Journal of Vegetables Sciences, Spring & Summer 2024, Vol 8, No 15(1), Pages 91-108

Ilam University

doi:10.22034/IUVS.2023.2003702.1291 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

Changes in morphological and quantitative parameters of tomato in response to the use of 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.

[*]**Corresponding author:** edris.shabani@scu.ac.ir

(**Received:** 31 May 2023 **Revise:** 22 July 2023 **Accepted:** 25 July 2023)

Extended Abstract

1. **Introduction:** Tomato (*Solanum lycopersicon* L.) is one of the most consumed vegetables in the world due to their abundance of vitamins, lycopene, iron, calcium, manganese, magnesium, and potassium. Khuzestan, with a production of over 21,000 tons of tomatoes in 90 hectares of greenhouses, ranks fourth in the country after the provinces of Bushehr, Isfahan, East Azerbaijan, and Sistan and Baluchestan (the total area under tomato greenhouse cultivation in Iran is over 2400 hectares). Due to the trend of drought in Iran, providing the required water for this level of cultivation will be one of the main challenges and concerns of farmers in the future. Therefore, the necessity of attention to water supply for this level of tomato greenhouses, considering the dry and semi-dry nature of the country, seems to be crucial. One of the biggest recent challenges in Iran is the limitation of water resources, which has reduced access to water for both human and agricultural uses due to low levels of rainfall, poor distribution, high evaporation and transpiration rates, and the phenomenon of drought. To overcome the water shortage, the use of aquaculture wastewater or its combination with agricultural water can be a solution due to lower water and chemical fertilizer consumption, as well as prevention of the release of nutrient-rich water sources into rivers. This can be one of the helpful management strategies in solving the water shortage problem in dry and semi-dry regions for agricultural production.
2. **Materials and Methods:** To investigate the effect of using fish pond wastewater on the morphological and growth characteristics of three greenhouse tomato cultivars, a factorial experiment was conducted in a completely randomized block design with three replications in the greenhouse of Shahid Chamran University of Ahvaz during the autumn and winter of 2021-2022. Tomato seedlings were first produced under LED light in a room and transferred to 9-liter pots with a row spacing of 90 cm and a plant spacing of 30 cm at the 3-4 leaf stage. The planting media used in this experiment was sand which was washed several times with purified water before use. The treatments in this experiment consisted of three types of nutrient solutions (Resh nutrient solution, fish pond water, and modified fish pond water) and three promising greenhouse tomato cultivars (V_4, AZ_4 and AZ_5). In order to modify the fish pond water, 50 liters of tap water were mixed with 50 liters of fish pond water. The fractional amounts of elements in the growth nutrient solution were adjusted to standard concentrations of elements in the hydroponic culture using common fertilizers. During the growth period and at the end of the experiment, the growth, morphological, and growth characteristics of the tomato plants were measured and examined until the fifth cluster harvest.
3. **Results and Discussion:** The results of this experiment showed that the Resh nutrient solution and modified fish pond water had the highest plant height, leaf number, and stem diameter compared to fish pond water alone. The results of the interaction between nutrient solution and tomato cultivars indicated that the longest distance from the planting medium to the first inflorescence was observed in the AZ_5 cultivar with fish pond water, and the shortest distance was observed in the V_4 cultivar with modified fish pond water. It seems that the increased uptake of nutrients such as nitrogen, potassium, and phosphorus in the growth nutrient solution and modified fish pond water treatments led to an increase in plant height, leaf area, stem diameter, and node number, while the insufficient availability of these nutrients in fish pond water treatment resulted in a decrease in growth indices. Based on the results, it was found that fish pond water had the longest days to the formation of the third fruit cluster (82 days), and modified fish

pond water and Resh nutrient solution had the shortest days to the formation of the third fruit cluster (74 days). Furthermore, the Resh nutrient solution and modified fish pond water had the highest total fruit weight (480.84 and 456.00 g, respectively) and fruit diameter (6.25 and 5.99 cm, respectively) in the second cluster. Fish pond water had the lowest total fruit weight (247.89g) and fruit diameter (5.33 cm) in the second cluster. The results showed that the V_4 cultivar had the highest total fruit weight in the second cluster with a mean of 425 g. The AZ_4 and AZ_5 cultivars had the lowest total fruit weight with 380 and 375 g, respectively. According to the comparison of means, the modified fish pond water and Resh nutrient solution treatments had the highest total fruit weight (477.93 and 456.49 g, respectively), fruit volume (107.47 and 98.15 cubic cm^3, respectively), fruit length (5.66 and 5.11 cm, respectively), and fruit diameter (6.38 and 6.19 cm, respectively) in the third cluster. Fish pond water had the lowest total fruit weight (257.18 g), fruit volume (78.24 cm^3), fruit length (4.84 cm), and fruit diameter (5.69 cm) in the third cluster. Previous studies have shown that increasing the concentration of nutrients in fish pond water, including magnesium, calcium, potassium, and even nitrogen, leads to increased fruit production and yield in mature plants under the influence of fish pond water salts. Therefore, the use of fish pond water and the modification of its nutrients with conventional fertilizers not only reduce the consumption of fertilizers and water in the agricultural sector, but can also play an effective role in reducing environmental risks and improving the level of sustainable agriculture.

4. **Conclusion:** The results of this experiment showed that modifying fish pond water probably improves the growth and yield indices of tomato fruit, possibly due to the adequate supply of required nutrients to the plant, similar to the standard Resh nutrient solution. The results showed that using modified fish pond water not only did not reduce the yield but also could increase the crop yield compared to fish pond water treatment. Additionally, the V_4 cultivar had a more desirable performance in terms of yield and growth indices compared to other cultivars studied. Therefore, based on the results of this study, the promising V_4 line is recommended for greenhouse cultivation using modified fish pond water.

Keywords: Cultivar, Greenhouse, Nutrient solution, Total Fruit weight

Citation: Baji, A., Shabani, E. Alemzadeh Ansari, N & Albaji, M (2024). Changes in morphological and quantitative parameters of tomato in response to the use of fish pond water. *Journal of Vegetables Sciences*, 15(1), 91-108. doi:10.22034/IUVS.2023.2003702.1291

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

دوفصلنامه علمی علوم سبزی‌ها، سال۸ ، دوره ۱۵، شماره ۱، بهار و تابستان۱۴۰۳، صفحات (۱۰۸-۹۱)

دانشگاه ایلام شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi:10.22034/IUVS.2023.2003702.1291

تغییر شاخص‌های مورفولوژیکی و کمی گوجه‌فرنگی در پاسخ به استفاده از آب استخر ماهی

امین باجی[۱]، ادریس شعبانی[۲*] ، ناصر عالم زاده انصاری[۳]، و محمد الباجی[۴]

۱- دانشجو 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

٤- دانشیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

[*]**نویسنده مسئول:** edris.shabani@scu.ac.ir

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۲/۰۳/۱۰ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۲/۰۴/۳۱ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۵/۰۳)

چکیده

استفاده از پساب شیلات و یا ترکیب آن با آب کشاورزی می‌تواند از جمله راهکارهای حل مشکل کمبود آب در ایران باشد. به منظور بررسی اثر استفاده از آب استخر ماهی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و کمی ۳ لاین امیدبخش گوجه‌فرنگی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. بر اساس نتایج آزمایش محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده وضعیت رشدی بهتری را در گیاه گوجه‌فرنگی ایجاد نمودند. بیش‌ترین فاصله بستر تا اولین گل‌آذین در رقم AZ_5 و محلول آب استخر ماهی و کم‌ترین آن در رقم V_4 و آب استخر اصلاح‌شده مشاهده گردید. محلول آب استخر ماهی دارای بیش‌ترین روز تا تشکیل میوه خوشه سوم (۸۲ روز) و آب استخر اصلاح‌شده و محلول رش دارای کم‌ترین روز تا تشکیل خوشه سوم (۷۴ روز) بودند. بیش‌ترین وزن کل میوه خوشه دوم در رقم V_4 با متوسط وزن ۴۲۵ گرم مشاهده گردید. همچنین در خوشه سوم، بیش‌ترین وزن کل میوه، حجم میوه، طول و قطر میوه در تیمار آب استخر اصلاح‌شده و محلول رش و کم‌ترین آن‌ها در آب استخر ماهی مشاهده گردید. بیشترین عملکرد بوته در رقم V_4 آبیاری شده با محلول رش مشاهده گردید (۱۵۸۷/۰۰ گرم) و اختلاف معنی‌داری با رقم V_4 در محلول آب استخر اصلاح شده (۱۵۲۳/۵۳ گرم) نشان نداد، همچنین کم‌ترین میزان عملکرد در رقم AZ_5 و محلول آب استخر ماهی (۶۶۰/۸۴ گرم) مشاهده گردید. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، استفاده از لاین امیدبخش V4 جهت کشت در گلخانه و استفاده از آب استخر ماهی اصلاح‌شده توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: رقم، گلخانه، محلول غذایی، وزن کل میوه

استناد: باجی، ا.، شعبانی، ا. عالم زاده انصاری، ن و الباجی، م (۱۴۰۳). تغییر شاخص‌های مورفولوژیکی و کمی گوجه‌فرنگی در پاسخ به استفاده از آب استخر ماهی. *علوم سبزی‌ها*، ۱۵(۱)، ۱۰۸-۹۱.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicon* L.) به‌دلیل تنوع در مصرف، طعم مطبوع و فواید سلامتی همچون سرشار بودن از ویتامین‌های A و C، لیکوپن، آهن، کلسیم، منگنز، منیزیم و پتاسیم یکی از سبزیجات پرمصرف جهان است (Haghighi & Mozaffarian, 2015; Schmautz *et al.,* 2016; Turhan, 2020; Alvares da Silva *et al.,* 2022). خوزستان با تولیدی بیش از ۲۱ هزار تن گوجه‌فرنگی در ۹۰ هکتار از گلخانه‌های این استان، رتبه چهارم کشور را بعد از استان‌های بوشهر، اصفهان، آذربایجان‌شرقی و سیستان و بلوچستان به خود اختصاص داده است (مجموع سطح زیر کشت گلخانه‌های گوجه‌فرنگی ایران بیش از ۲۴۰۰ هکتار می‌باشد) (Anonymous, 2021). با توجه به روند خشک‌سالی در ایران تأمین آب مورد نیاز این سطح از زیرکشت، یکی از چالش‌ها و دغدغه‌های اصلی چند سال آینده کشاورزان خواهد بود (Kaab omeir *et al.,* 2020). بنابراین لزوم توجه به تأمین آب مورد نیاز این سطح از گلخانه‌های گوجه‌فرنگی با توجه به ماهیت خشک و نیمه‌خشک بودن کشور، امری کاملاً ضروری به نظر می‌رسد.

یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های اخیر ایران محدودیت منابع آب است که به دلیل سطوح کم بارندگی، توزیع ضعیف آن، تبخیر و تعرق زیاد و پدیده خشکسالی دسترسی به آب را هم برای مصارف انسانی و هم برای کشاورزی کاهش داده است. به منظور غلبه بر کمبود آب، استفاده مجدد از آب و استفاده از آب‌های زیرزمینی تضمین اصلی دسترسی به آب در منطقه نیمه‌خشک به ویژه در دوره‌های خشکسالی است (Dias *et al.,* 2021). افزایش جمعیت جهان و لزوم تأمین امنیت غذایی سبب شد تا اهمیت تولید محصولات کشاورزی مانند میوه و سبزی و پروتئین‌های حیوانی مانند ماهی و سایر آبزیان با استفاده از پساب‌ها و آب‌های نامتعارف (مانند استخر ماهی و آب شور) به منظور حفظ منابع آبی جهان، دو چندان گردد (Tabatabaei *et al.,* 2004; Ghaemi *et al.,* 2016). پساب تولید شده در پرورش ماهی، با محتوای بالای مواد مغذی و آلی می‌تواند در محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد، مشروط بر اینکه به طور دقیق مدیریت شود (Khater *et al.,* 2015; Dias *et al.,* 2021). استفاده از پساب شیلات و یا ترکیب آن با آب کشاورزی به دلیل مصرف کمتر آب و کود شیمیایی و همچنین جلوگیری از رهاسازی منابع آبی غنی از مواد مغذی در رودخانه‌ها می‌تواند از مدیریت‌های راهگشا جهت حل معظل کمبود آب مناطق خشک و نیمه‌خشک در تولید محصولات کشاورزی و کسب درآمد از این حوزه باشد (Asano & Tchobanoglous, 1998).

بهره‌گیری از پساب‌های حاصل از استخرهای پرورش ماهی به عنوان آب غنی از عناصر غـذایی و ترکیب آن با کشت گیاهان در سیستم‌های هیدروپونیک و تولید محصولات گلخانه‌ای، در مطالعات مختلفی گزارش شده است. چنانچه، استفاده از پساب پرورش ماهی در گوجه‌فرنگی آلبالویی نشان داد که تغذیه این گیاهان با پساب‌های پرورش ماهی سبب کاهش رشد بوته‌ها نگردید. گیاهان تغذیه شده با پساب‌های پرورش ماهی، نرخ فتوسنتز و کارایی فتوشیمیایی مشابه یا بالاتر از شاهد را به‌دست آوردند. هنگامی‌که گیاهان با پساب‌های پرورش ماهی آبیاری شدند، هیچ تداخلی در خاموش شدن فتوشیمیایی وجود نداشت. هنگامی که این آب در مرحله گلدهی استفاده شد، پساب پرورش ماهی باعث کاهش میانگین وزن میوه و افزایش اسیدیته گردید (Alvares da Silva *et al.,* 2022). همچنین در بررسی دیگر توسط این پژوهشگر مشخص گردید که استفاده از پساب پرورش ماهی در طول مرحله فنولوژیکی گوجه آلبالویی باعث کاهش تولید میوه در هر خوشه نمی‌شود، اما تولید بذر و قدرت بذر تولید شده را کاهش می‌دهد (Alvares da Silva *et al.,* 2021).

استفاده از پساب فاضلاب تصفیه شده خانگی در تولید گوجه‌فرنگی در مقایسه با آبیاری مرسوم این گیاه با آب چاه سبب افزایش عملکرد این محصول گردید (Erfani *et al.,* 2001). بهبود عملکرد کلم بروکلی و افزایش شاخص‌های رشدی و رویشی با استفاده از پساب

تصفیه شده شهری گزارش شده است (Atefi & Ghaemi, 2012). در پژوهشی دیگر اثر کوددهی با پساب استخر ماهی و محلول کود شیمیایی در گیاه گوجه‌فرنگی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که در کشت گوجه‌فرنگی، تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار در شاخص‌های رویشی و زایشی وجود نداشت. یافته‌های این آزمایش نشان داد که استفاده از پساب پرورش ماهی به‌عنوان کود برای تولید سبزیجات با در نظر گرفتن حداقل اثرات آن بر محیط‌زیست و حداقل هزینه در مقایسه با کودهای شیمیایی ارجحیت دارد (Hailu *et al.*, 2018). استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری چهار سبزی گوجه‌فرنگی، خیار، هویج و کاهو افزایش قابل ملاحضه‌ای را در سطح عملکردی این گیاهان در قیاس با آب معمولی نشان داد (Ghaemi *et al.*, 2016). استفاده از روش ترکیبی پساب ماهی و تولید گیاه در کشت‌های هیدروپونیک سبب بهبود شاخص‌های رویشی، رشدی و زایشی گوجه‌فرنگی و کاهو گردید (Chauhan *et al.*, 2006). در مطالعه پیشین، افزایش وزن تر و خشک ریشه، شاخه و میوه فلفل دلمه‌ای با استفاده از پساب شهری در قیاس با آب چاه گزارش شده است (Afkhami *et al.*, 2021).

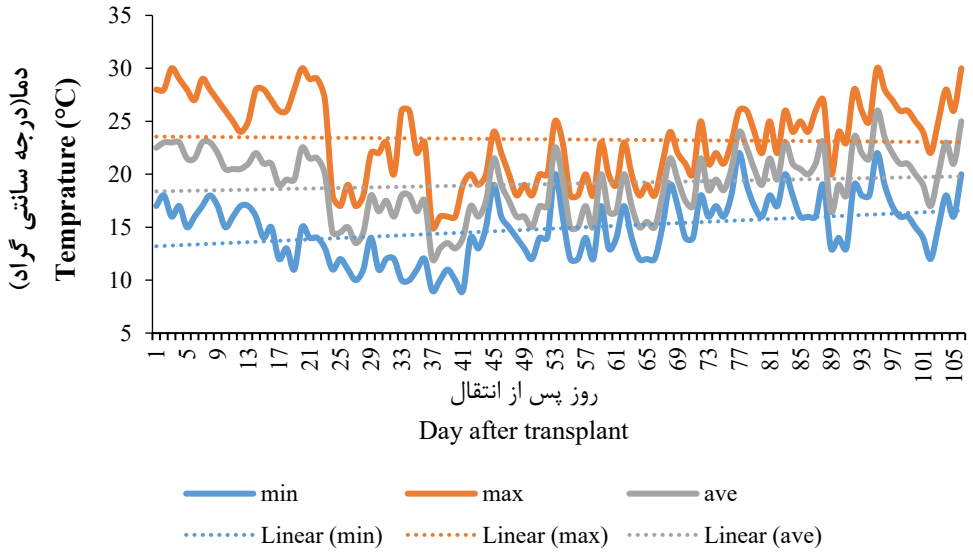
با توجه به روند کم‌سابقه کاهش نزولات جوی در سال‌های اخیر و افزایش بی‌سابقه تولید پساب‌های صنعتی و کشاورزی همانند پساب‌های استخر ماهی (به دلیل تعدد واحدهای تولیدی ماهیان گرم‌آبی و سردآبی) و لزوم استفاده از این پساب‌ها، آزمایشی به منظور کاهش حجم آب مصرفی و بهره‌مندی از عناصر غذایی موجود در آن جهت تولید محصولات گلخانه‌ای طراحی گردید. پژوهش حاضر جهت بررسی تغییرات مورفولوژیکی و کمی گوجه‌فرنگی با استفاده از آب استخر ماهی تراکم بالا انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه آموزشی-پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز طی پاییز و زمستان ۱۴۰۰ انجام گردید. نشاهای سه رقم گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (V_4، AZ_4 و AZ_5) در شرایط اتاق و تحت نور LED با نسبت ۵:۵۰ قرمز و آبی با ۱۶ ساعت دوره روشنایی و رطوبت‌نسبی ۵±۴۵٪ تولید و در مرحله ۴-۳ برگی به گلدان‌های ۹ لیتری با فاصله ردیف ۹۰ و فاصله بوته ۳۰ سانتی‌متر انتقال یافتند. بستر کاشت این آزمایش ماسه بوده است که پس از چندین نوبت شستشو با آب تصفیه، مورد استفاده قرار گرفت. آبیاری نشاها در دو روز اول پس از انتقال نشاء توسط آب شهری و پس از آن تغذیه بوته‌های گوجه‌فرنگی در طول دوره رشد توسط سه محلول غذایی مختلف (محلول غذایی رش، آب استخر ماهی و آب استخر ماهی اصلاح‌شده) انجام گردید. میزان دما و رطوبت‌نسبی محیط گلخانه توسط دستگاه دماسنج و رطوبت‌سنج دیجیتالی به‌صورت روزانه پس از انتقال نشاء و در طول دوره رشد گیاه اندازه‌گیری و ثبت گردید. در شکل زیر کم‌ترین، بیش‌ترین و میانگین دما و رطوبت‌نسبی گلخانه طی دوره رشد نشان داده شده است (شکل ۱ و۲).

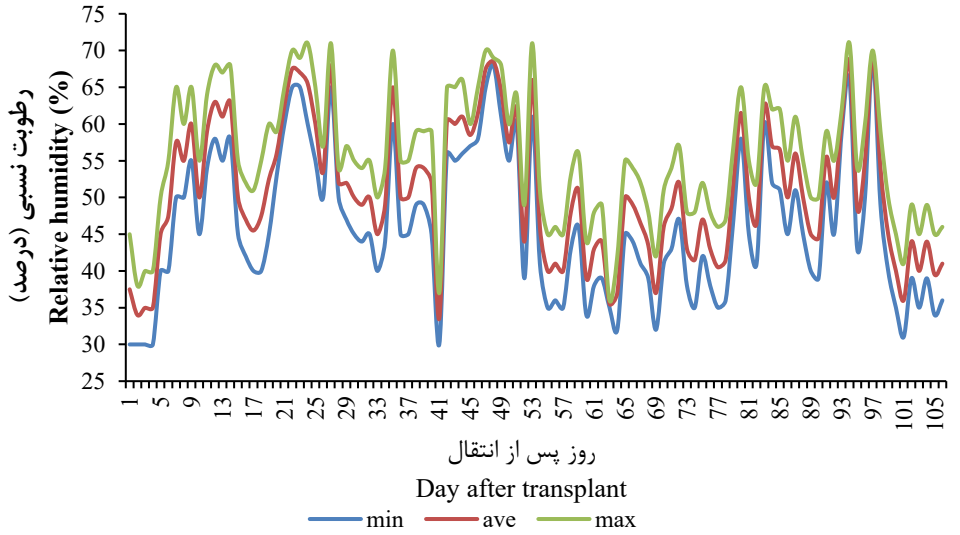
تیمارهای این آزمایش شامل ۳ نوع محلول غذایی (محلول غذایی رش، آب استخر ماهی و آب استخر ماهی اصلاح‌شده) و ۳ لاین امیدبخش گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (V_4، AZ_4 و AZ_5) بوده است. محلول غذایی رش (Resh, 1995) با غلظت عنصری (N: 140، P: 50، K: 325، Ca: 180، Mg: 50، Fe: 3، Mn: 0.8، B: 0.3، Zn: 0.1، Cu: 0.05 و Mo: 0.05 mg/L) تهیه گردید. آب استخر پرورش ماهی (آب استخر ماهی) با تراکم بالا از یک واحد تولیدی مستقر در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در طول دوره کشت تهیه گردید. مشخصات شیمیایی آب استخر ماهی شامل pH= 6.5، EC=3.65 dS/m و سایر ترکیبات آن شامل (HCO_3: 305، Na: 31.55، مجموع N~7، Ca: 165.33، Mg: 48.35، K: 37.14 mg/L) و مقدار جزیی فسفر بوده است که صفر در نظر گرفته شد. به منظور اصلاح آب استخر ماهی ابتدا ۵۰ لیتر آب شهری با ۵۰ لیتر آب استخر پرورش ماهی ترکیب

گردید. مقادیر کسری عناصر از تیمار رش با استفاده از کودهای متداول در کشت هیدورپونیک (مانند نیترات کلسیم، منوپتاسیم فسفات، سولفات پتاسیم، سولفات منیزیم، کلات آهن و سایر عناصر ریز مغذی) به سطح استاندارد غلظت‌های عناصر در محلول رش رسانده شد (آب استخر ماهی اصلاح‌شده). در این راستا ابتدا وزن هر کود محاسبه و سپس در بشکه‌های ۱۰۰ لیتری حل گردید. به منظور همسان‌سازی pH سه تیمار محلول غذایی ذکر شده از اسید نیتریک ۵۳ درصد تا سطح ۶/۵ استفاده گردید. همچنین EC محلول غذایی رش dS/m ۳/۲۲ و EC آب استخر اصلاح شده dS/m ۳/۵۲ بوده است.



شکل ۱-کم‌ترین، بیش‌ترین و میانگین دمای گلخانه در طول دوره رشد

Figure 1- The minimum, maximum and average temperature of the greenhouse during the growth period



شکل ۲- کم‌ترین، بیش‌ترین و میانگین رطوبت‌نسبی گلخانه در طول دوره رشد

Figure 2- The minimum, maximum and average relative humidity of the greenhouse during the growth period

در طول دوره رشد و پایان آزمایش صفات رویشی، مورفولوژیکی و زایشی بوته‌های گوجه‌فرنگی تحت کشت تا برداشت پنج خوشه مورد اندازه‌گیری و بررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری ارتفاع بوته و فاصله بستر تا اولین گل‌آذین به‌وسیله‌ی متر نواری انجام گردید. قطر ساقه به وسیله‌ی کولیس اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری تعداد برگ و تعداد گره هر ۱۰ روز یکبار صورت گرفت و در پایان آزمایش، سطح برگ بوته‌ها به‌وسیله‌ی دستگاه سطح برگ‌سنج (LTD, Scientific Instrument, UK) اندازه‌گیری شد. میوه‌های خوشه اول تا پنجم در طول دوره رشد برداشت و وزن کل آن به عنوان وزن کل هر خوشه ثبت گردید. عملکرد هر بوته در طول دوره رشد به ازای پنج خوشه محاسبه و یادداشت گردید. ویژگی‌های کمی میوه مانند حجم میوه، طول و قطر میوه در خوشه‌های اول، دوم و سوم مورد بررسی قرار گرفت. به دلیل عدم معنی‌داری این صفات در خوشه‌های چهارم و پنجم از ذکر آن در نتایج خودداری شده است. میوه‌های برداشت شده با استفاده از ترازوی دیجیتالی و با دقت دو رقم اعشار وزن گردید و طول و قطر میوه‌ها پس از برداشت از هر بوته به وسیله‌ی کولیس اندازه‌گیری و بر حسب سانتی‌متر گزارش گردید. اندازه‌گیری صفات زایشی مانند روز تا زمان ظهور گل‌آذین و میوه‌های خوشه‌های اول تا سوم (بلافاصله پس از تشکیل میوه) برحسب روز ثبت شدند. حجم میوه به روش جابجایی مایعات اندازه‌گیری شد (Faezizadeh *et al*., 2020).

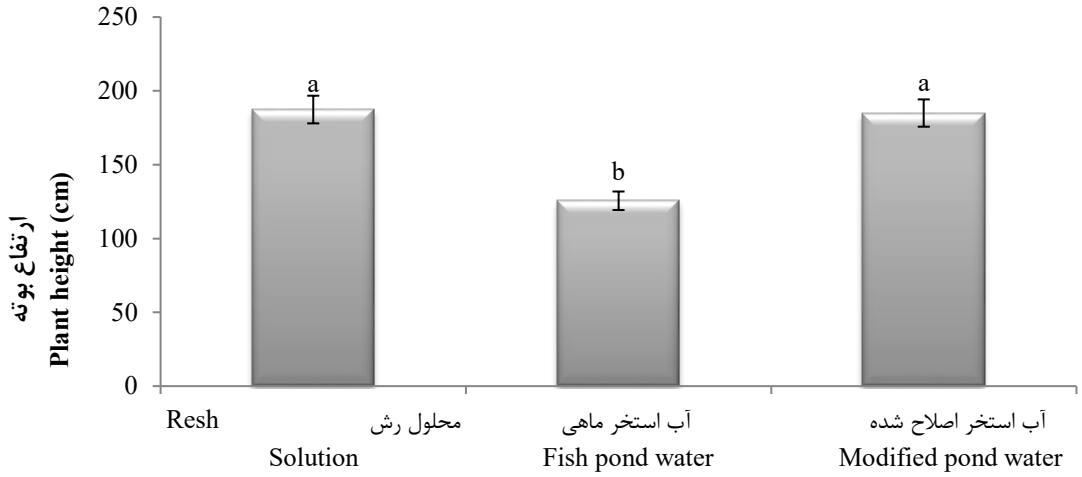
در این پژوهش به منظور بررسی اثر استفاده از آب استخر ماهی بر خصوصیات مورفولوژیکی و زایشی ۳ رقم گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار (هر تکرار شامل دو بوته) اجرا گردید. در پایان این آزمایش، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. 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 مورفولوژیکی و رویشی گوجه‌فرنگی

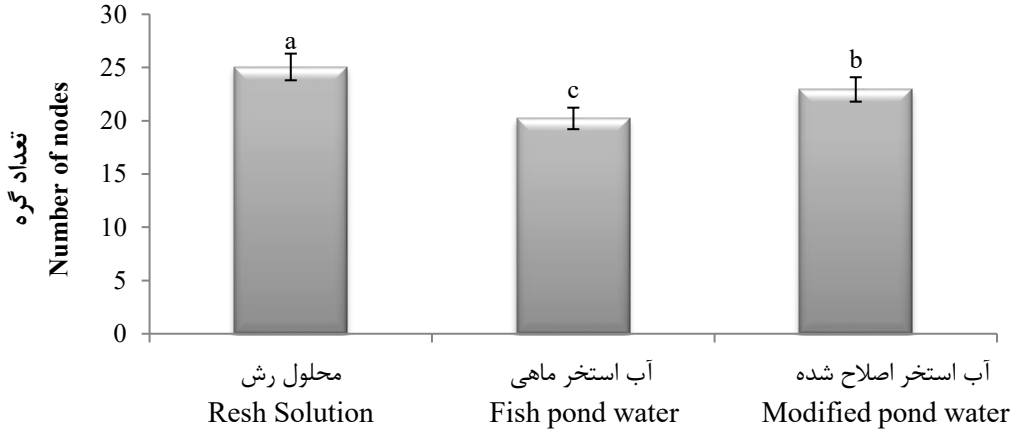
با توجه به نتایج به‌دست آمده، محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده دارای بیشترین ارتفاع بوته (به ترتیب ۱۸۷ و ۱۸۴ سانتی‌متر) و تیمار آب استخر ماهی دارای کم‌ترین ارتفاع بوته (۱۲۵ سانتی‌متر) بوده است (شکل ۳). نتایج این آزمایش نشان داد که محلول رش دارای بیش‌ترین تعداد گره (۲۵ گره) و تیمار آب استخر اصلاح‌شده و آب استخر ماهی دارای کم‌ترین تعداد گره (به ترتیب ۲۲ و ۲۰ گره) بودند (شکل ۴). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده دارای بیش‌ترین تعداد برگ (به ترتیب ۲۵ و ۲۴ عدد برگ) بودند و آب استخر ماهی دارای کم‌ترین تعداد برگ (۲۰ عدد برگ) بود (شکل ۵). بر اساس یافته‌های این پژوهش، محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده دارای بیش‌ترین قطر ساقه (۱/۲ سانتی‌متر) و آب استخر ماهی دارای کم‌ترین قطر ساقه (۱/۱ سانتی‌متر) بود (شکل ۶).

نتایج اثر متقابل محلول‌غذایی و رقم‌های مختلف گوجه‌فرنگی نشان داد که بیش‌ترین فاصله بستر تا اولین گل‌آذین در رقم AZ_5 و محلول آب استخر ماهی و کم‌ترین آن در رقم V_4 و آب استخر اصلاح‌شده مشاهده گردید. همچنین یافته‌های این آزمایش نشان داد در صفت مذکور، بین رقم AZ_5 در تیمارهای مختلف محلول غذایی و رقم V_4 در محلول رش V_4 اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۷). همچنین بین فاصله بستر تا گل‌آذین رقم AZ_4 در محلول‌های غذایی مختلف و رقم V_4 در آب استخر ماهی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۵). با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که محلول رش و آب استخراصلاح‌شده دارای بیش‌ترین سطح برگ (به ترتیب ۱۱۲۵۳/۰۰ و ۱۰۸۵۰/۹۰ سانتی‌مترمربع) و آب استخرماهی دارای کم‌ترین میزان سطح برگ (۶۱۱۶/۱۰ سانتی‌مترمربع) بود (شکل ۸)



شکل ۳- اثر محلول‌های غذایی مختلف بر ارتفاع بوته گوجه‌فرنگی(ستون‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند).

Figure 3-The effect of different nutrient solution on plant height of tomato (Columns with same letters have no significant differences at the 5% probability level).



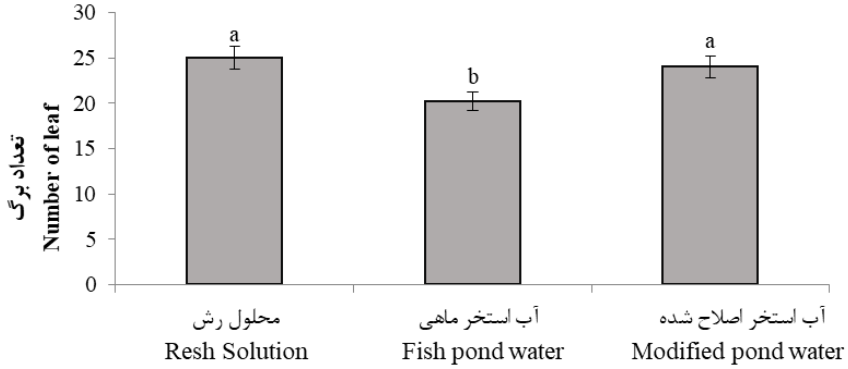
شکل ۴- اثر محلول‌های غذایی مختلف بر تعداد گره گوجه‌فرنگی (ستون‌های با حروف متفاوت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند).

Figure 4-The effect of different nutrient solution on number of nodes of tomato (Columns with different letters have a significant difference at the 5% probability level).

یافته‌های قبلی پژوهشگران نشان می‌دهد که پساب ماهی از فسفات کمتری برخوردار است؛ به گونه‌ای 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 (Kaab omeir *et al.,* 2020; Kholdebarin & Eslamnezhad, 2005). بنابراین به نظر می‌رسد افزایش تعداد برگ و سطح برگ‌ها در محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده به‌دلیل جذب بیشتر فسفر و نیتروژن توسط برگ بوده است و دلیل سطح برگ کمتر در تیمار آب استخر ماهی نسبت به محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده به دلیل مقادیر کمتر عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، کلسیم، پتاسیم و غیره می‌باشد. این نتایج با یافته‌های Khater *et al*. (2015) هم‌خوانی

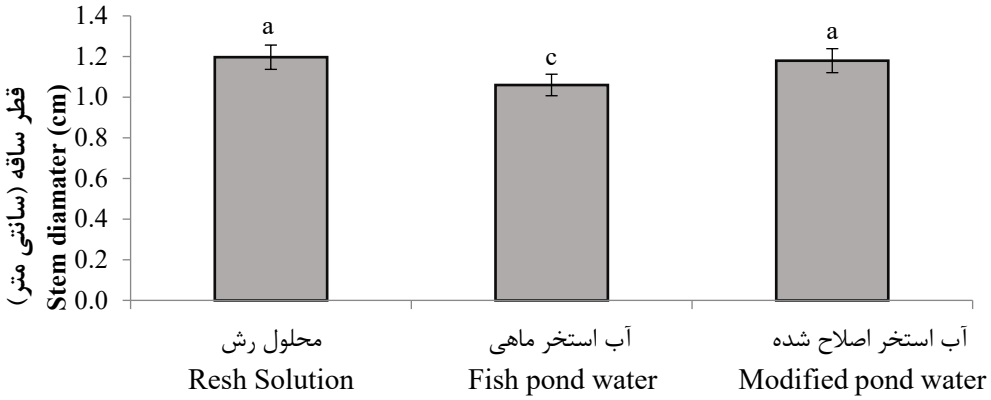
دارد. Gravel و همکاران (۲۰۱۵) در گزارش دیگری نشان دادند که افزایش مقادیر آمونیوم و نیترات به پساب ماهی، سبب بهبود عملکرد، کیفیت میوه، افزایش ارتفاع گیاه و سطح برگ می‌شود. علت افزایش ارتفاع بوته در پژوهش حاضر ممکن است به درصد جذب بهتر عناصر غذایی مرتبط باشد؛ چنانچه یافته‌های قبلی نشان داد که ارتفاع بوته گوجه‌فرنگی با استفاده از پساب ماهی حدود ۱۴۹ تا ۱۹۹ سانتی‌متر و درکشت معمولی از ۱۴۰ تا ۱۹۸ سانتی‌متر متغیر بوده است و بهبود ارتفاع گیاه به افزایش جذب عناصر غذایی نسبت داده شده است (Khater *et al.,* 2015). استفاده از ترکیب محلول غذایی و پساب ماهی به دلیل دارا بودن مقادیر زیادی مواد مغذی سبب افزایش روغن گیاهان ریحان و نعناع و افزایش رشد رویشی شده است (Valentina *et al.,* 2018; Kaab omeir *et al.,* 2020).

با توجه به گزارش‌های ذکر شده به‌نظر می‌رسد افزایش جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن، پتاسیم و فسفر در تیمار محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده ماهی باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ، قطر ساقه و تعداد گره شده است و کافی نبودن این عناصر در تیمار آب استخر ماهی سبب کاهش شاخص‌های رویشی شده است. در مطالعه اثر استفاده از پساب ماهی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و کیفی گوجه‌فرنگی آلبالویی نشان داده شد که کاربرد مستمر پساب پرورش ماهی حداقل در سه مرحله فنولوژیکی از جمله مرحله گلدهی منجر به آسیب بیشتر به غشای سلولی برگ می‌شود. افزایش نشت الکترولیت به دلیل تجمع بیش از حد یون‌های خاص مانند Na^+ نشان‌دهنده استرس اکسیداتیو روی گیاهان مورد مطالعه بود که سبب کاهش رشد در این گیاهان گردید (Alvares da Silva *et al.,* 2022). یافته‌های پژوهشگران نشان می‌دهد که استفاده از آب استخر ماهی تنها، به دلیل کاهش نرخ انتقال الکترون سبب افزایش انباشت انرژی در فتوسیستم II می‌شود که دارای دو مکانیسم اتلاف انرژی است: افزایش فلورسانس یا افزایش تابش گرما. هنگامی که این دو مکانیسم کارآمد نباشند، گونه‌های فعال اکسیژنی (ROS) تشکیل می‌شوند که باعث تخریب کلروفیل و دیواره سلولی می‌شوند (Taiz *et al.,* 2015; Alvares da Silva *et al.,* 2022). Chen و همکاران (۲۰۱۹)، با بررسی این موضوع، به کاهش فعالیت فتوسنتزی در نتیجه کاهش بازده فتوسیستم II و نرخ انتقال الکترون ناشی از تنش نمک موجود در آب استخر ماهی اشاره کردند. مطابق اظهارات آن‌ها، تغییرات در بازده کوانتومی فتوسیستم II نشان‌دهنده اختلالات در سیستم فتوسنتزی ناشی از تنش‌های غیرزیستی است که منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی و در نتیجه کاهش شاخص‌های رشدی و رویشی در تیمارهای آب استخر ماهی می‌شود که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.



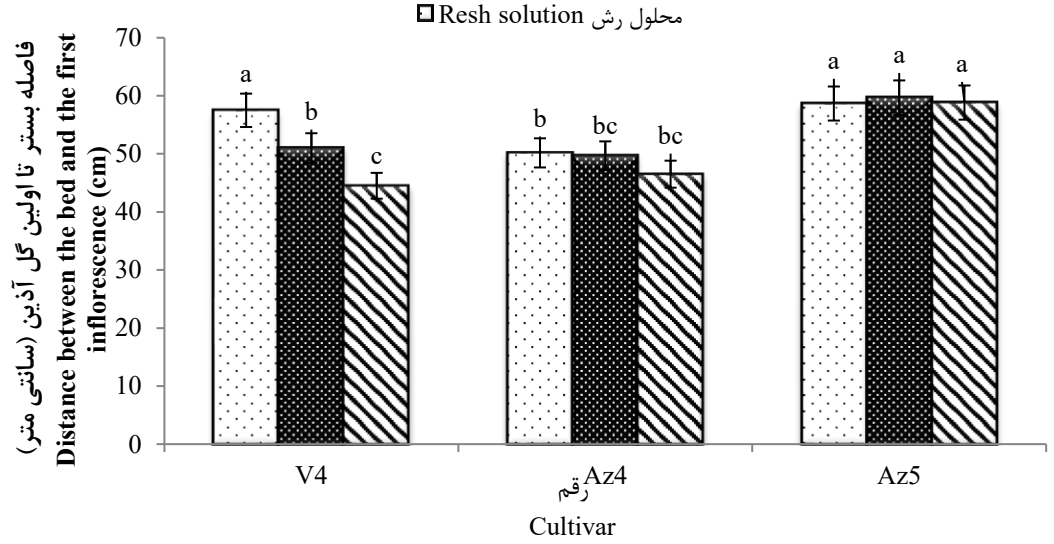
شکل ۵- اثر محلول‌های غذایی مختلف بر تعداد برگ گوجه‌فرنگی (ستون‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند).

Figure 5-The effect of different nutrient solution on number of tomato leaf (Columns with same letters have no significant differences at the 5% probability level).



شکل ۶- اثر محلول‌های غذایی مختلف بر قطر ساقه گوجه‌فرنگی (ستون‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند).

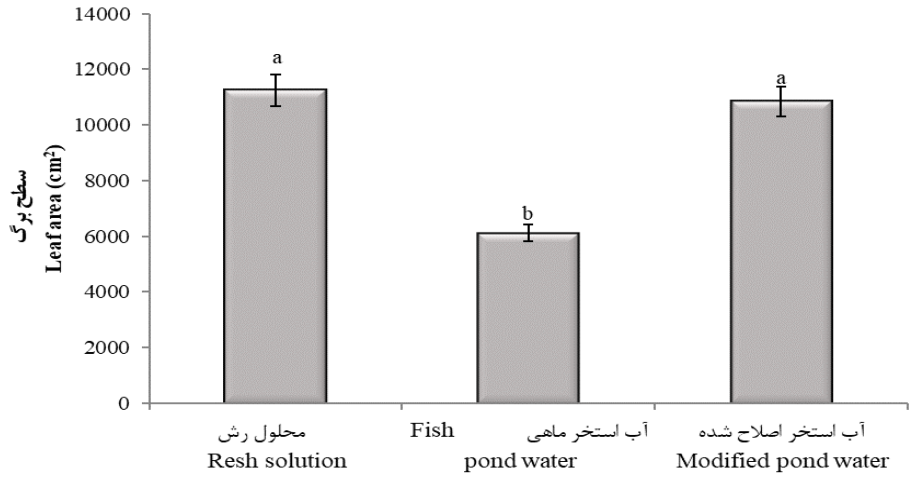
Figure 6-The effect of different nutrient solution on stem diameter of tomato
(Columns with same letters have no significant differences at the 5% probability level).



شکل

۷- اثر متقابل رقم و محلول غذایی بر فاصله بستر تا اولین گل‌آذین گوجه‌فرنگی (ستون‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند).

Figure 7- The interaction effect of cultivar and nutrient solution on the distance between the bed and the first inflorescence (Columns with same letters have no significant differences at the 5% probability level).



شکل ۸- اثر محلول‌های غذایی مختلف بر سطح برگ گوجه‌فرنگی (ستون‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند).

Figure 8- The main effect of nutrient solution on the leaf area of tomato (Columns with same letters have no significant differences at the 5% probability level).

شاخص‌های زایشی گوجه‌فرنگی

با توجه به نتایج مقایسه میانگین مشخص گردید که ارقام V_4 و AZ_4 دارای بیش‌ترین تعداد روز تا تشکیل میوه خوشه اول (به ترتیب ۶۰ و ۵۸) و رقم AZ_5 کم‌ترین تعداد روز تا تشکیل میوه خوشه اول (۵۱) را داشت (شکل ۹). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، رقم‌های V_4 و AZ_4 دارای بیش‌ترین تعداد روز تا تشکیل میوه خوشه سوم (۷۷ روز) در مقایسه با رقم AZ_5 بودند. همچنین رقم AZ_5 دارای کم‌ترین تعداد روز تا تشکیل میوه خوشه سوم (۷۰ روز) بود (شکل ۱۰). براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که محلول آب استخر ماهی دارای بیش‌ترین روز تا تشکیل میوه خوشه سوم (۸۲ روز) بود و آب استخر اصلاح‌شده و محلول رش دارای کم‌ترین روز تا تشکیل خوشه سوم (۷۴ روز) بودند (شکل ۱۱).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین مشخص گردید که در خوشه اول، دوم و در تیمار محلول رش و تیمار آب استخر اصلاح‌شده بیش‌ترین حجم میوه (به ترتیب ۹۷/۷۴ و ۹۴/۷۵ سانتی‌متر مکعب)، طول میوه (به ترتیب ۵/۱۵ و ۵/۱۳ سانتی‌متر) و قطر میوه (به ترتیب ۶/۲۴ و ۶/۱۸ سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول ۱). همچنین بیش‌ترین وزن کل میوه (۵۷۷/۶۷ گرم) نیز در محلول رش و در خوشه اول به‌دست آمد. کم‌ترین وزن کل میوه (۲۶۷/۳۰ گرم)، حجم میوه (۷۰/۰۷ سانتی‌متر مکعب)، طول میوه (۴/۳۲ سانتی‌متر) و قطر میوه (۵/۱۲ سانتی‌متر) در خوشه اول و تیمار آب استخر ماهی مشاهده گردید (جدول ۱). همچنین محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده دارای بیش‌ترین وزن کل میوه (به ترتیب ۴۸۰/۸۴ و ۴۵۶/۰۰ گرم)، قطر میوه (به ترتیب ۶/۲۵ و ۵/۹۹ سانتی‌متر) در خوشه دوم بودند. آب استخر ماهی دارای کم‌ترین وزن کل میوه (۲۴۷/۸۹ گرم) و قطر میوه (۵/۳۳ سانتی‌متر) در خوشه دوم بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که بیش‌ترین وزن کل میوه خوشه دوم در رقم V_4 با میانگین ۴۲۵ گرم مشاهده گردید. همچنین رقم‌های AZ_4 و AZ_5 دارای کم‌ترین وزن کل میوه به ترتیب با ۳۸۰ و ۳۷۵ گرم بودند (شکل ۱۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین مشخص گردید که تیمار آب استخر اصلاح‌شده و تیمار محلول رش در خوشه سوم دارای بیش‌ترین وزن کل میوه (به ترتیب ۴۷۷/۹۳ و ۴۵۶/۴۹ گرم)، حجم میوه (به ترتیب ۱۰۷/۴۷ و ۹۸/۱۵ سانتی‌متر مکعب)، طول میوه (به ترتیب ۵/۶۶ و ۵/۱۱ سانتی‌متر) و قطر میوه (به ترتیب ۶/۸۳ و ۶/۱۹ سانتی‌متر) بودند. همچنین آب استخر ماهی دارای کم‌ترین وزن کل میوه (۲۵۷/۱۸ گرم)، حجم میوه (۷۸/۲۴ سانتی‌متر مکعب)، طول میوه (۴/۸۴

سانتی‌متر) و قطر میوه (۵/۶۹ سانتی‌متر) در خوشه سوم بود (جدول ۲).

در جدول زیر مقایسات میانگین اثرات متقابل محلول غذایی و رقم بر عملکرد گوجه‌فرنگی نشان داده شده است (جدول ۳). همان‌گونه که در جدول نشان داده شده است بیشترین عملکرد بوته در رقم V_4 و محلول رش مشاهده گردید و اختلاف معنی‌داری با رقم V_4 در محلول آب استخر اصلاح‌شده نشان نداد، از طرفی کم ترین میزان محصول در رقم AZ_5 و محلول آب استخر ماهی مشاهده گردید (جدول ۳).

نتایج این آزمایش در ظهور گل‌آذین‌های گوجه فرنگی با نتایج Kaab omeir و همکاران (۲۰۲۰) و Khater و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت داشت. مطابق یافته‌های آن‌ها، وجود مقادیر بالاتر احتمالی فسفر و پتاسیم در آب استخر اصلاح‌شده سبب تسریع در ظهور گلدهی نسبت به تیمار آب استخر ماهی می‌شود و این مورد سبب شده تا آب استخر اصلاح‌شده در مدت‌زمان کوتاه‌تری به گل برسد و فاصله بستر تا اولین گل آذین در کم‌ترین میزان خود باشد. همچنین تعداد روز تا تشکیل گل‌آذین خوشه دوم و سوم در مدت زمان کوتاه-تری نسبت به تیمار آب استخر ماهی اتفاق افتاد و ظهور گل‌آذین‌ها زودتر انجام گردید (Alvares da Silva *et al.*, 2021). بر اساس یافته‌های این پژوهشگران، مقادیر کمتر یون‌های فسفات در آب استخر ماهی سبب گلدهی دیرتر بوته‌های گوجه‌فرنگی می‌شود. چنان‌چه در مواد و روش‌ها اشاره شده است، مقادیر فسفر آب استخر ماهی بسیار ناچیز بود، به‌گونه‌ای که صفر در نظر گرفته شد. به نظر می‌رسد تعداد میوه‌های آب استخر اصلاح‌شده و محلول رش در قیاس با آب استخر ماهی به‌دلیل مقادیر بیشتر یون فسفات افزایش یافته و به همین دلیل افزایش عملکرد در این تیمارها مشاهده گردید.

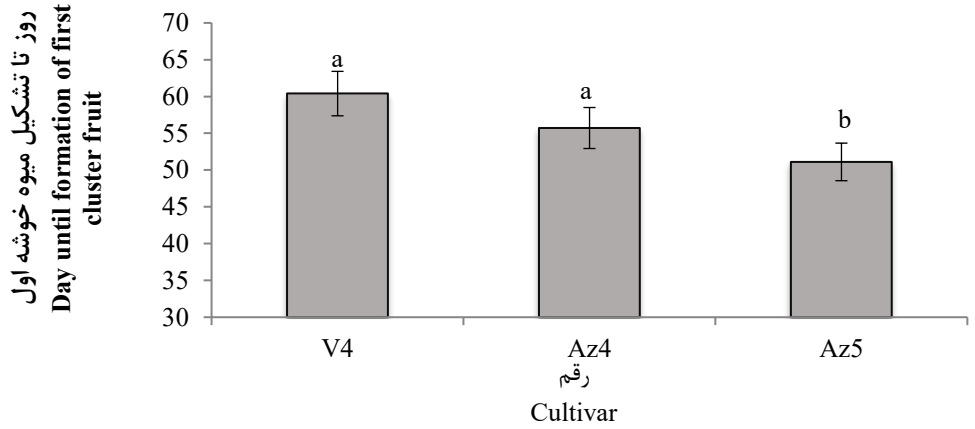
همچنین مطابق یافته‌های Javidi Shirvani و همکاران (۲۰۱۵) متوسط وزن میوه و عملکرد در ارقام مختلف گوجه‌فرنگی متفاوت می باشد.

همچنین مطالعات دیگر نشان داد که استفاده از پساب ماهی به دلیل دارا بودن مقادیر بالای نیتروژن، پتاسیم و منگنز باعث افزایش اندازه میوه فلفل و افزایش عملکرد سیب‌زمینی، سویا و پیاز گردید. گزارش‌های آن‌ها نشان داد که استفاده از این روش سبب افزایش کارایی مصرف آب، کود و کاهش هزینه و مصرف کود می‌شود (Haquea *et al.,* 2016; Abdelraouf, 2019). علاوه بر این، Al-Busaidi و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که افزایش غلظت مواد مغذی به پساب ماهی ازجمله منیزیم، کلسیم، پتاسیم و حتی نیتروژن سبب بیشتر شدن تولید و افزایش عملکرد میوه در گیاهان رشد یافته تحت تأثیر نمک‌های پساب ماهی شده است. افزایش مواد مغذی در تیمار محلول رش و آب استخر اصلاح‌شده، سبب افزایش حجم میوه، طول میوه، قطر میوه و وزن کل میوه شده است و کاهش مواد مغذی در آب استخر ماهی سبب کاهش عملکرد و شاخص‌های کمی میوه در بوته‌های گوجه‌فرنگی گردید. بر اساس مطالعات پژوهشگران، تعداد میوه و عملکرد بیشتر میوه‌های گوجه‌فرنگی رشدیافته در پساب ماهی اصلاح‌شده نشان می‌دهد که علاوه بر مقادیر کودی اضافه شده، وجود یون منیزیم در پساب ماهی از طریق تأثیر بر رنگدانه‌های کلروپلاستی سبب افزایش مقادیر کلروفیل a و b و بهبود پایداری انرژی و نرخ فتوسنتز در گیاهان تحت تیمار می‌شود (Taiz *et al.,* 2015; Alvares da Silva *et al.,* 2022)، همچنین یون کلسیم و پتاسیم موجود در پساب ماهی از طریق کاهش جذب یون سدیم سبب پتانسیل تولید حداکثری در گیاهان و بهبود شاخص‌های کمی و کیفی میوه می‌شود (Al-Busaidi *et al*., 2009; Rubio *et al*., 2009; Alvares da Silva *et al.,* 2022).

استفاده از پساب ماهی در تغذیه گوجه‌فرنگی آلبالویی سبب کاهش تعداد میوه، متوسط وزن و حجم میوه گردید. افزایش شوری بستر، از طریق کاهش پتانسیل اسمزی، جذب آب توسط گیاه را محدود می کند. این محدودیت مستقیماً بر پر شدن میوه‌های

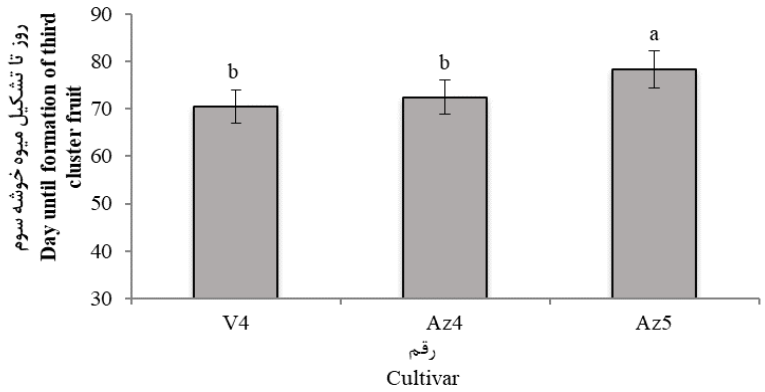
گوجه‌فرنگی تأثیر می‌گذارد (Alvares da Silva *et al.*, 2022). Magan و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند که این کاهش در ابعاد میوه به دلیل کاهش در دسترس بودن آب ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی آب در محلول بستر است که بر تقسیم و طویل شدن سلول‌ها در میوه‌ها تأثیر می‌گذارد و در نتیجه منجر به میوه‌های با متوسط وزن، قطر طولی و قطر عرضی کمتر می‌شود که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

مطابق یافته‌های Alvares da Silva *et al.* (2021) در گوجه‌فرنگی "سانتا کلارا" کاهش درصد سبز شدن و شاخص سرعت سبز شدن تحت تأثیر شوری EC= 4.54 dS/m پساب ماهی مشاهده گردید. علاوه بر اثرات شوری بالا بر تولید میوه و بذر، مشخص گردید که اثرات آن به نسل‌های جدید نیز منتقل می‌شود که از بین رفتن قوه‌نامیه قابل‌توجهی دارند. اثرات شوری می‌تواند فراتر از تولید کم میوه و دانه باشد؛ تعداد دانه‌های گرده، درصد جوانه‌زنی و سرعت رشد لوله گرده به‌طور منفی تحت تأثیر شوری هستند. این تغییرات باعث تشکیل بذر ضعیف و درنتیجه از دست دادن قوه‌نامیه می‌شود. استفاده از این محلول EC بالا، منجر به افزایش غلظت سدیم و کلر و در نتیجه کاهش سطوح پتاسیم و کلسیم در اندام‌های مختلف گیاه ازجمله در اندام‌های زایشی مانند میوه‌ها و دانه‌ها گردید. مطابق اظهارات Alvares da Silva *et al.* (2021) در شرایط تنش شدید نمک، اختلالاتی مانند کاهش فعالیت فتوسنتزی و کاهش فرآیندهایی مانند جذب، انتقال، جذب و توزیع مواد مغذی و افزایش تجمع گونه‌های فعال اکسیژنی 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.



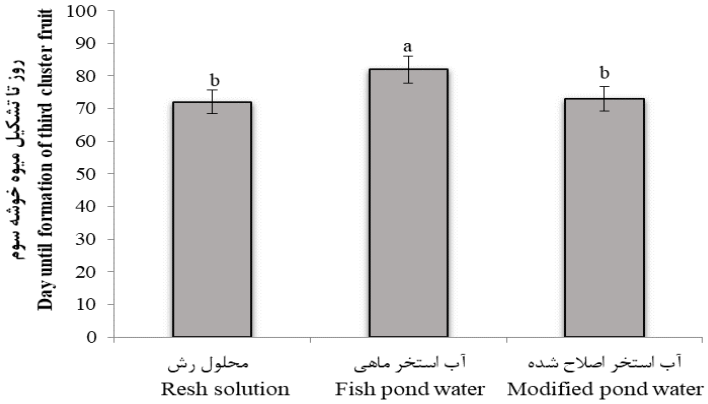
شکل ۹- اثر اصلی رقم بر تعداد روز تا تشکیل میوه خوشه اول گوجه‌فرنگی (ستون‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند).

Figure 9- The main effect of the variety on the number of days until the formation of the fruit of the first cluster of tomato (Columns with same letters have no significant differences at the 5% probability level).



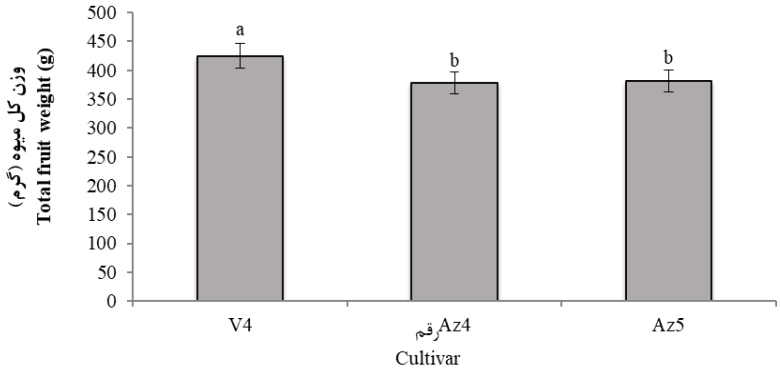
شکل ۱۰- اثر اصلی رقم بر تعداد روز تا تشکیل میوه خوشه سوم گوجه‌فرنگی (ستون‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند).

Figure 10 - The main effect of the variety on the number of days until the formation of the fruit of the third cluster of tomato (Columns with same letters have no significant differences at the 5% probability level).



شکل ۱۱- اثر اصلی نوع محلول غذایی بر تعداد روز تا تشکیل میوه خوشه سوم گوجه‌فرنگی (ستون‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند).

Figure 11 - The main effect of the type of nutrient solution on the number of days until the formation of the fruit of the third cluster of tomato (Columns with same letters have no significant differences at the 5% probability level).



شکل ۱۲- اثر اصلی رقم بر وزن کل میوه خوشه دوم گوجه‌فرنگی(ستون‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند).

Figure 12 - The main effect of the variety on the total weight of the fruit of the second cluster (Columns with same letters have no significant differences at the 5% probability level).

جدول ۱- مقایسه میانگین اثرات اصلی محلول‌غذایی بر ویژگی‌های کمی و کیفی خوشه اول و دوم گوجه‌فرنگی

Table 1- Comparison of the average effects of the main nutrient solution on the quantitative and qualitative characteristics of the tomato of the first and second clusters

تیمارها Treatments	وزن کل میوه خوشه اول Total fruit weight of first cluster (g)	حجم میوه خوشه اول Fruit volume of first cluster (cm^3)	طول میوه خوشه اول Fruit length of first cluster (cm)	قطر میوه خوشه اول Fruit diameter first cluster (cm)	وزن کل میوه خوشه دوم Total fruit weight of second cluster (g)	قطر میوه خوشه دوم Fruit diameter of second cluster (cm)	حجم میوه خوشه دوم Fruit volume of second cluster (cm^3)	طول میوه خوشه دوم Fruit length of second cluster (cm)
محلول رش Resh solution	*577.67 a	97.74 a	5.13 a	6.24 a	480.84 a	6.25 a	96.86 a	5.07 a
آب استخر ماهی Fish pond water	267.30 c	70.07 b	4.32 b	5.12 b	247.89 b	5.33 b	79.08 a	4.89 a
آب استخر اصلاح شده Modified pond water	515.52 b	94.75 a	5.15 a	6.18 a	456.00 a	5.99 a	92.11 a	4.98 a

*میانگین‌های هر ستون با حروف یکسان نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

*The means of each column with the same letters indicate no significant difference based on Duncan's multiple range test (P< 0.05)

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی محلول غذایی بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه خوشه سوم گوجه‌فرنگی

Table 2- Comparing the average of main effects of nutrient solution on the quantitative and qualitative characteristics of the tomato fruit of the third cluster

تیمارها Treatments	وزن کل میوه (گرم) Total fruit weight (g)	حجم میوه (ساتتی‌متر مکعب) Fruit volume (cm^3)	طول میوه (سانتی‌متر) Fruit length (cm)	قطر میوه (سانتی‌متر) Fruit diameter (cm)
محلول رش Resh solution	*456.49 a	98.15 a	5.11 a	6.19 ab
آب استخر ماهی Fish pond water	257.18 b	78.24 b	4.84 b	5.69 b
آب استخر اصلاح شده Modified pond water	477.93 a	107.47 a	5.66 a	6.83 a

*میانگین‌های هر ستون با حروف یکسان نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

*The means of each column with the same letters indicate no significant difference based on Duncan's multiple range test (P< 0.05)

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول غذایی و رقم بر عملکرد گوجه‌فرنگی

Table 3- Comparing the average interaction effects of nutrient solution on yield of tomato

صفت Characteristic	R_1V_4	R_1AZ_4	R_1AZ_5	F_1V_4	F_1AZ_4	F_1AZ_5	M_1V_4	M_1AZ_4	M_1AZ_5
	(g)								
عملکرد Yield	1587.0[a]*	1497.96[ab]	1460.07 [ab]	823.22 [d]	660.84[d]	833.08[d]	1523.53[ab]	1472.01[bc]	1352.81[c]

*میانگین‌های هر ردیف با حروف یکسان نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. R_1= محلول رش، F_1= آب استخر ماهی و M_1= آب استخر اصلاح‌شده

*The means of each row with the same letters indicate no significant difference based on Duncan's multiple range test ($P< 0.05$). R_1= Resh solution, F_1= Fish pond water and M_1= Modified pond water

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اصلاح آب استخر پرورش ماهی احتمالاً از طریق افزایش جذب عناصر غذایی سبب بهبود شاخص‌های رشدی و عملکردی مانند ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ، قطر ساقه، تعداد گره و وزن کل میوه در بوته‌های گوجه‌فرنگی می‌شود. همچنین وجود مقادیر بالاتر احتمالی فسفر و پتاسیم در آب استخر اصلاح‌شده سبب تسریع در ظهور گلدهی نسبت به تیمار آب استخر ماهی شد و این مورد سبب شد تا آب استخر اصلاح‌شده در مدت‌زمان کوتاه‌تری به گل برسد و فاصله بستر تا اولین گل آذین در کمترین میزان خود باشد. بنابراین با توجه به اهمیت ورود سریع‌تر محصولات گلخانه‌ای و خارج از فصل به بازار، استفاده از آب استخر ماهی اصلاح شده می‌تواند به بازاریابی و فروش بهتر میوه‌های گوجه‌فرنگی در بازار مصرف کمک نماید. استفاده از کودهای حاوی عناصر غذایی مانند کلسیم و پتاسیم به منظور اصلاح آب استخر ماهی از طریق اثرگذاری بر طول، قطر، حجم و وزن میوه سبب بهبود شاخص‌های کمی و کیفی میوه در خوشه‌های مختلف گوجه‌فرنگی به ویژه در خوشه سوم گردید. بنابراین استفاده از آب استخر ماهی و اصلاح عناصر غذایی آن با کودهای مرسوم، نه‌تنها سبب کاهش مصرف کود و آب در بخش کشاورزی می‌شود، بلکه می‌تواند نقش موثری در کاهش خطرات زیست‌محیطی و ارتقاء سطح کشاورزی پایدار ایفا نماید.

Refrences

Abdelraouf, R. E. (2019). Reuse of fish farm drainage water in irrigation. *Unconventional water resources and agriculture in egypt*, 393-410. doi:10.1007/698_2017_92

Afkhami, M., Amiri, F., & Tabatabaie, T. (2021). Effect of irrigation with treated wastewater on lead and cadmium accumulations in soil and sweet pepper plant. *Iranian Journal of Health and Environment, 14*(1), 99-114. (In Farsi).

Al-Busaidi, A., Al-Rawahy, S., & Ahmed, M. (2009). Response of different tomato cultivars to diluted seawater salinity. *Asian Journal of Crop Science*, *1*(2), 77-86. doi:10.3923/ajcs.2009.77.86

Alvares da Silva, A., Melo, S. S., Umbelino, B. F., Silva Sá, F. V. D., Da Silva Dias, N., & 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. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v25n6p380-385

Alvares da Silva, A., Da Silva Dias, N., Dantas Jales, G., Costa Reboucas, T., Dantas Fernandes, P., Ferreira Neto, M., Dantas de Morais, P.L., Pereira de Paiva, E., do Santos Fernandes, C. & Silva Sá, F.

V. D. (2022). Fertigation with fish farming effluent at the adequate phonological stages improves physiological responses, production and quality of cherry tomato fruit. *International Journal of Phytoremediation*, *24*(3), 283-292. doi:10.1080/15226514.2021.1935444

Anonymous. (2021). *Agricultural statistics. Ministry of Agriculture. The third volume, horticultural products*. 164 pages. (In Farsi).

Asano, R. & Tchobanoglous, G. (1998). *Small and decentralized wastewater management systems*. Mc Graw Hill, Inc., N.Y.

Atefi, A., & Ghaemi, A. A. (2012). Investigation of the Effect of Irrigation Water Quality, Treated Wastewater and N. P. K Fertilizer Management in Broccoli Cultivation on Soil Chemical Properties. *Journal of water and soil*, *26*(5), 1119-1127. (In Farsi). doi:10.22067/jsw.v1391i0.16930

Chauhan, B. S., Gill, G. S., & Preston, C. (2006). Tillage system effects on weed ecology, herbicide activity and persistence: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *46*(12), 1557-1570. doi:10.1071/EA05291

Chen, S., Wang, Z., Guo, X., Rasool, G., Zhang, J., Xie, Y., & Shao, G. (2019). Effects of vertically heterogeneous soil salinity on tomato photosynthesis and related physiological parameters. *Scientia Horticulturae*, *249*, 120-130. doi:10.1016/j.scienta.2019.01.049

Dias, N. S., Fernandes, C. S., Sousa-Neto, O. N., Silva, C. R., Ferreira, J. F. S., Sa, F. V. S., Cosme, C. R., Souza, A. C. M. S., Oliveira, A. M., & Batista, C. N. O. (2021). Potential agricultural use of reject brine from desalination plants in family farming areas. Saline and Alkaline Soils in Latin America. *Natural Resources, Management and Productive Alternatives,* 101-118. doi:10.1007/978-3-030-52592-7_5

Erfani, A., Haghnia, G., & Alizadeh, A. (2001). Effect of treated household wastewater on yield and quality of tomato. *Agricultural Sciences and Technology Journal, 15*(1), 65-76. (In Farsi)

Faezizadeh, M. R., Alemzadeh Ansari, N., Khaleghi, E. & Albaji, M. (2020). *The effect of two open and close hydroponic systems on some of quantitative and qualitative characteristics of two tomato cultivars*. M.Sc. Thesis. Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. (In Farsi)

Ghaemi, A. A., Salimi, M. H., & Tabarzad, A. (2016). The interaction of fishery effluent and plant residues on the yield and water consumption efficiency of cherry tomatoes under drip irrigation system in the greenhouse. *Journal of Soil and Plant Interactions*, *8*(3), 41-49. (In Farsi). doi:10.29252/ejgcst.8.3.41

Gravel, V., Dorais, M., Dey, D., & Vandenberg, G. (2015). Fish effluents promote root growth and suppress fungal diseases in tomato transplants. *Canadian Journal of Plant Science*, *95*(2), 427-436. doi:10.4141/CJPS-2014-315

Hailu, F. A., Wakjira, M., & Getahun, A. (2018). Fishpond wastewater versus chemical fertilizer on tomato productivity in Jimma, Oromia Region, Ethiopia. *World Journal of Environmental Biosciences*, *7*(4), 82-89.

Haghighi, M., & Mozaffarian, M. (2015). Application of amino acid on growth and development and yield of greenhouse tomatoes and bell peppers. *Journal of Vegetables Sciences*, *1*(2): 59-64. doi:10.22034/iuvs.2015.15372

Haque, M. M., Belton, B., Alam, M. M., Ahmed, A. G., & Alam, M. R. (2016). Reuse of fish pond sediments as fertilizer for fodder grass production in Bangladesh: Potential for sustainable intensification and improved nutrition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *216*, 226-236. doi:10.1016/j.agee.2015.10.004

Javidi Shirvani, M., Alemzadeh Ansari., & Chehrazi, M. (2015). Investigation of some characteristics of Dutch and Russian tomato genotypes and cultivars in Ahvaz. *Journal of Vegetables Sciences, 1*(1), 53-64. doi:10.22034/iuvs.2015.15360

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.doi:10.1007/s40011-019-01155-0

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. doi:10.1016/j.ecoleng.2015.06.010

Kholdebarin, B. & Eslamnejad. T. 2005. *Mineral nutrition in Phanerogams*. Volume II, Second Edition, Shiraz University Press. 404 pages. (In Farsi).

Magan, J. J., Gallardo, M., Thompson, R. B., & Lorenzo, P. (2008). Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. *Agricultural water management*, *95*(9), 1041-1055. doi:10.1016/j.agwat.2008.03.011

Resh, H. M. (1995). *Hydroponic food production. A definitive guidebook of soilless food-growing methods* (No. Ed. 5). Woodbridge press publishing company. doi:10.5555/19960311638

Schmautz, Z., Loeu, F., Liebisch, F., Graber, A., Mathis, A., Griessler Bulc, T., & Junge, R. (2016). Tomato productivity and quality in aquaponics: Comparison of three hydroponic methods. *Water*, *8*(11), 533. doi:10.3390/w8110533

Tabatabaei, M. M., Hojjat, H. Zabli, Kh. Aliarabi H., Saki A. A. & Hojabri F. (2004). The effect of different stages of growth on feeding value of Hamedani alfalfa in the second cutting. *Pajouhesh&Sazandegi*, *67*, 62-67. (In Farsi).

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (No. Ed. 6). Sinauer Associates Incorporated. doi:10.5555/20173165866

Rubio, J. S., Garcia-Sanchez, F., Rubio, F., & Martínez, V. (2009). Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K^+ and Ca^{2+} fertilization. *Scientia Horticulturae*, *119*(2), 79-87. doi:10.1016/j.scienta.2008.07.009

Turhan, A. H. M. E. T. (2020). The effect of saline water application on tomato fruit yield and some quality parameters. *Fresenius Environmental Bulletin*, *29*(6). doi:10.5555/20210098287