نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد شانزدهم، شماره ۴(۶۴)، زمستان ۱۴۰۱، صفحه ۵۲۶-۵۱۱

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/JCEP.2023.1935375.1818

ارزیابی عملکرد، شاخص برداشت و کارآیی مصرف آب گیاه دارویی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در تیمارهای مختلف آبیاری و تاریخ کاشت

آرامه زندسیلاخور[۱]، حمید مدنی[۲*]، حسین حیدری شریف‌آباد[۳]، مجتبی محمودی[۴] و قربان نورمحمدی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۲۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر رژیم‌های آبیاری و تاریخ‌های کاشت بر عملکرد، شاخص برداشت و کارآیی مصرف آب گیاه چای‌ترش، آزمایشی در بهار سال ۱۳۹۶ در کرج به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تیمارها شامل آبیاری ۸، ۱۰ و ۱۲ روز یک‌بار به عنوان فاکتور اصلی و تاریخ کاشت ۳/۱۴ و ۳/۲۸ و ۱۳۹۶/۴/۱۱ به‌عنوان عامل فرعی بودند. بیشترین ارتفاع بوته (۱۸۱/۲ سانتی‌متر)، قطر ساقه (۲/۹۱ سانتی‌متر) و عملکرد زیستی (۱۴/۶ تن در هکتار) در آبیاری ۸ روز یک‌بار به‌دست آمد. بیشترین کارآیی مصرف آب کاسبرگ (۰/۱۸ گرم در لیتر)، کارآیی مصرف آب گل (۰/۰۳۴ گرم در لیتر) و شاخص برداشت کاسبرگ (۱۱/۱۲ درصد) در آبیاری ۱۲ روز یک‌بار مشاهده شد. آبیاری ۱۰ روز یک‌بار دارای بیشترین عملکرد کاسبرگ (۱/۵۹ تن در هکتار) و عملکرد گل (۳۰۷/۷ کیلوگرم در هکتار) بود. تأخیر در کاشت سبب کاهش ۱۲، ۱۶ و ۷ درصدی به‌ترتیب در ارتفاع بوته، قطر ساقه و عملکرد زیستی و افزایش ۲۲ و ۲۰ درصدی کارآیی مصرف آب کاسبرگ و کارآیی مصرف آب گل نسبت به کاشت به موقع شد. بیشترین کارآیی مصرف آب عملکرد زیستی (۲/۴۱ گرم در لیتر)، در آبیاری ۱۲ روز یک‌بار و تأخیر یک ماهه در کاشت به‌دست آمد. بر این اساس، آبیاری ۱۰ روز یک‌بار برای حصول حداکثر عملکرد گل و کاسبرگ، افزایش کارآیی مصرف آب گل و شاخص برداشت کاسبرگ می‌تواند مورد توجه قرار بگیرد. همچنین، جهت کوتاه شدن طول دوره کشت و صرفه‌جویی در مصرف آب، تاریخ ۲۸ خرداد برای کشت این گیاه در کرج مناسب‌تر می‌باشد.

واژگان کلیدی: دور آبیاری، عملکرد کاسبرگ، عملکرد گل، شاخص برداشت، کم‌آبی.

۱- دانشجوی دکترای، گروه علوم زراعی و باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران. ایران.

۲- دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران.

۳- استاد، گروه علوم زراعی و باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران. ایران.

۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

نگارنده‌ی مسئول madani.au@yahoo.com & h-madani@iau-arak.ac.ir

مقدمه

خشکی یکی از عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در جهان به‌ویژه مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران می‌باشد. همین محدودیت و هزینه‌های وابسته به آن (تأمین و انتقال آب)، باعث شده که کارآیی مصرف آب (Water use efficiency) کاهش یابد (Anonymous, 2018). کاشت گیاهان مقاوم به خشکی، از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش بازدهی آبیاری و در نتیجه افزایش کارآیی مصرف آب هر منطقه است (Farjam *et al*., 2017). چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa*، از تیره پنیرکیان (Malvaceae)، یکی ازگیاهان مقاوم به خشکی است (Gendy *et al*., 2012). این گیاه در مناطق جنوبی ایران در استان سیستان و بلوچستان، شهرستان‌های ایرانشهر وچابهار کشت می‌گردد. برگ، کاسبرگ و دانه چای‌ترش در تغذیه انسان و دام، چوب، فیبر و الیاف آن در صنعت نساجی و خمیر کاغذ قرار می‌گیرد (Howard and Howard, 2011). گزارش شده است که برگ این گیاه به‌عنوان پایین آورنده درجه حرارت بدن و آرام‌بخش مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rezvani Moghaddam, 2008). میوه این گیاه حاوی ویتامین C، کاسبرگ‌ها حاوی گوسیپتین (Gossypetin)، آنتوسیانین (Anthocyanin) و گلوکوزیدهیبیسین (Glucosidehibiscin) هستند که کاهنده فشار خون وتحریک کننده روده است (Taghvaei *et al*, 2022). کاسبرگ‌های چای ترش به دلیل مقادیر بالای آنتوسیانین موجود در آنها، رنگ خوب و همچنین یک منبع بالقوه خوب از ترکیب‌های آنتی اکسیدان هستند(Ahmad *et al*., 2009).

در تحقیقی روی گیاه نعناع فلفلی(*Mentha piperita* L.)، با کاهش آب قابل دسترس گیاه، عملکرد محصول تر گیاه کاهش نیافت، اما با کاهش آب قابل دسترس گیاه تا ۵۵ درصد ظرفیت زراعی، کاهش عملکرد خشک گیاه مشاهده شد (Keshavarz *et al*., 2018). محققان در آزمایشی بر روی چای ترش با ۵ دور آبیاری ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱ روز یک‌بار گزارش کردند با افزایش دور آب آبیاری تا هفت روز، عملکرد افزایش پیدا کرد و بالاترین عملکرد کاسبرگ (۶۸۲کیلوگرم در هکتار) از آبیاری هر هفت روز یک‌بار به‌دست آمد (Babatunde and Mofoke, 2006). پژوهش‌گران در مصر گزارش کردند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد گل و کارآیی مصرف آب گل در گیاه چای ترش وجود دارد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، کمترین ارتفاع گیاه در تیمار آبیاری کامل و در تاریخ کاشت مناسب به‌دست آمد. با این حال، بالاترین عملکرد کاسبرگ تر و خشک در تیمار آبیاری کامل و تاریخ کاشت دیر هنگام با میانگین ۱۰۵۷ و ۱۲۱۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (EL-Boraie *et al*., 2009). در بررسی اثر تاریخ کاشت و آبیاری بر گیاه چای ترش در بیرجند گزارش شده است که آبیاری کامل منجر به کاهش چشم‌گیری در عملکرد گل و عملکرد زیستی شد (Seghatoleslami *et al*., 2013). در تحقیق دیگری که در گیاه چای ترش انجام شد، بیشترین عملکرد کاسبرگ و عملکرد زیستی، در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد با این حال بیشترین و کمترین کارآیی مصرف آب به‌ترتیب در تنش‌های متوسط و شدید کم‌آبی (به‌ترتیب ۷۵ و ۶۰ درصد آب مورد نیاز) گزارش شد (El-Boraie *et al*., 2009).

انتخاب تاریخ کاشت مناسب به‌علت استفاده حداکثر از منابع محیطی طی فصل رشد حایز اهمیت است. تاریخ کشت مناسب موجب بهره گیری بهینه از عوامل اقلیمی مانند درجه حرارت، رطوبت، طول روز و همچنین تطابق زمان گلدهی با درجه حرارت مناسب می‌گردد (Nazeri *et al*., 2018). از عوامل مهم تعیین‌کننده تاریخ کاشت مطلوب در هر منطقه می‌توان به درجه حرارت مناسب خاک جهت جوانه‌زنی، رشد رویشی کافی قبل از گلدهی و عدم برخورد زمان گلدهی با دمای بالا یا سرمای آخر فصل اشاره کرد (Nazeri *et al*., 2019). تاریخ کاشت مناسب با تأثیر بر رشد، فعالیت‌های متابولیک و عملکرد ماده خشک گیاهان دارویی، تأثیر به‌سزایی بر عملکرد و ترکیبات دارویی گیاه دارد و شناخت مناسب‌ترین زمان کاشت برای هر منطقه در جهت ارتقای کمی و کیفی محصول ضروری است (Emongor *et al*., 2006). با انتخاب تاریخ کاشت مناسب، مراحل مختلف نمو گیاه با شرایط مطلوب محیطی منطبق شده که این امر سبب افزایش راندمان فتوسنتز و در نتیجه ذخیره مطلوب مواد فتوسنتزی می‌گردد (Khatib *et al*., 2015). تأخیر زیاد در کاشت به علت کوتاهی دوره رشد گیاه و احتمال برخورد زمان گلدهی با درجه حرارت‌های نامناسب، اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان می‌گذارد (Madani *et al*., 2018). محققین با بررسی تاثیر تاریخ کاشت گیاه دارویی چای ترش در کرمان دریافتند که تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت منجر به کاهش ریزش گل، تعداد شاخه و تعداد غوزه گردید (Behzadi *et al*., 2014). در بررسی تاثیر تاریخ کاشت روی گیاه دارویی چای‌ترش در شهرستان بیرجند، گزارش شد که با توجه به بروز سرمای زودرس در کشت پاییزه این گیاه در تاریخ کاشت‌های بعد از ۲۰ اردیبهشت توصیه نمی‌شود (Kahil *et al*., 2017; Seghatoleslami *et al*., 2013). در مطالعه‌ای بیشترین کارآیی مصرف آب گیاه چای ترش در شرایط آب و هوایی داراب در دو هفته بعد از تاریخ کاشت مطلوب منطقه (اواسط فروردین) حاصل شد (Parsa Motlagh *et al*., 2019). نتایج پژوهش بندری و همکاران (Bhandari *et al*., 2018) روی گیاه ذرت (*Zea maize* L.) نشان داد که میان وزن خشک گیاه و تاریخ کاشت رابطه‌ی معنی‌داری وجود دارد و با تأخیر ده روز در زمان کاشت، وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد اما شاخص برداشت گیاه افزایش می‌یابد. میر و همکاران (Mir *et al*., 2011) در مطالعه و بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد چای ترش نشان دادند که بیشترین و کمترین عملکرد به‌ترتیب در تاریخ‌های کاشت ۲۰ آذر و ۱۰ اسفند به‌دست آمد. تاریخ‌های کاشت زودتر از ۲۰ آذر ماه در میزان عملکرد دانه تأثیر مثبتی داشت و با به تأخیر انداختن تاریخ کاشت، عملکرد دانه کاهش یافت.

با توجه به اینکه مناطق مختلفی از ایران با کمبود آب آبیاری مواجه هستند، این گیاه می‌تواند به‌عنوان گیاه مناسب در الگوی کشت مورد استفاده قرار گیرد. از آنجا که آبیاری و تاریخ کاشت از عوامل مهم تولید عملکرد مطلوب هر گیاهی است و تاکنون تحقیقاتی در این زمینه بر روی گیاه چای ترش در منطقه کرج انجام نگرفته است، این پژوهش با هدف تعیین مناسب‌ترین فاصله آبیاری و تاریخ کاشت در این منطقه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه تاثیر تاریخ کاشت و سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد کمّی، شاخص برداشت

و کارآیی مصرف آب گیاه دارویی چای ترش آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶ در منطقه کرج (واقع در عرض جغرافیایی ۵۱/۶ شرقی و طول جغرافیایی ۳۵/۴۹ شمالی) انجام شد. میزان متوسط بارندگی، حداقل و حداکثر دما در جدول ۱ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۲ نشان داده شده است.

آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. آبیاری ۸، ۱۰ و ۱۲ روز یک‌بار به‌عنوان فاکتور اصلی و سه تاریخ کاشت۱۴ خرداد، ۲۸ خرداد و یازدهم تیر ماه سال ۱۳۹۶ به‌عنوان عامل فرعی گزینش شدند. عملیات آماده‌سازی زمین در فروردین ماه انجام و زمین به‌صورت جوی و پشته آماده و نقشه طرح اجرا گردید. آبیاری با لوله‌های تیپ انجام و میزان آب ورودی به هر کرت توسط کنتور اندازه‌گیری شد. کودهای شیمیایی لازم بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی موسسه تحقیقات آب و خاک مورد استفاده قرار گرفت. کودهای سوپر فسفات تریپل (۷۵ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت پیش ازکاشت و کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در سه مرحله، یک سوم همزمان با کاشت، یک سوم بعد از تنک کردن و یک سوم قبل از به گل رفتن به‌صورت سرک همزمان با آبیاری مورد استفاده قرار گرفت. عمق کاشت بذر ۲ سانتی‌متر و فاصله بذرها روی ردیف ۲۵ سانتی متر و فاصله میان ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله میان کرت‌های فرعی، اصلی و بلوک‌ها به‌ترتیب ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت فرعی شامل ۵ خط کشت ۳ متری بود. گیاه‌چه‌ها برای حصول تراکم مناسب (تراکم ۳۰۰ هزار بوته در هکتار)، در مرحله شش برگی تنک شدند. کنترل علف‌های هرز در طول دوره کشت با استفاده از بیل و بیلچه انجام شد. همچنین، در این دوره آفاتی نظیر کرم غوزه (*Heliothis armigera Hübner*) و برگخوار (*Spodoptera exigua*) و همین‌طور ملخ مشاهده شد و سه نوبت با حشره‌کش‌هایی نظیر دیازینون و سایپرمترین کنترل شیمیایی انجام گرفت.

عملیات برداشت پس از حذف ۲ ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت (به عنوان اثر حاشیه‌ای) و انتخاب ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت از ۱۵ آبان تا اوایل آذر (زمانی‌که کاسبرگ‌ها به‌طور کامل از غوزه جدا شده بودند) انجام و پس از اندازه‌گیری ارتفاع بوته و قطر ساقه اصلی، در مجاورت هوای آزاد و زیر سایه، خشک و وزن خشک گل، وزن کاسبرگ خشک و عملکرد زیست توده کل تعیین گردید. شاخص برداشت کاسبرگ و شاخص برداشت گل به‌ترتیب از نسبت عملکرد کاسبرگ و عملکرد گل به زیست توده کل محاسبه شد. در مجموع سه سطح تاریخ کاشت و دور آبیاری، نه میزان آب مصرفی (۹۲۱، ۷۴۲، ۶۵۴، ۸۵۰، ۷۰۹، ۶۱۰، ۶۸۰، ۵۸۰ و ۴۹۵ بر حسب لیتر در متر مربع) وجود داشت. بازدهی مصرف آب گل و زیست توده بر اساس نسبت عملکرد تولید شده به آب مصرف شده در واحد سطح محاسبه گردید. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تغییرات معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد محاسبه گردید. ترسیم شکل‌ها نیز به وسیله داده‌پرداز Excel نسخه ۲۰۱۳ انجام شد.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر اصلی دور آبیاری (به جز شاخص برداشت گل)

و تاریخ کاشت (به جز عملکرد کاسبرگ، عملکرد گل، شاخص برداشت کاسبرگ و شاخص برداشت گل) تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد بررسی داشتند (جدول ۳). برهمکنش سطوح دور آبیاری و تاریخ کاشت تنها در کارآیی مصرف آب زیست توده تفاوت معنی‌داری ایجاد کرد (جدول ۳). همچنین، شاخص برداشت گل، تحت تأثیر هیچ کدام از تیمارهای اعمال شده قرار نگرفت.

ارتفاع بوته و قطر ساقه: بیشترین ارتفاع بوته در دور آبیاری هر ۸ روز یک‌بار (۱۸۱ سانتی متر) به‌دست آمد (جدول ۴). افزایش دور آبیاری باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوده شد به‌طوری‌که دورهای آبیاری ۱۰ و ۱۲ روز یک‌بار (۱۶۰ و ۱۵۱ سانتی‌متر) نسبت به دور آبیاری ۸ روز یک‌بار، به ترتیب ۱۱ و ۱۲ درصد ارتفاع بوته کمتری داشتند (جدول ۴). اگرچه تاخیر دو هفته‌ای در کاشت، تغییر معنی‌داری در ارتفاع بوته نداشت اما چهار هفته تأخیر در کاشت باعث کاهش ۱۲ درصدی و معنی‌دار در ارتفاع بوته نسبت به تاریخ کاشت معمول منطقه شد (جدول ۴). بیشترین قطر ساقه در تاریخ کاشت معمول منطقه (۲/۹۱ سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول ۴). دور آبیاری هر ۱۲ روز یک‌بار باعث کاهش معنی‌دار قطر ساقه شد (۲/۴۰ سانتی‌متر) به‌طوری‌که نسبت به آبیاری هر ۸ روز یک‌بار، ۱۷/۵ درصد کاهش یافت. تاریخ کاشت معمول منطقه (۱۴ خرداد)، بیشترین قطر ساقه را دارا بود (۲/۹۷ سانتی‌متر) درحالی‌که تاخیر در کاشت باعث کاهش قطر ساقه اصلی گیاه شد و کمترین قطر ساقه (۲/۵۰ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت سوم (۱۱ تیر) با ۱۶ درصد کاهش نسبت به تاریخ کاشت اول به‌دست آمد (جدول ۴). افزایش دور آبیاری و تنش خشکی حاصل از آن، با تأثیری که روی کاهش فتوسنتز و جذب مواد معدنی می‌گذارد سبب می‌شود که ارتفاع بوته و قطر ساقه کاهش یابد (Bhandari *et al*., 2018). به نظر می‌رسد که در این آزمایش، تنش خشکی مانع از آماس سلولی و در نتیجه کاهش تقسیمات سلولی در گیاه شد. در آزمایشی روی اثر سطوح تنش کم‌آبی بر عملکرد ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بیان داشتند که بیشترین ارتفاع بوته در شرایط بدون تنش به‌دست آمد (SiroosMehr *et al*., 2011). کاهش ارتفاع بوته در کشت دیرهنگام، احتمالاً به علت کوتاه‌تر شدن دوره رشد رویشی گیاه به‌دلیل برخورد با گرما است که کاهش ارتفاع بوته و قطر ساقه را به همراه داشته است (Faramarzi *et al*., 2012; Tabatabai *et al*., 2021). در بررسی مناسب‌ترین تاریخ کاشت گیاه چای ترش در کرمان، تاریخ کاشت ۱۰ فروردین نسبت به ۲۰ و ۳۰ فروردین به‌عنوان بهترین تاریخ کاشت از نظر ارتفاع بوته‌ی مناسب معرفی شد (Behzadi *et al*., 2014). تأخیر در کاشت پنبه و چای ترش به‌طور معنی داری ارتفاع بوته را کاهش می‌دهد (Ahmad *et al*., 2009; Steve *et al*., 2004).

عملکرد کاسبرگ و گل: بیشترین عملکرد کاسبرگ (۱/۵۹ تن در هکتار) در دور آبیاری هر ۱۰ روز یک‌بار به‌دست آمد که نسبت به آبیاری معمول (۸ روز یک‌بار)، ۱۰ درصد بیشتر بود (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد کاهش دور آبیاری از ۱۰ روز به ۸ روز باعث تحریک گیاه به استمرار فاز رویشی و صرف اسیمیلات‌ها برای ایجاد بافت‌های رویشی در این گیاه می‌گردد. از طرف دیگر، افزایش دور آبیاری از ۱۰ به ۱۲ روز نیز از آنجا که می‌تواند موجب بروز تنش رطوبتی در بافت‌های گیاه چای ترش شود موجب صرف انرژی از طریق مصرف اسیمیلات‌های فتوسنتزی برای جبران

خسارات ناشی از تنش و افزایش شدت تنفس گیاهی شده که این فرایندهای فیزیولوژیک توانسته است موجب کاهش معنی‌دار عملکرد کاسبرگ شود (Nazeri *et al.*, 2018). افزایش دور آبیاری از ۱۰ به ۱۲ روز باعث کاهش معنی‌دار عملکرد کاسبرگ شد به‌طوری‌که، کمترین عملکرد کاسبرگ (۱/۲۶ تن در هکتار) در این تیمار به دست آمد که نسبت به آبیاری ۸ روز و ۱۰ روز یک‌بار، ۱۱ و ۲۰ درصد کمتر بود. بیشترین عملکرد گل در آبیاری هر ۱۰ روز یک‌بار (۳۰۷/۷ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد که نسبت به آبیاری ۸ روز یک‌بار، ۱۱ درصد بیشتر بود، اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۴). افزایش دور آبیاری به ۱۲ روز یک‌بار منجر به کاهش عملکرد گل شد به‌نحوی‌که کمترین عملکرد گل در دور آبیاری ۱۲ روز یک‌بار (۲۳۹/۰۷ کیلوگرم) به‌دست آمد که نسبت به آبیاری هر ۸ و ۱۰ روز یک‌بار، به‌ترتیب کاهشی ۱۲ و ۲۲ درصدی داشت. گزارش شده است که تنش خفیف در پنبه و چای ترش باعث افزایش تعداد غوزه و گل می‌شود (Ahmad *et al.*, 2009; Steve *et al.*, 2004). احتمالاً آبیاری سنگین باعث محدود شدن تبادل هوای خاک و کاهش جذب آب و مواد غذایی شده است (Keshavarz *et al.*, 2018; Sharma *et al.*, 2021) که در نهایت منجر به ریزش و کاهش اجزای زایشی گیاه می‌شود. علاوه بر این، تنفس بی‌هوازی در محیط ریشه باعث تجمع دی‌اکسید کربن، اتیلن و آمونیوم (Seghatoleslam *et al.*, 2013) می‌شود که مسمومیت سلولی در گیاه، پیری، ریزش برگ و کاهش گل‌ها را به همراه دارد. صالیح (Salih, 2019) نشان داد که تأخیر در اولین آبیاری باعث افزایش تعداد قوزه پنبه گردید. ثقه‌الاسلامی و همکاران (Seghatoleslami *et al.*, 2013) گزارش کردند که حداکثر وزن تر و خشک گل چای‌ترش در تیمار تنش متوسط آبیاری، به ترتیب با ۷۲/۳۹ و ۱۱/۴۵ گرم در متر مربع و حداقل آن در تنش شدید کم‌آبی به‌ترتیب با ۲۳/۹۵ و ۳/۶۱ گرم در متر مربع به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد افزایش دور آبیاری تا ۱۰ روز یک‌بار، با ایجاد تنش خفیف در گیاه، باعث افزایش تولید گل در بوته می‌شود. به همین دلیل، در دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار عملکرد گل و کاسبرگ نسبت به آبیاری ۸ روز یک‌بار افزایش یافت اما در آبیاری ۱۲ روز یک‌بار، به‌علت افزایش تنش ناشی از خشکی و ریزش گل‌ها، عملکرد گل و کاسبرگ کاهش یافت.

عملکرد زیستی: بین دور آبیاری ۸ و ۱۰ روز یک‌بار تفاوت چشم‌گیری در عملکرد زیستی مشاهده نشد اما دور آبیاری ۱۲ روز یک‌بار باعث کاهش عملکرد زیستی شد (۱۱/۴ تن در هکتار) به‌نحوی‌که نسبت به آبیاری ۸ و ۱۰ روز یک‌بار، کاهشی ۲۱ و ۲۳ درصدی داشت (جدول ۴). بیشترین عملکرد زیستی (۱۴/۲۴ تن در هکتار) در تاریخ کاشت معمول منطقه (۱۴ خرداد) به دست آمد (جدول ۴). تاخیر در کاشت منجر به کاهش عملکرد زیستی شد به‌نحوی‌که کمترین عملکرد زیستی (۱۳/۵۵ و ۱۳/۱۸ تن در هکتار) به‌ترتیب در تاریخ کاشت دوم و سوم (۲۸ خرداد و ۱۱ تیر) به‌دست آمد که نسبت به تیمار برتر، کاهشی ۵ و ۸ درصدی داشت (جدول ۴).

نتایج این آزمایش مؤید کاهش میزان تولید عملکرد زیستی گیاه در آبیاری ۱۲ روز یک‌بار بود. به‌نظر می‌رسد که رشد رویشی نامناسب در کاهش عملکرد زیست توده نقش داشته و نتایج فوق را رقم زده باشد. در بررسی مقادیر مختلف آبیاری ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار،

بر عملکرد رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill)، بیشترین و کمترین عملکرد زیستی و اقتصادی به ترتیب در تیمار ۳۰۰۰ و ۱۰۰۰ متر مکعب آبیاری حاصل شد (Koocheki *et al*., 2013). در مطالعه‌ای دیگر، بیشترین عملکرد زیستی گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) در آبیاری مطلوب به‌دست آمد که علت آن گسترش بیشتر و دوام سطح برگ بالاتر عنوان شده است. با افزایش تنش کم‌آبی، از میزان عملکرد زیستی گیاه کاسته شد (Keshavarz, 2011). در تاریخ کاشت اول (۱۱ تیر)، طولانی شدن دوره رشد رویشی منجر به بهبود جذب تشعشع و تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به گل می‌شود که از ریزش آنها جلوگیری می‌کند. در تاریخ‌های کاشت دیرتر، کوتاه شدن دوره رشد باعث می‌شود که استفاده از عوامل محیطی توسط گیاه کمتر شده و در نتیجه گل‌های بیشتری ریزش می‌کند. از طرفی، برخورد مراحل حساس نموی با سرمای آخر فصل ناشی از تأخیر در کاشت چای ترش، منجر به برتری تاریخ کاشت اول در عملکرد زیست توده نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر گردید. زینالی و همکاران (Zeinali *et al*., 2008) گزارش کردند که تاریخ کاشت به‌طور معنی‌داری تعداد گل بابونه (*Matricaria chamomilla*) و عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار داده و تاریخ کاشت اول (۱ بهمن ماه) باعث افزایش تعداد و عملکرد گل بابونه در مقایسه با تاریخ کاشت ۱۵ بهمن و اول اسفندماه گردید.

کارآیی مصرف آب کاسبرگ، گل و عملکرد زیستی: با افزایش دور آبیاری، کارآیی مصرف آب کاسبرگ افزایش یافت به‌نحوی‌که بیشترین و کمترین کارآیی مصرف آب کاسبرگ به‌ترتیب در آبیاری هر ۱۲ و ۸ روز یک‌بار (۰/۱۸ و ۰/۱۳ گرم بر لیتر) به‌دست آمد (جدول ۴). اگرچه تاخیر دو هفته‌ای در کاشت چای ترش، تأثیری در کارآیی مصرف آب برگ کاسبرگ نداشت اما با چهار هفته تأخیر در کاشت، کارآیی مصرف آب کاسبرگ نسبت به کشت به‌موقع ۲۲ درصد کاهش یافت (جدول ۴) و از ۰/۱۸ گرم در لیتر به ۰/۱۴ گرم در لیتر رسید. با افزایش دور آبیاری از ۸ به ۱۰، میزان کارآیی مصرف آب گل افزایش معنی‌داری داشت به‌نحوی‌که کمترین کارآیی مصرف آب گل (۰/۰۲۵ گرم در لیتر) در دور آبیاری ۸ روز یک‌بار به‌دست آمد (جدول ۴). اگرچه بیشترین کارآیی مصرف آب گل در دور آبیاری ۱۲ روز یک‌بار به‌دست آمد اما تفاوتی با دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار نداشت. به‌طورکلی، تأخیر در کاشت باعث افزایش کارآیی مصرف آب گل شد به‌نحوی‌که کشت در ۱۴ خرداد و ۱۱ تیر ماه، به‌ترتیب کمترین (۰/۰۲۷ گرم در لیتر) و بیشترین (۰/۰۳۴ گرم در لیتر) کارآیی مصرف آب گل را دارا به‌دست آورد (جدول ۴). بیشترین کارآیی مصرف آب عملکرد زیستی (۲/۴۱ گرم در لیتر)، در دور آبیاری ۱۲ روز یک‌بار و تاریخ کاشت آخر (۱۱ تیمار ماه) به‌دست آمد (شکل ۱). در هر سه سطح آبیاری، با تأخیر در کاشت، کارآیی مصرف آب عملکرد زیستی افزایش یافت. کمترین کارآیی مصرف آب عملکرد زیستی (۱/۳۶ گرم در لیتر) در آبیاری هر ۸ روز یک‌بار و تاریخ کاشت اول (۱۴ خرداد) به‌دست آمد (شکل ۱). با توجه به میانگین سطوح آبیاری، بین تاریخ کاشت اول و دوم اختلاف زیادی مشاهده نشد اما کارآیی مصرف آب عملکرد زیستی در تاریخ کاشت سوم و حدود ۱۸ درصد بیشتر از تاریخ کاشت اول و دوم بود (شکل ۱). تیمار آبیاری هر ۸ روز یک‌بار که کمترین کارآیی مصرف آب کاسبرگ و گل را

داشت، عملکرد کاسبرگ و عملکرد گل کمتری نیز نسبت به دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار داشت (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد کاهش کارآیی مصرف آب در آبیاری ۸ روز یک‌بار، کمتر بودن تولید زیست توده نسبت به افزایش آب مصرفی گیاه می‌باشد. در واقع، در دورهای بالاتر آبیاری، اگرچه عملکرد مورد نظر کاهش داشت، اما میزان آب مصرفی کاهش بیشتری داشت به‌همین دلیل کارآیی مصرف آب افزایش داشت. در کشت دیرهنگام نیز به علت کمتر بودن طول دوره رشد و کاهش آب مصرفی، اگرچه افت عملکرد مشاهده گردید اما منجر به افزایش کارآیی مصرف آب شد. عینی نرگسه و همکاران (Eyni Nargeseh *et al.*, 2019) و خدابین و همکاران (Khodabin *et al.*, 2020) گزارش کردند که کارآیی مصرف آب در کلزا با اعمال قطع آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش داشت. کارآیی مصرف آب همراه با تأخیر در کاشت افزایش می‌یابد (Nazeri *et al.*, 2018; Keyvan Rad *et al.*, 2021) و علت آن را کاهش بیشتر عملکرد زیستی (به علت کاهش طول دوره رشد) نسبت به عملکرد دانه (به علت اختلال در گرده‌افشانی، تشدید پدیده عقیمی و افزایش درصد سقط جنین) عنوان کردند.

شاخص برداشت کاسبرگ: افزایش دور آبیاری و در واقع تنش کم‌آبی باعث افزایش شاخص برداشت کاسبرگ شد به‌نحوی‌که کمترین (۹/۷۱ درصد) و بیشترین (۱۱/۱۲ درصد) شاخص برداشت کاسبرگ به‌ترتیب در دورهای آبیاری ۸ روز و ۱۲ روز یک‌بار به‌دست آمد (جدول ۴). با این حال، بین دورهای آبیاری ۱۰ و ۱۲ روز یک‌بار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. عدم وجود اثر معنی‌دار دورهای آبیاری و تاریخ کاشت بر شاخص برداشت گل نشان‌دهنده‌ی این است که عملکرد گل و عملکرد زیستی به‌طور یکسانی تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده قرار گرفته است. شاخص برداشت کلزا تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار نگرفت که علت آن کاهش همزمان و یکسان اجزای رویشی و زایشی در پاسخ به کشت دیرهنگام عنوان شده است (Nazeri *et al.*, 2019).

نتیجه‌گیری کلی

در این بررسی صفات مورد مطالعه پاسخ‌های متفاوتی را در سطوح مختلف آبیاری و تاریخ کاشت نشان دادند. آبیاری هر ۱۰ روز یک‌بار بیشترین عملکرد کاسبرگ، عملکرد گل و عملکرد زیستی را داشت. این درحالی بود که بیشترین کارآیی مصرف آب کاسبرگ و گل و شاخص برداشت کاسبرگ در دور آبیاری ۱۲ روز یک‌بار به‌دست آمد. به نظر می‌رسد افزایش دور آبیاری تا ۱۰ روز یک‌بار باعث افزایش میزان گلدهی گیاه شده که در نتیجه باعث افزایش عملکرد گل و افزایش کارآیی مصرف آب گل شد. از طرفی، در تاریخ کاشت اول (۱۴ خرداد) بیشترین ارتفاع بوته، قطر ساقه و عملکرد زیستی را تولید نمود. تأخیر در کاشت، اگرچه باعث کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه و عملکرد زیستی شد اما کارآیی مصرف آب کاسبرگ و گل را افزایش داد. بر اساس نتایج به‌دست آمده و با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار برای حصول حداکثر عملکرد گل و کاسبرگ، افزایش کارآیی مصرف آب گل و شاخص برداشت کاسبرگ و در نهایت صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری می‌تواند مورد توجه باشد. همچنین، جهت کوتاه شدن طول دوره کشت، کاهش هزینه تولید و صرفه‌جویی در مصرف آب، تاریخ ۲۸ خرداد برای کشت گیاه در کرج مناسب‌تر از دو تاریخ کاشت دیگر بررسی شده می‌باشد.

جدول ۱- میانگین حداقل دما، حداکثر دما و میزان بارندگی در طی دوره رشد

Table 1- The minimum and maximum average temperature and precipitation in growth period

2017	Month					
	June	July	August	September	October	November
متوسط حداقل Average minimum temperature (◦C)	20.5	23.85	21.94	15.84	10.31	8
متوسط حداکثر Average maximum temperature (◦C)	28.1	35.65	33.55	26.75	19.85	14
متوسط دما Average air temperature (◦C)	24.3	29.75	27.745	21.295	15.08	11
بارندگی Rainfall (mm)	0	0	0	0	2.8	3.5

جدول ۲- تجزیه فیزیکی-شیمیایی خاک

Table 2- Soil physic-chemical analysis

بافت خاک Soil texture	**پتاسیم** Potassium	**فسفر** Phosphorous	**اسیدیته** pH	**هدایت الکتریکی** Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	**کربن آلی** Organic carbon (%)	**نیتروژن کل** Total nitrogen (%)
	Available ($mgkg^{-1}$)					
Sandy-loam	225	35	6.96	0.82	0.39	0.031

جدول۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات عملکرد ،اجزای عملکرد، کارآیی مصرف آب و شاخص برداشت اجزای مختلف گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) تحت تأثیر تیمارهای دور آبیاری و تاریخ کاشت

Table 3- Analysis of variance (mean squares) of physiological traits, yield, yield components, water use efficiency and harvest index of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in irrigation intervaland sowing date treatments

منابع تغییر S.O.V.	**درجه آزادی** df	**ارتفاع بوته** Plant height	**قطر ساقه** Stem diameter	**عملکرد کاسبرگ** Sepals yield	**عملکرد گل** Flower yield	**عملکرد زیستی** Biological yield
بلوک Block	2	1644.1 **	0.084 ns	0.064 *	124.4 ns	0.0034 ns
آبیاری Irrigation	2	1444.7 **	0.75 *	0.24 **	10605.6 *	34.42 **
خطای اصلی Main Error	4	116.4	0.053	0.018	862.2	0.13
تاریخ کاشت Sowing date	2	1136.7 **	0.51 **	0.049 ns	567.3 ns	2.58 **
آبیاری ×تاریخ کاشت Irrigation×sowing date	4	122.5 ns	0.022 ns	0.0048 ns	282.9 ns	0.19 ns
خطای باقیمانده Sub-error	12	42.2	0.049	0.0036	506.52	0.039
ضریب تغییرات (%) .C.V		6.4	8.1	9.49	8.23	2.71

ns،*و**به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

**, * and ns significant at 0.01, 0.05 probability level and no significant, respectively.

ادامه جدول۳-

Table 3- Continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	کارآیی مصرف آب کاسبرگ Sepal water use efficiency	کارآیی مصرف آب گل Flower water use efficiency	کارآیی مصرف آب عملکرد زیستی Biological yield water use efficiency	شاخص برداشت کاسبرگ Sepal harvest index	شاخص برداشت گل Flower harvest index
بلوک Block	2	0.00067 *	0.0000016 ns	0.0000024 ns	3.42 *	0.01 ns
آبیاری Irrigation	2	0.0059 **	0.00019 **	0.76 **	4.79 **	0.152 ns
خطای اصلی Main Error	4	0.00021	0.0000097	0.0021	0.69	0.044
تاریخ کاشت Sowing date	2	0.0039 **	0.00011 **	0.40 **	0.75 ns	0.0075 ns
آبیاری ×تاریخ کاشت Irrigation×sowing date	4	0.000091 ns	0.0000052 ns	0.01 *	0.41 ns	0.011 ns
خطای باقیمانده Sub-error	12	0.000039	0.0000055	0.00051	0.24	0.021
ضریب تغییرات (%) C.V.		9.23	7.82	2.55	7.91	7.34

ns،*و**به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

**, * and ns significant at 0.01, 0.05 probability level and no significant, respectively.

جدول۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی دور آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد، کارآیی مصرف آب و شاخص برداشت گیاه چای ترش

Table 4- Main effect of irrigationinterval and sowing date treatments on yield, yield components water use efficiency, and harvest index of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)

دور آبیاری Irrigation round	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	عملکرد کاسبرگ Sepals yield (ton ha^{-1})	عملکرد گل Flower yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد زیستی Biological yield ($t.ha^{-1}$)	کارآیی مصرف آب کاسبرگ Sepal water use efficiency ($g.L^{-1}$)	کارآیی مصرف آب گل Flower water use efficiency ($g.L^{-1}$)	شاخص برداشت کاسبرگ Sepal harvest index (%)
دور آبیاری ۸ روز یک‌بار Irrigation intervals of 8 days	181.2	2.91	1.42	273.2	14.6	0.13	0.025	9.71
دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار Irrigation intervals of 10 days	160.6	2.88	1.59	307.7	14.8	0.15	0.030	10.74
دور آبیاری ۱۲ روز یک بار Irrigation intervals of 12 days	158.1	2.40	1.26	239.07	11.4	0.18	0.034	11.12
LSD value (%)	8.5	0.3	0.079	38.4	0.26	0.0082	0.0041	0.64

میانگین‌ها به صورت مستقل با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

The means were independently compared with the LSD test at the 5% probability level.

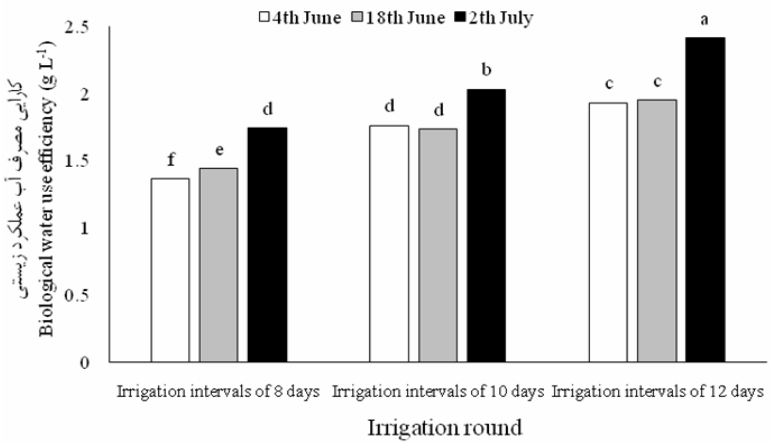
ادامه جدول۴-

Table 4- Continued

تاریخ کاشت Sowing date	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	عملکرد زیستی Biological yield ($t.ha^{-1}$)	کارآیی مصرف آب کاسبرگ Sepal water use efficiency ($g.L^{-1}$)	کارآیی مصرف آب گل Flower water use efficiency ($g.L^{-1}$)
۱۳۹۶/۳/۱۴ 4th June	175.4	2.97	14.24	0.14	0.027
۱۳۹۶/۳/۲۸ 18th June	170.5	2.72	13.55	0.14	0.028
۱۳۹۶/۴/۱۱ 2th July	154.0	2.50	13.18	0.18	0.034
LSD value (%)	11.08	0.22	0.38	0.015	0.0024

میانگین‌ها به صورت مستقل با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

The means were independently compared with the LSD test at the 5% probability level.



شکل ۱- برهمکنش دوگانه سطوح دور آبیاری و تاریخ کاشت بر کارآیی مصرف آب عملکرد زیستی

Figure 1- Two-way interaction of irrigation interval and sowing date biological water use efficiency

(LSD value: 0.082).

References منابع مورد استفاده

- Ahmad, A.S., M.K., Abdelrahman, and E.H. Abuelgasim. 2009. Some genotypic phenotypic of Roselle (*Hibiscus Subdariffa* Var. Subdarriffa) and their practical Implications. *Journal of Science and Technology*. 10(2): 69-79.
- Anonymous. 2018. FAO (Food and Agriculture of United Nation). World food situation, Available at: http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/
- Babatunde, F.E., and A.L.E. Mofoke. 2006. Performance of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as influenced by irrigation schedules. *Pakistan Journal of Nutrition*. 4: 363-367.
- Behzadi, M., M.A. Vakili Shahrbabak, and M. Koduri. 2014. Study of the most appropriate sowing date of Roselle (*Hibiscussabdariffa* L.) as medicinal plant in urban green space in Kerman city. The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources, 30thJan. Iran. (In Persian).
- Bhandari, B., J. Shrestha, and M.P. Tripathi. 2018. Productivity of maize (*Zea mays* L.) as affected by varieties and sowing dates. *International Journal of Applied Biology*. 2(2): 13-19.
- EL-Boraie, F.O.M., A.M. Gaber, and G. Abdel-Rahman. 2009. Optimizing irrigation schedule to maximize water use efficiency of *Hibiscus sabdariffa* under Shalation condition. *World Journal of Agriculture Science*. 4: 505-514.
- Emongor, V.E., J.A. Chweya, and R.M. Munavu. 2006. Effect of nitrogen and phosphorus on the essential oilyield and quality of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) flowers. *Crop Sciences*. 12(1): 12-19.
- EyniNargeseh, H., M. Aghaalikhani, A.H. Shirani Rad, A. Mokhtasi-Bidgoli, and S.A.M. Modares-Sanavy. 2019. Response of new genotypes of rapeseed (*Brassica napus* L.) to late season withholding irrigation under semi-arid climate. *Journal of Plant Productions*. 41(4): 55-68.
- Faramarzi, A., S. Seyedin, N. Mohbali Poor, and Sh. Shahrokhi. 2012. Study of sowing date on yield and components of cotton varieties (*Gossypium hirsutum* L.) yield of in Miandeh region. *Journal of Research in Agronomy Science*. 16(4): 27-38. (In Persian).
- Farjam, S., A. Siosemardeh, H. Kazemi-Arbat, M. Yarnia, and A. Rokhzadi. 2017. Effects of ascorbic and salicylic acid foliar application on physiological traits of two chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*. 9(1): 99-117. (In Persian).
- Gendy, A.S.H., H.A.H. Said-Al Ahl, and A. Abeer Mahmoud. 2012. Growth, productivity, and chemical constituents of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plants as influenced by cattle manure and biofertilizers treatments. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.* 6(5): 1-12.
- Howard, A., and G.L.C. Howard. 2011. Studies in Indian fibre plants. No. 2. on some new varieties of *Hibiscus cannabinus* L. and *Hibiscus sabdariffa* L. *Genetics and Molecular Biology*. 4: 9-36.

- Kahil, A.A., F.A.S. Hassan, and E.F. Ali. 2017. Influence of bio-fertilizers on growth, yield, and anthocyanin content of *Hibiscus sabdariffa* L. plant under Taif region conditions. *Annual Research and Review in Biology*. 17(1): 1-15.
- Keshavarz, D. 2011. The effect of different water quantities on yield, water use efficiency and cotton yield function in Mazandaran province, *Iranian Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*. 21(1): 103-111. (In Persian).
- Keshavarz, H., S.A.M. Modares-Sanavy, and M. Mahdipour-Afra. 2018. Organic and chemical fertilizer affected yield and essential oil of two mint species. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 21(6): 1674-1681.
- Keyvan Rad, S., H. Madani, H. Heidari Sharifabadi, M. Mahmoudi, and G. Nourmohamadi. 2021. Evaluation of yield and yield components of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) in different treatments of irrigation distance and sowing date. *Journal of Crop Ecophysiology*. 15(59): 377-392. (In Persian).
- Khatib, F., B. Torabi, and A, Rahimi. 2015. Assessing the effect of planting date on safflower cultivars growth and seed yield in Rafsanjan condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 13(2):316-317 (In Persian).
- Khodabin, G., Z. Tahmasebi-Sarvestani, A.H. Shirani Rad, S.A.M. Modarres-Sanavy, and E. Bakhshandeh. 2020. The Effect of withholding irrigation and foliar application of Zn and Mn on yield and eco-physiological characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 18(1): 85-100.
- Koocheki, A.R., J. Shabahang, S. Khorramdel, F. Najafi, and S. Bakhshaei. 2013. Effects of irrigation on grain yield and essential oil of fennel. The 1st Regional Congress on Medical Plants of North of Iran. Goegan, 8th May 2013. (In Persian).
- Madani, H., B. Sani, and H. Golipour. 2018. Yield comparison of sesame cultivars and their physiological growth indices under chemical and biological potassium fertilizer applications. *Journal of Crop Ecophysiology*. 11(44): 837-856. (In Persian).
- Mir, B., S. Ravan, and M.R. Asgharipour. 2011. Effects of plant density and sowing date on yield and yieldcomponents *Hibiscus sabdariffa* L. in Zabol region. *Advances in Environmental Biology*. 5(6): 1156-1161.
- Nazeri, P., A.H. Shirani Rad, S.A. Valad Abadi, M. Mirakhori, and E. Hadidi Masoule. 2019. The effect of planting date and late season drought stress on eco-physiological characteristics of the new varieties of canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Agroecology*. 11(1): 261-276. (In Persian).
- Nazeri, P., A.H. Shirani Rad, S.A. ValadAbadi, M. Mirakhori, and E. Hadidi Masoule. 2018. Effect of sowing dates and late season water deficit stress on quantitative and qualitative traits of canola cultivars. *Outlook on Agriculture*. 47(4): 291-297.
- Parsa Motlagh, B., P. Rezvani Moghadam, R. Ghorbani, and Z. Azami Sardooei. 2019. Yield and water use efficiency assessment of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as affected by nutritional different resources and regimes of irrigation water. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 12(4): 1225-1236. (In Persian).

- Rezvani Moghaddam, P. 2008. New and forgotten crops. 446 p in: Koocheki, A.R., and M. Khajeh Hosseini eds. Modern Agronomy. Publication by University Jahad of Mashhad.
- Salih, R.F. 2019. Effect of sowing dates and varieties of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) on growth and yield parameters. *Agricultural and Environmental Researches*. 31 (3): 64-70.
- Seghatoleslami, M.J., S.G. Mosavi, and T. Barzegaran. 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. (In Persian).
- Sharma, A., R. Deepa, S. Sankar, M. Pryor, B. Stewart, E. Johnson, and A. Anandhi. 2021. Use of growing degree indicator for developing adaptive responses: A case study of cotton in Florida. *Ecological Indicators*. 124: 107383. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107383
- SiroosMehr, A., J. Arbabi, and M.R. Asghari Poor. 2011. The effect of drought stress and organic fertilizer levels on yield and some of morphological traits basil (*Ocimumbasilicum* L.) National Conference of Natural Products and Medicinal Plants, October 3. (In Persian).
- Steve, P., E. Charles, and A. Michael. 2004. Cotton growth, lint yield, and fiber quality as affected by row spacing and cultivar. *The Journal of Cotton Science*. 8: 1-12.
- Tabatabai, S.M.R., H. Madani, H. Heidari Sharifabad, G. Noormohammadi, and F. Darvish. 2021. Effect of planting date and nutritional treatments on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 14(56): 519-534. (In Persian).
- Taghvaei, M., A. Nasrolahizadehi, and A. Mastinu. 2022. Effect of light, temperature, salinity, and halopriming on seed germination and seedling growth of *hibiscus sabdariffa* under salinity stress. *Agronomy*. 12: 2491.
- Zeinali, H., M. Bagheri Kholanjani, M.R. Golparvar, M. Jafarpour, and A.H. Shirani Rad. 2008. Effect of different planting time and nitrogen fertilizer rates on flower yield and its components in German chamomile (*Matrica riarecutita*). *Iranian Journal of Crop Science.* 10(3): 220-230. (In Persian).

Research Article DOI: 10.30495/JCEP.2023.1935375.1818

Evaluation of Yield, Harvest Index, and Water Use Efficiency of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Different Treatments of Irrigation and Sowing Date

Arameh Zand-Silakhoor[1], Hamid Madani[2]*, Hossein Heidari Sharifabadi [3], Mojtaba Mahmoudi[4] and Ghorban Nourmohamadi[3]

Received: July 2021 , Revised: 3 December 2021, Accepted: 2 February 2022

Abstract

In order to evaluate different irrigation regimes and planting date on yield, water use efficiency, and harvest index of Roselle (*Hibiscus sabdarjffa* L.), an experiment was conducted in form of split plot in randomized complete blocks with three replications in Karaj in 2017. Experimental treatments included irrigation round (Irrigation intervals of 8, 10, and 12 days) as a main plot, andplanting date treatments at three levels of 4th June, 18th June, and 2th July as a sub-plot. Results showed that the main effect of irrigation treatments was significant on all traits except harvest index. Planting date had a significant effect only on plant height, stem diameter, biological yield, flower water use efficiency, and sepal water use efficiency. The interaction of irrigation treatment levels and planting date only made a significant difference in biomass water use efficiency. Also, the flower harvest index was not affected by any of the applied treatments.The greatest plant height (181.2 cm), stem diameter (2.91 cm) and biological yield (14.6 $t.ha^{-1}$) were obtained in the irrigation interval of 8 days. The highest sepal water use efficiency of (0.18 $g.L^{-1}$), flower water use efficiency (0.034 $g.L^{-1}$) and sepal harvest index (11.12 %) were observed in the irrigation interval of 12 days. The irrigation interval of 10 days had the highest sepal yield (1.59 $t.ha^{-1}$) and flower yield (307.7 $kg.ha^{-1}$).Delay in planting caused a decrease of 12, 16, and 7% in plant height, stem diameter, and biological yield, respectively and increase in the sepal water use efficiency and biological yield water use efficiency by 22 and 20%, respectively compared to optimum planting time. The highest biological yield water use efficiency (2.41 $g.L^{-1}$) was obtained in irrigation interval of 12 days and one month delay in planting. Based on the obtained results, irrigation interval of 10 days is recommended to achieve maximum flower yield and sepal yield, increase the flower water use efficiency and sepal harvest index. Also, in order to shorten the cultivation period and save water consumption, the date of 18th June is recommended for plant cultivation in Karaj.

Key words: Harvest index, Irrigation interval, Flower yield, Sepal yield, Water deficit.

1- Ph.D. Student in Agriculture, Agronomy and Horticulture Science Department, Faculty of Agriculture and Food Industry, Science and Research, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Associate Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.
3- Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Science and Research, Islamic Azad University, Tehran. Iran.
4- Research Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Sari, Iran.
**Corresponding Author: h-madani@iau-arak.ac.ir; madani.au@yahoo.com*