Plant Prod., 2024, 47(2), 245-258
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.43551.2098
Received: 21 April 2023
Accepted: 11 June 2023

Plant Productions
Research Article

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

Amin Baji[1], Edris Shabani[2*], Naser Alemzadeh Ansari[3], Mohammad Albaji[4]

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 (AZ_4, AZ_5 and V_4). 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

© 2024 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

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 V_4 and AZ_4 cultivars had the highest stem and leaf weight compared to AZ_5 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 V_4 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 V_4 cultivar. Also, the lowest fruit firmness was observed fish pond water in AZ_5 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 V_4 can be recommended for cultivation in the greenhouse for the use of modified fish pond water.

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

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۳، ۴۷(۲)،۲۴۵-۲۵۸
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.43551.2098
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۱

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

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 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. استفاده مجدد از پساب ماهی در کشاورزی یکی از ابعاد مهم برنامه ریزی منابع آب می‌باشد. بازیافت آب زهکشی از مزارع آبزی 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 به‌صورت 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 گوجه فرنگی با نام‌های V4، AZ4 و AZ5 بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که رقم V_4 و AZ4 دارای بیش‌ترین وزن‌تر ساقه و برگ در مقایسه با رقم AZ_5 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 اصلاح شده 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 V_4 و در

* **نویسنده مسئول:** ادریس شعبانی
رایانامه: edris.shabani@scu.ac.ir

© 2024 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

تیمارهای محلول‌غذایی رش و آب استخر اصلاح شده مشاهده گردید. نتایج نشان داد که آب استخر اصلاح‌شده دارای بیش‌ترین هدایت الکتریکی عصاره گوجه‌فرنگی بود (۱/۹ dS/m). همچنین نتایج اثرمتقابل رقم و محلول-غذایی نشان داد که بیش‌ترین سفتی میوه در محلول رش و در رقم‌های V_4 و AZ_4 مشاهد شد که اختلاف معنی-داری با تیمار آب استخر اصلاح‌شده 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 اصلاح‌شده توصیه نمود.

کلید واژه ها: آب استخر ماهی، رقم، عملکرد، گلخانه، گوجه فرنگی

مقدمه

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 Rahimi, 2014). براساس گزارش فائو، تولید جهانی محصول گوجه فرنگی 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 شوری رودخانه‌ها را به همراه خواهد داشت. از طرفی استفاده از پساب‌ها و فاضلاب‌ها بشدت در کشورهای درحال‌توسعه، گسترش‌یافته 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 آبزی 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. 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 آبزی‌پروری در یک سیستم گردش مجدد، مدلی است که سبب افزایش تولید مواد غذایی به شیوه‌ای پایدار می‌شود. به‌گونه‌ای 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.

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 آکواپونیک بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی نشان داد که استفاده از سیستم آکواپونیک 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 گوجه فرنگی 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 استقاده از پساب استخرهای ماهی در یک سیستم همزیستی، علاوه بر این‌که مواد مغذی گیاهانی که به‌صورت هیدروپونیک تولید می شوند، فراهم می گردد؛ 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 به‌نظر می‌رسد. در این راستا پژوهش حاضر امکان استفاده از آب استخر ماهی تراکم بالا 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 ۲۳±۲ $^{\circ}C$، متوسط رطوبت ۵۵±۵% و نور طبیعی رشد یافتند. این آزمایش به‌صورت 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 اصلاح‌شده) و ۳ لاین امید بخش گوجه‌فرنگی گلخانه ای (Az4،Az5 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 گلخانه ای بوده است که پس از چندین نوبت شستشو با آب تصفیه مورد استفاده قرار گرفت. سیستم آبیاری به‌صورت 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، P: 50، K: 325، Ca: 180، Mg: 50، Fe: 3، Mn: 0.8، B: 0.3، Zn: 0.1، Cu: 0.05 و Mo: 0.05 mg/L) استفاده گردید. آب استخر پرورش ماهی با تراکم بالا از یک واحد تولیدی مستقر در دانشکده کشاورزی دانشگاه

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 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 هیدورپونیک مانند نیترات‌کلسیم، منوپتاسیم فسفات، سولفات پتاسیم، سولفات منیزیم و سایر کودهای ریزمغذی 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 نیترات 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 اصلاح‌شده 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 پس‌ازآن 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 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 به‌صورت جداگانه به ازای هر تیمار ثبت گردید. به منظور خشک‌کردن 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 دیجیتالی 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 تجمیع 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 $^{\circ}C$ ۷۰ 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 pHمتر و ECمتر 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 برگ-ها در هاون چینی همراه با ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد له گردیدند و در ادامه با استون ۸۰ درصد در فالکون‌ها 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

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 تغذیه‌شده با محلول‌های غذایی مختلف نشان داد که تنها دو صفت وزن‌تر ساقه در سطح احتمال ۱ درصد و وزن‌تر برگ در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر رقم قرارگرفت 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 V_4 و AZ4 دارای بیش‌ترین وزن‌تر ساقه (به ترتیب ۱۶۷ و ۱۶۴ گرم) در مقایسه با رقم AZ_5 (۱۵۳ گرم) بود. (جدول ۲). همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که رقم AZ_4 و V_4 دارای بیش‌ترین وزن‌تر برگ (به ترتیب ۳۸۰ و ۳۷۰ گرم) در مقایسه با رقم AZ_5 (۳۱۰ گرم) بود (جدول ۳).

علاوه‌براین، نتایج این پژوهش نشان داد که اثر محلول-های غذایی مختلف نیز تنها در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد به ترتیب بر وزن خشک‌ریشه و تعداد برگ بوته‌های گوجه-فرنگی معنی‌دار بوده است و تاثیر معنی‌داری را بر سایر صفات مطرح‌شده نشان نداد (جدول ۲).

همچنین، نتایج این آزمایش نشان داد که اثرمتقابل رقم و محلول‌غذایی بر هیچ‌کدام از صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود (جدول ۲). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده دارای بیش‌ترین وزن خشک‌ریشه (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 Fayezizadeh *et al* (2020) در مطالعه دو رقم گوجه فرنگی V_4 و امیرا در دو سیستم باز و بسته هیدرپونیک نشان داد که اثرات اصلی ارقام گوجه فرنگی تاثیر معنی‌داری بر وزن ترو خشک برگ، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر ساقه، تعداد برگ، قطر ساقه و سطح برگ نداشته است.

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 ($p\leq0.05$)

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 ($p\leq0.05$)

نتایج Zaller (2007) در بررسی ۳ رقم گوجه فرنگی نشان داد که پاسخ ارقام مختلف از نظر وزن خشک ریشه و اندام هوایی متفاوت می باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از آب استخر اصلاح‌شده 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 گزارش‌شده است. به نظر می‌رسد آبیاری با آب استخر اصلاح‌شده و محلول رش به دلیل افزایش سطح عناصرغذایی، سبب افزایش رشد و نمو گیاه می گردد. بنابراین احتمالاً آب استخر ماهی به دلیل اینکه حاوی عناصر غذایی کمتر به خصوص نیتروژن، پتاسیم و فسفر می‌باشد باعث کاهش وزن‌تر 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 ماهی از فسفات کمتری برخوردار است به‌گونه‌ای که کمبود فسفات و نیتروژن در پساب ماهی سبب کوچک و تیره شدن رنگ سبز برگ‌ها شده که به دلیل کافی نبودن انبساط سلول و زیادشدن شمار سلول‌ها در این قسمت می‌باشد.

شاخص‌های عملکردی گوجه فرنگی

نتایج این آزمایش نشان داد که اثرمتقابل رقم و محلول‌غذایی بر تعداد کل میوه و وزن کل میوه (عملکرد

کل) در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده است، اما تاثیر معنی‌داری را بر وزن تک‌میوه گوجه‌فرنگی نداشته است (جدول ۵ و شکل ۱). با توجه به نتایج جدول ۵ تمام ارقام گوجه‌فرنگی تغذیه‌شده با محلول تیمار آب استخر ماهی دارای کم‌ترین تعداد کل میوه (ارقام V_4، AZ_4 و AZ_5 به ترتیب ۱۰/۸۳، ۹/۳۳ و ۱۰/۶۶ عدد) و پایین‌ترین عملکرد کل (ارقام V_4، AZ_4 و AZ_5 به ترتیب ۸۲۳/۲۲، ۶۶۰/۸۴ و ۸۳۳/۰۸ گرم) در مقایسه با محلول غذایی رش و تیمار آب استخر اصلاح‌شده بود. با توجه به نتایج اثرات‌متقابل تیمارها، مقادیر تعداد کل میوه و عملکرد کل کلیه ارقام گوجه‌فرنگی تغذیه‌شده با محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند. بنابراین می‌توان اظهار داشت که اثرات آن‌ها بسیار به هم نزدیک بوده است (شکل ۱). بالاترین میزان عملکرد کل در رقم V_4 و در تیمارهای محلول‌غذایی رش و آب استخر اصلاح شده مشاهده گردید. همچنین یافته‌های این آزمایش نشان داد که عملکرد بوته‌ها بیشتر از آن که تحت وزن تک میوه‌های گوجه‌فرنگی بوده باشد تحت تاثیر تعداد میوه در هر بوته بوده است (جدول ۵).

نتایج Fayezizadeh *et al* (2023) در بررسی دو رقم گوجه‌فرنگی V_4 و امیرا در دو سیستم باز و بسته هیدروپونیک نشان داد که بیش‌ترین عملکرد در سیستم باز و رقم V_4 مشاهده گردید. نتایج ما با یافته‌های (2020) Kaab omeir *et al*، Abdelraouf (2017) و (2015) Khater *et al* مطابقت داشت. بر اساس یافته‌های این محققین وجود مقادیر کمتر یون‌های فسفات در آب استخر ماهی سبب گلدهی دیرتر، کاهش تعداد میوه و عملکرد بوته می‌گردد. علاوه بر بهبود شاخص‌های عملکردی، نتایج این آزمایش ظهور گلدهی سریع‌تر 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 Fayezizadeh *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 ازجمله منیزیم، کلسیم، پتاسیم و حتی نیتروژن سبب افزایش تولید و عملکرد میوه گوجه‌فرنگی گردید. بنابراین به نظر می‌رسد، افزایش مواد مغذی در تیمار محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده، 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 گوجه‌فرنگی گردید.

مطابق اظهارات Silva *et al*. (2021) در استفاده از پساب‌های شور استخر ماهی، اختلالاتی مانند کاهش فعالیت فتوسنتزی و کاهش فرآیندهایی مانند جذب، انتقال، جذب و توزیع مواد مغذی و افزایش تجمع گونه‌های فعال اکسیژنی (ROS) به اثرات اسمزی و یونی نسبت داده می‌شوند که ناشی از شوری زیاد است که نهایتاً سبب کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌شود. تنش شوری در مراحل حساس فنولوژیکی مانند گلدهی می‌تواند منجر به کاهش تولید بذر شود زیرا کاهش تعداد میوه‌ها به دلیل سقط گل و همچنین عدم لقاح تخمک‌ها و یا سقط‌جنین آن‌ها پس از لقاح می‌باشد.

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

Characteristic			Resh solution	Fish pond water	Modified pond water
		Nutrient solution			
	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 ($p \leq 0.05$)

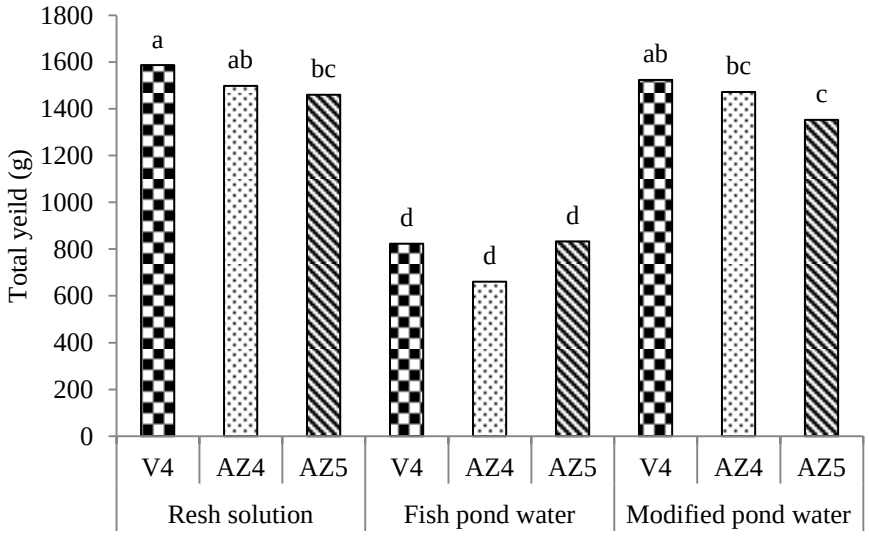

Figure1. The interaction effect of cultivars and different nutrient solutions on total yield of tomato

شاخص‌های کیفی و بیوشیمیایی گوجه فرنگی

نتایج جدول تجزیه واریانس خصوصیات کیفی میوه نشان داد که تنها اثر اصلی محلول غذایی بر درصد ماده خشک میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار 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 محلول غذایی به ترتیب اختلاف معنی‌داری 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 گوجه فرنگی بود. همچنین محلول رش و آب استخر ماهی دارای کم‌ترین هدایت الکتریکی عصاره گوجه فرنگی به ترتیب با ۱/۷ و ۱/۶ دسی زیمنس بر متر بودند (جدول ۷). همچنین اثر اصلی رقم، اثر اصلی محلول غذایی، اثر-

متقابل رقم و محلول غذایی بر pH عصاره میوه تأثیر معنی‌داری نشان نداد. علاوه بر این، نتایج اثرمتقابل رقم و محلول غذایی نشان داد که بیش‌ترین سفتی میوه در محلول رش و آب استخر ماهی در رقم V_4 و AZ_4 مشاهد شد و کم‌ترین میزان سفتی میوه نیز در آب استخر ماهی اصلاح شده و رقم AZ_5 نمایان شد. همچنین نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری بین سفتی میوه‌های ارقام V_4، AZ_4 و AZ_5 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 V_4 در محلول‌غذایی رش اختلاف معنی-داری با سایر محلول‌های غذایی نداشت (شکل ۲) که با نتایج Fayezizadeh *et al* (2020) مطابقت دارد. مطالعات Kaab omeir *et al* (2020) در ریحان و خرفه نشان داد که استفاده از تیمار پساب ماهی باعث جذب بالای منگنز و کاهش جذب کلسیم می‌شود. نتایج مشابه نیز توسط Heenan *et al* (1981) گزارش‌شده است. بنابراین به نظر می‌رسد که در مطالعه حاضر، کاهش جذب کلسیم در رقم AZ_5 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 محلول‌غذایی بر استحکام و بافت میوه تاثیر دارد و این اثرات ناشی از کمبود اثرات اسمزی و یون کلسیم در محلول‌غذایی است که علت این کمبود کلسیم نیز کاهش تعرق و فعالیت آوند چوبی گیاه می‌باشد. علاوه بر این، نتایج Fayezizadeh *et al* (2023) نشان داد که ارقام مختلف گوجه فرنگی دارای تفاوت های ساختاری از نظر سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول و سایر صفات کیفی هستند.

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			Resh solution	Fish pond solution	Modified pond water
	Significance	Nutrient solution			
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 ($p\leq0.05$)

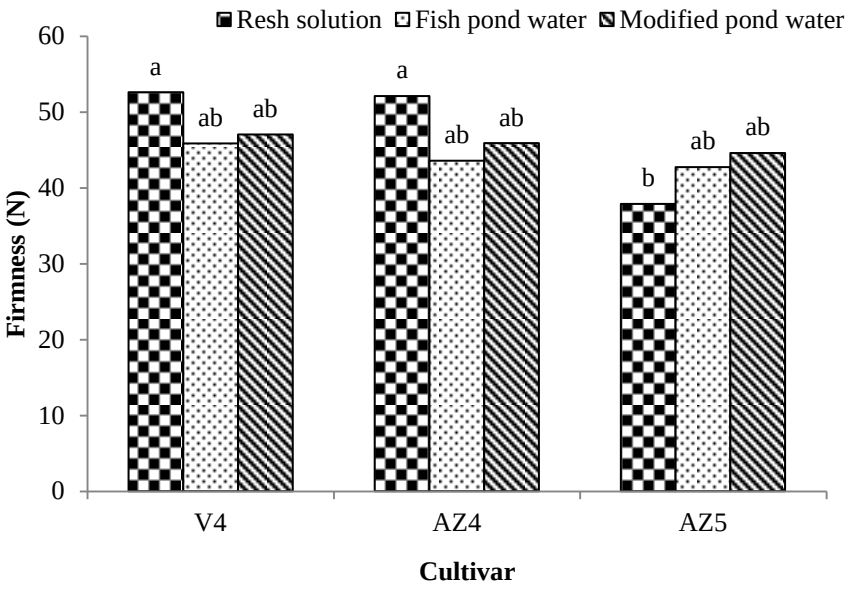

Figure 2. The effect of different nutrient solutions and different cultivars on fruit firmness of tomato

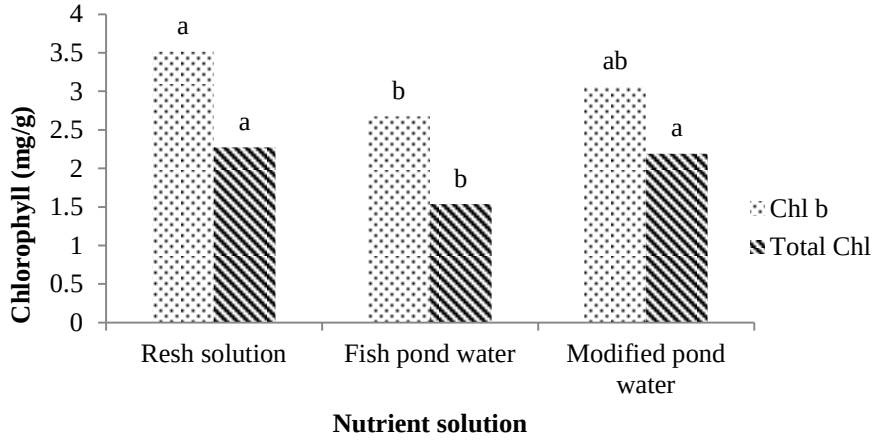

Figure 3. The effect of different nutrient solutions on chlorophyll content of tomato. Ch b= Chlorophyll b and Total Chl= Total chlorophyll

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی رقم، محلول‌غذایی و اثرمتقابل رقم و محلول‌غذایی تاثیر معنی‌داری را بر غلظت کلروفیل a بوته‌های گوجه‌فرنگی نشان نداد (جدول ۶). از طرفی دیگر تنها تیمارهای محلول‌غذایی 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 اصلاح‌شده دارای بیش‌ترین غلظت کلروفیل b برگ (به ترتیب ۳/۵ و ۳/۳ میلی‌گرم بر گرم) و محلول آب استخر ماهی دارای کم‌ترین کلروفیل b برگ (۲/۵ میلی‌گرم بر گرم) بود (شکل ۳). علاوه‌براین، 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. همچنین محلول آب استخر ماهی دارای کم‌ترین مقدار کلروفیل کل (۱/۳ میلی‌گرم 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).

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.

نتیجه گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد با توجه به گرانی بی-سابقه کودهای کشاورزی و کمبود منابع آبی در ایران، استفاده از آب استخر اصلاح‌شده می‌تواند یکی از 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 V_4 به منظور بهره-گیری حداکثری از آب استخر اصلاح شده قابل‌توصیه می‌باشد.

سپاس گزاری

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.

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.faostat [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. *Cientifica 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.