Effect of Planting Methods and Water Consumption on Quantitative and Qualitative Traits of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)

Introduction

Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is a medicinal plant belonging to the Malvaceae family that has been used as medicine since ancient times. Sepals of roselle are a source of anthocyanin, vitamin C and other antioxidants, such as flavonoids (hibiscetine, gossypetine, and sadderetine). Due to the fact that drought is one of the prominent geographical features of Iran, saving water by cultivating drought-resistant crops can be considered as a solution to deal with drought (Seghatoleslami *et al.*, 2013). However, it should be noted that applying deficit irrigation without careful planning can lead to a reduction in quantitative or even qualitative yield. Therefore, due to the medicinal importance of roselle and its resistance to drought, the aim of this study was to investigate the effect of different irrigation regimes and planting method on some quantitative and qualitative traits of roselle plant.

Materials and Methods

The experiment was carried out as split plot based on randomized complete blocks design with three replications at the Research Farm of Kashmar Agricultural and Natural Resources Research Station, during two growth seasons 2016 and 2017. Treatments included seven levels of Irrigation (I_1: 100% crop water requirement (CWR), I_2: 80% CWR from 8-leaf stage to end of flowering, I_3: 80% CWR from 8-leaf stage to beginning of flowering, I_4: 80% CWR from beginning to end of flowering, I_5: 60% CWR from 8-leaf stage to end of flowering, I_6: 60% CWR from 8-leaf stage to beginning of flowering, I_7: 60% CWR from beginning to end of flowering) and two level of planting method (direct and indirect) as main plots and sub plots, respectively. In the transplanting method, the seeds were sown in the transplant tray on March 10, 2016 and 2017 and transplanted to the farm in four-leaf stage. Direct cultivation was also carried out in April, in 2.5 × 7 meter plots at a depth of 1.5 cm.

At the harvest time, two square meters of each plot were harvested to measure number seed and sepal yield, biological yield, and harvest index. In addition, qualitative traits including vitamin C, anthocyanin, total phenol, seed protein and oil were measured.

Data from the two field experiments were analyzed with SAS software; obtained averages compared with using Tukey's Studentized Range (HSD) Test at the 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that the interaction effect between irrigation and planting method was significant on biological yield, vitamin C, total phenol, seed protein and oil. The highest seed oil (21.25%) was obtained in I1 and transplanting treatment. I_7 and direct planting method treatment had the highest total phenol (41.96 mg g dry weight^{-1}) and seed protein (31.32%). The maximum biological yield (9064.33 kg ha^{-1}) and vitamin C (32.35 mg 100 ml^{-1}) were observed in I1 and direct planting method and I_4 and direct planting method, respectively. There was no significant difference in any of the irrigation levels between the two planting methods except for the total phenol at two levels of I_5 and I_6, which its amount was higher in the direct planting method than transplanting.

Seed yield, sepal yield, seed harvest index, sepal harvest index, and anthocyanin were only affected by the main effect of irrigation. As the intensity of stress increased, the yield and harvest index decreased and the amount of anthocyanin increased. The highest seed (667.54 kg ha^{-1}) and sepal yield (392.73 kg ha^{-1}) were obtained in I_1 treatment, which had no significant difference with I801 treatment. The lowest seed and sepal yield were also obtained in I_7 treatment. According to the harvest index, the only I_7 treatment showed a significant difference with other treatments. So that the lowest of seed (7.85%) and sepal harvest index (4.5%) were obtained in this treatment.

Conclusion

The results of this study revealed that water stress had the negative effect on the sepal, seed, and biological yield and number of fruit per roselle plant in both transplanting and direct sowing methods. However, with increasing drought stress, the plant's quality traits, including vitamin C, anthocyanin, total phenol, and seed protein improved. The extent of drought effect varied depending on the growth stage of the plant; however, there was no significant difference in seed and sepal yield obtained in stress-free and irrigation at 80% water requirement from 8-leaf stage to end of flowering treatments. The greatest effect was observed during the drought in the sensitive stage of plant growth, ie., early to late flowering. The results also showed that transplanting method could not significantly improve the studied traits at different irrigation levels compared to direct cultivation method. According to the climatic conditions of the study area, irrigation at 80% water requirement from eight leaves to late flowering of roselle plant seems to be a suitable strategy to achieve acceptable quantitative and qualitative performance and conservation of water resources.

Keywords: Anthocyanin, Drought stress, Vitamin C, Transplanting.

تأثیر روش کاشت و مصرف آب بر خصوصیات کمی و کیفی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر روش کاشت و میزان مصرف آب بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه چای ترش، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کاشمر در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش آبیاری در هفت سطح شامل تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی (I_1)، ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی (I_2)، ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اوایل گلدهی (I_3)، ۸۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی (I_4)، ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی (I_5)، ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اوایل گلدهی (I_6)، ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی (I_7) و روش کاشت در دو سطح (نشاءکاری و کشت مستقیم) بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل آبیاری و روش کاشت بر عملکرد زیست توده، ویتامین ث، فنل کل کاسبرگ، پروتئین و روغن دانه معنی‌دار بود. حداکثر روغن دانه (۲۱/۲۵ درصد) در تیمار I_1 و روش کاشت نشائی به دست آمد. تیمار I_1 و روش کشت مستقیم بیشترین عملکرد زیست توده (۹۰۶۴/۳۳ کیلوگرم در هکتار) و تیمار I_4 و روش کشت مستقیم بیشترین میزان ویتامین ث (۳۲/۳۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) کاسبرگ را به خود اختصاص دادند. حداکثر فنل کل (۴۱/۹۶ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) و پروتئین (۳۱/۳۲ درصد) نیز در تیمار I_7 و روش کشت مستقیم حاصل شد. در سطوح آبیاری بین

دو روش کشت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت به جز برای فنل کل کاسبرگ و دو سطح I_5 و I_6 که مقدار آن در روش کشت مستقیم بیشتر از نشاءکاری بود. عملکرد دانه، عملکرد کاسبرگ، شاخص برداشت دانه، شاخص برداشت کاسبرگ و آنتوسیانین تحت تأثیر اثر آبیاری قرار گرفتند. به طوری که با افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد، شاخص برداشت دانه و شاخص برداشت کاسبرگ کاهش و میزان آنتوسیانین افزایش یافت. با توجه به اینکه بین عملکرد دانه و کاسبرگ تیمارهای I_1 (به ترتیب ۶۶۷/۵۴ و ۳۹۲/۷۳ کیلوگرم در هکتار) و I_2 اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید، جهت حصول عملکرد کمی و کیفی قابل قبول در شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه، آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی مناسب خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، آنتوسیانین، ویتامین ث، نشاءکاری.

مقدمه

چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) گیاهی دارویی متعلق به خانواده پنیرکیان (Malvaceae) که از زمان‌های قدیم به‌عنوان دارو استفاده می‌شده و هم‌اکنون نیز به‌عنوان گیاه دارویی موردتوجه است (Azizi *et al*., 2007). میوه این گیاه دارای ویتامین ث و کاسبرگ‌ها حاوی گوسیتین، آنتوسیانین، گلوکوزید هیبیسین هستند که اثرات کاهنده ویسکوزیته خون، فشار خون، تحریک کننده روده و ادرار آور دارند (Peng-Kong et al., 2002). مصرف چای ترش سبب جلوگیری از بروز سرطان، بهبود کارایی دستگاه گوارش و کاهش فشار خون می‌گردد (Prasongwatana *et al*., 2008). محتوای کربوهیدراتی دانه‌های چای ترش ۲۶/۶ درصد می‌باشد. مواد مهم دانه‌های این گیاه سدیم، پتاسیم، گوگرد، کلسیم و فسفر است (Nazari Khalaflo, 2018). دانه‌های چای ترش غنی از لینولئیک اسید بوده (Shaheen *et al*., 2012) و حدود ۱۹ درصد آن از روغن تشکیل شده است (Mohamed *et al*., 2007).

روند رو به افزایش استفاده از گیاهان دارویی، بدون توسعه روش‌های مناسب کاشت و مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح، پیامدهای نگران‌کننده‌ای نظیر تخریب محیطزیست را در پی خواهد داشت (Ebrahimzadeh Abdashti, 2016)؛ لذا برای تأمین مواد اولیه گیاهی موردنیاز صنایع داروسازی، توصیه می‌شود که کشت و پرورش گیاهان دارویی به‌طورجدی انجام پذیرد. با این وجود کمبود رطوبت خاک تهدیدی جدی برای تولید این گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران به شمار می‌آید (Yang *et al*., 2006). یکی از مهم‌ترین راهبردهای پیشنهاد شده در این مناطق بهینه‌سازی مصرف آب به‌وسیله کم آبیاری است. در واقع کم آبیاری یک استراتژی بهینه برای تولید محصولات زراعی تحت شرایط کمبود آب همراه با کاهش محصول می‌باشد (Greets et al., 2009).

ال بواری و همکاران (El-Borie *et al*., 2009) در آزمایشی جهت افزایش راندمان مصرف آب چای ترش گزارش کردند که در تیمارهای آبیاری ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۴۰ درصد نیاز آبی عملکرد کاسبرگ خشک چای ترش به ترتیب ۳۷۴/۳، ۲۶۵، ۳۵۴، ۳۸۶ و ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. یزدان‌پناه (Yazdan Panah, 2016) در مطالعه تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد چای ترش نشان داد که بیشترین وزن خشک گل و کاسبرگ با آبیاری به میزان ۶۰ درصد تبخیر و تعرق به دست آمد. سنجری میجانی و همکاران (Sanjari Mijani *et al*., 2018) در مطالعه‌ای روی گیاه چای ترش نشان دادند که آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک A نسبت به آبیاری

پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک A، میزان عناصر فسفر، پتاسیم، سدیم، آنتوسیانین، کاروتنوئید و پروتئین کاسبرگ را افزایش داد. ایوانز و الحمدانی (Evans and Al-Hamdani, 2015) نشان دادند که تنش خشکی سبب افزایش ترکیبات فنلی در گیاه چای ترش شد. رهبریان و همکاران (Rahbarian *et al*., 2011) اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر چای ترش اظهار داشتند که کم آبیاری کاهش معنی‌داری بر عملکرد کاسبرگ داشت، به طوری که عملکرد کاسبرگ از ۶۱۷/۵ کیلوگرم در تیمار عدم تنش خشکی به ۴۳۰/۸ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری به میزان ۲۵ درصد ظرفیت زراعی کاهش یافت.

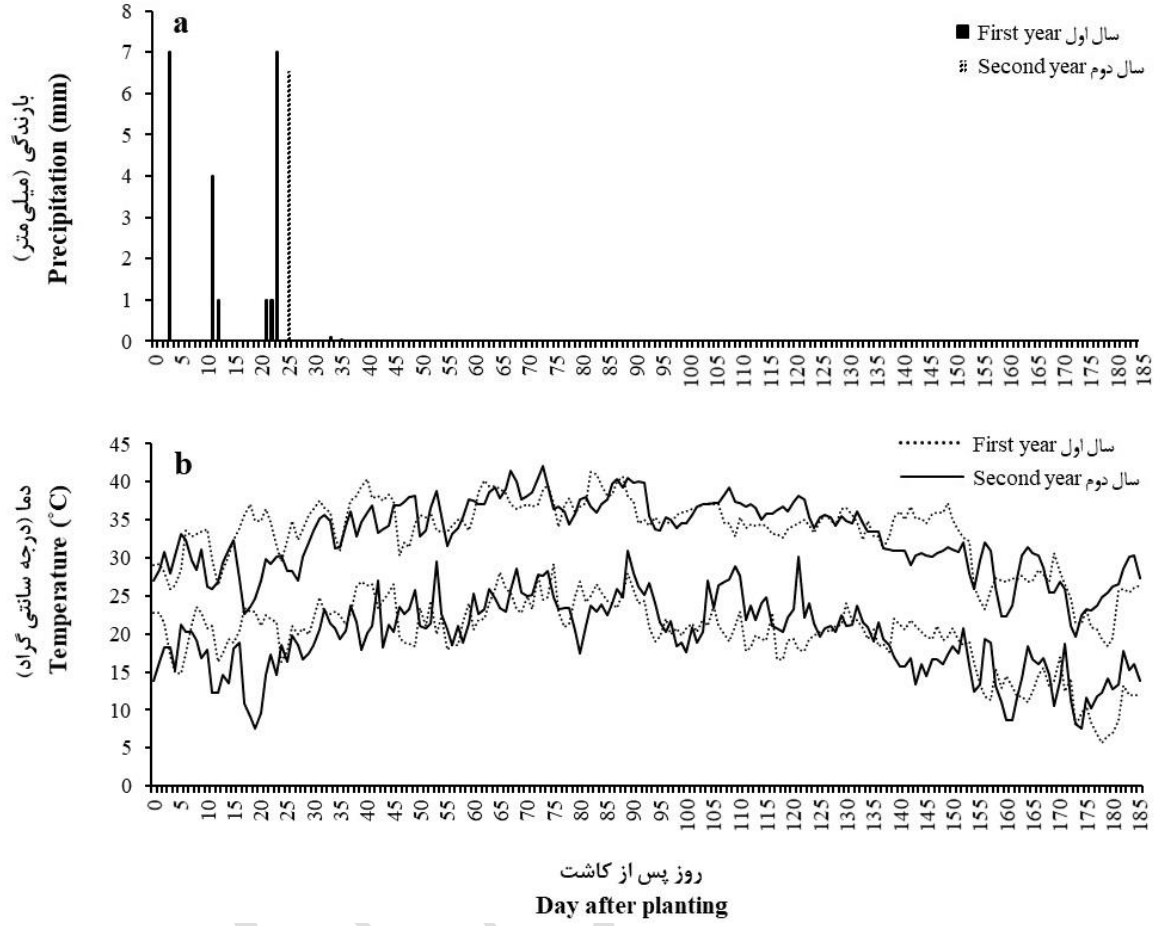
روش کاشت به‌عنوان یکی از عوامل مدیریتی مؤثر بر میزان آب مصرفی می‌تواند با تأثیر بر نحوه سبزشدن و میزان رشد گیاه زراعی به کاهش مصرف آب و افزایش بازده آب آبیاری همراه با افزایش عملکرد منجر شود (shafi *et al*., 2020). نشاءکاری یکی از استراتژی‌های مدیریت آب آبیاری در مزرعه می‌باشد که در نتیجه آن عمل تنک کردن محدود (Tahmasbi and Kordi, 2001)، زودرسی محصول مضاعف، و دوره رشد محصول جلو انداخته می‌شود (Mohamad Zade *et al*., 2018). بررسی تأثیر دو روش کاشت مستقیم و نشائی بر ویژگی‌های کمی و کیفی چای ترش نشان داد که روش کاشت نشائی سبب بهبود اسیدیته کل، فنل کل، ویتامین ث، عملکرد کاسبرگ و کارایی مصرف آب چای ترش شد (Fallahi *et al*., 2017). در مطالعه تأثیر نشاءکاری بر عملکرد پنبه و کارایی مصرف آب آبیاری نشان داده شد که در مناطقی که زمان کشت پنبه همزمان با اواخر فصل رشد غلات می‌باشد و نیاز به آب آبیاری در این زمان حداکثر است، بهتر است پنبه را در خزانه کشت نموده و سپس انتقال آن به زمین بعد از برداشت غلات صورت گیرد. همچنین اظهار داشتند که در استفاده از روش نشاءکاری پنبه، حداقل دو نوبت آبیاری صرفه جویی شده و مصرف سموم و وجین نیز به حداقل رسیده و کنترل آفات آسان‌تر می‌گردد (Dehghani *et al*., 2014).

با توجه به این‌که خشکی از ویژگی‌های بارز جغرافیایی کشور ماست، صرفه جویی در مصرف آب با کشت گیاهان مقاوم به خشکی می‌تواند به‌عنوان راهکاری برای مقابله با خشکی مطرح گردد (Seghatoleslami *et al*., 2013). با این وجود، باید توجه داشت که اعمال کم آبیاری بدون برنامه‌ریزی دقیق می‌تواند منجر به کاهش عملکرد کمی و یا حتی کیفی محصول گردد؛ لذا با توجه ارزش دارویی گیاه چای ترش و مقاومت آن به خشکی (Akbarinia et al., 2004)، هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف کم آبیاری و روش کشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه چای ترش بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کاشمر، واقع در ۲۳۰ کیلومتری جنوب غرب مشهد با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۸ درجه شرقی و ارتفاع ۱۰۵۳ متر از سطح دریا در دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. متوسط بارندگی سالانه ۱۷۲/۰۲ میلی‌متر و حداقل و حداکثر دمای مطلق سالانه در این منطقه به ترتیب ۱۲/۳۵ و ۲۴/۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که بر اساس طبقه‌بندی متزگر و همکاران (Metzeger *et al*., 2012) جزء اقلیم گرم و خشک قرار دارد. شرایط آب‌وهوایی محل آزمایش در طول فصل رشد چای ترش (اردیبهشت تا آبان‌ماه) در دو سال مورد مطالعه در شکل یک نشان داده

شده است. میانگین دمای روزانه در طول فصل رشد چای ترش در سال اول و دوم به ترتیب در دامنه ۱۲/۵۰ تا ۳۳/۸۰ و ۱۳/۹۵ تا ۳۵/۸۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشت. میزان بارندگی نیز در طول دوره رشد چای ترش در سال اول و دوم به ترتیب ۲۱/۱۲ و ۶/۵۴ میلی‌متر بود.



شکل ۱. a) بارندگی و b) دمای حداکثر و حداقل روزانه ایستگاه هواشناسی کاشمر در طول فصل رشد چای ترش طی سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

Fig. 1- a) Daily precipitation and b) maximum and minimum temperature of Kashmar meteorological station during the growing season in 2016 and 2017

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری در هفت سطح (۱۰۰ درصد نیاز آبی، ۸۰ درصد نیاز آبی از مرحله هشت برگی تا اواخر گلدهی، ۸۰ درصد نیاز آبی از مرحله هشت برگی تا اوایل گلدهی، ۸۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی،۶۰ درصد نیاز آبی از مرحله هشت برگی تا اواخر گلدهی، ۶۰ درصد نیاز آبی از مرحله هشت برگی تا اوایل گلدهی، ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی) و روش کاشت در دو سطح (نشاءکاری و کشت مستقیم) بودند.

در روش کشت نشایی، در هر دو سال، بذور در ۲۰ اسفندماه داخل سینی نشاء کشت و در مرحله چهار برگی به زمین منتقل شدند. کشت مستقیم نیز هم‌زمان با انتقال نشاء در ۱۰ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵ و ۱۳ اردیبهشت ۱۳۹۶ انجام گرفت. در هر کرت، ۵ خط کاشت به طول ۷ متر و با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از هم قرار داشت. فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و بین کرت‌ها و بلوک‌ها به ترتیب ۱ و ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از انجام آزمایش، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری به صورت تصادفی انجام و به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی در دو سال آزمایش

Table 1- Physical and chemical particular of research station soil in two experimental year

سال Year	کلاس بافت خاک Soil texture class	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته pH
2016	لوم_رس _شن	2.1	0.12	0.04	0.36	2.5	7.9
2017	لوم	2	0.11	0.04	0.39	2.4	8

میزان تبخیر و تعرق به روش پنمن مانتیث و با استفاده از آمار روزانه ایستگاه سینوپتیک کاشمر، محاسبه شد. تبخیر و تعرق گیاه از حاصل‌ضرب تبخیر و تعرق پتانسیل در ضریب گیاهی (Kc) به دست آمده در منطقه موردمطالعه حاصل شد. از آن جا که ضرایب گیاهی چای ترش در دسترس نمی‌باشد و با توجه به تشابه چای ترش و پنبه از نظر تعلق به خانواده مشترک و همچنین داشتن ویژگی‌های رشدی مشابه، از Kc مربوط به پنبه جهت برآورد تبخیر و تعرق چای ترش استفاده شد. تبخیر و تعرق روزانه گیاه (Td) با در نظر گرفتن درصد سایه‌انداز با استفاده از معادله زیر برآورد گردید.

$$Td = ETp \times (0.1 \times Ps \times 0.5) \quad (۱)$$

در این معادله، ETp تبخیر و تعرق گیاه بدون ملاحظه درصد سایه‌انداز و Ps درصد سایه‌انداز گیاه است. با اعمال ضرایب ۰/۶ ، ۰/۸ و ۱/۰۰ و همچنین راندمان آبیاری ۹۰ درصد میزان نیاز آبی روزانه محاسبه و با توجه به دور آبیاری و نیز مساحت هر کرت حجم آب آبیاری موردنیاز هر تیمار محاسبه و از طریق تنظیم با کنتور و شیرفلکه در هر بار آبیاری در اختیار گیاه قرار گرفت. آبیاری با استفاده از لوله-های تیپ با ضخامت جدار لوله ۳۰۰ میکرون، خروجی‌هایی با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و آبدهی ۴ لیتر در ساعت در واحد متر صورت گرفت. اعمال تیمارهای آبیاری در زمان استقرار کامل گیاهچه‌ها و از مرحله ۸ برگی آغاز شد.

با توجه به نتایج آنالیز خاک، جهت تأمین نیاز کودی گیاه، کودهای سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) همزمان با کاشت و کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در سه نوبت زمان کاشت، رشد رویشی و مرحله گلدهی مورد استفاده قرار گرفتند.

همچنین از هیچ‌گونه علف‌کش و آفت‌کشی در طول دوره رشد گیاه استفاده نشد و وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی صورت گرفت.

پس از پایان دوره رشد گیاه در اواسط مهر ماه، جهت اندازه‌گیری عملکرد کاسبرگ، عملکرد دانه، عملکرد زیست توده و شاخص برداشت از سطحی معادل دو متر با حذف اثر حاشیه‌ای برداشت و بعد از خشک‌کردن در هوای آزاد و زیر سایه توزین گردید. شاخص برداشت کاسبرگ و دانه از نسبت عملکرد کاسبرگ و دانه به ترتیب به عملکرد زیست‌توده کل به دست آمد.

مقدار ویتامین ث کاسبرگ با روش تیتریمتری با ید، پتاسیم یداید و پتاسیم یدات در حضور معرف نشاسته توسط نشاسته انجام شد (Arya, 2000). جهت اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین کاسبرگ از روش وانگر (Wanger, 1979) استفاده شد. برای این منظور ابتدا ۰/۱ گرم کاسبرگ توزین و به قطعات کوچک تبدیل و در هاون کاملاً خرد شد. جهت استخراج آنتوسیانین‌ها در هر تیمار، ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (۹۹ سی سی متانول و ۱سی سی اسید کلریدریک یک درصد) به آن اضافه شد. سپس نمونه‌ها در فالکون ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت

در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از آن به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و نهایتاً میزان آنتوسیانین پس از رقیق‌سازی مناسب با دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۵۵۰ نانومتر قرائت شد. سپس با استفاده از ضریب خاموشی وانگر مقدار آنتوسیانین کل محاسبه شد. برای اندازه‌گیری مقدار کل فنل کاسبرگ، ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر حلال (اتانول ۹۶ درصد) عصاره گیری، سپس محلول حاصل توسط حلال به نسبت ۱ به ۱۰۰ رقیق شد. آن گاه به ۳۰۰ میکرو لیتر عصاره رقیق شده، ۱/۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد و ۱/۵ میلی‌لیتر معرف فولین سیکالتو ۱۰ درصد اضافه شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفته، سپس در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت شدند (Al-Farsi et al., 2005). جهت اندازه گیری میزان پروتئین دانه از روش کجلدال (AOCS, 2005) استفاده شد و اندازه‌گیری روغن موجود در دانه‌ها با استفاده از روش سوکسله (Latif and Anwar, 2008) انجام شد.

با توجه به اینکه نتایج آزمون بارتلت حاکی از آن بود که در نتایج بین دو سال اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، تجزیه مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد مطالعه بر مبنای آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم شکل‌ها نیز با نرم افزار SigmaPlot 14 انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

عملکرد دانه چای ترش تحت تأثیر آبیاری ($p \leq ۰/۰۱$) قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر آبیاری نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت به طوری که بیشترین عملکرد دانه (۶۶۷/۵۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری کامل به دست آمد که با تیمار آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲). در تیمار آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی به دلیل سازگار شدن گیاه به شرایط ایجاد شده، کم آبیاری نتوانست باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم تنش گردد. تیمار آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی نیز کمترین عملکرد دانه (۳۹۵/۲۸ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد (شکل ۲–a) . به طور کلی می‌توان گفت میزان تأثیر تنش خشکی بستگی به مرحله نموی دارد و بیشترین کاهش عملکرد زمانی است که تنش خشکی در فاصله گلدهی تا پر شدن دانه اتفاق می‌افتد (Skoric, 2009). به نظر می رسد تنش کمبود آب در مرحله دانه‌بندی سبب سقط جنین شده که در نتیجه باعث کاهش تعداد و وزن آنها و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌گردد.

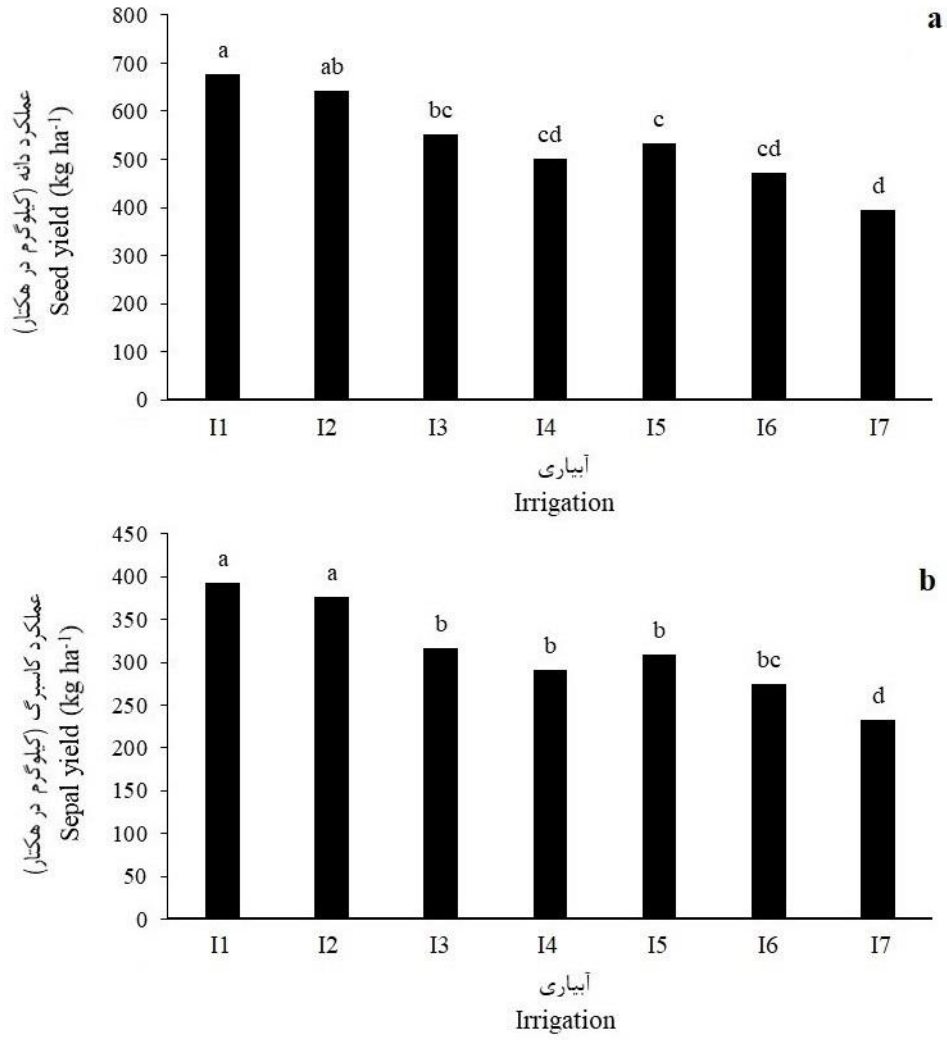
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر آبیاری و روش کاشت بر ویژگی‌های کمی چای ترش

Table 2- Analysis of variance for effects of irrigation and planting method on quantitative traits of roselle

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)				
		عملکرد دانه Seed yield	عملکرد کاسبرگ Sepal yield	عملکرد زیست توده Biologic yield	شاخص برداشت دانه Seed harvest index	شاخص برداشت کاسبرگ Sepal harvest index
سال Year	1	112.68 ns	478.97 ns	11270.58 ns	0.01 ns	0.01 ns
سال× تکرار Year × Replication	4	11163.47	100.53	559409.23	0.16	0.43
آبیاری Irrigation	6	681161.82**	37452.68**	24507129.03**	1.67*	0.49*
سال × آبیاری Year × Irrigation	6	6503.90ns	318.97ns	12020.58ns	0.30ns	0.18ns
خطای a Error a	24	31503.77	359.75	96017.74	0.26	0.16
روش کاشت Planting method	1	6444.36ns	2982.86ns	92203.44 ns	1.94 ns	0.32 ns
سال × روش کاشت Year × Planting method	1	1066.07ns	284.21ns	11270.58ns	0.22ns	0.32ns
آبیاری × روش کاشت Irrigation × Planting method	6	6826.19	372.68 ns	413249.88**	0.40 ns	0.47 ns
سال × آبیاری × روش کاشت Year × Irrigation × Planting method	6	6641.07ns	327.25ns	12020.58ns	0.27ns	0.16ns
خطای b Error b	28	1876.82	412.16	102699.888	0.30	0.27
ضریب تغییرات C.V (٪)	-	8.03	6.48	2.93	6.47	10.27

*و** به ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns غیر معنی‌دار

**,* are significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant



شکل ۲- اثر آبیاری بر a) عملکرد دانه و b) کاسبرگ چای ترش

Figure 2– Effect of irrigation on a) seed and b) sepal yield of roselle

I_1: آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی، I_2: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی، I_3: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا ابتدای گلدهی، I_4: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی، I_5: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی، I_6: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا ابتدای گلدهی، I_7: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی.

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

I_1 : 100% crop water requirement (CWR), **I_2 :** 80% CWR from 8-leaf stage to end of flowering, **I_3:** 80% CWR from 8-leaf stage to beginning of flowering **I_4:** 80% CWR from beginning to end of flowering, **I_5:** 60% CWR from 8-leaf stage to end of flowering, **I_6 :** 60% CWR from 8-leaf stage to beginning of flowering, **I_7:** 60% CWR from beginning to end of flowering.

Means followed by similar letter(S) are not significantly different at 5% probability level using Tukey's Studentized Range (HSD) Test.

عملکرد کاسبرگ.

عملکرد خشک کاسبرگ تنها تحت تأثیر آبیاری ($p \leq ۰/۰۱$) قرار گرفت (جدول ۲). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = ۰/۹۸^{**}$) عملکرد دانه با عملکرد کاسبرگ (جدول ۲) روند تغییر کاهش عملکرد کاسبرگ با اعمال تنش خشکی مشابه روند تغییر عملکرد دانه به دست آمد به گونه‌ای که بیشترین عملکرد کاسبرگ (۳۹۲/۷۳ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری کامل

حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی نداشت و کمترین میزان عملکرد کاسبرگ (۲۳۲/۹۳ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی حاصل شد (شکل ۲–b). سنجری میجانی و همکاران (Sanjari Mijani *et al*., 2018) نیز با بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد چای ترش نشان داد که بیشترین عملکرد کاسبرگ در تیمار عدم تنش و کمترین میزان آن از تیمار تنش شدید خشکی حاصل شد. کاهش عملکرد گیاه در شرایط خشکی می‌تواند به علت کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش تولید کلروفیل، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی باشد (Saud *et al*., 2016).

نسخه پیش انتشار

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های مورد مطالعه

Table 3- Correlation coefficients between studied traits

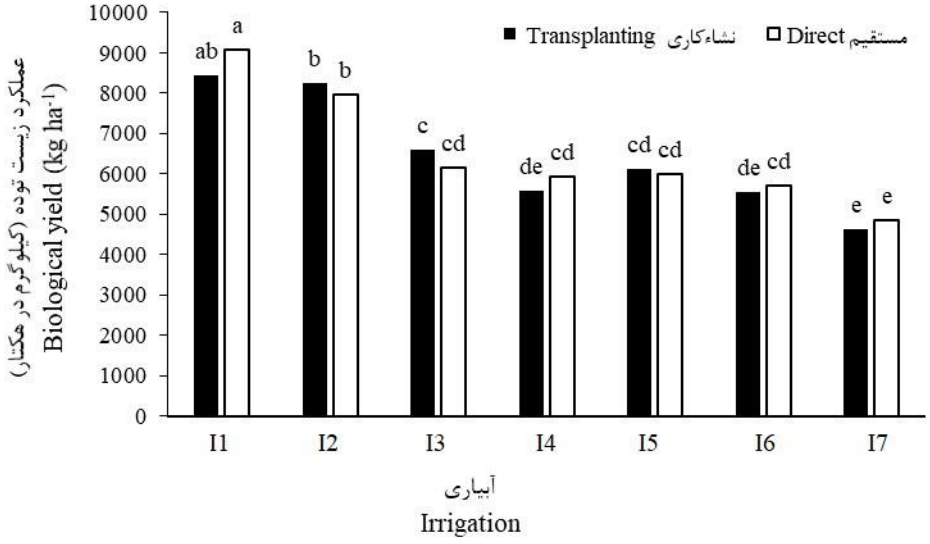
	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد کاسبرگ Sepal yield	عملکرد زیست توده Biological yield	شاخص برداشت دانه Seed harvest index	شاخص برداشت کاسبرگ Sepal harvest index	ویتامین ث Vitamin C	آنتوسیانین Anthocyanin	فنل کل Total phenol	پروتئین دانه Seed protein	روغن دانه Seed oil
عملکرد دانه Seed yield	1									
عملکرد کاسبرگ Sepal yield	0.983**	1								
عملکرد زیست توده Biological yield	0.910**	0.912**	1							
شاخص برداشت دانه Seed harvest index	0.794**	0.754**	0.478**	1						
شاخص برداشت کاسبرگ Sepal harvest index	0.730**	0.769**	0.444**	0.903**	1					
ویتامین ث Vitamin C	-0.410**	-0.427**	-0.482**	-0.145	-0.168	1				
آنتوسیانین Anthocyanin	-0.891**	-0.882**	-0.770**	-0.788**	-0.747**	0.317**	1			
فنل کل Total phenol	-0.857**	-0.868**	-0.861**	-0.598**	-0.592**	0.535**	0.863**	1		
پروتئین دانه Seed protein	-0.781**	-0.794**	-0.753**	-0.616**	-0.622**	0.518**	0.829**	0.916**	1	
روغن دانه Seed oil	0.891**	0.885**	0.786**	0.747**	0.712**	-0.511**	-0.808**	-0.795**	-0.787**	1

* و ** به ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد.

**,*are significant at 5 and 1% probability levels.

عملکرد زیست توده

عملکرد زیست توده تحت تأثیر آبیاری($p \leq ۰/۰۱$)و اثر متقابل آبیاری و روش کاشت ($p \leq ۰/۰۱$) قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد زیست توده از تیمار آبیاری کامل و روش کشت مستقیم (۹۰۶۴/۳۳ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار آبیاری کامل و روش کاشت نشایی نداشت (شکل ۳) و کمترین عملکرد زیست توده (۴۶۳۷/۶۷ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی و روش کشت نشایی حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی و روش کشت مستقیم نداشت (شکل ۳). در مطالعه یزدان‌پناه (Yazdan Panah, 2016) نیز بیشترین عملکرد زیست توده چای ترش با آبیاری در سطح ۶۰ درصد تبخیر و تعرق از گیاه مرجع به دست آمد و با افزایش سطح تبخیر و تعرق از گیاه مرجع عملکرد زیست توده به طور معنی‌داری کاهش یافت. در هیچ یک از تیمارهای آبیاری بین دو روش کاشت از نظر عملکرد زیست توده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳).



شکل ۳- اثر متقابل آبیاری و روش کاشت بر عملکرد زیست توده چای ترش

Figure 3– Interaction effect between irrigation and planting method on biological yield of roselle

I_1: آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی، I_2: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی، I_3: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا ابتدای گلدهی، I_4: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی، I_5: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی، I_6: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا ابتدای گلدهی، I_7: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی.

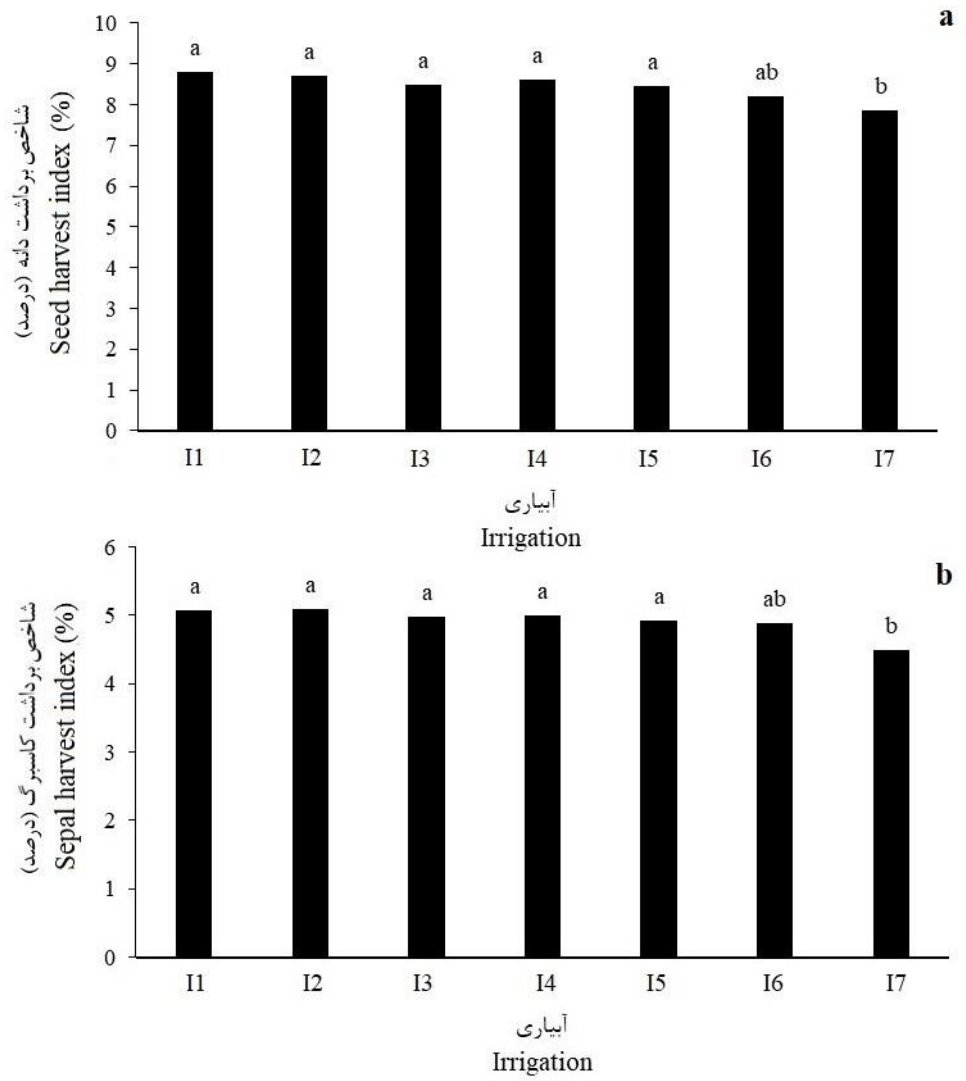
میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

I_1 : 100% crop water requirement (CWR), **I_2 :**80% CWR from 8-leaf stage to end of flowering, **I_3**: 80% CWR from 8-leaf stage to beginning of flowering **I_4:** 80% CWR from beginning to end of flowering, **I_5:** 60% CWR from 8-leaf stage to end of flowering, **I_6 :** 60% CWR from 8-leaf stage to beginning of flowering, I_7: 60% CWR from beginning to end of flowering.

Means followed by similar letter(S) are not significantly different at 5% probability level using Tukey's Studentized Range (HSD) Test.

شاخص برداشت دانه و کاسبرگ

شاخص برداشت دانه و کاسبرگ تحت تأثیر آبیاری ($p \leq ۰/۰۵$) قرار گرفتند (جدول ۲). با این وجود تنها تیمار آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد. به طوری که کمترین میزان شاخص برداشت دانه (۷/۸۵ درصد) و کاسبرگ (۴/۵ درصد) در این تیمار حاصل شد (شکل ۴). با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد زیست توده با عملکرد دانه ($r = ۰/۹۱^{**}$) و کاسبرگ ($r = ۰/۹۱^{**}$) (جدول ۳)، همان‌طور که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد کاسبرگ و دانه می‌گردد، عملکرد زیست توده نیز کم می‌شود. با این وجود تنش شدید موجب کاهش بیشتر عملکرد دانه و کاسبرگ نسبت به عملکرد زیست توده شده است. چرا که همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شده بین شاخص برداشت دانه و کاسبرگ به ترتیب با عملکرد دانه ($r = ۰/۷۹^{**}$) و کاسبرگ ($r = ۰/۷۷^{**}$) بیشتر از عملکرد زیست توده ($r = ۰/۴۸^{**}$ برای شاخص برداشت دانه و $r = ۰/۴۴^{**}$ برای شاخص برداشت کاسبرگ) بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد در بقیه تیمارهای آبیاری میزان کاهش در عملکرد دانه و کاسبرگ با افزایش تنش خشکی متناسب با کاهش ایجاد شده در عملکرد زیست توده بوده است که منجر به تفاوت معنی‌دار بین این تیمارها نشده است (شکل ۴). در حالت تنش خشکی شدید، گیاه از طریق افزایش غلظت شیره سلولی از انتقال مؤثر فرآورده‌های فتوسنتزی به مخزن‌هایی نظیر کپسول‌ها ممانعت به عمل می‌آورد. با توجه به میزان عملکرد زیست توده در شرایط آبیاری مطلوب و همچنین کم بودن آن در شرایط تنش کم آبی (شکل۳) می‌توان اذعان داشت که در حالت دوم گیاه سهم قابل توجهی از فرآورده‌های فتوسنتزی خود را صرف ساخت و تشکیل اندام‌های رویشی نموده و تا حدی نسبت به انتقال آنها به مخازن مهمتری نظیر کپسول‌ها عاجز است (Sanjari Mijani, 2014).



شکل ٤- اثر آبیاری بر شاخص برداشت a) دانه و b) کاسبرگ چای ترش

Figure٤ – Effect of irrigation on a) seed and b) sepal harvest index of roselle

I_1: آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی، I_2: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی، I_3: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا ابتدای گلدهی، I_4: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی، I_5: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی، I_6: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا ابتدای گلدهی، I_7: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی.

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

I_1 : 100% crop water requirement (CWR), **I_2 :**80% CWR from 8-leaf stage to end of flowering, **I_3**: 80% CWR from 8-leaf stage to beginning of flowering **I_4:** 80% CWR from beginning to end of flowering, **I_5:** 60% CWR from 8-leaf stage to end of flowering, **I_6 :** 60% CWR from 8-leaf stage to beginning of flowering, **I_7:** 60% CWR from beginning to end of flowering.

Means followed by similar letter(S) are not significantly different at 5% probability level using Tukey's Studentized Range (HSD) Test.

ویتامین ث

نتایج نشان داد که اثر متقابل آبیاری و روش کاشت بر ویتامین ث کاسبرگ معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان ویتامین ث (۳۲/۳۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) از تیمار آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی و روش کشت مستقیم و کمترین میزان آن (۱۷/۸۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) در شرایط آبیاری کامل و

روش نشاءکاری حاصل شد (جدول ۵). با این وجود در مطالعه پارسا مطلق و همکاران (Parsa Motlagh *et al*., 2018) ویتامین ث کاسبرگ تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار نگرفت. از جمله تغییرات در گیاهان به‌عنوان پیام‌آور حضور تنش و مقابله با آن، افزایش سطوح آنتی‌اکسیدان مختلف است. ویتامین ث از جمله ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است که از تخریب بافت‌ها توسط رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کند و میزان آن در شرایط خشکی در جهت کاهش اثرات مخرب تنش افزایش می‌یابد (Valizadeh Ghalebeig *et al*., 2015). بیشتر بودن میزان ویتامین ث در اعمال تنش از اوایل تا اواخر گلدهی نسبت به زمان‌های دیگر حاکی از حساسیت مرحله زایشی به تنش خشکی است. در اکثر تیمارهای آبیاری نشاءکاری سبب کاهش میزان ویتامین ث کاسبرگ گردید هرچند این کاهش معنی‌دار نبود (جدول ۵). این امر می‌تواند به تفاوت در زمان استقرار گیاه در خاک و همچنین شوک وارد شده به گیاه در نتیجه تغییر محیط مربوط باشد. علاوه بر این، تغییر مراحل فنولوژی گیاه در نتیجه نشاءکاری می‌تواند باعث تغییر شرایط محیطی مانند طول روز، رطوبت نسبی و تنش گرمایی در فصل رشد شود که در نهایت بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه مؤثر است (Aghaee Okhlar *et al*., 2012). با این وجود فلاحی و همکاران (Fallahi *et al*., 2017) در مطالعه‌ای روی گیاه چای ترش نشان دادند که نشاءکاری سبب افزایش میزان ویتامین ث کاسبرگ گردید. ویتامین ث کاسبرگ همبستگی منفی و معنی‌داری ($r = -۰/۴۳^{**}$) با عملکرد کاسبرگ داشت، به طوری که با افزایش عملکرد کاسبرگ ویتامین ث آن کاهش یافت (جدول ۳). همانطور که بیان شد میزان ویتامین ث با افزایش تنش خشکی افزایش و عملکرد کاسبرگ کاهش یافت این امر موجب گردید که رابطه منفی و معنی‌داری بین ویتامین ث کاسبرگ و عملکرد آن مشاهده گردد. در شرایط تنش گیاهان مقدار زیادی از مواد فتوسنتزی خود را صرف سنتز آسیمولیت هایی نظیر پرولین و ترکیبات آنتی اکسیدانی نظیر ویتامین ث و آنتوسیانین می کنند که کاهش عملکرد را به دنبال دارد.

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر آبیاری و روش کاشت بر ویژگی‌های کیفی چای ترش

Table 4- Analysis of variance for effects of irrigation and planting method on qualitative traits of roselle

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)				
		ویتامین ث Vitamin C	آنتوسیانین Anthocyanin	فنل کل Total phenol	پروتئین دانه Seed protein	روغن دانه Seed oil
سال Year	1	21.17 ns	0.0079 ns	14.92 ns	9.66 ns	0.70 ns
سال× تکرار Year × Replication	4	1.35	0.0053	41.31	9.42	0.26
آبیاری Irrigation	6	212.09**	0.0818**	811.30**	144.64**	33.00**
سال × آبیاری Year × Irrigation	6	0.00 ns	0.0006 ns	0.76 ns	0.41 ns	0.30 ns
خطای a Error a	24	3.21	0.0021	1.61	0.30	0.53
روش کاشت Planting method	1	13.02*	0.0213 ns	155.26 ns	7.07 ns	2.75 ns

سال × روش کاشت Year × Planting method	1	0.01 ns	0.0008 ns	1.36 ns	0.11 ns	0.27 ns
آبیاری × روش کاشت Irrigation × Planting method	6	2.95**	0.0022 ns	26.74**	2.59**	2.82**
سال × آبیاری × روش کاشت Year × Irrigation × Planting method	6	0.01 ns	0.0008 ns	0.47 ns	0.25 ns	0.31 ns
خطای b Error b	28	3.03	0.0010	1.22	0.63	0.38
ضریب تغییرات C.V (٪)	-	6.78	10.45	3.82	3.26	3.56

*و** به ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns غیر معنی‌دار

are significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant **,*

نسخه پیش انتشار

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و روش کاشت بر ویژگی‌های کیفی چای ترش

Table 5–Mean comparison for interaction effect between irrigation and planting method on qualitative traits of roselle

تیمار Treatment		ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) Vitamin C (mg. 100 ml^{-1})	فنل کل (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) Total phenol (mg. g dry weight^{-1})	پروتئین دانه (درصد) Seed protein (%)	روغن دانه (درصد) Seed oil (%)
I1	نشاءکاری Transplanting	17.83 g	18.01 f	20.68 fg	21.25 a
	مستقیم Direct	19.60 fg	19.33 ef	20.13 g	18.85 b
I2	نشاءکاری Transplanting	25.68 cde	20.42 ef	22.38 efg	18.25 bc
	مستقیم Direct	26.10 cde	21.93 e	22.70 def	18.08 bc
I3	نشاءکاری Transplanting	28.01 abcd	27.24 d	24.09 cde	17.42 bcd
	مستقیم Direct	29.27 abc	28.05 d	23.94 cde	17.05 cd
I4	نشاءکاری Transplanting	31.59 ab	35.11 b	26.07 bc	17.12 cd
	مستقیم Direct	32.35 a	34.99 b	26.00 bc	16.69 cd
I5	نشاءکاری Transplanting	23.96 def	19.93 ef	20.63 fg	17.75 bcd
	مستقیم Direct	22.72 efg	28.33 d	21.72 fg	18.39 bc
I6	نشاءکاری Transplanting	23.57 def	32.14 c	24.72 bcd	16.07 de
	مستقیم Direct	24.73 cde	37.23 b	26.63 b	16.22 de
I7	نشاءکاری Transplanting	26.18 cde	39.97 a	29.82 a	14.81 e
	مستقیم Direct	27.57 bcde	41.96 a	31.32 a	14.85 e

I_1: آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی، I_2: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی، I_3: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا ابتدای گلدهی، I_4: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی، I_5: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی، I_6: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا ابتدای گلدهی، I_7: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی.

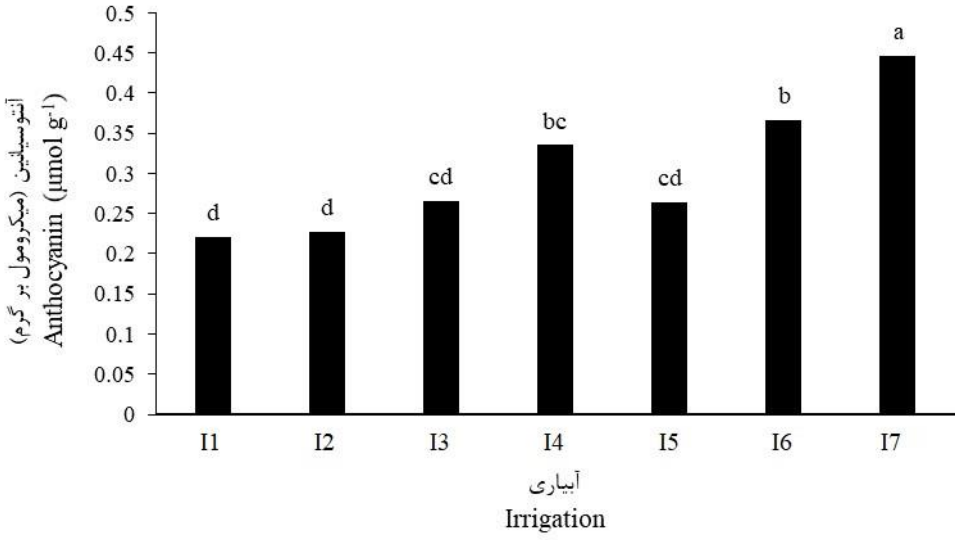
میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

I_1 : 100% crop water requirement (CWR), **I_2 :** 80% CWR from 8-leaf stage to end of flowering, **I_3**: 80% CWR from 8-leaf stage to beginning of flowering **I_4:** 80% CWR from beginning to end of flowering, **I_5:** 60% CWR from 8-leaf stage to end of flowering, **I_6 :**60% CWR from 8-leaf stage to beginning of flowering, **I_7:** 60% CWR from beginning to end of flowering.

Means followed by similar letter(S) are not significantly different at 5% probability level using Tukey's Studentized Range (HSD) Test.

آنتوسیانین

نتایج نشان داد که آنتوسیانین تحت تأثیر آبیاری ($p \leq$ ۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین میزان آنتوسیانین (۰/۴۵ میکرومول بر گرم) از تیمار آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی و کمترین میزان آن (۰/۲۳ میکرومول بر گرم) در تیمار آبیاری کامل حاصل شد (شکل ۵). سنجری میجانی و همکاران (Sanjari Mijani *et al*., 2015) نیز نشان دادند بیشترین میزان آنتوسیانین در آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر از تشتک تبخیر کلاس A و کمترین مقدار هم در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر مشاهده گردید. همچنین پارسا مطلق و همکاران (Parsa Motlagh *et al*., 2018) اظهار داشتند که بیشترین مقدار آنتوسیانین در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. آنتوسیانین‌ها رنگدانه‌های محلول در آب و متعلق به خانواده فلاونوئیدها هستند که به‌عنوان گیرنده‌های رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند. این رنگدانه‌ها در شرایط تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی و درجه حرارت پایین افزایش یافته و گیاه رادر برابر رادیکال‌های آزاد و تنش اکسیداتیو محافظت می‌کنند (Tahkokorpi, 2010). این افزایش به علت نقش حفاظت نوری آنتوسیانین به وسیله حذف مستقیم ROS در طول تنش اکسیداتیو می‌باشد (Zhang *et al*., 2010). تصور بر این است در شرایط تنش خشکی تولید مواد مؤثره به دلیل جلوگیری از اکسیداسیدن درون سلولی افزایش می‌یابد (Omid Beygi and Mahmoudi Sourestani, 2000). روند تغییرات مشاهده شده در میزان آنتوسیانین کاسبرگ (شکل ۵) دقیقا عکس روند تغییرات عملکرد کاسبرگ (شکل ۲) بود. همبستگی منفی و معنی‌دار بین میزان آنتوسیانین کاسبرگ با عملکرد آن ($r = -۰/۸۸^{**}$) مؤید این امر می‌باشد (جدول ۳).



شکل ۵- اثر آبیاری بر میزان آنتوسیانین چای ترش

Figure5 – Effect of irrigation on Anthocyanin of roselle

I_1: آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی، I_2: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی، I_3: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا ابتدای گلدهی، I_4: آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی، I_5: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی، I_6: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا ابتدای گلدهی، I_7: آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی.

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

I_1 : 100% crop water requirement (CWR), **I_2 :** 80% CWR from 8-leaf stage to end of flowering, **I_3:** 80% CWR from 8-leaf stage to

beginning of flowering **I_4:** 80% CWR from beginning to end of flowering, **I_5:** 60% CWR from 8-leaf stage to end of flowering, **I_6 :** 60% CWR from 8-leaf stage to beginning of flowering, **I_7:** 60% CWR from beginning to end of flowering.
Means followed by similar letter(S) are not significantly different at 5% probability level using Tukey's Studentized Range (HSD) Test.

فنل کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل آبیاری با روش کاشت بر فنل کل کاسبرگ معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۴). به‌طوری که بیشترین میزان ترکیبات فنلی (۴۱/۹۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) از تیمار آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی و روش کشت مستقیم و کمترین میزان (۱۸/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) از تیمار آبیاری کامل و روش کشت نشائی حاصل شد (جدول ۵). افزایش میزان فنل کل گیاه دارویی با افزایش شدت تنش در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (Zare Mehrjerdi *et al*., 2012; Pidavos and Heidari, 2013; Sayyadi *et al*., 2014). کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان در شرایط تنش خشکی موجب تغییرات فیزیولوژِکی و متابولیکی در آنها می‌گردد (Good and Zaplachiniski, 1994). بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه علاوه بر تأثیرپذیری از ژنتیک گیاه، با توجه به شرایط محیطی تغییر می‌یابد. به طوری که شرایط تنش جهت جلوگیری از اکسیداسیون سلولی سبب افزایش بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه می‌گردد (Aliabadi-Farahani *et al*., 2009). در اکثر سطوح آبیاری نشاءکاری سبب کاهش میزان فنل کل کاسبرگ گردید با این وجود تنها در سطح آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی و آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا ابتدای گلدهی این کاهش معنی‌دار بود (جدول ۵). با این حال، فلاحی و همکاران (Fallahi *et al*., 2017) بیان داشتند که روش کشت نشائی سبب افزایش معنی‌دار فنل کل کاسبرگ گیاه چای ترش گردید. تفاوت مشاهده شده بین دو روش کاشت در این مطالعه می‌تواند به دلیل تفاوت در روابط آب بین گیاه و خاک و همچنین تفاوت در زمان وقوع مراحل فنولوژی گیاه باشد.

پروتئین دانه

پروتئین دانه تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری با روش کاشت ($p \leq ۰/۰۱$) قرار گرفت (جدول ۴). به‌طوری که بیشترین میزان پروتئین دانه (۳۱/۳۲ درصد) از تیمار آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی و روش کشت مستقیم و کمترین میزان آن (۲۰/۱۳ درصد) از تیمار آبیاری کامل و روش کشت مستقیم حاصل شد (جدول ۵). افزایش تنش خشکی تا ۸۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی در هر دو روش کاشت سبب افزایش میزان پروتئین دانه گردید و بعد از آن کاهش یافته و در سطح آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی مجدد افزایش یافت (جدول ۵). رئیسی (Raeisi, 2009) نیز نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی تا حد تنش متوسط درصد پروتئین دانه چای ترش افزایش و پس از ان کاهش یافت. تغییر در میزان

پروتئین گیاه در شرایط تنش خشکی به نوع گونه گیاهی و نوع بافت بستگی دارد. با این حال، میرشکاری و همکاران (Mirshekari *et al*., 2017) نیز افزایش معنی‌دار غلظت پروتئین‌های برگ گیاه چای ترش را در پتانسیل‌های اسمزی منفی‌تر از ۰/۱- مگاپاسکال در مقایسه با شاهد گزارش نمودند. از آنجایی که شرایط محیطی نامساعد می‌تواند بیان پروتئین‌هایی را موسوم به پروتئین‌های تنش القا کند که نقش آنها محافظت از سلول‌ها در برابر تنش‌های محیطی است (Bary, 1993)، افزایش غلظت پروتئین دانه با افزایش تنش می‌تواند به بیان برخی از پروتئین‌ها در شرایط تنش خشکی نسبت داده شود. نتایج نشان داد که روش کشت نشائی نتوانست تأثیر معنی‌دار بر میزان پروتئین دانه در سطوح آبیاری داشته باشد (جدول ۵).

روغن دانه

اثر متقابل آن با روش کاشت بر روغن دانه معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۴). بیشترین میزان روغن دانه (۲۱/۲۵ درصد) در تیمار آبیاری کامل و روش کشت نشائی و کمترین میزان (۱۴/۸۵ درصد) از تیمار آبیاری به میزان ۶۰ درصد نیاز آبی از اوایل تا اواخر گلدهی و روش کشت نشائی حاصل شد (جدول ۵). نشاءکاری تنها در شرایط آبیاری کامل توانست سبب افزایش معنی‌دار میزان روغن دانه گردد، در صورتی که در سطوح دیگر آبیاری بین دو روش کشت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). اینانلو و همکاران (Inanlo *et al*., 2013) در مطالعه‌ای روی گیاه خرفه (*Portula caoleracea* L.) و پارسا مطلق و همکاران (Parsa Motlagh *et al*., 2018) در مطالعه‌ای روی گیاه چای ترش کاهش درصد روغن را با افزایش تنش خشکی گزارش نمودند. تنش خشکی باعث بسته شدن روزنه‌ها، کاهش میزان فتوسنتز، کاهش تولید کربوهیدرات شده و با کاهش طول دوره رشد، فرصت کافی برای سنتز روغن وجود نداشته و در نتیجه میزان روغن دانه کاهش می‌یابد. این میزان کاهش زمانی که تنش خشکی در دوره گلدهی گیاه اتفاق بیفتد بیشتر خواهد بود (Kalantar Ahmadi and Dezfouli, 2019). روغن دانه همبستگی منفی و معنی‌داری با ویتامین ث ($r = -۰/۵۱^{**}$)، آنتوسیانین ($r = -۰/۸۱^{**}$) و فنل کل ($r = -۰/۷۹^{**}$) و پروتئین دانه ($r = -۰/۷۹^{**}$) داشت.

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج نشان داد که آبیاری کمتر از نیاز آبی این گیاه سبب تأثیر منفی بر عملکرد زیست توده، دانه و کاسبرگ چای ترش و بهبود ویتامین ث، آنتوسیانین و فنل کل کاسبرگ و پروتئین دانه در هر دو روش کاشت گردید. میزان این تأثیر با توجه به مرحله رشدی گیاه متفاوت بود؛ با این وجود اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه و کاسبرگ به دست آمده در تیمار آبیاری کامل و آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی وجود نداشت و بیشترین تأثیر در زمان اعمال کم آبیاری در مرحله حساس رشدی گیاه یعنی اوایل تا اواخر گلدهی مشاهده شد. همچنین نتایج حاصله حاکی از آن بود که روش کشت نشائی

نتوانست سبب بهبود معنی‌دار ویژگی‌های مورد مطالعه در سطوح مختلف آبیاری نسبت به روش کشت مستقیم شود. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه، به نظر می‌رسد آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی از هشت برگی تا اواخر گلدهی چای ترش استراتژی مناسب جهت دستیابی به عملکرد کمی و کیفی قابل قبول و حفظ منابع آبی باشد.

منابع

Aghaee Okhchlar, R., Amirnia, R., Tajbakhsh, M., Ghiyasi, M., and Alizadeh. M. B. 2012. The effect of sowing date and sowing method on quantity characteristics and essential oil content on Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.). International Research Journal of Applied and Basic Sciences 3 (2): 353–61.

Akbarinia, A., Ghalavand, A., Sefidcon, F., Rezaee, M. B., and Sharifi, A. 2004. Study on the effect of different rates of chemical fertilizer, manure and mixure of them on seed yield and main, compositions of essential oil of Ajowan (*Trachyspermum copticum*). Agronomy and Horticulture 61: 32-41. (in Persian with English abstract).

Al-Farsi, M., Alsalvar, C., Morris, A., Baron, M., and Shadih, F. 2005. Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. Journal of Agriculture and Food Chemistry 53: 7592-7599.

Aliabadi-Farahani, H., Valadabadi, S.A., Daneshian, J., and Khalvati, M.A. 2009. Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit stress conditions. Journal of Medicinal Plant Research 3: 329-333.

AOCS (American Oil Chemist's Society), 2005. Official methods and recommended practices of the American oil chemist's Society, 5th Ed, Ba 6-84. The American Oil Chemist's Society Champaign.

Arya, S. P. N. 2000. Spectrophotometric methods for the determination of vitamin C. Analytica Chimica Acta, 417: 1-14.

Aziz, E. E., Gad, N., and Badran, M. N. 2007. Effect of cobalt and nickel on plant growth, yield and flavonoids content of *Hibiscus sabdariffa* L. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 1 (2): 73-78.

Bray, E. A. 1993. Molecular responses to water deficit. Plant Physiology 103: 1035-1040.

Dehghani, M., Jafar Aghaei, M., and Mohammadi Kia, S. 2014. Effect of cotton transplanting on its yield and water use efficiency. Journal of Water Research in Agriculture 28 (2): 307-314. (in Persian with English abstract).

Ebrahimzadeh Abdashti, R., Galavi, M., and Ramroudi, M. 2016. Effect of organic and chemical fertilizers on some quantitative traitsand anthocyanin of roselle under Zabol conditions. Journal of Horticultural Science 30 (2): 169-177. (in Persian with English abstract)

EL-Boraie, F. M., Gaber, A. M., and Abdel-Rahman, G. 2009. Optimizing irrigation schedule to maximize water use efficiency of *Hibiscus sabdariffa* under Shalatieon condition. Word Journal of Agricultural Science 5(4): 505-514.

Evans, D., and Al-Hamdani, S. 2015. Selected physiological responses of resellet (*Hibiscus sabdariffa*) to drought stress. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences 3 (6): 500 – 507

Fallahi, H. R., Ghorbany, M., Aghhavani-Shajari, M., Samadzadeh, A., and Asadian, A. H. 2017. Qualitative response of roselle to planting methods, humic acid application, mycorrhizal inoculation and irrigation management. Journal of Crop Improvement 31(2): 192-208.

Good, A. G., and Zaplachiniski, S. T. 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein syntesis in *Brassica napus*. Physiologia Plantarum 90 (1): 9-14.

Greets, S., and Raes, D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry area. Agricultural Water Management,96: 1275-1284.

Inanlo, M., Omidi, H. and Pazoki, A., 2013. The agronomic changes and oil content of purslane (*Portulaca oleracea* L.) under drought stress and bio-fertilizer / nitrogen chemical. Journal of Medicinal Plants 48: 170-184.

Kalantar Ahmadi, S. A., and Shoushi Dezfouli, A. A. 2019. Effects of foliar application of micronutrients on seed yield and oil quality of canola (*Brassica napus* L. cv. Hyola401) under drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 21 (3): 237-253. (in Persian with English abstract).

Latif, S., and Anwar, F., 2008. Quality assessment of *Moringa concanensis* seed oil extracted through solvent and aqueous enzymatic techniques. Grasas Aceites 59: 67-73.

Mashhadi, F., Khazaei, H., and Ramezani Moghaddam, M. 2020. Effect of deficit irrigation in different stages on physiological traits and water use efficiency of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in two planting methods. Iranian Journal of Field Crops Research, In Press.

Metzger, M. J., Bunce, R. G., Jongman, R. H., Sayre, R., Trabucco, A., and Zomer, R. 2012. A high-resolution bioclimate map of the world: A unifying framework for global biodiversity research and monitoring. Global Ecology and Biogeography 22 (5): 630-638.

Mirshekari, M., Einali, A., and Valizadeh, J. 2017. Physiological and biochemical response of *Hibiscus sabdariffa* to drought stress in the presence of salicylic acid. Iranian Journal of Plant Biology 32: 20-38. (in Persian with English abstract).

Mohamad Zade, H., Asghary, J., Farajee, H., Moradi, A., and Majidian, M. 2018. Effect of planting date and method on ear yield, water use efficiency and some phenological characteristics of sweet corn in Yasouj. Cereal Research 8 (3): 371-385. (in Persian with English abstract).

Mohamed, R., Fernandez, J., Pineda, M., and Aguilar, M. 2007. Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) seed oil is a rich source of γ- tocopherol. Journal of Food Science 72(3): S207-S211.

Nazari Khalaflo, N. 2018. Effect of light and potassium intensity, on growth and same physiological characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). MSc. Thesis, Shahed University, Tehran. Iran. (in Persian with English abstract).

Omid Beygi, R., and Mahmoudi Sourestani, M. 2010. Effect of water stress on morphological traits, essential oil content and yield of anise hyssop (Agastache foeniculum [pursh] Kuntze). Iranian Journal of Horticultural Sciences 41 (2): 153-161. (in Persian with English abstract).

Parsa Motlagh, B. P., Moghaddam, R., Ghorbani, R., and Sardooei, Z. A. 2018. Phytochemical characteristics of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under different fertilizer systems and irrigation water. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 33 (6): 928-939. (in Persian with English abstract).

Peng-Kong, W., Yusof, S., Ghazali, H.M. and Man, Y. B. 2002. Physico-chemical characteristics of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Nutrition & Food Sciences 32: 68-73.

Pidavos, Z., and Heidari, R. 2013. The effect of drought stress on activity antioxidant and total phenol on Echium amoenum Mey & Fisch, Second National Conference on climate change and its impact on agriculture and the environment, Urmia, West Azerbaijan Province Research Center for Agriculture and Natural Resources. (in Persian).

Prasongwatana, V., Woottisin, S., Sriboonlue, P., and Kukongviriyapan, V. 2008. Uricosuric effect of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) in normal and renal-stone former subject. Journal of Ethnopharmacology 117: 491–495.

Rahbarian, P., Afsharmanseh, G., and Modafea Behzadi, N. 2011. Effect of drought stress as water deficit and planting density on yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) in Jiroft region. New Finds in Agriculture 5 (3): 249-257. (in Persian with English abstract).

Sanjari Mijani, M., Sirousmehr, A. R., and Fakheri, B. 2015. The effects of drought stress and humic acid on some physiological characteristics of roselle. Journal of Crop Improvement 17 (2): 403-414. (in Persian with English abstract).

Sanjari Mijani, M., Sirousmehr, A. R., and Fakheri, B. 2018. The effects of drought stress and humic acid on morphological traits, yield and anthocyanin of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Agroecology 8 (3): 346-358. (in Persian with English abstract).

Sanjari Mijani, M. 2014. The effects of drought stress and humic acid on qualitative and quantitative characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). MSc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Zabol. (in Persian with English abstract).

Saud, S., Chen, Y., Fahad, S., Hussain, S., Na, L., Xin, L., and Al hussien, S. A. A. F. E. 2016. Silicate application increases the photosynthesis and its associated metabolic activities in Kentucky bluegrass under drought stress and post- drought recovery. Environmental Science and Pollution Research. 23: 17647-17655.

Sayyadi, A., Ahmadi, J., Asghari, B., and Hosseini, S. B. 2014. The effects of drought and salinity stress on the phenolic compounds thyme (*Thymus vulgaris* L.). Eco-Phytochemical Journal of Medicinal Plants 2 (4): 50-61.

Seghatoleslami, M. J., Mosavi, S. G., and Barzegaran, T. 2013. Effect of irrigation levels and planting date on yield and water use efficiency of *Hibiscus sabdariffa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29 (1): 144-156.

Shaheen, M. A., El-Nakhlawy, F. S., and Al-Shareef, A. R. 2012. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seeds as unconventional nutritional source. African Journal of Biotechnology 11 (41): 9821-9824.

Shafi, M., Sohail, A., Ali, S., and Fahad, S. 2020. Effect of Planting Methods and Deficit Irrigation on Yield and Yield Components of Maize. Russian Agricultural Sciences, 46: 56-64.

Skoric, D. 2009. Sunflower breeding for resistance to abiotic stresses. Helia 32: 1-15.

Tahkokorpi, M. 2010. Anthocyanins under drought and drought related stresses in Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). Academic Dissertation to be Presented with the Assent of the Faculty of Science of the University of Oulu, 46p.

Tahmasebi, S. Z., and Kordi, M. 2001. Evaluation of cotton transplanting in saline soils. 10th Australian Agronomy Conference, Australian Society of Agronomy.

Valizadeh Ghalebig, A., Nemati, S. H., Tehranifar, A., and Emami, H. 2015. Effects of A200 superabsorbent, bentonite and water stress on physiological traits and vitamin C of lettuce under greenhouse cultivation. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 6 (1): 157-168. (in Persian with English abstract).

Wanger, G. J. 1979. Content and vacuole/ extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin's in protoplast. Plant Physiology 64: 88-93.

Yang, Y., Watanabe, M., Zhang, X., Zhang, J., Wang, Q., and Hayashi, S. 2006. Optimizing irrigation management for wheat to reduce groundwater depletion in the piedmont region of the *Taihang mountains* in the North China Plain. Agricultural Water Management 82: 25-44.

Yazdan Panah, 2016. The effect of different levels of irrigation, sowing date and fertilizer management on yield and yield components of hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.) under Minab conditions. PhD Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (in Persian with English abstract).

Yurdiansyah, A., Suhartanti, D., and Dahlan, A. 2012. Test Activities Antifungal Methanol Extract RedFlowers Rosella Calyx (*Hibiscus sabdariffa* L.) on Candida albicans, As In Vitro, and Screening Phytochemicals. IC-GWBT2012, PP. 23-24.

Zare Mehrjerdi, M., Bagheri, A., Bahrami, A., Nabati, J., and Massomi, A. 2012. Effect of drought stress on photosynthetic characteristics, phenolic compounds and radical scavenging activities in different chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in hydroponic conditions. Journal of Science and Technology Greenhouse Culture 12: 56-76.

Zhang, K. M., Yu, H. J., Shi, K., Zhou, Y. H., Yu, J. Q., and Xia, X. J. 2010. Photoprotective roles of anthocyanins in *Begonia semperflorens*. Plant Science 179 (3): 202-208.