


Research Article

Plant Prod., 2022, 44(4), 601-612
<http://plantproduction.scu.ac.ir/>

ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Evaluation of Different Irrigation Levels and Media on Growth Properties of Cut Rose (*Rosa hybrida* cv. Samurai) under Soilless Culture Conditions

Mahin Alboghobeish^{1*} , Ali Tehranifar², Majid Zargarian³, Ali Dolatkhahi⁴

- 1- ***Corresponding Author:** M.Sc. of Horticultural Sciences, Department of Horticultural Science and Landscape, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran (mahin.alboghobeish@gmail.com)
- 2- Professor, Department of Horticultural Science and Landscape, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
- 3- Instructor, Department of Horticultural Science and Landscape, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
- 4- Graduate of Horticultural Science, Department of Horticultural Science and Landscape, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Citation: Alboghobeish, M., Tehranifar, A., Zargarian, M., & Dolatkhahi, A. (2022). Evaluation of different irrigation levels and media on growth properties of cut rose (*Rosa hybrida* cv. Samurai) under soilless culture conditions. *Plant Productions*, 44(4), 601-612.

 10.22055/PPD.2021.32029.1858

Received: 25 December 2019

Accepted: 4 November 2020

Abstract

Introduction

Rose is one of the most important ornamental plants that is widely cultivated in many countries. The optimal growth and development of commercial cut rose varieties is essential to supply water needed for plants. If the water level is reduced at different stages of production, it can have damaging effects on the vegetative properties of the cut rose. Therefore, accurate estimation of water requirement and adaptation of irrigation program based on water requirement of the plant and its growth conditions can improve water use efficiency, avoid stress and control production.

Materials and Methods

In order to evaluate different levels of irrigation requirement in combination with crop media on vegetative characteristics of rose CV. Samurai, a greenhouse experiment was conducted as split plot based on randomized complete block design with four replications in greenhouse conditions of Ferdowsi University of Mashhad. The needed irrigation of the plant 120%, 100%, 80%, 60% and sub plot consisted of three different substrate levels (Perlite, perlite_cocopeat 1:3, perlite_Vermiculite 1:3). The traits included a stem length, branch diameter, flower bud length and



diameter, fresh and dry weight of flower bud, number of flowering branches, chlorophyll a, b, relative leaf water content (RWC).

Results and Discussion

Results revealed that among the experimental treatments, water stress treatment had significant effect on all measured traits except flower bud length. However, culture medium treatment and interaction of media water stress did not affect all measured physiological and biochemical parameters except for branch length and flower bud diameter. The results of this experiment showed that the 120% and 100% water regimes significantly increased the measured physiological and biochemical traits (shoot length, fresh and dry weight of flower shoot, shoot diameter, number of shoots, RWC, chlorophyll a) included in this study. However, the 60% aqueous regime had adverse effects on the parameters considered while the highest amount of chlorophyll b was obtained in the 60% aqueous regime. In the present study, the results indicate that water stress has adverse effects on all vegetative characteristics of cut roses, therefore, it is suggested that the aquatic requirement of the plant be accurately estimated in order to achieve high quality roses. Also, the flower bud length traits are not significant at water stress levels, because plant roots are in close contact with water under cultivated conditions and respond to water stress by improving the electrical conductivity in the plant. Therefore, it is recommended that due to the negative effects of water stress on the quantitative and qualitative traits of rose, special attention should be paid to the problem of accurate estimation of water requirement and optimal water supply. Therefore, it is important to improve the vegetative and physiological traits of roses in non-soil conditions using appropriate cultivation for future studies in order to achieve desirable results.

Conclusion

Optimal water supply results in improved vegetative and physiological traits in the plant. Therefore in no-tillage conditions of rose samurai, 100% (control) and 120% irrigation requirement are recommended as the most appropriate levels of irrigation regime in Mashhad region.

Keywords: Chlorophyll, Qualitative Indicators, Water stress

ارزیابی سطوح مختلف آبیاری و بستر کشت بر شاخص‌های رشد گل رز شاخه بریده (*Rosa hybrida cv. Samurai*) در شرایط کشت بدون خاک

مهین آلبوغییش^{۱*}، علی تهرانی فر^۲، مجید زرگریان^۳، علی دولتخواهی^۴

- ۱- *نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران (mahin.alboghobeish@gmail.com)
- ۲- استاد، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد ایران
- ۳- مربی آموزشی، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران
- ۴- دانش‌آموخته دکتری علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۴

چکیده

به منظور ارزیابی سطوح مختلف آبیاری و بستر کشت بر شاخص‌های رشد گل رز شاخه بریده رقم سامورایی در شرایط کشت بدون خاک، این پژوهش به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه‌ی طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارها در این پژوهش شامل چهار سطح رژیم آبی (۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبیاری) به عنوان کرت اصلی و سه بستر کشت (پرلیت، پرلیت-کوکوپیت با نسبت حجمی ۳:۱ و پرلیت-ورمی کولیت با نسبت حجمی ۳:۱) به عنوان کرت فرعی بودند. نتایج آزمایش نشان داد که، گیاهان واقع در رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد (شاهد) و ۱۲۰ درصد به دلیل فراهم شدن میزان بهینه آب مصرفی و عناصر غذایی کافی، عملکرد بهتری از نظر طول شاخه گل، وزن تر و خشک شاخه گل، قطر ساقه و قطر غنچه گل، تعداد شاخه گل برداشت شده، محتوای نسبی آب برگ و محتوای کلروفیل a نسبت به گیاهان واقع در شرایط تنش آبی دارا بودند؛ این در حالی است که تنش آبی بر صفت طول غنچه گل متاثر نشد. هم‌چنین اثر بستر کشت بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به استثنای طول شاخه معنی‌دار نشد. علاوه بر این بر هم‌کنش تیمار رژیم آبی در بستر کشت بر هیچ یک از صفات اندازه‌گیری شده به جز قطر غنچه گل، اثر معنی‌داری نداشت. به‌طور کلی تأمین بهینه آب مصرفی منجر به بهبود صفات رویشی و فیزیولوژیکی در گیاه شد؛ بنابراین در شرایط کشت بدون خاک گل رز رقم سامورایی، تیمار ۱۰۰ درصد (شاهد) و ۱۲۰ درصد نیاز آبیاری به عنوان مناسب‌ترین سطوح رژیم آبی در شرایط اقلیمی مشهد پیشنهاد می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: تنش آبی، شاخص‌های کیفی، کلروفیل

مقدمه

دوره‌ی گلدهی طولانی، هم‌چنین تنوع در ارقام جهت تزئین و سهم عمده در تجارت در سطح جهانی جزء گل‌های رده دوم و سوم قرار دارد (Dolatkhahi et al., 2013; Jalalvandi et al., 2016). با توجه به محدود

گل رز متعلق به خانواده رزاسه از مهم‌ترین و محبوب‌ترین گل‌های بریدنی در میان مردم جهان می‌باشد که به دلیل داشتن ویژگی‌هایی از قبیل پایداری،

ناحیه‌ی ریزوسفر جلوگیری به عمل آید (Stockle, 2001). نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان می‌دهد، تخمین میزان نیاز آبی گیاه به علاوه تقسیط و تحویل آن در نوبت‌های متعدد منجر به افزایش میزان رطوبت بستر شده و با قرار دادن گیاه در شرایط مناسب فعالیت فتوسنتزی و رشد، سبب افزایش میزان عملکرد آن شد (Raviv and Blom, 2001). به‌طور کلی کاهش میزان آب در مراحل مختلف تولید گل رز، منجر به بروز اثرات سوء بر ویژگی‌های رویشی از جمله کاهش اندازه گیاه، متوقف شدن رشد برگ‌ها، کاهش سطح فتوسنتزکننده، کاهش رشد اندام هوایی و کاهش تولید ماده خشک و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (Payero et al., 2006). ظرفیت نگهداشت آب، مقدار آبی است که بستر کشت بعد از خروج آب ثقلی، دارا می‌باشد؛ بدین جهت برای جلوگیری از کمبود آب ظرفیت نگه‌داشت آب باید ۳۰ الی ۵۰ درصد حجمی در نظر گرفته شود (Mercurio, 2007). هم‌چنین با توجه به ویژگی‌های فیزیکی بستر کشت، میزان آب آبیاری، دفعات آبیاری و مدت زمان آبیاری تعیین می‌گردد (Maloupa et al., 2001). رشد گیاه و تولید محصول به‌طور مستقیم و غیر مستقیم متأثر از بستر کشت است (Verdonck et al., 1983)، از این رو، گزینش بستر کشت مناسب، از عوامل بسیار مهم در تولید محصولات گلخانه‌ای می‌باشد (Olle et al., 2012; Olympios, 1995). در تولید و پرورش رز گلخانه‌ای از محیط‌های کشت مختلفی (معدنی و آلی و ...) از جمله، پرلیت، کوکوپیت یا مخلوطی از آن‌ها در بسیاری از گلخانه‌ها استفاده می‌شود (Ghassareh and Kafi, 2012). پرلیت ماده‌ای سبک، سفید و پر منفذ می‌باشد که از نوعی سنگ آتشفشانی که دارای سیلیکات آلومینیم است، تهیه می‌گردد (Mercurio, 2007). این ماده اغلب به تنهایی یا در ترکیب با دیگر بسترهای کشت به کار می‌رود. ظرفیت تبادل کاتیونی در این ماده کم اما قدرت بافری بالایی دارد (Raviv et al., 2001). یکی دیگر از بستر کشت متداول در کشت بدون خاک، کوکوپیت

بودن منابع آبی مناطق خشک و نیمه خشک و مصرف بیشتر آب در بخش کشاورزی؛ در سال‌های اخیر استفاده از شیوه‌های نوین در تولید از جمله بهینه‌سازی مصرف آب در سیستم‌های کشت گلخانه‌ای به‌عنوان راهکاری مؤثر در افزایش کارایی مصرف آب و تولید انبوه مورد توجه ویژه‌ای واقع شده و در حال گسترش است. از آنجا که در سیستم‌های کشت بدون خاک باز، ظرفیت نگهداشت آب بستر کم و حجم ریشه محدود است؛ عدم تعیین نیاز بهینه آبیاری منجر به بروز تنش آبی در گیاه می‌شود. بنابراین با توجه به ویژگی‌های فیزیکی بستر تخمین و تقسیط میزان نیاز آبی روزانه گیاه در طول روز ضرورت می‌یابد. علاوه بر این میزان دفعات آبیاری رزهای گلخانه‌ای اغلب به‌صورت تجربی و بر اساس یک میزان تعیین شده توسط تولیدکنندگان رز انجام می‌پذیرد. از اینرو عدم آگاهی تولیدکنندگان از نیاز واقعی گیاه، می‌تواند منجر به هدر رفت آب و گاهاً موجب بروز تنش آبی در گیاهان شود. لذا بهینه‌سازی نیاز آبیاری در کشت‌های بدون خاک یکی از پارامترهای مؤثر در تولید عملکرد حداکثری و افزایش کارایی مصرف آب محسوب می‌شود (Raviv and Blom, 2001). از عمده مشکلات مهم تولید گل‌های شاخه بریده، عملکرد پایین و کیفیت نامطلوب محصولات به دلیل عدم تأمین بهینه آب مورد نیاز گیاه می‌باشد (Hashemabadi and Zarchini, 2000). در بیشتر گیاهان، زمانی می‌توان انتظار حداکثر عملکرد داشت که فشار تورژسانس سلولی در طول دوره‌ی رشد گیاه به دلیل در دسترس بودن آب مورد نیاز زیاد باشد (Lieth and Burger, 1989). تنها اگر فشار تورژسانس سلولی به مقدار کمی کاهش یابد؛ این امر باعث کاهش رشد و از بین رفتن استحکام دیواره سلولی و به تبع آن کاهش شاخص‌های رشدی در گیاه می‌شود (Lieth and Burger, 1989). علاوه بر این تأمین بهینه آب متناسب با نیاز آبی گیاهان برای رشد و نمو آن‌ها در سیستم‌های کشت بدون خاک، باید به گونه‌ای فراهم گردد که از تجمع املاح در

می باشد که از ذرات پوسته نارگیل، خرده‌های بزرگتر و فیبر پوست نارگیل تشکیل شده است. پوسته نارگیل به تنهایی برای پرورش رز مناسب نمی باشد و بهتر است که به صورت ترکیبی با مواد دانه بندی شده مورد استفاده قرار گیرد (Mercurio, 2007). استفاده از کوکوپیت در بستر کشت منجر به افزایش pH بستر کشت می شود؛ هم چنین دارای ظرفیت نگهداری بالای آب و حاوی مواد غذایی فراوان می باشد (Raviv at al., 2001). ورمی کولایت ماده دیگر است که در بستر کاشت استفاده می شود. ورمی کولیت به صورت لایه های متبلور و از نوع سیلیکات آلومینیوم، منیزیم آبدار می باشد که قابلیت نگهداشت آب و ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارد (Hashemi Majd et al., 2004). ورمی کولیت یک خاک معدنی ثانویه می باشد که به طور طبیعی منجر به جذب آمونیوم و پتاسیم و آزاد شدن منیزیم می شود؛ این بستر کشت به طور معمول با خاک به کار نمی رود زیرا موجب فشردن بستر و کاهش تهویه در آن می شود (Ghassareh and Kafi, 2012). از این رو این پژوهش با هدف بررسی سطوح مختلف رژیم آبی و بسترهای مختلف کشت بر ویژگی های کیفی و کمی گل رز بریدنی صورت گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش در سال های ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در طول جغرافیایی ۳۶°۵۹' و عرض جغرافیایی ۲۰°۳۶' و با ۱۰۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا، به اجرا در آمد. دما و رطوبت گلخانه به وسیله سنسورهای متصل به سیستم مرکزی گلخانه ثبت شد. در طول دوره آزمایش (پاییز و زمستان ۱۳۹۷ و بهار و تابستان ۱۳۹۸) میانگین بیشینه دمای محیط در روز ۲۷ درجه سانتی گراد و در شب ۱۸ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۰ درصد تنظیم شد. سیستم سرمایشی برای فصول گرم سال در گلخانه از نوع فن و پد و سیستم گرمایش برای فصول سرد سال از نوع سیستم آب گرم بود. این آزمایش به صورت کرت های خرد شده بر پایه ی طرح بلوک کامل

$$E = T_r / (1 - D)$$

که در این فرمول، D میزان آب زهکش شده و T_r تعرق محصول بر اساس میلی متر در روز بود. جهت تأمین میزان بهینه آب مصرفی برای گیاه در رژیم آبی ۱۰۰ درصد (شاهد) میزان زهکش (D) ۲۰ درصد در نظر گرفته شد. تعرق محصول نیز بر اساس روابط زیر تعیین شد:

$$T_r = \lfloor R_{GO}$$

$$\lfloor = K_c \tau \alpha / \lambda$$

که K_c ضریب محصول (۰/۸)، τ ضریب انتقال از پوشش گلخانه، R_{GO} شدت نور در متر مربع، α ضریب تبخیر (۰/۶) و λ گرمای نهان تبخیر آب (2450 kJ/kg) می باشد (Katsoulas at al., 2006; Dolatkhahi et al., 2018).

سه نوع بستر کشت مختلف (پرلیت، پرلیت-کوکوپیت ۳:۱، پرلیت-ورمی کولیت ۳:۱) به کار رفته در این پژوهش به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد؛ در این پژوهش بوته های رز شاخه بریده رقم Samurai (نافراز گرا) پیوند شده بر پایه ناتال برابر در گلدان های ۴ لیتری پلاستیکی کشت شدند. به منظور استقرار گیاه و جلوگیری از ورود تنش به گیاه در مراحل اولیه ی رشد، سه روز ابتدایی کشت با آب معمولی آبیاری گردید و پس از آن به مدت یک هفته با محلول غذایی ۱/۲ دی هوگک محلول دهی شدند. محلول دهی به صورت کود آبیاری و به شیوه دستی در هشت نوبت در روز انجام گرفت به گونه ای که محلول غذایی به طور مستقیم در پای گیاه وارد شد. شایان توجه است که غلظت عناصر غذایی در سطوح مختلف رژیم آبی ثابت اما میزان آب دریافتی متفاوت بود. بعد از ۳۵ روز از کشت گیاهان، عملیات خمش (bending) شاخه از بالای سومین گره از قسمت پایین ساقه جهت به دست آوردن گل هایی با کیفیت بر آن صورت گرفت. همزمان با انجام عملیات خمش شاخه، تیمار رژیم آبی با استفاده از

$$B(\text{mg/g}) = 27/05_{A653} - 11/21_{A666}$$

$$A(\text{mg/g}) = 15/65_{A666} - 7/340_{A653}$$

به منظور تعیین درصد محتوای نسبی آب برگ‌ها (RWC)، یک گرم از نمونه تازه وزن شد، سپس بافت به قطعات کوچک یک سانتی‌متری تقسیم و وزن شد (FM) و درون پتری دیش حاوی آب مقطر ریخته و در مکانی تاریک به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد سپس آب روی نمونه‌ها را به آرامی خشک نموده و دوباره توزین شد (TM). نمونه داخل پتری‌دیش گذاشته شد و درون آون به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و وزن خشک نمونه (DM) به دست آمد. در نهایت درصد محتوای نسبی آب از رابطه زیر محاسبه شد (Shariat and Assareh, 2008):

$$RWC (\%) = ((FM-DM)/(TM-DM)) \times 100$$

در طول دوره آزمایش تعداد شاخه‌های گل برداشت شده از هر بوته شمارش شدند و از مجموع شاخه‌های گل برداشت شده، عملکرد محصول در هر بوته به دست آمد. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار Minitab 17 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون Bonferroni در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با استفاده از Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده رژیم آبی بر طول شاخه، وزن تر و خشک شاخه گل، قطر ساقه، تعداد شاخه گل برداشت شده، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد و بر قطر غنچه گل و کلروفیل b در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار داشت، در حالی که بر طول غنچه گل اثر معنی‌دار نداشت. هم‌چنین اثر ساده بستر کشت بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به استثنای طول شاخه معنی‌دار نشد. علاوه بر این بر هم‌کنش تیمار رژیم آبی در بستر کشت بر هیچ یک از صفات اندازه‌گیری شده به جز قطر غنچه گل، اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۱).

فرمول ذکر شده بعد از محاسبه میزان نیاز آبی برای هر سطح اعمال شد. در طول مدت کشت از محلول غذایی بر اساس ترکیب (DeHoog (2001)، عناصر پر مصرف میلی‌مول بر لیتر: $1/25 \text{ Mg}^{2+}$ ، $11/25 \text{ NO}_3^-$ ، $1/25 \text{ NH}_4^+$ ، 2 Ca^{2+} ، $1/2 \text{ H}_2\text{PO}_4^-$ ، $0/5 \text{ SO}_4^{2-}$ و 4 K^+ و عناصر کم مصرف میکرومول بر لیتر: 25 Fe^{2+} ، 5 Mn^{2+} ، 20 B ، $3/5 \text{ Zn}^{2+}$ ، $0/5 \text{ Mo}$ ، $0/75 \text{ Cu}^{2+}$)، که بین تولیدکنندگان معمول است، استفاده شد. به منظور تهیه محلول غذایی ابتدا در آزمایشگاه نمک‌ها با غلظت از پیش تعیین شده به صورت استوک تهیه شدند، سپس هنگام استفاده در گلخانه در بشکه‌های مدنظر به حجم رسانده شد. pH محلول غذایی نیز با اضافه نمودن اسید نیتریک بین $5/8$ تا $6/5$ و هدایت الکتریکی آن بسته به فصول مختلف سال بین $1/6$ تا 2 تنظیم شد. کنترل و اصلاح pH و EC محلول غذایی ورودی و خروجی به طور مرتب در طول دوره آزمایش صورت پذیرفت؛ در نهایت ویژگی‌های رویشی طول شاخه (توسط خط کش)، قطر ساقه و دمگل، طول و قطر غنچه گل، هنگامی که غنچه گل روی ساقه تکامل یافت و گل‌ها به صورت نیمه‌باز (آماده ارائه به بازار) شدند با استفاده از کولیس دیجیتال (بر حسب میلی‌متر) اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری وزن تر و خشک گل، بعد از برداشت نمونه‌ها وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و وزن خشک آن‌ها با استفاده از ترازو دیجیتال با دقت $0/0001$ توزین شد. به منظور اندازه‌گیری محتوای کلروفیل $0/2$ برگ تازه را خرد کرده و در هاون چینی سائیده سپس 10 میلی‌لیتر متانول 96 درصد به آن اضافه کرده و آن را به صورت توده یکنواخت در آورده (در محیط خنک و کم نور) سپس مخلوط حاصله سانتریفیوژ (دور 2500 به مدت 10 دقیقه) شد، و میزان جذب محلول رویی با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج 666 ، 653 نانومتر خوانده شد و مقدار کلروفیل a و b با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (Rahdari and Sadegh Hassani, 2011).

Table 1. Results of variance analysis of measured traits in cut rose (Rosa hybrida cv. Samurai)

S.O.V	DF	Mean square									
		Chlorophyll b	Chlorophyll a	RWC	Number of flower shoot	Stem diameter	Bud length	Bud diameter	Shoot dry weigh	Shoot fresh weigh	Shoot length
Replication	3	386.7 ^{ns}	3805.5 ^{**}	926 ^{*8}	0.83 ^{**}	0.41 ^{**}	20.63 ^{**}	16.18 [*]	0.31 ^{ns}	103.55 ^{**}	139.03 ^{**}
Water regimes	3	2044.5 [*]	3937.1 ^{**}	2645.3 ^{**}	9.38 ^{**}	9.36 ^{**}	9.13 ^{ns}	16.94 [*]	58.75 ^{**}	400.29 ^{**}	622.95 ^{**}
Main Error	9	2046.5	1422.3	953	2.03	3.45	25.58	15.60	26.62	124.91	116.42
Culture medium	2	322.0 ^{ns}	607.1 ^{ns}	195.0 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.09 ^{ns}	1.00 ^{ns}	0.73 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.40 ^{ns}	57.85 [*]
Water regimes × culture medium	6	118.07 ^{ns}	323.7 ^{ns}	171.7 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.88 ^{ns}	8.44 [*]	0.72 ^{ns}	0.83 ^{ns}	5.86 ^{ns}
Error	24	218.5	264.9	191.4	0.11	0.05	1.06	4.77	0.79	4.13	14.82

ns, ** and * non- signification, signification at 1 and 5 %.

گل‌های شاخه بریده به‌عنوان یک هدف عمده به شمار می‌رود (Urban et al., 1995). در تأیید نتایج این آزمایش (Katsoulas et al., 2006) گزارش کردند که گیاهان واقع در شرایط تنش ناشی از کمبود آب ساقه‌های کوتاه‌تری نسبت به گیاهان واقع در شرایط بهینه آبی تولید کردند. نتایج این پژوهش با نتایج (Gholami et al., 2019) در خصوص افزایش طول شاخه گیاه زیتون در اثر افزایش میزان آب آبیاری مطابقت داشت.

وزن تر و خشک شاخه گل

وزن تر و خشک شاخه گل، معیاری برای سنجش درجه استحکام و طول عمر شاخه گل می‌باشد. مطابق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها تنش کم آبی، منجر به کاهش وزن تر و خشک شاخه گل گردید. به‌طوری که سنگین‌ترین وزن تر شاخه گل به رژیم آبی ۱۰۰ درصد و کمترین وزن تر شاخه گل به رژیم آبی ۶۰ درصد تعلق داشت. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، با افزایش سطح تنش آبی، میزان وزن خشک شاخه‌های گل کاهش پیدا کرد؛ به گونه‌ای که گیاهان متعلق به رژیم آبی ۱۲۰ درصد بیشترین میزان وزن خشک شاخه گل و گیاهان متعلق به رژیم آبی ۶۰ درصد کمترین وزن خشک شاخه گل را دارا بودند (جدول ۲). اولین نشانه‌های ناشی از تنش کمبود آب، از طریق کاهش فشار تورژسانس سلولی (آماس)، پژمردگی، کاهش هدایت روزنه‌ای، و به تبع آن کاهش رشد و توسعه اندام‌های

طول شاخه

دارای ارزش اقتصادی متوسط و شاخه‌هایی با طول بیش از ۶۰ سانتی‌متر به‌عنوان شاخه‌های باکیفیت به شمار می‌روند (Katsoulas et al., 2006). نتایج مقایسه میانگین طول شاخه نشان داد در تیمار تنش آبی ۶۰ درصد این پارامتر به شدت کاهش یافت و در صورت افزایش میزان نیاز آبی گیاه منجر به افزایش طول شاخه گیاه شد؛ به‌طوری که بیشترین طول شاخه مربوط به رژیم آبی ۱۰۰ درصد بود، اگر چه از لحاظ آنالیز آماری بین تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۲). در بین بسترهای مختلف کشت نیز بستر کشت ترکیبی پرلیت + ورمیکولیت بیشترین طول شاخه را به خود اختصاص داد (شکل ۱). بستر کشت ورمی کولیت نیز به دلیل داشتن قابلیت نگه‌داشت آب و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا در بهبود صفات رویشی از جمله طول شاخه مؤثر بود. رشد و افزایش طول شاخه در گیاهان وابسته به‌طویل شدن سلول‌ها می‌باشد که به‌طور معمول سلول‌ها به کمبود آب حساسیت بالایی را نشان می‌دهند. اغلب تحقیقات نشان داده است که تقسیم سلولی در مقایسه با رشد سلول‌ها به تنش کم آبی حساسیت کمتری را نشان می‌دهند بنابراین رشد سلول‌ها اولین فرایندی است که تحت تأثیر کم آبی قرار می‌گیرد (Munns and Tester, 2008; Kim and Lieth, 2004). از این رو نگره- داشتن محتوای آبی گیاهان به میزان بالا، برای تولیدکنندگان

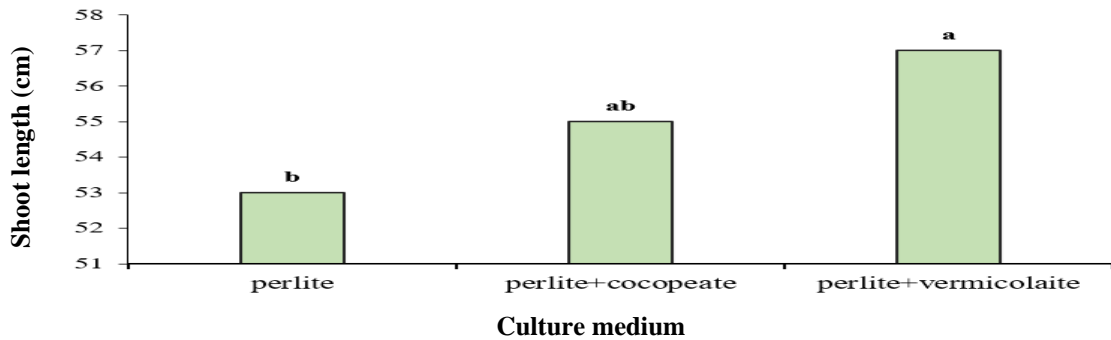


Figure 1. the effect of cultivation bed on flowering length

Table 2. Mea comparison of Different levels of water regimes on some evaluated attributes on (*Rosa hybrid samurai L.*)

Water regimes	Chlorophyll b	Chlorophyll a	RWC (%)	Number of flower	Stem diameter (mm)	Bud diameter	Stem dry weigh	Stem fresh weigh (g)	Stem length (cm)
60%	83.93 ^a	34.78 ^b	75.51 ^b	2.50 ^b	5.48 ^c	32.85 ^b	7.90 ^b	25.05 ^c	49.40 ^b
80%	62.45 ^{ab}	47.29 ^{ab}	70.42 ^b	4.33 ^a	6.01 ^{bc}	34.15 ^{ab}	8.68 ^b	30.09 ^{bc}	47.60 ^b
100%	52.69 ^b	78.07 ^a	73.81 ^b	3.75 ^a	6.60 ^{ab}	34.78 ^{ab}	9.79 ^b	38.03 ^a	61.22 ^a
120%	66.63 ^{ab}	52.73 ^{ab}	102.64 ^a	4.41 ^a	7.54 ^a	35.68 ^a	12.93 ^a	35.45 ^{ab}	60.60 ^a

قطر غنچه گل

در خصوص تنش آبی بر قطر غنچه گل نتایج نشان داد گل‌های رشد یافته در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبیاری قطر غنچه گل بزرگتری داشتند و سطح ۶۰ درصد نیاز آبیاری کمترین قطر غنچه گل را به خود اختصاص داد، هم‌چنین در رابطه با اثر متقابل رژیم آبی در بستر کشت نتایج نشان داد بیشترین قطر غنچه گل مربوط به تیمار ۱ درصد نیاز آبی و بستر کشت پرلیت خالص بود (شکل ۲). به نظر می‌رسد کاهش تخلخل در بسترهای کشت ترکیبی پرلیت + کوکوپیت و پرلیت + ورمی کولیت باعث شده است ریشه گیاهان در معرض کمبود اکسیژن قرار بگیرد و در نتیجه رشد طولی گیاه به دلیل محدودیت در جذب آب و مواد غذایی کاهش یابد. افزایش قطر غنچه گل در بستر کشت پرلیت خالص ممکن است به دلیل داشتن تخلخل بالا و به تبع آن میزان اکسیژن بیشتر در فضای ریشه نسبت به دیگر بسترهای کشت بکار رفته در این پژوهش باشد. این امر می‌تواند بر جذب یون‌هایی که توسط سلول‌های ریشه به صورت انتقال فعال صورت

رویشی گیاه از قبیل ساقه و برگ‌ها، کاهش تقسیم سلولی و افزایش حجم سلول‌ها و در نتیجه کاهش سطح برگ گیاه و به تبع آن موجب کاهش در میزان فتوسنتز و اجزای رشد رویشی (تولید زیست‌توده) می‌شود، نمایان می‌گردند (Hanks, 1974)؛ به‌علاوه کاهش رشد رویشی گیاهان واقع در تنش آبی، از طریق فرایند تقلیل محتوای نیتروژن و فعالیت آنزیم نیترات‌ردو کناز، رخ خواهد داد (Gorbe, 2009). (Sanchez, 2006). Katsoulas et al. در بررسی خود روی گل رز بریدنی، گزارش دادند که تیمار آبیاری بر وزن تر و خشک شاخه گل تأثیرگذار بوده است؛ به گونه‌ای که با کاهش میزان آب مورد نیاز گیاه وزن تر و خشک آن نیز کاهش یافت. یافته‌های (Dolatkhahi et al., 2018) بیانگر این بود که وزن تر و خشک شاخه گل تحت تأثیر تیمار تنش آبی قرار گرفت، به گونه‌ای که گیاهان رشد یافته در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد بیشترین وزن تر و خشک شاخه گل را دارا بودند. این در حالی بود که گیاهان واقع در تیمار آبیاری ۵۰ درصد کمترین میزان وزن تر و خشک شاخه گل را به خود اختصاص دادند.

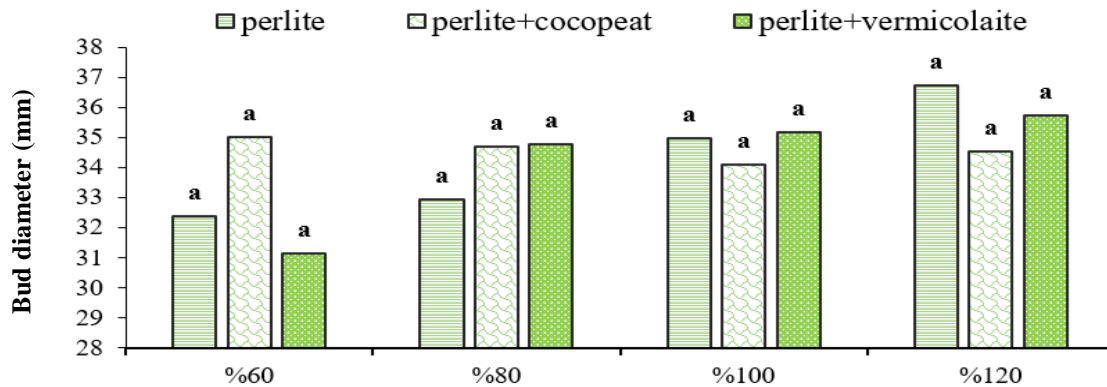


Figure 2. the interaction of water regime in the culture medium on bud diameter

افزایش شدت تنش حاکم بر گیاه تعداد شاخه گل برداشت شده کمتر شد، اما افزایش میزان نیاز آبی گیاه توانست اثر تنش را کاهش دهد؛ به طوری که بیشترین عملکرد در سطح ۱۲۰ درصد نیاز آبیاری حاصل شد (جدول ۲). در شرایط تنش کم آبی، کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی به دلیل کاهش مقدار آب در سلول‌های مزوفیلی اتفاق می‌افتد؛ به علاوه، کلروپلاست‌ها نیز دچار تغییرات فراوانی می‌شوند، که در نهایت منجر به کاهش میزان فتوسنتز در گیاه می‌شود (Fracheboud and Leipner, 2003) که این امر باعث کاهش رشد رویشی و نهایتاً کاهش عملکرد می‌گردد (Bolla et al., 2010). (Bolla et al., 2010) در پژوهش خود گزارش کردند که عملکرد گیاه و تعداد شاخه گل برداشت شده تحت تأثیر تنش آبی قرار گرفت، به طوری که گیاهان واقع در تیمار تنش آبی ۶۷ درصد نیاز آبی، تعداد شاخه گل برداشت شده کمتری داشتند. علاوه بر این، Katsoulas et al. (2006) بیان کردند که گیاهان واقع در شرایط تنش کم آبی تعداد شاخه گل کمتری تولید کردند. در تأیید یافته‌های این آزمایش (Dolatkahi et al. 2018) گزارش کردند که تعداد شاخه‌های ممتاز به طور معنی‌داری متاثر از تنش آبی بود به طوری که بیشترین تعداد شاخه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد.

محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ (RWC) معیاری جهت ارزیابی وضعیت آب در گیاه می‌باشد (Dolatkahi et al., 2018). در این مطالعه، تغییر در میزان RWC به واسطه تنش آبی اعمال شده به وضوح مشهود بود؛ به طوری که نتایج

می‌گیرد مؤثر بوده و در نتیجه با افزایش میزان جذب یون‌ها از محیط ریشه به بزرگتر شدن قطر غنچه گل کمک نماید (Mercurio, 2007).

قطر شاخه گل‌دهنده

مطابق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها تنش کم آبی سبب کاهش قطر شاخه گل‌دهنده شد. بیشترین سیر نزولی قطر شاخه مربوط به رژیم آب ۶۰ درصد و بعد از آن به ترتیب در رژیم آبی ۸۰ درصد قرار داشت. افزایش میزان نیاز آبی اثر تنش در گیاه را کاهش داد و موجب بهبود قطر شاخه شد، به گونه‌ای که بیشترین قطر شاخه در رژیم آبی ۱۲۰ درصد مشاهده شد (جدول ۲). به نظر می‌رسد گیاه به منظور مقابله با شرایط حاصل از تنش کمبود آب، با ارسال مواد فتوسنتزی بیشتر به ریشه‌ها جهت حفظ نسبی رشد آن‌ها و افزایش نسبت ریشه‌ها به سایر اندام‌ها منجر به تجمع کمتر مواد در ساقه می‌شود در نتیجه در اثر افزایش تنش کم آبی کاهش قطر ساقه به مقدار بیشتر مشهود می‌باشد (Per et al., 2017; Singh et al., 2015; Tang et al., 2017; Gill and Tuteja, 2010; Atkinson and Urwin, 2012; Sharma et al., 2012; Scandalios, 2005). (Dolatkahi et al. 2018) در بررسی خود روی گل رز، اذعان داشتند که تنش آبی بر قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ به گونه‌ای که با افزایش شدت تنش حاکم بر گیاه اندازه قطر شاخه کاهش یافت؛ که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت.

تعداد شاخه گل برداشت شده

نتایج بررسی اثر تنش آبی بر عملکرد نشان داد با

نشان داد تنش کم آبی (۶۰ درصد نیاز آبیاری) سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ در گیاه شد (جدول ۲). کاهش هدایت روزنه‌ای منجر به کاهش محتوای نسبی آب برگ‌ها می‌شود؛ به گونه‌ای که کاهش هدایت روزنه‌ای از طریق بسته شدن روزنه‌ها به دلیل کاهش پتانسیل آب برگ در شرایط تنش کمبود آب رخ می‌دهد، که نهایتاً منجر به کاهش محتوای نسبی آب برگ‌ها می‌شود. این امر به نوبه خود باعث کاهش سرعت فتوسنتز و متعاقباً کاهش رشد در گیاه می‌شود (Bota et al, 2004). در تأیید نتایج پژوهش حاضر، کاهش RWC در اثر تنش خشکی در دو رقم گیاه توت‌فرنگی (پاروس و کوئین‌الیزا) توسط Marivani et al. (2019) گزارش شد. در پژوهش دیگر، Bolla et al. (2010) گزارش کردند که تنش آبی ملایم (۶۷ درصد نیاز واقعی) موجب کاهش میزان محتوای نسبی آب برگ‌ها در رزهای شاخه بریده رقم Eurored شد؛ هم‌چنین، Dolatkahi et al. (2018) بیان کردند که، گیاهان پرورش یافته در تیمار آبی ۱۰۰ درصد محتوای نسبی آب برگ بیشتری نسبت به گیاهان واقع در تیمار آبی ۵۰ درصد داشته‌اند.

کلروفیل

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) تنش کم آبی باعث تغییرات در میزان کلروفیل (a و b) در سطوح مختلف رژیم آبیاری شد به گونه‌ای که بیشترین مقدار کلروفیل a در رژیم آبی ۱۰۰ درصد حاصل شد؛ در صورتی که بیشترین مقدار کلروفیل b در رژیم آبی ۶۰ درصد مشاهده شد. به طور معمول تحت شرایط تنش کم آبی محتوای رنگیزه‌های سلول‌های گیاهی (کلروفیل) کاهش می‌یابد. این روند کاهشی را می‌توان در شرایط تنش ناشی از کمبود آب به مهار آنزیم‌های یوستترکننده رنگدانه‌های فتوسنتزی و هم‌چنین القای تجزیه شدن آن‌ها نسبت داد. از جمله مهم‌ترین آنزیم‌های یوستترکننده کلروفیل، آنزیم گلو تامات لیگاز می‌باشد که تحت شرایط تنش کم آبی یا خشکی از فعالیت این آنزیم‌ها ممانعت به عمل آمده در نتیجه سنتز کلروفیل کاهش می‌یابد (Dala and Tripathy, 2012). Dolatkahi et al. (2018) در پژوهش خود اذعان

داشتند که گیاهان واقع در تنش آبی ۵۰ درصد میزان کلروفیل a، b و کل کمتری نسبت به گیاهان آبیاری شده با ۱۰۰ درصد نیاز واقعی گیاه داشتند با این وجود، این تفاوت به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. هم‌چنین Bolla et al. (2010) نیز گزارش کردند که محتوای کلروفیل برگ رز (Eurored) تحت رژیم آبی ۶۷ درصد به طور معنی‌داری کاهش یافت؛ به نظر می‌رسد در شرایط تنش کم آبی شدید، فعالیت‌های متابولیکی و بیوشیمیایی مختل می‌شوند (Shao et al., 2008). نتایج حاصل از پژوهشی بر گل ژبررا رقم (Lilabella) در شرایط تنش کم آبی نشان داد که تفاوت معنی‌داری در محتوای کلروفیل مشاهده نشد (Syros et al., 2004)؛ زیرا گیاهان در شرایط تنش آبی از طریق افزایش مکانیزم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی (آنزیمی و غیر آنزیمی)، شرایط تنش را تحمل می‌کنند. از آنجا که بیشترین مقدار کلروفیل b در فتوسیستم II وجود دارد و به تنش‌های محیطی بسیار حساس می‌باشد؛ در نتیجه انتظار می‌رود تحت شرایط نامطلوب محیطی مقدار کلروفیل b بیشتری از بین برود؛ اما در این پژوهش مشاهده شد با افزایش شدت تنش کم آبی میزان کلروفیل b سیر افزایشی داشت؛ در تأیید نتایج این پژوهش Kafi et al. (2011) در پژوهش خود اذعان داشتند در شرایطی که گیاه تحت تنش باشد (تنش‌های محیطی) کلروفیل b به‌عنوان یک رنگیزه‌ی فتوسنتزی کمکی افزایش می‌یابد تا گیاه به تنش محیطی حاکم بر آن پاسخ دهد.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این پژوهش، سطح ۱۲۰ درصد نیاز آبیاری بر اکثر صفات اندازه‌گیری شده بهترین سطح رژیم آبی بود، زیرا این سطح نسبت به سایر سطوح رژیم آبی منجر به افزایش پارامترهای ذکر شده گردید؛ این برتری نسبت به سایر سطوح مربوط به فراهم شدن بهینه آب مصرفی (آب مورد نیاز گیاه) و عناصر غذایی در حد کافی جهت رشد گیاه می‌باشد؛ و از طریق تأثیر بر فرایندهای فیزیولوژیکی در گیاه موجب بهبود صفات کمی و کیفی در آن شد. از آنجا که تنش ناشی از کم آبی بر تمام خصوصیات رویشی گل رز شاخه بریده اثرات نامطلوبی بر

اقلیمی هر منطقه پیشنهاد می‌شود.

سپاس‌گزاری

نویسندگان این مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به پاس حمایت‌های فراوان اعلام می‌دارد.

جای گذاشت، از این رو پیشنهاد می‌شود تا نیاز آبی گیاه به منظور دستیابی به گل‌های رز با کیفیت، به‌طور دقیق تخمین زده شود. بنابراین استفاده و به‌کارگیری سطوح رژیم آبیاری مناسب و تعیین صحیح نیاز آبی گیاه در سیستم‌های کشت بدون خاک گل رز شاخه بریده، با توجه به شرایط

References

- Atkinson, N. J., & Urwin, P. E. (2012). The interaction of plant biotic and abiotic stresses: From genes to the field. *Journal of Experimental Botany*, 63(10), 3523-3544.
- Bolla, A., Voyiatzis, D., Koukourikou-Petridou, M., & Chimonidou, D. (2010). Photosynthetic parameters and cut-flower yield of rose 'Eurored' (HT) are adversely affected by mild water stress irrespective of substrate composition. *Journal of Scientia Horticulturae*, 126(3), 390-394.
- Bota, J., Flexas, J., & Medrano, H. (2004). Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress?. *Journal of New Phytologist*, 162(3), 671-681.
- Dalal, V. K., & Tripathy, B. C. (2012). Modulation of chlorophyll biosynthesis by water stress in rice seedlings during chloroplast biogenesis. *Journal of Plant, Cell & Environment*, 35(9), 1685-1703.
- DeHoog, J. (2001). *Handbook for modern greenhouse rose cultivation*. The Netherlands, Aslmeer: Applied Plant Research. P. 220-230.
- Dolatkahi, A., Matloobi, M., Motallebiazar, A., & Vahdati, N. (2013). Shading impact on qualitative characteristics and chlorophyll content of cut Rose (*Rosa hybrida* cv. Avalanche). *Journal of Ornamental Plants*, 3(4), 215-220.
- Dolatkahi, A., Shoor, M., Bannayan, M., Tehranifar, A., & Alizadeh, A. (2018). Effect of silicon on qualitative and biochemical properties of cut rose flower under water stress conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 9(1), 1-12.
- Fracheboud, Y., & Leipner, J. (2003). The application of chlorophyll fluorescence to study light, temperature, and drought stress. In: DeEll, J. R., & Toivonen, P. M. A. (Eds), *Practical Applications of Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology*. Boston, MA.: Springer.
- Ghassareh, M.Gh., & Kafi, M. (2012). *Scientific and practical flowering*. Isfahan: Isfahan University Press. [In Farsi]
- Gholami, R., Hadjiamir, A., & Najafi, M. (2019). Effects of regulated deficit irrigation regime on vegetative and pomological characteristics and yield of table olive *konservolia* cultivar in field condition. *Plant Productions*, 42(4), 575-585. [In Farsi]
- Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909-930.
- Gorbe Sanchez, E. (2009). *Study of nutrient solution management in soilless rose cultivation, through the analysis of physiological parameters and nutrient absorption*. PhD Thesis Horticultural Science, Universidad Politecnica De Valencia, Spain.
- Hanks, R. J. (1974). Model for predicting plant yield as influenced by water use. *Journal of Agronomy*, 66(5), 660-664.
- Hashemabadi, D., & Zarchini, M. (2000). Yield and quality management of rose (*Rosa hybrida* cv. Poison) with plant growth regulators. *Journal of Plant Omics*, 3(6), 167-171.
- Hashemi Majd, K. (2004). *Soil-free crop management*. New Jersey: Bagh Andish Publications.
- Jalalvandi, Z., Soleiman Nejadian, A., & Artisan, A. (2016). Evaluation of resistance of three rose cultivars to *Tetranychus urticae*. *Journal of Entomological Research*, 7(4), 299-306. [In Farsi]
- Kafi, M., Bagheri, A., Nabati, J., Zaremehrijardi, M., & Masomi, A. (2011). Effect of salinity stress on some physiological variables of chickpea genotype in hydroponic environment. *Journal of Greenhouse Science*

- and Technology*, 1(4), 70-55.
- Katsoulas, N., Kittas, C., Dimokas, G., & Lykas, Ch. (2006). Effect of irrigation frequency on rose flower production and quality. *Journal of Biosystems Engineering*, 93(2), 237-244.
- Kim, S. H., & Lieth, J. H. (2004). Effect of shoot-bending on productivity and economic value estimation of cut-flower roses grown in Coir and UC Mix. *Journal of Scientia Horticulturae*, 99(3-4), 331-343.
- Lieth, J. H., & Burger, D. W. (1989). Growth of chrysanthemum using an irrigation system controlled by soil moisture tension. *Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)*, 114, 387-392.
- Maloupa, E., Khelifi, S., & Zervaki, D. (2001). Effect of growing media on the production and quality of two rose varieties. *International Society for Horticultural Science*, 548, 79-84.
- Marivani, F., Ghaderi, N., & Javadi, T. (2019). Evaluation of lipid peroxidation and antioxidant reaction of strawberry to drought stress and dust. *Plant Productions*, 42(4), 535-550. [In Farsi]
- Mercurio, G. (2007). *Cut rose cultivation around the world*. Schreurs, De Kwakel, the Netherlands.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
- Olle, M., Ngouajio, M., & Siomos, A. (2012). Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: A review. *Journal of Agriculture*, 99(4), 399-408.
- Olympios, C. M. (1995). Overview of soilless culture: Advantages, constraints and perspective for its use in Mediterranean countries. *Journal of Protected cultivation in the Mediterranean Region*, 31, 307-324.
- Payero, J. O., Steven, R. A., Suat, B. C., & Tarkalson, A. (2006). Yield response of corn to deficit irrigation in the semiarid climate. *Journal of Agricultural Water Management*, 84(1-2), 101-112.
- Per, T. S., Khan, N. A., Reddy, P. S., Masood, A., Hasanuzzaman, M., Khan, M. I. R., & Anjum, N. A. (2017). Approaches in modulating proline metabolism in plants for salt and drought stress tolerance: Phytohormones, mineral nutrients and transgenics. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 115, 126-140.
- Rahdari, C., & Sadegh Hassani, M. (2011). Evaluation of chlorophyll, carotenoid, caffeine, theaflavin, thearubigine and tannin pigment amounts of pigments and their impact on dry tea quality in thirteen clones (Genotypes). *Plant Ecophysiology*, 33, 56-46. [In Farsi]
- Raviv, M., & Blom, T. J. (2001). The effect of water availability and quality on photosynthesis and productivity of soilless-grown cut roses. *Journal of Scientia Horticulturae*, 88(4), 257-276.
- Scandalios, J. G. (2005). Oxidative stress: Molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Journal of Brazilian Medical and Biological Research*, 38(7), 995-1014
- Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., & Zhao, C. Z. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Journal of Comptes Rendus Biologies*, 331(3), 215-225.
- Shariat, A., & Assareh, M. H. (2008). Effects of different levels of heavy metals on seed germination and seedling growth of three Eucalyptus species. *Iranian Journal of Rangeland and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 14, 38-46.
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany*, 2012, 1-26.
- Singh, M., Kumar, J., Singh, S., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2015). Roles of osmoprotectants in improving salinity and drought tolerance in plants: A review. *Journal of Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 14(3), 407-426.
- Syros, T., Yupsanis, T., Omirou, M., & Economou, A. (2004). Photosynthetic response and peroxidases in relation to water and nutrient deficiency in gerbera. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 52(1), 23-31.
- Tang, Y., Sun, X., Wen, T., Liu, M., Yang, M., & Chen, X. (2017). Implications of terminal oxidase function in regulation of salicylic acid on soybean seedling photosynthetic performance under water stress. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 112, 19-28.
- Urban, L., Fabret, C., & Barthelemy, L. (1995). Changes in stem diameter depend upon variations in water content in rose plants. *Journal of ISHS Acta Horticulturae*, 424, 67-72.