبی و برای گرم کردن آب در فصل سرد، بخاری آکواریومی به‌کار رفت.

Figure 1. Schematic diagram of IBC tank

شکل ۱. شکل شماتیک تانک IBC

ماهیان تیلاپیا هیبرید قرمز (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) که حاصل از یک دوره تکثیر بودند با تراکم ۶۰ عدد بر متر مکعب در مجموعه‌های ۱ و ۲ به ترتیب با میانگین وزن ۴۵/۶ و ۵۱/۷ گرم ذخیره سازی شدند. به منظور بررسی کشت انواعی از سبزیجات، گیاهان دارویی و علوفه در این سیستم، در تراف‌های مجموعه ۱ ریحان سبز (*Ocium basilium*)، تره فرنگی (*Allium ampeloprasum*)، کاهو (*Lettuce sativa*)، کلم قرمز (*Brassica oleracea*)، کرفس (*Apium graveolens*)، نعناع فلفلی (*Mentha piperita*)، مرزنگوش (*Origaum vulgare*)، بادرنجبویه (*Melissa officinalis*)، منداب (*Argula eruca sativa*)، چغندر برگی (*Beta vulgaris*) و ذرت علوفه‌ای (*Sorghum* sp.)، و در مجموعه ۲، نشاء نعناع فلفلی، و بذر گیاهان سالیکورنیا

[2] Intermediate Bulk Container

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

(*Salicornia* sp.)، سالسولا (*Salsola* sp.)، ارزن پادزهری (*Panicum antidotale*)، کینوا (*Chenopodium quinoa*)، کرفس، ذرت علوفه‌ای و منداب کشت شد.

ماهیان با غذای شناور کپور پرواری حاوی ۳۱ درصد پروتئین خام تولیدی شرکت تعاونی ۲۱-بیضاء، روزی سه بار تا حد سیری تغذیه شدند.در طی دوره پژوهش، سنجش عوامل محیطی، غذادهی، ثبت خوراک مصرفی، کاشت و داشت و برداشت گیاهان انجام شد. پس از یک دوره هفت ماهه پرورش، با کاهش آب تانک پرورش، ماهیان صید شدند. در طی دوره تولید گیاهان کشت شده پس از محصول دهی متناوباً برداشت شدند.

سنجش‌ها

دمای آب تانک پرورش ماهی در حدود ساعت ۸ صبح، و حداقل و حداکثر دمای هوای سالن به وسیله دماسنج جیوه‌ای روزانه ثبت شد. هر دو هفته یک بار برای سنجش فاکتورهای آب شامل اکسیژن محلول، pH، شوری و هدایت الکتریکی[۳] از دستگاه پرتابل WTW، و برای اندازه گیری تراکم یون آمونیوم، نیتریت و نیترات از کیت‌های کالریمتری شرکت Vaheb استفاده شد.

سنجش غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم به روش الکترولیت آنالایزر توسط دستگاه Easylyte مدل Medica، آهن، کلسیم و منیزیم به روش طیف سنجی و با استفاده از کیت‌های آنزیماتیک توسط اتوآنالایزر مدل هیتاچی ۹۰۱، و کل مواد جامد محلول[۴] به روش یونی توسط دستگاه سختی سنج، به صورت ماهانه صورت گرفت.

برای زیست سنجی ماهیان، ماهانه ۲۵ ماهی از هر تانک برداشت و اندازه وزن و طول کل بدن آنها اندازه‌گیری شد. مقدار خوراک مصرفی ماهیان پرورشی ثبت شد و ضریب تبدیل غذایی طبق رابطه ذیل (Guillaume *et al.*, 1999) بدست آمد:

$$FCR = \frac{\text{وزن غذای مصرفی (کیلوگرم) در مدت زمان مشخص}}{\text{افزایش وزن ماهیان پرورشی (کیلوگرم) در همان مدت}}$$

گیاهان پس از رسیدن محصول متناوباً برداشت شدند و وزن محصول و سطح برداشت شده ثبت گردید. مقدار تولید ماهانه گیاهان در واحد سطح به دست آمد و برای هر مجموعه تولیدی در سطح ۳ متر مربع، مقدار تولید در ماه و طی دوره ۷ ماهه تولید با فرض کشت یک نوع گیاه برآورد گردید.

برای ثبت داده‌ها و تجزیه و تحلیل یافته‌ها از نرم افزار Excell (16) استفاده شد. مقایسه دوگانه میانگین-های وزن بدن ماهیان و عوامل آب بین دو مجموعه آکواپونیک، با استفاده از آزمون t ($p<۰/۰۵$) با در نظر داشتن تساوی یا عدم تساوی پراش‌ها در سطح احتمال $p=۰/۰۵$ صورت گرفت.

نتایج

نتایج بررسی دمای هوا و آب محیط‌های پرورش و کشت ماهی و گیاه نشان داد که میانگین ماهانه حداقل دمای هوا در محدوده ۲۹/۳-۱۰/۲ درجه سانتیگراد، حداکثر آن در محدوده ۴۹/۲-۳۵/۹ درجه سانتیگراد و

[۳] Electrical Conductivity, EC
[۴] Total Dissolved Solids, TDS

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

میانگین ماهانه دمای آب در محدوده ۲۹/۶–۱۹/۱ درجه سانتیگراد بوده‌است (شکل ۲). تجزیه و تحلیل پراش اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌های دمای آب در دو مجموعه ۱ و ۲ نشان نداد (p=۰/۰۴۴).

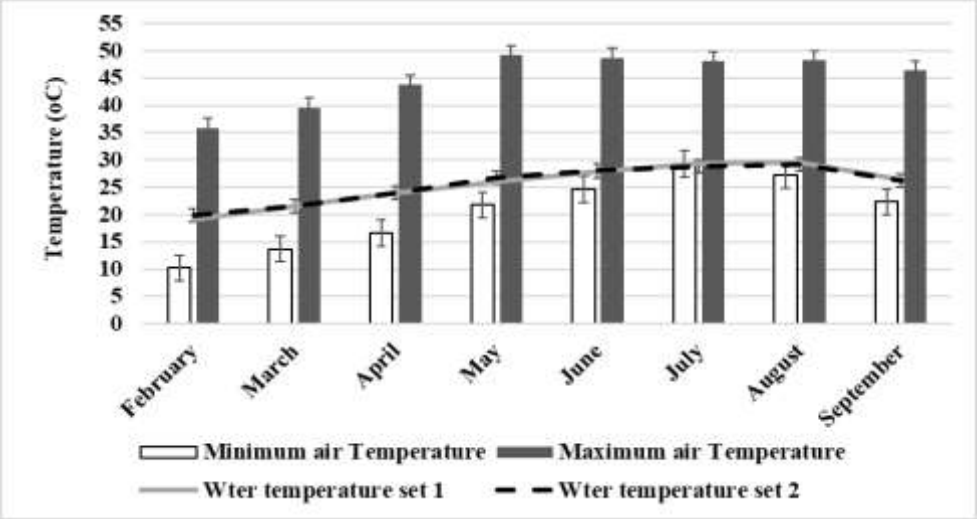

Figure 2. Average monthly air temperature (°C) in home grown aquaponics sets 1 and 2, February-September 2021

شکل ۲. میانگین ماهانه دمای آب و هوا (°C) در مجموعه آکواپونیک خانگی ۱ و ۲، بهمن ۱۳۹۹ تا شهریور ۱۴۰۰

میانگین ماهانه اکسیژن محلول در آب مجموعه‌های آکواپونیک ۱ و ۲ به ترتیب در محدوده ۸/۶۳–۱/۷۷ و ۷۲/۷۲–۱/۶ میلی‌گرم بر لیتر، و pH به‌ترتیب به مقدار ۵۹/۴۶–۶/۷ و ۷/۰۲–۶/۴۸ تغییر کرد (شکل ۳). تجزیه و تحلیل پراش برای میانگین‌های اکسیژن محلول (p=۰/۲) و pH (p=۰/۴۹) نشان داد که این مقادیر در آب مجموعه ۱ و ۲ اختلاف معنی‌داری نداشتند.

شوری آب مجموعه‌های آکواپونیک ۱ و ۲ ماهانه به ترتیب بین ۳/۳۱–۱/۸۸ و ۱۴–۹/۳۹ قسمت در هزار و هدایت الکتریکی در محدوده ۶/۵–۳/۴ و ۲۴/۲–۱۲/۶ میلی‌موس بر سانتیمتر تغییر کرد (شکل ۴). تجزیه و تحلیل پراش نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های شوری (p=۰/۰۰۵) و هدایت الکتریکی (p=۰/۰۰۱) آب دو مجموعه ۱ و ۲ بود. آزمون t نیز حاکی از اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های شوری (p=<۰/۰۰۰۵) و هدایت الکتریکی (p=۰/۰۰۰۱) آب دو مجموعه ۱ و ۲ بود.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

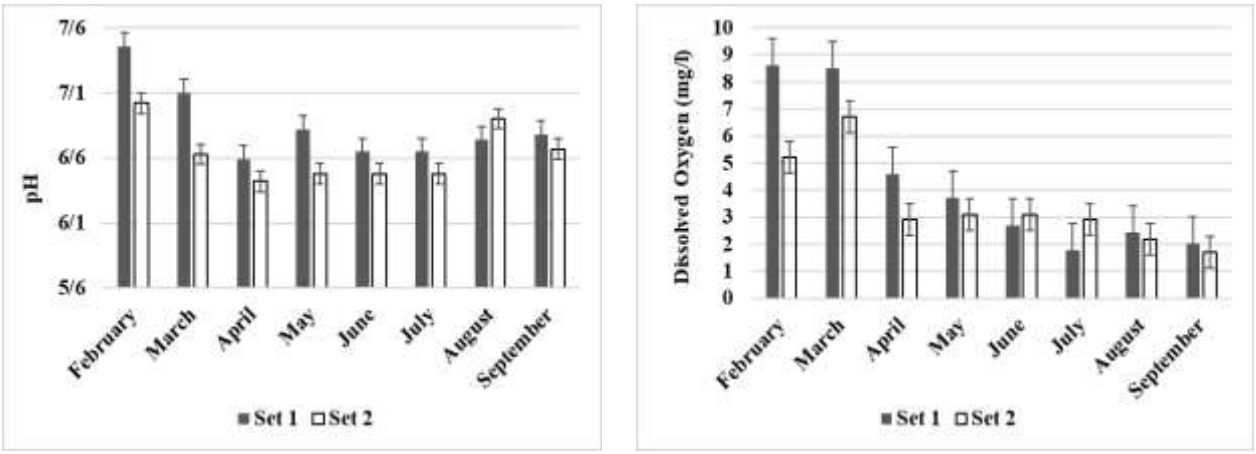

Figure 3. Monthly average dissolved oxygen (mg/l) (right) and pH (left) in water from home grown aquaponic sets 1 and 2, February-September 2021

شکل ۳. میانگین ماهانه اکسیژن محلول (mg/l) (راست) و pH (چپ) در آب مجموعه آکواپونیک خانگی ۱ و ۲، بهمن ۱۳۹۹ تا شهریور ۱۴۰۰

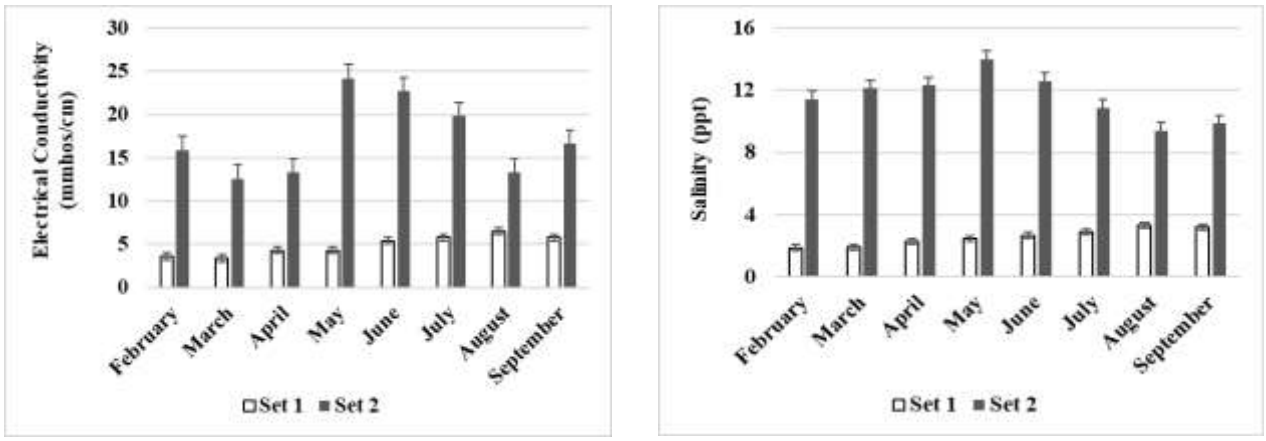

Figure 4. Monthly average salinity (ppt) (right) and electrical conductivity (mmhos/cm) (left) in water from aquaponic sets 1 and 2, February-September 2021

شکل ۴. میانگین ماهانه شوری (ppt) (راست) وهدایت الکتریکی (mmhos/cm) (چپ) در آب مجموعه آکواپونیک ۱ و ۲، بهمن ۱۳۹۹ تا شهریور ۱۴۰۰

مقدار آمونیوم درمحدوده ۰/۳-۰، نیتریت ۰/۲-۰ میلی‌گرم بر لیتر، و نیترات در مجموعه ۱ در محدوده ۱۰۰-۳۰ و در مجموعه ۲ از کمتر از ۵ تا ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. مقادیر ماهانه این یون‌ها، تراکم TDS و یون‌های سدیم، پتاسیم، آهن، کلسیم و منیزیم در مجموعه‌های آکواپونیک ۱ و ۲ در جداول ۱ و ۲ آمده‌است.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

جدول ۱. مقدار آمونیوم، نیتریت، نیترات، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن (mg/l) و TDS برحسب ppm در آب مجموعه آکواپونیک ۱، بهمن ۱۳۹۹ تا شهریور ۱۴۰۰

Table 1. Amount of ammonium, nitrite, nitrate, sodium, potassium, calcium, magnesium, and iron (mg/l) and TDS (ppm) in water of Aquaponic set 1, February-September 2021

	TDS	Fe	Mg	Ca	K	Na	$NO3^-$	$NO2^-$	$NH4^+$
February	2340	0.03	54	194	26.52	772.8	35	0	0
March	2300	0.03	56	192	25.74	784.3	35	0	0
April	2680	0.06	59	219	21.84	752.1	75	0	0.2
May	2850	0.08	62	231	26.13	706.1	30	0	0.2
June	3700	0.16	60	236	42.12	929.2	30	0	0
July	3260	0.03	59	230	51.09	1232.8	35	0	0
August	3460	0.02	72	201	46.8	1248.9	100	0.05<	0.3
September	3200	0.01	64	255	52.65	1297.2	75	0.2	0

جدول ۲. مقدار آمونیوم، نیتریت، نیترات، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن (mg/l) و TDS برحسب ppm در آب مجموعه آکواپونیک ۲، بهمن ۱۳۹۹ تا شهریور ۱۴۰۰

Table 2. Amount of ammonium, nitrite, nitrate, sodium, potassium, calcium, magnesium and iron (mg/l) and TDS (ppm) in water of Aquaponic set 2, February-September 2021

	TDS	Fe	Mg	Ca	K	Na	$NO3^-$	$NO2^-$	$NH4^+$
February	9970	0.02	87	338	70.98	3447.7	5<	0	0
March	10500	0.04	88	339	81.12	3827.2	10	0	0
April	11680	0.03	88	227	87.36	4330.9	45	0	0.1
May	10570	0.03	87	336	96.33	4232	15	0.03	0.2
June	7410	0.41	86	300	95.94	3919.2	30	0.02	0
July	9710	0.01	82	280	84.24	3489.1	25	0	0
August	8280	0.01	84	232	71.37	2916.4	10	0	0

میانگین ماهانه وزن بدن ماهیان در مجموعه‌های آکواپونیک ۱ و ۲ در انتهای دوره در محدوده ۳۸۸-۳۷۸ گرم بود (شکل ۵). تجزیه و تحلیل پراش نشان دهنده عدم اختلاف میانگین وزن نهایی ماهیان در دو مجموعه ۱ و ۲ بود (p=۰/۴۷). ضریب تبدیل غذایی در مجموعه‌های ۱ و ۲ به ترتیب ۱.۶ و ۱.۳۷ به دست آمد.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

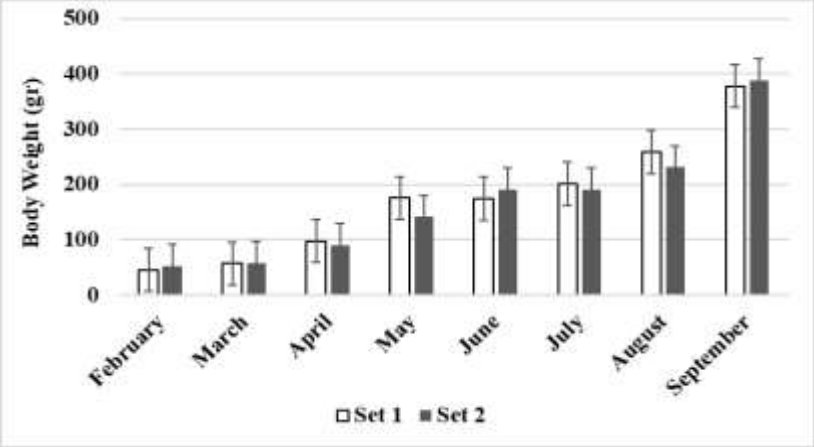

Figure 5. Average monthly body weight (gr) of tilapia fish in aquaponic sets 1 and 2, February-September 2021

شکل ۵. میانگین ماهانه وزن بدن (gr) ماهیان تیلاپیا در مجموعه آکواپونیک ۱ و ۲، بهمن ۱۳۹۹ تا شهریور ۱۴۰۰

میانگین ماهانه تولید در واحد سطح محصولات گیاهی بر حسب گرم بر متر مربع در مجموعه آکواپونیک ۱ به شرح ذیل به دست آمد:

نعناع فلفلی اردیبهشت تا شهریور ۱۴۰۰ : ۱۳۶۰ گرم؛ برگ چغندر آذر ۹۹ تا شهریور ۱۴۰۰ : ۱۳۳۲ گرم؛ منداب بهمن تا اسفند ۹۹ : ۶۵۰ گرم.

در مجموعه آکواپونیک ۲، مقدار سالیکورنیا در اولین برداشت در اردیبهشت ۱۴۰۰ به مقدار ۱۶۰۰ گرم بر متر مربع بود و در برداشت بعد در شهریور به ۲۱۶۰۰ گرم بر متر مربع رسید.

بحث

هرچند ماهی تیلاپیا در دمای بیش از ۲۲ درجه سانتیگراد تغذیه می‌کند، اما دمای مطلوب پرورش بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد (Stickney, 2000; Romana-Eguia *et al*., 2020) و در شرایط آکواپونیک تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد نیز ذکر شده است (Tyson and Simonne, 2014). با توجه به شرایط دمایی آب در مجموعه‌های خانگی در بررسی حاضر حدود ۴ ماه از دوره تولید دمای مطلوب وجود داشته است. در آکواپونیک خانگی با فضای ۱ متر مکعب پرورش ماهی و ۳ متر مربع کشت گیاه در یک دوره ۷ ماهه، در مجموعه ۱ که حاوی آب با شوری ۲/۳ قسمت در هزار بود، میزان تولید ماهی ۲۱/۶ کیلوگرم بر متر مکعب و در مجموعه ۲ با شوری آب ۱۱ قسمت در هزار، ۲۰/۹ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد. در صورت تأمین دمای بهینه در طی دوره پرورش حداقل به مدت ۶ ماه، افزایش میانگین وزن ماهیان و مقدار تولید در واحد حجم مورد انتظار است. از بین گیاهان کشت شده در مجموعه ۱ نعناع فلفلی، چغندر برگی و منداب، و در مجموعه ۲ سالیکورنیا منجر به محصول قابل توجه شدند. با توجه به میانگین تولید در واحد سطح به دست آمده برای این محصولات، و مجموع سطح زیر کشت گیاهان هر مجموعه، درصورت کشت نعناع فلفلی، چغندر برگی و منداب به تنهایی، برآورد تولید در کل دوره برابر با ۲۸/۶، ۲۸ و ۱۳/۷ کیلوگرم خواهد بود. در مجموعه شماره ۲، برآورد محصول سالیکورنیا در مجموع سطح کشت ۳ مترمربع در دوره تولید (حدود ۷ ماه پس از جوانه زنی) معادل ۶۴/۸ کیلوگرم خواهد بود.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

جدول ۳. میانگین ماهانه و ۷ ماهه تولید محصولات گیاهی و برآورد کشت تک محصولی ماهانه در ۳ متر مربع سطح کشت در آکواپونیک خانگی

Table 3. Monthly average and 7-months crop production and estimated monthly monoculture, in $3m^2$ of cultivation area in home grown aquaponics

Aquaponic set	Plant	Average monthly harvest (kg/m^2)	Monthly monoculture estimate ($kg/3m^2$)	7 months estimate ($kg/3m^2$)
1	Peppermint (*Mentha piperita*)	1.36±0.34	4.08	28.6
	Beet (*Beta vulgaris*)	1.33±0.75	4	28
	Argula (*Argula eruca sativa*)	0.65±0.39	1.95	13.7
2	Glasswort (*Salicornia* sp.)	3.08	9.24	64.7

پرورش تیلاپیا با توجه به شوری بهینه آب تا ۱۵ قسمت در هزار برای پرورش تیلاپیای نیل (Elsayed, 2006)، مطلوب اما برای تولید گیاهان محدود کننده است. با افزایش شوری آب تنوع گیاهان مناسب کمتر و تولید اغلب سبزیجات و صیفی جات رایج کاهش می‌یابد. در سیستم آکواپونیک با شوری کمتر از ۷ قسمت در هزار معدودی از سبزیجات و در شوری‌های بیشتر برخی گیاهان علوفه‌ای هالوفیت مناسب هستند (Pantanella and Colla, 2013). در هر دو مجموعه ۱ و ۲، مقدار اکسیژن در ماه‌های پایانی پرورش همزمان با رشد و افزایش مصرف ماهیان، به آستانه پایینی محدوده مجاز و کمتر از آن رسیده که با تقویت هوادهی قابل رفع می‌باشد. چنانچه ذکر شد سطح بهینه اکسیژن محلول برای پرورش تیلاپیا در سیستم اکواپونیک ۵ میلی‌گرم بر لیتر، و تا ۴ میلی‌گرم بر لیتر مناسب است. با وجود مقاوم بودن تیلاپیا در سطوح پایین اکسیژن، رشد آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد. pH آب در دوره پرورش در هر دو مجموعه مناسب و در محدوده بهینه ۶/۵–۷/۵ برای پرورش تیلاپیا در این سیستم (Hambrey Consulting, 2013; Tyson and Simonne, 2014; Sallenave, 2016) بوده است.

تراکم یون‌های سدیم، کلسیم، منیزیم و پتاسیم به ترتیب در آب مجموعه ۱ در محدوه ۱۲۹۷–۷۰۶، ۲۵۵–۱۹۲، ۵۴–۷۲ و ۵۲/۷–۲۱/۸ میلی‌گرم بر لیتر، و در مجموعه ۲ در محدوده ۴۳۳۱–۲۹۱۶، ۳۳۹–۲۲۷، ۸۸–۸۲ و ۹۶/۳–۷۱ میلی‌گرم بر لیتر تغییر کرده است. این مقادیر با توجه به بالا بودن شوری و هدایت الکتریکی آب مورد انتظار است. مطالعات قبلی نشان داده که سختی آب زیرزمینی منطقه در محدوده ۲۲۵۰–۱۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (Mashaii, 2007) و جزء آب‌های بسیار سخت محسوب می‌شود. سنجش تراکم یون آهن در آب در طی دوره تولید مقدار آن را اغلب کمتر از حد مطلوب، در مجموعه ۱ در محدوده ۰/۱۶–۰/۰۱ و در مجموعه ۲ از مقدار ناچیز تا ۰/۴۱ میلی‌گرم بر لیتر نشان داد. در مجموعه اکواپونیک UVI[5] که یک مدل شناخته شده آکواپونیک تجاری است، تراکم یون آهن در محدوده ۱/۸–۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر قرار داشته است

[5] University of Virgin Island

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

(Rakocy *et al.,* 2004). برای تأمین آهن مورد نیاز گیاهان در سیستم آکواپونیک، می‌توان آهن شلات را هر سه هفته یک بار به مقدار ۲ میلی‌گرم بر متر مکعب حجم آب سیستم، به آب افزود (Rakocy *et al*., 2004 and 2013).

در بررسی حاضر در هر دو مجموعه اغلب تراکم آمونیوم و نیتریت صفر یا ناچیز، و نیترات در مجموعه ۱ و ۲ حدود ۱۰۰-۳۰ و ۴۵-۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. باتوجه به تراکم مناسب آمونیوم و نیتریت ۱-۰ و نیترات ۶۰-۱۶۰ میلی‌گرم بر لیتر در سیستم آکواپونیک (Rakocy *et al.,* 2004 and 2010; Somerville *et al.,* 2014; Danner, 2019)، غلظت آمونیوم و نیتریت مطلوب اما نیترات کمتر از حد بهینه است. محصول دهی برخی از گیاهان مناسب بود و ممکن است سطح کشت اشغال شده توسط اقلام دیگر که محصول دهی مناسب نداشتند بر کاهش نیترات تأثیر گذاشته باشد.

از نظر بهبود عملکرد رشد و بقاء ماهی، آکواپونیک در مقایسه با آبزی‌پروری معمولی و سیستم آبزی‌پروری چرخشی (RAS[۶]) دارای مزیت ذکر شده است. تیلاپیا نیل *O. niloticus* رشد یافته در آکواپونیک به دلیل افزایش کیفیت آب از جمله اکسیژن محلول بالاتر، نیتروژن کل آمونیاکی[۷] و غلظت نیتریت کمتر در مقایسه با RAS، نرخ بقا و عملکرد رشد بهتری را نشان می‌دهد (Effendi *et al*., 2017).

در این بررسی، در دو مجموعه اکواپونیک خانگی ۱ و ۲ با فضای ۱ مترمکعب پرورش ماهی و ۳ متر مربع کشت گیاه با شوری‌های ۲/۳ و ۱۱ قسمت در هزار در یک دوره ۷ ماهه، میزان تولید ماهی تیلاپیا هیبرید قرمز *Oreochromis* sp در مجموعه ۱ و ۲ به ترتیب ۲۱/۶ و ۲۰/۹ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد. با وجود اختلاف معنی‌دار شوری آب دو مجموعه، میانگین وزن ماهیان تیلاپیای پرورشی اختلاف معنی‌دار نداشتند. در دوره ۷ ماهه تولید در ۳ متر مربع سطح کشت، در مجموعه ۱، نعناع فلفلی (*Mentha piperita*)، چغندر برگی (*Beta vulgaris*) و منداب (*Argula eruca sativa*) با تولید به ترتیب ۲۸/۶، ۲۸ و ۱۳/۷ کیلوگرم محصول قابل توجه داشتند و در مجموعه ۲، گیاه سالیکورنیا (*Salicornia* sp.) با تولید ۶۴/۸ کیلوگرم محصول دهی مناسب داشت.

حفظ آب برای تأمین منابع آبی یکی از چالش‌های موجود در آبزی‌پروری است. همچنین بهبود بهره‌وری غذا برای افزایش دسترسی به غذا و کاهش گرسنگی و دستیابی به اهداف توسعه پایدار فهرست شده توسط سازمان ملل ضروری است (FAO, 2017). مزایای تولید در سیستم آکواپونیک می‌تواند این روش را به سمت کشاورزی پایدار به عنوان یک فناوری پیشرفته سوق دهد (FAO, 2020). سیستم آکواپونیک یک فناوری نسبتاً جدید برای تولید توأم ماهی و گیاهان سالم است. از مزایای عمده این سیستم مصرف بهینه آب، کشاورزی بدون وابستگی به خاک و اراضی کشاورزی، رعایت ملاحظات محیط زیستی در تولید ماهی و گیاه، عدم نیاز به کود و سموم شیمیایی و تولید محصولات سالم است. هر یک از این ویژگی‌ها در ارزیابی اقتصادی سیستم تولید در مقایسه با دیگر سیستم‌های آبزی‌پروری و کشاورزی قابل توجه هستند. شایان ذکر است که فرآوری محصولات گیاهی مانند تهیه سبزیجات خشک و عرق گیری از گیاهان دارویی نیز سبب ارزش افزوده می‌گردد. معرفی و ترویج سیستم

[۶] Recirculating Aquaculture System
[۷] Total Ammonia Nitrogen, TAN

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

آکواپونیک خانگی می‌تواند نقش مؤثری در تولید غذای سالم برای خانواده‌ها، بهبود معیشت و اقتصاد به ویژه در جوامع محلی و روستایی داشته باشد. کاربردهای آموزشی، رفاهی و جاذبه‌های گردشگری را نیز می‌توان به عنوان دیگر مزایای این واحدها ذکر کرد.

سپاسگزاری

از کمک‌ها و مساعدت دوستان گرامی برای انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع

1. Dadgar, Sh., Marjani, M., Khiabani, A. and Hosseinzadeh Sahafi, H., 2014. introduction of iranian cichlid (*Iranocichla hormuzensis*) as an endemic species fish in aquarium. *Journal of Aquaculture Development*, *8*(2), pp.83-87. [In Persian]
2. Danner, R.I., Mankasingh, U., Anamthawat-Jonsson, K. and Thorarinsdottir, R.I., 2019. Designing Aquaponic Production Systems towards Integration into Greenhouse Farming. *Water*, *11*(10), pp.1-21. DOI:10.3390/w11102123.
3. Effendi, H., Wahyuningsih, S. and Wardiatno, Y., 2017. The use of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivation wastewater for the production of romaine lettuce (*Lactuca sativa L.* var. *longifolia*) in water recirculation system. *Applied Water Science*, *7*(6), pp.3055-3063. DOI:10.1007/s13201-016-0418-z
4. El-Sayed, A.M., 2006. Tilapia culture. Edited by CABI Publishing, Cambridge, USA. 277 P. DOI:10.1079/9780851990149.0000
5. Food and Agriculture Organization (FAO)., 2017. The Future of Food and Agriculture - Trends and Challenges. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
6. Food and Agriculture Organization (FAO)., 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in Action. Rome: FAO. DOI:10.4060/ca9229en
7. Guillaume, J., Kaushik S., Bergot, P. and Metailler, R., 1999. Nutrition and feeding of fish and crustaceans. Springer-Praxis Pub., UK, 408 P.
8. Hambrey Consulting., 2013. Aquaponics Research Project, The relevance of aquaponics to the New Zealand aid Programme, particularly in the Pacific. Commissioned Report, New Zealand Aid Programme, Ministry of Foreign Affairs and Trade, December 2013.
9. Hussain, A.S. and Brown, P.B., 2024. A literature review of tilapia/lettuce aquaponics production status, varieties, and research gaps. *Aquaculture Research*, *2024*, pp.1-16. Doi:10.1155/2024/2642434
10. Karlsdottir, S.K., 2012. Aquaponics – Grønn vekst, Funded by Nordisk Atlantsamarbejde (NORA) 2011-2012, Project No 510-072, Final report from the project, September 2012.
11. Kiu, Q.S.C., Teoh, C.Y. and Ooi, A.L., 2024. Aquaponics vs recirculating aquaculture system: assessing productivity and water. use efficiency of native fish species Empurau (*Tor tambroides*) and Jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) compared to red hybrid tilapia. *Sains Malaysiana*, *53*(4), pp.747-757. DOI: 10.17576/jsm-2024-5304-02
12. Mashaii, N., 2007. Production yield of the white-leg shrimp, L*itopenaeus vannamei* (boone, 1931) culture in brackish water of Yazd province. Final report of the project, National Research Center of Saline Water Aquatics, Iranian Fisheries Science Research Institute, 70 P. [In Persian]
13. Mashaii, N., 2023. An investigation on production components of tilapia culture in Aquaponic System. Final report of the project, National Research Center of Saline Water Aquatics, Iranian Fisheries Science Research Institute, 87 P. [In Persian]
14. Mashaii, N., Rajabipour, F.,

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

Hosseinzadeh Sahafi, H., Hafezieh, M. and Ghaedi, A., 2023. A Qualitative Analysis of the Aquaponic System Products. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies*, 3(4), pp.190-196. DOI: 10.62225/2583049X

15. Nazari K., Taklu, M., Sharifian, M. and Hosseini Shekarabi, S.P., 2023. Study of water quality and growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*) in an aquaponic system with different densities of lettuce (*Lactuca sativa*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, *32*(4), pp.29-49. DOI: 10.22092/ISFJ.2023.130262
16. Nikzad, F., Masoudian, M. and Kalantari, D., 2024. Investigation of effluent quality of trout fish farm, case study "Amole region ". *Journal of Aquaculture Development*, *18*(3), pp.47-59. DOI: 10.71901/Jad-2024-I-810
17. Pantanella, E. and Colla, G., 2013. Saline aquaponics opportunities for integrated marine aquaculture. International aquaponic conference: Aquaponics and global food security, 19-21 June 2013, University of Wisconsin-Stevens Point.
18. Rafiee, Gh.R., Saad, Ch.R., Kamarudin, M.S., Ismail, M.R. and Sijam, K., 2019. Effects of supplementary nutrient in an aquaponic system for production of ornamental red tilapia (*Oreochromis* sp.) and lettuce (*Lactuca sativa* var *longifolia*). *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 59(2), pp.65-75. DOI:10.18331/SFS2019.5.2.7
19. Rajabipour, F., 2015. Tilapia culture in aquaponic system. Final report of the project, National Research center of Saline Water Aquatics, Iranian Fisheries Research Organization Pub. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). 44P. (In Persian)
20. Rajabipour, F., Mashaii, N., Sarsangi, H., Mohammadi, M. and Matinfar, A., 2017. An Investigation on Tilapia Culture in Aquaponic System in Iran. *Modern Agricultural Science and Technology*, *3*(5-6), pp.12-17. DOI: 10.15341/mast (2375-9402)/03.03.2017/003
21. Rakocy, J.E., Bailey, D.S., Shultz, R.C. and Thoman, E.S., 2004. Update on Tilapia and vegetable production in the UVI aquaponic system. pp.676–690, In Blivar, R.B., Mair, G.C., Fitzsimmons, K., eds, Proceedings from the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Manila, Philippines.
22. Rakocy, J.E., Bailey, D., Shultz, C. and Danaher, J., 2013. Design and Operation of the UVI Aquaponic System. 11th Conference of the Aquaculture Association of Southern Africa Aquaculture 2013, Stellenbosch, South Africa.
23. Rakocy, J.E., Bailey, D.S., Shultz, R.Ch. and Danaher, J.J., 2019. Fish and Vegetable Production in a Commercial Aquaponic System: 25 Years of Research at the University of the Virgin Islands.
24. Romana-Eguia, M.R.R., Eguia R.V. and Pakingking Jr.R.V., 2020. Tilapia culture: the basics. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center. 54P.
25. Salamroodi, E., Rafiee, G. and Rezaei-Tavabe. K., 2020a. Effect of increasing vitamin C to water in a combined rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and lettuce (*Lactuca sativa*), and a functional study of plant and fish growth indices. *Journal of Animal Environmen*t, *12*(1), pp.237-244. DOI:10.22034/AEJ.2020.105266. [In Persian]
26. Salamroodi, E., Rafiee, Gh., Rezaei-Tavabe, K. and Hashemi, S., 2020b. Effect of dietary-vitamin B3 on immunity indices of Nile tilapia and growth (*Oreochromis niloticus*) of lettuce (*Lactuca sativa*) in an aquaponics system. *Journal of Fisheries*, 73(2), pp.163-174. DOI:10.22059/jfisheries.2020.300760.1159. [In Persian]
27. Sallenave, R., 2016. Important water

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]

quality parameters in aquaponic system. Cooperative Extensive Service, College of Agriculture, Consumer and Environmental Services. New Mexico State University. Circular, 680 P.
28. Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. and Lovatelli, A., 2014. Small-scale aquaponic food production, integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 589. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
29. Stickney, R.R., 2000. Encyclopedia of aquaculture. Wiley & Sons Pub. 1063P.
30. Tyson, R. and Simonne, E., 2014. A Practical Guide for Aquaponics as an Alternative Enterprise. The Horticultural Sciences Department, HS1252, UF/IFAS Extension. 10P.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2025-2-887]