

Improving growth, yield and quality characteristics of greenhouse tomato by using high density fish pond water

Amin Baji¹, Edris Shabani^{2*} , Naser Alemzadeh Ansari³, Mohammad Albaji⁴

1. M.Sc. Student of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3. Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
4. Associate Professor, Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Citation: Baji, A., Shabani, E., Alemzadeh Ansari, N., Albaji, A. (2024) Improving growth, yield and quality characteristics of greenhouse tomato by using high density fish pond water. *Plant Productions*, 47(2),245-258

Abstract

Introduction

Iran is positioned as the 11th largest producer of tomatoes globally, yielding in excess of 3 million tons. Therefore, providing enough water to produce this amount of product will be one of the challenges of the near future in the agricultural sector due to the drought problem in Iran. Reuse of fish waste in agriculture is one of the important dimensions of water resources planning. Recycling drainage water from aquaculture farms is one of the necessities because it is rich in substances that can be useful in agriculture. World population and food security is one of the most difficult challenges that most of the countries are facing, because the world population is increasing rapidly and will reach 9.6 billion people by 2050. In this situation, the food supply should increase by 70 to 100%. Considering these challenges, it is necessary to conduct applied research to make maximum use of effluents and wastewaters in the production of greenhouse products.

Materials and methods

The treatments of this experiment included 3 types of nutrient solutions (Resh nutrient solution, fish pond water and modified fish pond water) and 3 promising greenhouse tomato lines (AZ₄, AZ₅ and V₄). The experimental design was factorial arranged in complete block design with 3 replications. At the end of the experiment, the plants were removed from the pot and the roots, leaves and stems were separated from each other. Their fresh and dry weight and the number of leaves were recorded separately for each treatment. To check yield indicators, ripe tomato fruits were harvested during the growth period, counted and weighed with a scale with an accuracy of

* Corresponding Author: Edris Shabani
E-mail: edris.shabani@scu.ac.ir

0.01 g. The firmness of the fruit tissue was measured by a firmness meter, and the pH and EC of the fruit extract were measured by a pH meter and an EC meter, respectively. The measurement of chlorophyll a, b and total chlorophyll was done using a spectrophotometer in mature leaves developed according to the method suggested by Arnon (1967).

Result and Discussion

The results of this experiment showed that V₄ and AZ₄ cultivars had the highest stem and leaf weight compared to AZ₅ cultivar. Also, the results showed that the Resh solution and modified pond water had the highest root dry weight (58 and 56 g, respectively) compared to the fish pond water treatment (47 g). The findings of this study showed that the use of Resh nutrient solution and modified pool water compared to the treatment of fish pool water increased the number of leaves of tomato plants by 23.88% and 18.69%, respectively. It seems that irrigation with modified pool water and Resh solution increases the growth and development of the plant due to the increase in the level of nutrients. The highest amount of total chlorophyll was observed in the Resh solution and modified pool water with concentrations of 2.3 and 2.2 mg/g, respectively. The results of Silva *et al* (2021) showed that in irrigation with fish waste, greater availability of magnesium in plant tissue increases the content of chlorophyll b in leaves and increases plant chloroplast pigments. The highest total yield was observed in cultivar V₄ and in the treatments of Resh nutrient solution and modified pool water. The results showed that modified pool water had the highest EC of tomato extract (1.9 dS/m). Also, the results of the interaction effect of cultivar and nutrient solution showed that the highest fruit firmness was observed in Resh solution and fish pond water in V₄ cultivar. Also, the lowest fruit firmness was observed fish pond water in AZ₅ cultivar. It seems that, in the present study, the reduction of calcium absorption in fish pond water caused the reduction of firmness of tomato fruit (Kaab omeir *et al.*, 2020).

Conclusion

It seems that according to the above results, it is possible to use pool water with a high density of fish after modification and changes in the amounts of its nutrients in greenhouse tomato cultivation. Among the tested cultivars, the promising line V₄ can be recommended for cultivation in the greenhouse for the use of modified fish pond water.

Keywords: Fish pond water, Greenhouse, Tomato, Variety, Yield

بهبود خصوصیات رشدی، عملکردی و کیفی گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای با استفاده از آب استخر پرورش ماهی تراکم بالا

امین باجی^۱، ادریس شعبانی^{۲*} , ناصر عالم زاده انصاری^۳، و محمد الباجی^۴

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ۲- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ۴- دانشیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده

یکی از مشکلات کشور ما کمبود آب شیرین جهت پرورش گیاهان به خصوص سبزی‌ها می‌باشد. هم‌اکنون تعداد نسبتاً زیادی استخر پرورش ماهی در کشور وجود دارد که آب‌های آن پس از چند روز استفاده در استخر از زهکش‌ها رها می‌شوند. استفاده مجدد از پساب ماهی در کشاورزی یکی از ابعاد مهم برنامه ریزی منابع آب می‌باشد. بازیافت آب زهکشی از مزارع آبی‌زی پروری یکی از ضرورت‌ها است زیرا سرشار از موادی است که استفاده از آن در کشاورزی می‌تواند مفید واقع گردد. این ترکیبات حاصل‌خیزی خاک را افزایش داده و تولید محصول را بهبود می‌بخشد و علاوه بر آن با مصرف کمتر کود سبب کاهش هزینه‌های تولید خواهد شد. کمبود آب و رشد سریع جمعیت سبب گردید تا امکان استفاده از آب‌های غیرمتعارف بررسی گردد. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. این پژوهش در فصل پاییز و زمستان سال ۱۴۰۰ در دانشگاه شهید چمران اهواز انجام پذیرفت. تیمارها شامل محلول رش، آب استخر ماهی و آب استخر ماهی اصلاح‌شده و سه لاین امیدبخش گوجه‌فرنگی با نام‌های V4، AZ4 و AZ5 بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که رقم V4 و AZ4 دارای بیش‌ترین وزن تر ساقه و برگ در مقایسه با رقم AZ5 بود. همچنین نتایج نشان داد که محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده دارای بیش‌ترین وزن خشک ریشه (به ترتیب ۵۸ و ۵۶ گرم) در مقایسه با تیمار آب استخر ماهی (۴۷ گرم) بود. یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از محلول- غذایی رش و آب استخر اصلاح‌شده در قیاس با تیمار آب استخر ماهی به ترتیب سبب افزایش ۲۳/۸۸٪ و ۱۸/۶۹٪ تعداد برگ گیاهان گوجه‌فرنگی گردید. بیش‌ترین مقدار کلروفیل کل در محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده به ترتیب با غلظت‌های ۲/۳ و ۲/۲ میلی‌گرم بر گرم مشاهده گردید. بالاترین میزان عملکرد کل در رقم V4 و در

* نویسنده مسئول: ادریس شعبانی

رایانامه: edris.shabani@scu.ac.ir



تیمارهای محلول غذایی رش و آب استخر اصلاح شده مشاهده گردید. نتایج نشان داد که آب استخر اصلاح شده دارای بیشترین هدایت الکتریکی عصاره گوجه‌فرنگی بود (۱/۹ dS/m). همچنین نتایج اثر متقابل رقم و محلول- غذایی نشان داد که بیشترین سفتی میوه در محلول رش و در رقم‌های V₄ و AZ₄ مشاهده شد که اختلاف معنی- داری با تیمار آب استخر اصلاح شده نداشت. به نظر می‌رسد با توجه به نتایج فوق امکان استفاده از آب استخر با تراکم بالای ماهی در پرورش گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای وجود دارد. از بین رقم‌های مورد آزمایش نیز می‌توان لاین امیدبخش V₄ را جهت کشت در گلخانه برای استفاده از آب استخر ماهی اصلاح شده توصیه نمود.

کلید واژه‌ها: آب استخر ماهی، رقم، عملکرد، گلخانه، گوجه فرنگی

مقدمه

شوری رودخانه‌ها را به همراه خواهد داشت. از طرفی استفاده از پساب‌ها و فاضلاب‌ها بشدت در کشورهای درحال توسعه، گسترش یافته است. یکی از این موارد آب مزارع پرورش ماهی است (Kaab omeir *et al.*, 2020). استفاده مجدد از پساب ماهی در کشاورزی یکی از ابعاد مهم برنامه‌ریزی منابع آب می‌باشد. بازیافت آب زهکشی از مزارع آبی‌پروری یکی از ضرورت‌ها است زیرا سرشار از موادی است که استفاده از آن در کشاورزی می‌تواند مفید واقع گردد. این ترکیبات حاصل‌خیزی خاک را افزایش داده و تولید محصول را بهبود می‌بخشد و علاوه بر آن با مصرف کمتر کود سبب کاهش هزینه‌های تولید خواهد شد. مواد مغذی که مستقیماً توسط ماهی ترشح می‌یابد توسط گیاهان در کشت هیدروپونیک قابل جذب می‌باشند و فرصت مناسبی را برای رشد گیاه فراهم می‌کنند. این مواد مغذی محلول که از بین یا هدر می‌رفتند یا در نهایت سبب آلودگی سایر منابع آبی می‌شدند، حال در این فرآیند توسط گیاهان کشت شده بازیافت می‌شوند و تخلیه به محیط- زیست را کاهش می‌دهند (Abdelraouf, 2019). ترکیب هیدروپونیک و آبی‌پروری در یک سیستم گردش مجدد، مدلی است که سبب افزایش تولید مواد غذایی به شیوه‌ای پایدار می‌شود. به گونه‌ای که با استفاده از این سیستم منابع با ارزشی چون پروتئین (از طریق ماهی)، ویتامین و مواد معدنی (از طریق سبزی) حاصل می‌گردد (Pineda-Pineda *et al.*, 2019).

در پژوهشی ۵۰٪ آب استخر به همراه ۵۰٪ آب مزرعه روی سرعت رشد ریحان و خرفه مورد استفاده قرار گرفت.

گوجه‌فرنگی سرشار از مواد معدنی، ویتامین‌ها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است و از مهم‌ترین محصولات زراعی جهان در ارتباط با سلامت و تغذیه انسان به شمار می‌آید. این سبزی ۲۵ درصد از کل تولید سبزی جهان را به خود اختصاص می‌دهد (Faalian *et al.*, 2014). بیش از ۸۵ درصد آب مصرفی جهان به بخش کشاورزی تعلق دارد. کاهش اندک مصرف آب در این بخش می‌تواند سبب افزایش چشم‌گیر آب در سایر بخش‌ها شود (Mousavi, 2014). براساس گزارش فائو، تولید جهانی محصول گوجه‌فرنگی در سال ۲۰۲۱ حدود ۱۸۹ میلیون تن بوده است (FAO, 2021). ایران با تولید گوجه‌فرنگی نزدیک به ۳ میلیون و ۳۹۲ هزار تن در رتبه ۱۱ جهانی قرار دارد (FAO, 2021). بنابراین تامین آب کافی به منظور تولید این حجم از محصول با توجه به روند خشکسالی در ایران از چالش‌های چند سال آینده در بخش کشاورزی خواهد بود.

یکی از مشکلات کشور ما کمبود آب شیرین جهت پرورش گیاهان به‌خصوص سبزی‌ها می‌باشد. هم‌اکنون تعداد نسبتاً زیادی استخر پرورش ماهی در کشور وجود دارد که آب‌های آن پس از چند روز استفاده در استخر از زهکش‌ها رها می‌شوند. علاوه بر این، اخیراً استخرهای پرورش ماهی با تراکم بالا نیز در کشور در حال گسترش هستند. رهاسازی آب‌های آن‌ها در زهکش‌ها و از زهکش- ها به رودخانه‌ها علاوه بر آلودگی آن‌ها سبب افزایش EC این آب‌ها خواهد شد که در نهایت آلودگی محیط‌زیست و

در پرورش گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای و تاثیر آن بر خصوصیات رشدی، عملکردی و کیفی گیاه فوق را مورد بررسی قرار خواهد داد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در فصل پاییز و زمستان سال ۱۴۰۰ در مجتمع گلخانه‌ای و آزمایشگاه تجزیه کیفی گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز (با موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی با ۲۰ متر ارتفاع از سطح دریا) انجام پذیرفت. گلخانه مورد نظر دارای تکنولوژی متوسط و پوشش آن از جنس پلی کربنات بوده است. گیاهان در طول دوره رشد تحت متوسط دمای $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ، متوسط رطوبت $55 \pm 5\%$ و نور طبیعی رشد یافتند. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار (هر تکرار شامل دو بوته) اجرا گردید. تیمارهای این آزمایش شامل ۳ نوع محلول غذایی (محلول غذایی رش، آب استخر ماهی و آب استخر ماهی اصلاح شده) و ۳ لاین امید بخش گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (Az5، Az4 و V4) بوده است. در این آزمایش از سیستم کشت باز برای تولید گوجه‌فرنگی استفاده گردید. در این سیستم از گلدان‌های پلاستیکی ۹ لیتری استفاده شد. بستر مورد استفاده نیز ماسه گلخانه‌ای بوده است که پس از چندین نوبت شستشو با آب تصفیه مورد استفاده قرار گرفت. سیستم آبیاری به صورت قطره‌ای بوده و ۵۴ عدد گلدان پلاستیکی برای این آزمایش تهیه گردید. برای ضدعفونی کردن گلدان‌ها از محلول پرسیدین ۱٪ استفاده گردید. بوته‌های گوجه‌فرنگی در گلدان‌های پلاستیکی با فاصله بوته ۳۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف ۹۰ سانتی‌متر کشت شدند. به منظور تغذیه بوته‌های تیمار محلول غذایی رش (Resh, 1995) از عناصر با غلظت (N: 140، Mn: 0.8، Fe: 3، Mg: 50، Ca: 180، K: 325، P: 50 (mg/L Mo: 0.05 و Cu: 0.05، Zn: 0.1، B: 0.3 استفاده گردید. آب استخر پرورش ماهی با تراکم بالا از یک واحد تولیدی مستقر در دانشکده کشاورزی دانشگاه

نتایج نشان داد که آب استخر پرورش ماهی وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ را افزایش داد. همچنین غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم، مس و منیزیم در این گیاهان افزایش یافت (Kaab omeir *et al.*, 2020). بررسی اثر دو سیستم کشت هیدروپونیک و آکوپونیک بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی نشان داد که استفاده از سیستم آکوپونیک به دلیل وجود فضولات ماهی باعث افزایش زیست‌توده بوته گردید. همچنین در این سیستم محلول‌پاشی با عناصر پتاسیم، آهن، منگنز، روی و بور باعث افزایش تعداد میوه و عملکرد کل گردید (Roosta & Hamidpour, 2011) در یک مطالعه اثر کوددهی با محلول پساب استخر ماهی و محلول کود شیمیایی در گوجه‌فرنگی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار در تمامی پارامترهای مورد بررسی وجود نداشت. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از فاضلاب حاصل از پرورش ماهی به‌عنوان کود برای تولید سبزی‌ها با در نظر گرفتن حداقل اثرات آن بر محیط‌زیست و حداقل هزینه در مقایسه با کودهای شیمیایی ارجحیت دارد (Hailu *et al.*, 2018).

جمعیت جهان و امنیت غذایی یکی از دشوارترین چالش‌هایی است که عمده کشورهای جهان با آن مواجه هستند، زیرا جمعیت جهان به سرعت در حال افزایش است و تا سال ۲۰۵۰ به ۹/۶ میلیارد نفر خواهد رسید. در این شرایط عرضه مواد غذایی باید حدود ۷۰ تا ۱۰۰٪ افزایش یابد. با استفاده از پساب استخرهای ماهی در یک سیستم همزیستی، علاوه بر این که مواد مغذی گیاهانی که به صورت هیدروپونیک تولید می‌شوند، فراهم می‌گردد؛ تولید مواد غذایی کافی برای این جمعیت نیز امکان پذیر خواهد شد (Salama *et al.*, 2020). با توجه به چالش‌های مطرح شده، انجام پژوهش‌های کاربردی به منظور بهره‌گیری حداکثری از پساب‌ها و فاضلاب‌ها در تولید محصولات گلخانه‌ای امری کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا پژوهش حاضر امکان استفاده از آب استخر ماهی تراکم بالا

نهایت صفات رشدی، عملکردی و کیفی در بوته‌های تحت کشت تا برداشت پنج خوشه مورد اندازه‌گیری و بررسی قرار گرفت. در پایان آزمایش، بوته‌ها از بستر کشت و گلدان خارج و ریشه، برگ و ساقه از یکدیگر جدا گردید. وزن تر و خشک آن‌ها و تعداد برگ به صورت جداگانه به ازای هر تیمار ثبت گردید. به منظور خشک کردن نمونه‌های گیاهی، تمام نمونه‌ها در پاکت کاغذی و در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند و بلافاصله نمونه‌های خشک‌شده با ترازوی دیجیتال دو رقم اعشار توزین و ثبت گردیدند. به منظور بررسی شاخص‌های عملکردی، میوه‌های رسیده گوجه‌فرنگی در طول دوره رشد برداشت، شمارش و با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردید. متوسط وزن تک میوه با استفاده از این ترازو توزین و با تجمع وزن کل میوه‌های برداشت شده، عملکرد به ازای هر بوته ثبت گردید. به منظور محاسبه درصد ماده خشک میوه مقدار ۱۰۰ گرم از بافت تر میوه تا زمان تثبیت وزن خشک در آون با دمای ۷۰°C قرار گرفت. سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج (Santam, STM-1, Iran) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری pH و EC عصاره میوه به ترتیب با استفاده از دستگاه pH متر و EC متر دیجیتالی انجام گردید. اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کلروفیل کل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در برگ‌های بالغ توسعه‌یافته و به روش پیشنهادی (Arnon, 1967) انجام شد. بر اساس این روش، یک گرم از بافت تازه برگ‌های توسعه‌یافته هر بوته به‌وسیله‌ی ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد. سپس برگ‌ها در هاون چینی همراه با ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد له گردیدند و در ادامه با استون ۸۰ درصد در فالكونها به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. نمونه‌ها بلافاصله آماده گردید و در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۲۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. سپس محلول روشناور جدا گردید. پس از صفر کردن دستگاه اسپکتروفتومتر با استون ۸۰ درصد به‌عنوان شاهد (بلانک)، میزان جذب نمونه در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر ثبت گردید. نهایتاً میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل برحسب میلی‌گرم بر

شهید چمران اهواز در طول دوره کشت تهیه گردید. ماهی موجود در استخر از نوع کپور معمولی، حجم استخر ۷۰ مترمکعب، تعداد ماهی در متر مکعب ۲۰ قطعه ماهی ۱۰۰ گرمی و نهایتاً تعداد ماهی‌های موجود در استخر ۱۴۰۰ عدد بوده است. مشخصات شیمیایی آب استخر ماهی با تراکم بالا شامل pH=6.5، EC=3.65 dS/m و سایر ترکیبات و عناصر آن (mg/L) به ترتیب $\text{HCO}_3=305$ ، Na= 31.55، مجموع N~7، Ca: 165.33، Mg: 48.35، K: 37.14 و مقدار جزیی فسفر بوده است که صفر در نظر گرفته شد. در تیمار آب استخر ماهی اصلاح شده (آب استخر اصلاح شده) نیز مقادیر کسری عناصر از تیمار رش با استفاده از کودهای مرسوم در کشت هیدروپونیک مانند نترات کلسیم، منو پتاسیم فسفات، سولفات پتاسیم، سولفات منیزیم و سایر کودهای ریز مغذی به سطح استاندارد غلظت-های عناصر در محلول رش رسانده شد. بدین منظور ابتدا ۵۰ لیتر آب شهری با ۵۰ لیتر آب استخر پرورش ماهی ترکیب گردید. مقادیر کودی مورد نیاز ابتدا محاسبه و سپس در بشکه‌های ۱۰۰ لیتری حل گردید. در محلول آب استخر اصلاح شده به منظور جبران نیتروژن از کود نترات پتاسیم به مقدار ۶۴/۹۶ گرم در ۱۰۰ لیتر محلول غذایی استفاده گردید. به منظور یکسان بودن pH سه تیمار محلول غذایی ذکر شده از اسید نیتریک ۵۳ درصد تا سطح ۶/۵ استفاده گردید. همچنین EC محلول غذایی رش ۳/۲۲ dS/m و EC آب استخر اصلاح شده ۳/۵۲ dS/m بوده است. مقادیر کودی استفاده شده در ۱۰۰ لیتر از محلول غذایی رش و آب استخر اصلاح شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

نشاهای لاین‌های ذکر شده ابتدا تولید و پس از انتقال نشاها به گلدان، به مدت ۲ روز آبیاری گیاهچه‌ها با آب شهری انجام گردید و پس از آن تغذیه بوته‌ها با محلول غذایی رش، آب استخر ماهی و آب استخر اصلاح شده با توجه به نیاز گیاه صورت گرفت. عملیات هرس ساقه‌های جانبی، هدایت بوته در طول دوره کشت انجام و کنترل آفات با استفاده از تله کارت زرد صورت پذیرفت. در

علاوه بر این، نتایج این پژوهش نشان داد که اثر محلول‌های غذایی مختلف نیز تنها در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد به ترتیب بر وزن خشک ریشه و تعداد برگ بوته‌های گوجه‌فرنگی معنی‌دار بوده است و تاثیر معنی‌داری را بر سایر صفات مطرح شده نشان نداد (جدول ۲).

همچنین، نتایج این آزمایش نشان داد که اثر متقابل رقم و محلول غذایی بر هیچ کدام از صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود (جدول ۲). با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که محلول رش و آب استخر اصلاح شده دارای بیشترین وزن خشک ریشه (به ترتیب ۵۸ و ۵۶ گرم) در مقایسه با تیمار آب استخر ماهی (۴۷ گرم) بودند (جدول ۴). یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از محلول غذایی رش و آب استخر اصلاح شده در قیاس با تیمار آب استخر ماهی به ترتیب سبب افزایش ۲۳/۸۸٪ و ۱۸/۶۹٪ تعداد برگ گیاهان گوجه‌فرنگی گردید (جدول ۴).

نتایج Fayeizadeh *et al* (2020) در مطالعه دو رقم گوجه فرنگی V₄ و امیرا در دو سیستم باز و بسته هیدروپونیک نشان داد که اثرات اصلی ارقام گوجه فرنگی تاثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر ساقه، تعداد برگ، قطر ساقه و سطح برگ نداشته است.

گرم محاسبه گردید. در پایان این آزمایش، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. همچنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام گردید.

نتایج و بحث

شاخص‌های رشدی و رویشی گوجه فرنگی

نتایج جدول تجزیه واریانس ویژگی‌های مورفولوژیکی ارقام مختلف گوجه‌فرنگی تغذیه شده با محلول‌های غذایی مختلف نشان داد که تنها دو صفت وزن تر ساقه در سطح احتمال ۱ درصد و وزن تر برگ در سطح احتمال ۵ درصد تحت تاثیر رقم قرار گرفت و تاثیر معنی‌داری بر سایر صفات مانند وزن خشک ساقه، وزن تر و خشک ریشه و وزن خشک برگ مشاهده نگردید (جدول ۲). نتایج نشان داد که رقم V₄ و AZ₄ دارای بیشترین وزن تر ساقه (به ترتیب ۱۶۷ و ۱۶۴ گرم) در مقایسه با رقم AZ₅ (۱۵۳ گرم) بود. (جدول ۲). همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که رقم AZ₄ و V₄ دارای بیشترین وزن تر برگ (به ترتیب ۳۸۰ و ۳۷۰ گرم) در مقایسه با رقم AZ₅ (۳۱۰ گرم) بود (جدول ۳).

Table 1. Fertilizer amounts used in the Rash solution and modified pond water (100 L)

Fertilizer	Resh solution (g)	Modified pond water (g)
Calcium nitrate	118	30
Monopotassium phosphate	22	22
Potassium sulfate	64.59	58.84
Magnesium Sulphate	51.35	16.49
Boric acid	0.17	0.17
Iron chelate 6%	5	5
Manganese sulfate	0.22	0.22
Zinc sulfate	0.09	0.09
Copper sulfate	0.08	0.08
Sodium molybdate	0.02	0.02

Table 2. Variance analysis of morphological characteristics of different tomato cultivars under different nutrient solutions

S.O.V	df	Fresh weight of stem	Dry weight of stem	Fresh weight of root	Dry weight of root	Fresh weight of leaf	Dry weight of leaf	Number of leaf
Cultivar (A)	2	406.292 **	21.552 ns	66.930 ns	67.158 ns	16840.159 *	197.906 ns	0.481 ns
Nutrient Solution (B)	2	74.784 ns	28.290 ns	60.836 ns	219.580 *	268.242 ns	103.678 ns	52.954 **
A × B	4	10.932 ns	1.304 ns	8.126 ns	2.403 ns	272.867 ns	100.733 ns	0.704 ns
Replication	2	1168.81 **	302.29 **	717.17 **	752.73 **	13076.23 **	400.98 *	1.815 ns
Error	12	30.297	9.751	43.613	31.889	2882.870	77.837	1.144
CV%	-	10.33	9.73	8.61	10.12	9.19	15.52	9.89

*, ** and ns: Significant at 5% and 1% level probability and no significant, respectively

Table 3. The effect of different tomato cultivars on fresh weight of stem and leaf

Characteristic	V ₄	AZ ₄	AZ ₅
Cultivar			
Fresh weight of stem (g)	166.97 ^a	164.37 ^a	154.25 ^b
Fresh weight of leaf (g)	384.04 ^a	389.47 ^a	311.98 ^b

Mean with same letter in the row are not significantly different according to Duncan test ($p \leq 0.05$)

Table 4. The effect of different nutrient solution on dry weight of root and number of leaves in tomato

Characteristic	Resh solution	Fish pond water	Modified pond water
Nutrient solution			
Dry weight of root (g)	57.08 ^a	46.58 ^b	55.50 ^a
Number of leaves	25.05 ^a	20.22 ^b	24.00 ^a

Mean with same letter in the row are not significantly different according to Duncan test ($p \leq 0.05$)

وزن تر ساقه و وزن خشک ریشه گردید *Silva et al.*, (2018). نتایج (Kaab omeir *et al.*, 2020) نشان داد نیتروژن موجود در اندام‌های گیاهی رشد یافته در پساب ماهی کم بوده و این امر سبب کاهش درازا، پهنا و سطح برگ گردید و نهایتاً کاهش وزن تر و سطح برگ را به همراه داشت. همچنین این یافته‌ها نشان داد که پساب کمبود فسفات و نیتروژن در پساب ماهی سبب کوچک و تیره شدن رنگ سبز برگ‌ها شده که به دلیل کافی نبودن انبساط سلول و زیاد شدن شمار سلول‌ها در این قسمت می‌باشد.

شاخص‌های عملکردی گوجه فرنگی

نتایج این آزمایش نشان داد که اثر متقابل رقم و محلول غذایی بر تعداد کل میوه و وزن کل میوه (عملکرد

نتایج Zaller (2007) در بررسی ۳ رقم گوجه فرنگی نشان داد که پاسخ ارقام مختلف از نظر وزن خشک ریشه و اندام هوایی متفاوت می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از آب استخر اصلاح شده باعث افزایش برخی از شاخص‌های رشدی و رویشی گوجه‌فرنگی شده است. نتایج مشابه با یافته‌های این آزمایش در گوجه‌فرنگی (Khater *et al.*, 2015)، گوجه‌فرنگی آلبالویی (Silva *et al.*, 2018)، خرفه و ریحان (Kaab omeir *et al.*, 2020) نیز گزارش شده است. به نظر می‌رسد آبیاری با آب استخر اصلاح شده و محلول رش به دلیل افزایش سطح عناصر غذایی، سبب افزایش رشد و نمو گیاه می‌گردد. بنابراین احتمالاً آب استخر ماهی به دلیل اینکه حاوی عناصر غذایی کمتر به خصوص نیتروژن، پتاسیم و فسفر می‌باشد باعث کاهش

عملکردی، نتایج این آزمایش ظهور گلدهی سریع تر در تیمارهای آب استخر اصلاح شده نسبت به تیمار آب استخر ماهی را نیز به نمایش گذاشت که می تواند از نتایج جالب توجه این پژوهش باشد (داده ها نشان داده نشده است). مطالعه Fayeziadeh *et al* (2023) در مطالعه ارقام گوجه فرنگی نشان داد که واکنش عملکردی ارقام بسته به نوع سیستم کشت و سطح دسترسی عناصر غذایی متفاوت می باشد. یافته های (Al-Busaidi *et al* (2009) در مطالعه ارقام مختلف نشان داد که افزایش غلظت مواد مغذی در پساب ماهی از جمله منیزیم، کلسیم، پتاسیم و حتی نیتروژن سبب افزایش تولید و عملکرد میوه گوجه فرنگی گردید. بنابراین به نظر می رسد، افزایش مواد مغذی در تیمار محلول رش و آب استخر اصلاح شده، منجر به افزایش تعداد میوه و وزن کل میوه شده است و همچنین کاهش مواد مغذی در آب استخر ماهی سبب کاهش عملکرد در بوته گوجه فرنگی گردید.

مطابق اظهارات Silva *et al.* (2021) در استفاده از پساب های شور استخر ماهی، اختلالاتی مانند کاهش فعالیت فتوسنتزی و کاهش فرآیندهایی مانند جذب، انتقال، جذب و توزیع مواد مغذی و افزایش تجمع گونه های فعال اکسیژنی (ROS) به اثرات اسمزی و یونی نسبت داده می شوند که ناشی از شوری زیاد است که نهایتاً سبب کاهش عملکرد محصولات زراعی می شود. تنش شوری در مراحل حساس فنولوژیکی مانند گلدهی می تواند منجر به کاهش تولید بذر شود زیرا کاهش تعداد میوه ها به دلیل سقط گل و همچنین عدم لقاح تخمک ها و یا سقط جنین آن ها پس از لقاح می باشد.

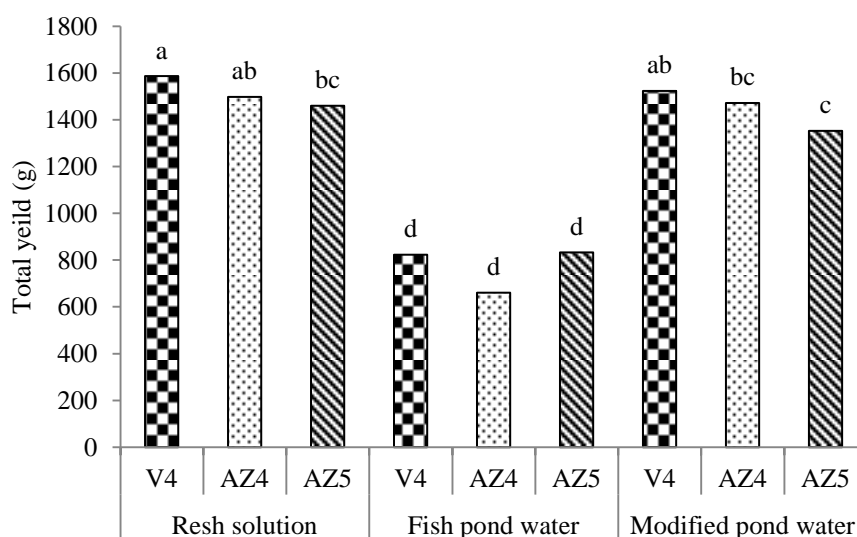
کل) در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بوده است، اما تاثیر معنی داری را بر وزن تک میوه گوجه فرنگی نداشته است (جدول ۵ و شکل ۱). با توجه به نتایج جدول ۵ تمام ارقام گوجه فرنگی تغذیه شده با محلول تیمار آب استخر ماهی دارای کم ترین تعداد کل میوه (ارقام V₄، AZ₄ و AZ₅ به ترتیب ۱۰/۸۳، ۹/۳۳ و ۱۰/۶۶ عدد) و پایین ترین عملکرد کل (ارقام V₄، AZ₄ و AZ₅ به ترتیب ۸۲۳/۲۲، ۶۶۰/۸۴ و ۸۳۳/۰۸ گرم) در مقایسه با محلول غذایی رش و تیمار آب استخر اصلاح شده بود. با توجه به نتایج اثرات متقابل تیمارها، مقادیر تعداد کل میوه و عملکرد کل کلیه ارقام گوجه فرنگی تغذیه شده با محلول رش و آب استخر اصلاح شده از نظر آماری اختلاف معنی داری نداشتند. بنابراین می توان اظهار داشت که اثرات آن ها بسیار به هم نزدیک بوده است (شکل ۱). بالاترین میزان عملکرد کل در رقم V₄ و در تیمارهای محلول غذایی رش و آب استخر اصلاح شده مشاهده گردید. همچنین یافته های این آزمایش نشان داد که عملکرد بوته ها بیشتر از آن که تحت وزن تک میوه های گوجه فرنگی بوده باشد تحت تاثیر تعداد میوه در هر بوته بوده است (جدول ۵).

نتایج Fayeziadeh *et al* (2023) در بررسی دو رقم گوجه فرنگی V₄ و امیرا در دو سیستم باز و بسته هیدروپونیک نشان داد که بیش ترین عملکرد در سیستم باز و رقم V₄ مشاهده گردید. نتایج ما با یافته های (2020) Kaab omeir *et al* (2017) و Abdelraouf (2015) و Khater *et al* مطابقت داشت. بر اساس یافته های این محققین وجود مقادیر کمتر یون های فسفات در آب استخر ماهی سبب گلدهی دیرتر، کاهش تعداد میوه و عملکرد بوته می گردد. علاوه بر بهبود شاخص های

Table 5. The interaction effect of cultivars and different nutrient solutions on yield characteristics of tomato

Characteristic	Nutrient solution				
	Resh solution	Fish pond water	Modified pond water		
	Significance	Cultivar			
Total number of fruits	*	V ₄	16.33 ^a	10.83 ^{bc}	16.66 ^a
		AZ ₄	16.00 ^a	9.33 ^c	16.33 ^a
		AZ ₅	15.66 ^a	10.66 ^{bc}	15.33 ^a
Weight of single fruit	ns	V ₄	97.14	76.37	91.41
		AZ ₄	93.62	71.09	90.08
		AZ ₅	93.08	78.20	87.94

* and ns: Significant at 5% level probability and no significant, respectively. Mean with same letter are not significantly different according to Duncan test ($p \leq 0.05$)

**Figure 1. The interaction effect of cultivars and different nutrient solutions on total yield of tomato**

به ترتیب اختلاف معنی داری را در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر سفتی میوه‌های گوجه‌فرنگی به نمایش گذاشتند (جدول ۶). اثر اصلی محلول‌غذایی بر EC عصاره میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج نشان داد که آب استخر اصلاح‌شده دارای بیش‌ترین هدایت الکتریکی (۱/۹ dS/m) عصاره گوجه‌فرنگی بود. همچنین محلول رش و آب استخر ماهی دارای کم‌ترین هدایت الکتریکی عصاره گوجه‌فرنگی به ترتیب با ۱/۷ و ۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر بودند (جدول ۷). همچنین اثر اصلی رقم، اثر اصلی محلول‌غذایی، اثر-

شاخص‌های کیفی و بیوشیمیایی گوجه‌فرنگی

نتایج جدول تجزیه واریانس خصوصیات کیفی میوه نشان داد که تنها اثر اصلی محلول‌غذایی بر درصد ماده خشک میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۶). یافته‌های این پژوهش نشان داد که آب استخر ماهی دارای بیش‌ترین درصد ماده خشک میوه (۸/۴ درصد) بود و محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده دارای کم‌ترین درصد ماده خشک میوه (به ترتیب با ۷/۹ و ۷/۵ درصد) بودند (جدول ۷). بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر اصلی رقم و اثر متقابل رقم و محلول‌غذایی

جذب بالای منگنز و کاهش جذب کلسیم می‌شود. نتایج مشابه نیز توسط Heenan *et al* (1981) گزارش شده است. بنابراین به نظر می‌رسد که در مطالعه حاضر، کاهش جذب کلسیم در رقم AZ₅ سبب کاهش سفتی میوه گوجه‌فرنگی شده است. چنان‌که مطالعه Silva *et al*. (2021) در استفاده از پساب‌های شور استخر ماهی نشان داد که افزایش شوری محلول غذایی بر استحکام و بافت میوه تاثیر دارد و این اثرات ناشی از کمبود اثرات اسمزی و یون کلسیم در محلول غذایی است که علت این کمبود کلسیم نیز کاهش تعرق و فعالیت آوند چوبی گیاه می‌باشد. علاوه بر این، نتایج Fayeziadeh *et al* (2023) نشان داد که ارقام مختلف گوجه‌فرنگی دارای تفاوت‌های ساختاری از نظر سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول و سایر صفات کیفی هستند.

مقابل رقم و محلول غذایی بر pH عصاره میوه تاثیر معنی‌داری نشان نداد. علاوه بر این، نتایج اثرمقابل رقم و محلول غذایی نشان داد که بیش‌ترین سفتی میوه در محلول رش و آب استخر ماهی در رقم V₄ و AZ₄ مشاهده شد و کم‌ترین میزان سفتی میوه نیز در آب استخر ماهی اصلاح شده و رقم AZ₅ نمایان شد. همچنین نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سفتی میوه‌های ارقام V₄، AZ₄ و AZ₅ در دو تیمار محلول غذایی رش و آب استخر اصلاح شده مشاهده نگردید که می‌تواند از نتایج جالب توجه پژوهش حاضر باشد (شکل ۲).

یافته‌های این آزمایش نشان داد که میزان سفتی رقم گوجه‌فرنگی V₄ در محلول غذایی رش اختلاف معنی‌داری با سایر محلول‌های غذایی نداشت (شکل ۲) که با نتایج Fayeziadeh *et al* (2020) مطابقت دارد. مطالعات Kaab omeir *et al* (2020) در ریحان و خرفه نشان داد که استفاده از تیمار پساب ماهی باعث

Table 6. Variance analysis of qualitative and physiological characteristics of different tomato cultivars under different nutrient solutions

S.O.V	df	Fruit Dry matter	Firmness	EC	pH	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total Chlorophyll
Cultivar (A)	2	0.926 ^{ns}	115.487 ^{**}	0.005 ^{ns}	0.015 ^{ns}	0.096 ^{ns}	0.642 ^{ns}	0.324 ^{ns}
Nutrient Solution	2	2.057 [*]	27.296 ^{ns}	0.124 [*]	0.007 ^{ns}	0.170 ^{ns}	2.615 [*]	2.175 [*]
A × B	4	0.724 ^{ns}	53.039 [*]	0.021 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.143 ^{ns}	0.547 ^{ns}	0.275 ^{ns}
Replication	2	4.271 ^{**}	77.627 [*]	0.009 ^{ns}	0.051 ^{ns}	0.182 ^{ns}	0.069 ^{ns}	0.104 ^{ns}
Error	12	0.491	15.279	0.022	0.015	0.057	0.476	0.309
CV%	-	11.25	10.54	10.33	11.69	18.09	9.04	8.29

*,** and ns: Significant at 5% and 1% level probability and no significant, respectively.

Table 7. The effect of different nutrient solution on fruit dry matter and EC of tomato fruit extract

Characteristic	Significance	Nutrient solution	Resh solution	Fish pond solution	Modified pond water
Fruit dry matter (%)	*		7.92 ^{ab}	8.47 ^a	7.51 ^b
EC (dS/m)	*		1.69 ^b	1.64 ^b	1.86 ^a

*, Significant at 5% level probability. Mean with same letter in the row are not significantly different according to Duncan test ($p \leq 0.05$)

باچی و همکاران: بهبود خصوصیات رشدی، عملکردی و...

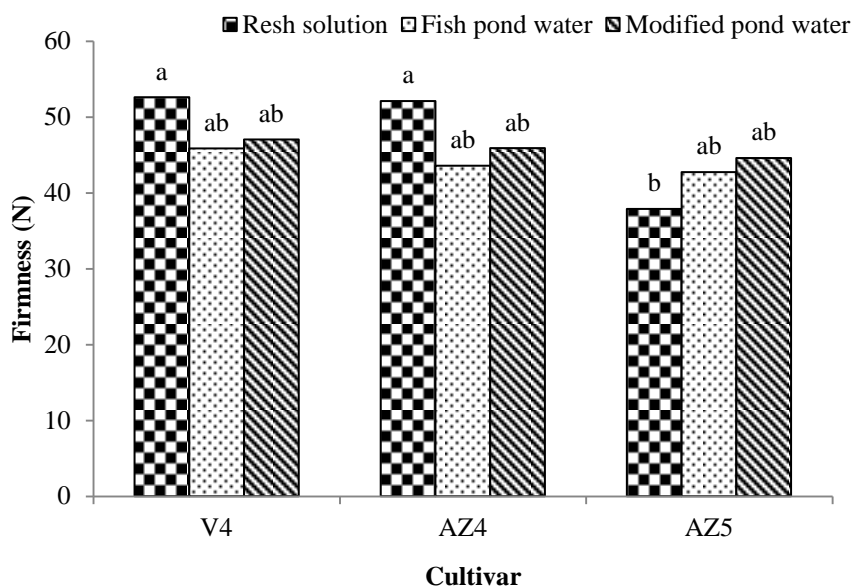


Figure 2. The effect of different nutrient solutions and different cultivars on fruit firmness of tomato

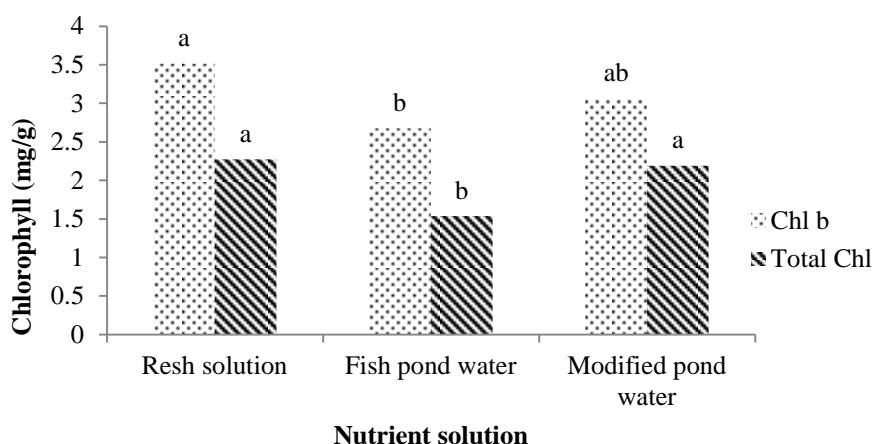


Figure 3. The effect of different nutrient solutions on chlorophyll content of tomato. Ch b= Chlorophyll b and Total Chl= Total chlorophyll

میلی گرم بر گرم) بود (شکل ۳). علاوه بر این، بیشترین مقدار کلروفیل کل در محلول رش و آب استخر اصلاح شده به ترتیب با غلظت‌های ۲/۳ و ۲/۲ میلی گرم بر گرم مشاهده گردید. همچنین محلول آب استخر ماهی دارای کم‌ترین مقدار کلروفیل کل (۱/۳ میلی گرم بر گرم) بود (شکل ۳).

یکی از عوامل مهم در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک گیاهان محتوای کلروفیل برگ‌ها می‌باشد (Ghosh *et al.*, 2004). مقادیر کلروفیل برگ‌ها تحت تاثیر رقم، وضعیت تغذیه‌ای گیاه، شرایط محیطی و تراکم گیاهی می‌باشد (Shapiro *et al.*, 2006).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی رقم، محلول غذایی و اثر متقابل رقم و محلول غذایی تاثیر معنی‌داری را بر غلظت کلروفیل a بوته‌های گوجه‌فرنگی نشان نداد (جدول ۶). از طرفی دیگر تنها تیمارهای محلول غذایی تاثیر معنی‌داری را در سطح احتمال ۵ درصد بر غلظت کلروفیل b و کلروفیل کل برگ‌های گوجه‌فرنگی به نمایش گذاشتند (جدول ۶). یافته‌های این آزمایش نشان داد که محلول رش و آب استخر اصلاح شده دارای بیشترین غلظت کلروفیل b برگ (به ترتیب ۳/۵ و ۳/۳ میلی گرم بر گرم) و محلول آب استخر ماهی دارای کم‌ترین کلروفیل b برگ (۲/۵

راهکارهای دوستدار محیط‌زیست به منظور کاهش مصرف آب، کاهش مصرف کود، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و بهبود خصوصیات رشدی، عملکردی و کیفی گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای باشد. همچنین با توجه به یافته‌های این آزمایش استفاده از رقم V₄ به منظور بهره‌گیری حداکثری از آب استخر اصلاح شده قابل توصیه می‌باشد.

سپاس‌گزاری

این پژوهش بر اساس تامین مالی از طریق پژوهانه انجام پذیرفت. بدین وسیله از حمایت و پشتیبانی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز تشکر و قدردانی می‌گردد.

مطالعه (Kaab omeir *et al* (2020) در دو گیاه خرفه و ریحان نشان داد که میزان سبزی‌نگی در تیمار آب استخر ماهی نسبت به تیمارهای آب رودخانه و تلفیقی به دلیل بالا بودن غلظت نیتروژن بیشتر بوده است. همچنین نتایج (Silva *et al* (2021 نشان داد که در آبیاری با پساب ماهی دسترسی بیشتر منیزیم در بافت گیاهی، سبب افزایش محتوای کلروفیل b برگ و افزایش رنگدانه‌های کلروپلاست گیاه می‌گردد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد با توجه به گرانی بی-سابقه کودهای کشاورزی و کمبود منابع آبی در ایران، استفاده از آب استخر اصلاح شده می‌تواند یکی از

References

- Abdelraouf, R. E. (2019). Reuse of fish farm drainage water in irrigation. *Unconventional water resources and agriculture in egypt*, 393-410.
- Al-Busaidi, A., Al-Rawahy, S., & Ahmed, M. (2009). Response of different tomato cultivars to diluted seawater salinity. *Asian Journal of Crop Science*, 1(02), 77-86.
- Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy journal*, 23(1), 112-121.
- Faalian, A., Ansari, H., Kafi, M., Alizadeh, A., & Moghaddasi, M. 2014. The effect of simultaneous salinity and drought stress on the economics of greenhouse tomato cultivation without soil. *Water Research in Agriculture*, 29(3), 317-330.[In Persian]
- FAO .2023. Statistical database of the FAO.faoostat [Electronic version].
- Fayezizadeh, M. R., Ansari, N. A. Z., Albaji, M., & Khaleghi, E. (2020). The effect of two open and close hydroponic systems on some of quantitative and qualitative characteristics of two tomato Cultivars. *Master's thesis*. Shahid Chamran University of Ahwaz. [In Persian]
- Fayezizadeh, M. R., Ansari, N. A. Z., Khaleghi, E., & Albaji, M. (2023). The effect of two hydroponic systems on physical, chemical and fruit yield of two greenhouse tomato cultivars. *Plant productions*, 46(1), 11-23.[In Persian]
- Ghosh, P. K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K. K., Tripathi, A. K., Hati, K. M., Misra, A. K., & Acharya, C. L. (2004). Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. I. Crop yields and system performance. *Bioresource technology*, 95(1), 77-83.
- Hailu, F. A., Wakjira, M., & Getahun, A. (2018). Fishpond wastewater versus chemical fertilizer on tomato productivity in Jimma, Oromia region, Ethiopia. *World*, 7(4), 82-89.
- Heenan, D. P., & Campbell, L. C. (1981). Influence of potassium and manganese on growth and uptake of magnesium by soybeans (*Glycine max* (L.) Merr. cv. Bragg). *Plant and Soil*, 61, 447-456.
- Kaab Omeir, M., Jafari, A., Shirmardi, M., & Roosta, H. (2020). Effects of irrigation with fish farm effluent on nutrient content of Basil and Purslane. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 90(4), 825-831.
- Khater, E. S. G., Bahnasawy, A. H., Shams, A. E. H. S., Hassaan, M. S., & Hassan, Y. A. (2015). Utilization of effluent fish farms in tomato cultivation. *Ecological engineering*, 83, 199-207.

- Mousavi Rahimi, M., Delshad, M., & Liaghat, A. (2014). Yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L., cv. Synda) in soilless cultivation under the effect of drying part of the root and hydrogel polymer. *Plant productions*, 37(3), 23-35. [In Persian]
- Pineda-Pineda, J., Miranda-Velázquez, I., Ramírez-Arias, A., Vargas-Herández, M., Montalvo-Hernández, D., García-Galván, S., & García-Ramírez, N. M. (2019). Response of tilapia and tomato to the complementation of nutrients in an aquaponic system. In *International Symposium on Advanced Technologies and Management for Innovative Greenhouses: GreenSys*, 1296, 101-108.
- Resh, H. M. (1995). Hydroponic food production. A definitive guidebook of soilless food-growing methods (No. Ed. 5). Woodbridge press publishing company.
- Roosta, H. R., & Hamidpour, M. (2011). Effects of foliar application of some macro-and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. *Scientia Horticulturae*, 129(3), 396-402.
- Salama, S., Kandil, A., Elshenawy, M. Z., Abdelbaki, M., & Abulseoud, M. (2020). Evaluation of mint and sweet basil herbs production integrated into the Aquaponic Tilapia production system. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 28(2), 563-573.
- Shapiro, C. A., Schepers, J. S., Francis, D. D., & Shanahan, J. F. (2006). Using a chlorophyll meter to improve N management. *Ext. Publ. G*, 1632.
- Silva, E. F. L., Botelho, H. A., Venceslau, A. D. F. A., & Magalhaes, D. S. (2018). Fish farming effluent application in the development and growth of maize and bean plants. *Científica Jaboticabal*, 46(1), 74-81.
- Silva, A. A. D., Melo, S. S., Umbelino, B. F., Sá, F. V. D. S., Dias, N. D. S., & Ferreira Neto, M. (2021). Cherry tomato production and seed vigor under irrigation with saline effluent from fish farming. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25, 380-385.
- Zaller, J. G. (2007). Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae*, 112(2), 191-199.