



اثر مقادیر و روش کاربرد سوپر جاذب در زراعت زعفران (*Crocus sativus L.*) تحت تأثیر سطوح آبیاری

مهدی صفری^۱، غلامرضا خواجه‌جویی‌نژاد^۲، علی‌اکبر مقصودی مود^۳، قاسم محمدی‌نژاد^۴

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۲- دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- دانشیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۴- دانشیار اصلاح نباتات، دانشگاه شهید باهنر کرمان

* نویسنده مسئول: E-mail: m_safari_1350@yahoo.com.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۲۵

چکیده

به منظور شناسایی راهکارهای افزایش عملکرد و توسعه کشت زعفران در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آزمایشی بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد که در آن تیمار اصلی شامل سه سطح آبیاری تا سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و هفت سطح تیماری کودی به عنوان کرت‌های فرعی شامل شاهد (عدم مصرف سوپر جاذب) و سه سطح توزیع یکنواخت سوپر جاذب به میزان ۱۰، ۳۰ و ۵۰ گرم در متر مربع قبل از کاشت و سه روش توزیع سوپر جاذب در زیر ردیف‌های کاشت بود. نتایج نشان داد که با افزایش حجم آبیاری تعداد گل، وزن تر گل، وزن خشک کلاله، وزن کل بنه‌ها، وزن بزرگترین بنه و همچنین تعداد بنه‌ها افزایش یافت، اما تراوش بونی کاهش یافت. طول برگ از ۶۰ روز پس از شروع سبز شدن برگ‌ها به تدریج تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفت. همچنین مصرف سوپر جاذب‌ها رفتار مشابهی با تیمارهای آبیاری نشان دادند. در اغلب موارد مصرف سوپر جاذب به مقدار ۳۰ تا ۵۰ گرم سوپر جاذب بصورت توزیع یکنواخت روی سطح زمین و با مصرف ۱۰ گرم سوپر جاذب بصورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت نتیجه بهتری را در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها بدست آورد. در برخی موارد نیز، مصرف ۵۰ گرم سوپر جاذب بصورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت تأثیر منفی بر صفات مورد مطالعه داشت. بین سطوح آبیاری و مصرف سوپر جاذب اثر متقابل معنی‌دار وجود داشت و این موضوع نشان می‌دهد که می‌توان خسارت ناشی از کم‌آبی بر مزارع زعفران در مناطق خشک و نیمه‌خشک را با مصرف سوپر جاذب‌ها کاهش داد.

واژگان کلیدی: رشد رویشی، عملکرد، سازگاری به کم‌آبی، دور آبیاری.

مقدمه

زعفران گیاه ارزشمندی است که نیاز آبی و غذایی بسیار کمتری در مقایسه با سایر گیاهان زراعی و باغی دارد، چراکه بخش اعظم دوره رشد آن در فصل سرد سال است که غالباً بارندگی‌های زمستانه و یا آبیاری سبک، با توجه به عمق توسعه محدود ریشه، می‌تواند آب مورد نیاز گیاه را تأمین کند. از طرف دیگر، برودت هوا در این دوره، سطح محدود برگ و قرار گرفتن روزنه‌ها در شیار بین سطح بالایی و پائینی برگ مانع از اتلاف بیش از حد آب شده و لذا زعفران گیاه بسیار مناسبی برای قرارگرفتن در الگوی کاشت مناطق خشک و نیمه خشک که سطح وسیعی از کشور را تشکیل می‌دهد، می‌باشد.

هرچند افزایش آبیاری می‌تواند وزن بنه، عملکرد و تولید زعفران را افزایش دهد (Sabet Teimouri et al., 2010)، اما از جمله مزیت‌های نسبی زعفران نسبت به سایر محصولات زراعی برای توسعه و ترویج در مناطق خشک، نیاز کم آبی این گیاه است، لذا توصیه بر آبیاری مداوم آن همانند سایر محصولات زراعی چندان توجیه‌پذیر نیست.

از طرف دیگر، محدودیت آب در مناطق خشک و نیمه-خشک ضمن محدود نمودن سطح زیر کشت می‌تواند باعث بروز تنش خشکی بر گیاه شود. لذا اتخاذ راهکارهایی که بتواند اثرات تنش خشکی را تعدیل نماید، می‌تواند بر وزن بنه، عملکرد و تولید در سال بعد تأثیر مثبت داشته باشد. در زمینه به‌زراعی کشت زعفران در مناطق خشک و کم‌آب، افزایش تولید و حتی توسعه کشت این گیاه ارزشمند از دو طریق مقدور است:

نخست آنکه شرایطی در مزرعه فراهم شود که آب بیشتری در اختیار گیاه قرار گیرد و دوم آنکه شرایطی برای گیاه فراهم شود تا گیاه امکان افزایش سازگاری و تحمل شرایط نامساعد محیطی را داشته باشد.

استفاده از مواد سوپر جاذب به منظور افزایش ظرفیت رطوبتی خاک و حفظ رطوبت خاک می‌تواند مانع از بروز تنش رطوبتی برای گیاه شده و یا بروز تنش رطوبتی را به تأخیر بیندازد. از طرفی، مشخص شده است که استفاده از ترکیباتی مثل اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی ضمن آنکه می‌تواند برای تغذیه گیاه مفید باشد، می‌تواند در افزایش توانایی گیاه برای تحمل شرایط تنش نیز مفید باشد.

مطالعات نشان می‌دهد که کاهش دور آبیاری در زعفران می‌تواند عملکرد را افزایش دهد. همچنین گزارش شده که

آبیاری مزارع زعفران با فواصل کوتاه‌تر (۱۲ روزه) یکی از مهم‌ترین عوامل بالاتر بودن عملکرد زعفران در تربت حیدریه در مقایسه با گناباد بود (Behadni et al., 2008). حسن و شاه (Hassan & Shah, 2002) ابراز داشتند که هرچند زعفران نیاز آبی کمی دارد، اما در عین حال، تنش خشکی بر عملکرد، رشد و توسعه زعفران تأثیر منفی دارد. همچنین کاهش بارندگی طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳ میلادی در کشمیر باعث کاهش عملکرد زعفران از سه کیلوگرم در هکتار به حدود ۱/۵ کیلوگرم در هکتار شد (Alam, 2007).

گلدهی در زعفران، بیش از هر چیز متأثر از وزن بنه مادری است (Latifi & Mashayekhi, 1996)، لذا رشد رویشی و انتقال مواد غذایی ناشی از فتوسنتز برگ‌ها به بنه می‌تواند مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده وزن بنه و عملکرد در سال بعد باشد. با این فرض، می‌توان فیزیولوژی عملکرد زعفران را با گیاهان ژئوفیت و حتی گیاهان زراعی غده‌ای مشابه دانست.

در مورد تأثیر کاربرد سوپر جاذب‌ها بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی مطالعات نسبتاً فراوانی صورت گرفته است. یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2007) با بررسی تأثیر مقادیر متفاوت سوپر جاذب را در چهار سطح صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار بر رشد و عملکرد یک رقم سویا تحت سه رژیم متفاوت آبیاری نتیجه‌گیری کردند که کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب در همه سطوح آبیاری بیشترین تأثیر را بر رشد و عملکرد سویا داشت. کوهستانی و همکاران (Koohestani et al., 2009) ابراز داشتند که کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش تعداد ردیف در بلال ذرت تحت شرایط تنش خشکی شد و بر سایر صفات نیز تحت شرایط تنش و عدم تنش تأثیر مثبت داشت. فاضلی رستم‌پور و محبیان (Fazeli Rostampour & Mohebian, 2011) نیز با ارزیابی تأثیر سطوح مختلف سوپر جاذب بر رشد و عملکرد ذرت ابراز نمودند که مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب بر تمام خصوصیات مورد بررسی تحت تنش خشکی تأثیر مثبت داشت و میزان مصرف آب در ذرت را به میزان ۲۰ درصد کاهش داد، اما در شرایط عدم تنش کاربرد سوپر جاذب تأثیر قابل توجهی نداشت. همچنین گزارش شد که کاربرد سوپر جاذب تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر مثبت

از طرف دیگر، محدودیت آب در مناطق خشک و نیمه-خشک ضمن محدود نمودن سطح زیر کشت می‌تواند باعث بروز تنش خشکی بر گیاه شود. لذا اتخاذ راهکارهایی که بتواند اثرات تنش خشکی را تعدیل نماید، می‌تواند بر وزن بنه، عملکرد و تولید در سال بعد تأثیر مثبت داشته باشد. در زمینه به‌زراعی کشت زعفران در مناطق خشک و کم‌آب، افزایش تولید و حتی توسعه کشت این گیاه ارزشمند از دو طریق مقدور است:

نخست آنکه شرایطی در مزرعه فراهم شود که آب بیشتری در اختیار گیاه قرار گیرد و دوم آنکه شرایطی برای گیاه فراهم شود تا گیاه امکان افزایش سازگاری و تحمل شرایط نامساعد محیطی را داشته باشد.

استفاده از مواد سوپر جاذب به منظور افزایش ظرفیت رطوبتی خاک و حفظ رطوبت خاک می‌تواند مانع از بروز تنش رطوبتی برای گیاه شده و یا بروز تنش رطوبتی را به تأخیر بیندازد. از طرفی، مشخص شده است که استفاده از ترکیباتی مثل اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی ضمن آنکه می‌تواند برای تغذیه گیاه مفید باشد، می‌تواند در افزایش توانایی گیاه برای تحمل شرایط تنش نیز مفید باشد.

مطالعات نشان می‌دهد که کاهش دور آبیاری در زعفران می‌تواند عملکرد را افزایش دهد. همچنین گزارش شده که

حسب عمق آب مورد نیاز برای تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی محاسبه گردید.

تیمارهای سوپر جاذب شامل ۱۰، ۳۰ و ۵۰ گرم در متر مربع بصورت سرپاش روی سطح زمین قبل از کاشت و توزیع ۱۰، ۳۰ و ۵۰ گرم سوپر جاذب در زیر ردیف‌های کاشت بود. سوپر جاذب مورد استفاده از تولید داخل کشور با پایه پتاسیمی و ظرفیت جذب ۹۷ با چگالی ۱/۳ و حداقل محتوی ژل ۹۸/۵ بود.

در تیمارهایی که سوپر جاذب‌ها روی سطح زمین سرپاش شدند، پس از توزیع آن‌ها، سطح زمین اندکی با بیل شخم زده شد و ضمناً در هنگام کاشت با توجه به اینکه خاک هر کرت برای کشت ردیفی کاملاً جابجا می‌شد، لذا مواد سوپر جاذب کاملاً تا عمق کاشت با خاک مخلوط گردید. در تیمارهایی که سوپر جاذب بصورت ردیفی مصرف شد، پس از حفر ردیف‌های کاشت مقدار سوپر جاذب با مقدار کمی ماسه بادی غیرشور مخلوط و در زیر ردیف‌های کاشت ریخته شد. سپس بنه‌های زعفران بر روی آن‌ها قرار گرفت. مزرعه مشتمل بر ۶۳ کرت در سه تکرار بود که طول و عرض هر کرت به ترتیب دو و یک متر در نظر گرفته شد.

به منظور کاهش اثرات حاشیه‌ای و تفکیک کرت‌های کوچک از یکدیگر، یک ردیف بصورت نکاشت بین کرت‌ها باقی گذاشته شد و کرت‌های بزرگ با استفاده از بندهای حاکی ضخیم از یکدیگر جدا شدند و در طرفین هر بند نیز به فاصله نیم متر بصورت نکاشت باقی گذاشته شد تا تیمارهای آبیاری بر یکدیگر اثر نداشته باشد. به این ترتیب، در هر کرت فرعی چهار ردیف کاشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار داشت و فاصله بنه‌ها در هر ردیف ۱۰ سانتی-متر در نظر گرفته شد، بطوری‌که هر کرت پس از سبز شدن مشتمل بر ۸۰ بوته زعفران بود که هر بوته با توجه به فواصل بین آن‌ها از یکدیگر کاملاً قابل تفکیک بود و لذا مزرعه‌ای با ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار دایر گردید.

در سال اول، اولین آبیاری در مهرماه صورت گرفت، اما نتایج سال اول مورد استفاده قرار نگرفت و سال اول به عنوان سال استقرار بنه‌ها و بوته‌های زعفران در خاک محسوب شد.

برای کنترل سله و سبز شدن یکنواخت بوته‌ها در سال اول آزمایش، از آنجا که مزرعه مورد نظر سال‌ها بدون استفاده بود، لذا احتمال بروز شوری نیز می‌رفت. از این‌رو، پس از آبیاری اول و قبل از سبز شدن، دو نوبت آبیاری

در افزایش عملکرد گل گیاه دارویی بابونه آلمانی تحت شرایط تنش خشکی داشت (Pirzad et al., 2012). الهیاری و همکاران (Allahyari et al., 2013) با بررسی تأثیر سه سطح کاربرد سوپر جاذب به مقدار صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ گرم در متر مربع را بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم نخود ابراز داشتند که کاربرد سوپر جاذب تأثیر مثبت و معنی‌داری بر کلیه صفات مورد ارزیابی داشت و بهترین نتیجه با کاربرد ۳۰۰ گرم در متر مربع سوپر جاذب بدست آمد. توحیدی مقدم و همکاران (Tohidi-Moghadam et al., 2009) ابراز داشتند که کاربرد پلیمر سوپر جاذب در کزرا، موجب حفظ آب و بهبود قابلیت دسترسی گیاه به آب خاک و در نهایت، کاهش تأثیر تنش آبی پس از مرحله گرده‌افشانی شد. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) نیز گزارش دادند که با کاربرد سوپر جاذب افزایش معنی‌داری در وزن خشک کلاله زعفران مشاهده شد.

هدف از این تحقیق، تعیین مناسب‌ترین روش آبیاری زعفران در مناطق خشک و اتخاذ روش‌های به‌زراعی مناسب به منظور تعدیل تنش خشکی است، به نحوی‌که سطح زیر کشت و عملکرد زعفران در این مناطق افزایش یابد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش بصورت اسپلینت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در یک مزرعه واقع در روستای چرخاب از توابع استان یزد به مساحت تقریبی ۱۰۰۰ متر مربع طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ به اجرا در آمد. سطوح آبیاری به عنوان کرت اصلی شامل آبیاری تا ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی بود و آب مورد نیاز در فواصل ۱۵ روزه بر اساس میزان تبخیر و تعرق محاسبه و تأمین شد. برای این منظور، بر اساس آمار هواشناسی در هر دوره ۱۵ روزه، میزان تبخیر و تعرق از تشتک تبخیر محاسبه و در ضریب تشت ضرب شد. عدد بدست آمده در هر دوره بر اساس ضرائب ارائه شده (Kafi et al., 2002) در ضریب گیاهی زعفران مربوط به همان دوره ضرب و نیاز خالص آبی زعفران محاسبه شد. در نهایت، عمق واقعی آبیاری مورد نیاز برای تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، پس از اعمال کسر آبشویی و راندمان آبیاری (۳۰ درصد) محاسبه شد. به این ترتیب، متوسط عمق آبیاری برای هر سال در ۱۰۰ درصد نیاز آبی حدوداً ۴۰ سانتی‌متر برآورد و اعمال گردید. برای تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی، عمق آب آبیاری به تناسب بر

یخچال سیار سرد و کوچک گذاشته و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و وزن تر نمونه‌ها (M_1) با استفاده از یک ترازوی دیجیتال دقیق توزین و ثبت شد. پس از آن نمونه‌ها برای مدت چهار ساعت در آب مقطر و در محیط تاریک قرار داده و مجدداً نمونه‌ها وزن شدند تا وزن نمونه‌ها در حد اشباع تعیین شود (M_2). در پایان، نمونه‌ها ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و سپس وزن خشک نمونه‌ها (M_3) محاسبه شد. محتوی رطوبت نسبی برگ با استفاده معادله (۴) بدست آمد (Kaya et al., 2001).

$$RWC = \frac{M_1 - M_3}{M_2 - M_3} \quad \text{معادله (۴)}$$

در پایان سال، پس از خشک شدن کامل برگ‌ها و اطمینان از شروع دوره خواب بنه‌ها، نسبت به خارج نمودن یک بوته کامل از خاک و اندازه‌گیری وزن و تعداد بنه‌های دختری اقدام شد.

اندازه‌گیری تراوش یونی در بنه و برگ با استفاده از روش کایا و همکاران (Kaya et al., 2001) انجام شد. بر اساس این روش، در پایان فصل رشد، بنه‌های هم‌اندازه با وزن تقریبی دو گرم انتخاب و پس از توزین، به چهار قطعه تقسیم و در لوله‌های کوچک درپوش‌دار قرار داده شدند. در ادامه به هر یک ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر دوبار تقطیر اضافه و برای مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور شیکر با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و دور 100 rpm قرار داده شدند. هدایت الکتریکی محلول خوانده شد (EC_1). در مرحله بعد، نمونه‌ها را در اتوکلاو و در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و برای مدت ۲۰ دقیقه قرار داده و مجدداً پس از سرد شدن لوله‌ها هدایت الکتریکی محلول خوانده شد (EC_2). در پایان، میزان تراوش یون‌ها با استفاده از معادله (۵) محاسبه شد.

$$IL = \frac{EC_1}{EC_2} \quad \text{معادله (۵)}$$

برای اندازه‌گیری میزان تراوش یونی در برگ‌ها، از پنج سانتی‌متر قسمت وسط برگ استفاده و تمام مراحل فوق بر روی آن انجام شد.

نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

سبک با فواصل یک هفته صورت گرفت تا خاک برای سبز شدن بوته‌ها نرم و هم شوری خاک شسته شود. پس از سبز شدن و شروع تیمارهای آبیاری نیز، علاوه بر تیمارهای آبیاری، طی ۲-۳ نوبت، کل مزرعه بصورت غرقابی آبیاری شد تا ضمن تأمین رطوبت خاک، آبخوبی کامل به منظور کنترل شوری خاک انجام شود. در سال دوم، در اواسط آبان ماه نسبت به آبیاری مزرعه اقدام گردید و پس از سبز شدن و برداشت گل‌ها، آبیاری دوم نیز بدون اعمال تیمارها صورت گرفت. از این تاریخ به بعد تیمارهای آبیاری با فواصل ۱۵ روزه و با توجه به حجم آب مورد نیاز پس از محاسبه اعمال گردید. با توجه به عدم سبز شدن یکنواخت بوته‌ها در هر کرت و برای حفظ یکنواختی اندازه‌گیری‌ها، در ابتدای سال زراعی یک بوته که دارای برگ‌ها با طول تقریبی دو سانتی‌متر باشد و حتی‌المقدور در وسط هر کرت قرار دارد انتخاب شد. به منظور کاهش خطا، بوته‌های انتخاب شده با استفاده از حلقه‌های لاستیکی مشخص شدند و پس از آن اندازه‌گیری طول برگ، به عنوان مهمترین شاخص مؤثر بر سطح برگ، بصورت پیوسته و با فواصل زمانی ۱۰ الی ۱۵ روزه فقط روی همان بوته صورت گرفت.

برای اندازه‌گیری سرعت رشد نسبی برگ‌ها در زعفران، بر اساس منحنی سیگموئیدی حاصل از رسم صفت طول برگ نسبت به زمان، دوره رشد برگ‌ها به سه دوره رشد کند ابتدایی (RG_1)، دوره رشد خطی و سریع (RG_2) و دوره توقف رشد رویشی (RG_3) تقسیم شد و بر این اساس سرعت طولی شدن برگ‌ها (RG) در هر دوره با استفاده از معادله‌های ۱ تا ۳ محاسبه شد.

$$RG_1 = \frac{L_2 - L_1}{D_1} \quad \text{معادله (۱)}$$

$$RG_2 = \frac{L_8 - L_2}{D_2} \quad \text{معادله (۲)}$$

$$RG_3 = \frac{L_{12} - L_8}{D_3} \quad \text{معادله (۳)}$$

در روابط فوق، L : نشان‌دهنده طول برگ بر حسب سانتی‌متر در نوبت‌های مختلف اندازه‌گیری و مخرج کسر نشان‌دهنده فاصله زمانی بین دو اندازه‌گیری مورد نظر به روز است.

برای اندازه‌گیری محتوی آب نسبی برگ‌ها، قسمت ابتدایی هر برگ به اندازه‌های مساوی جدا و قسمت وسط هر برگ داخل نایلون‌های کوچک زیپ‌دار قرار داده شد. نمونه‌ها داخل یک نایلون سیاه رنگ دیگر و پس از آن داخل یک

نتایج و بحث
 نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین در مورد اکثر صفات اندازه گیری شده اثر متقابل وجود داشت (جدول‌های ۱ و ۲).

جدول ۱. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آبیاری و پلیمر سوپر جاذب بر صفات رویشی زعفران در سال دوم
Table 1. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of irrigation and super-absorbent polymer on vegetative traits of saffron in the second year

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد گل Flower No.	وزن تر گل Fresh flower weight	وزن خشک کلاله Dry stigma weight	نشت الکترونی برگ Electrolyte leakage in leaf
تکرار Replication	2	19.06 ^{ns}	2.76 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.002 ^{ns}
آبیاری (I) Irrigation (I)	2	797.64*	79.17**	0.016*	0.394**
خطای اصلی Error A	4	70.68	0.58	0.002	0.006
پلیمر سوپر جاذب (S) Super-absorbent polymer (S)	6	348.62 ^{ns}	45.52*	0.010*	0.105**
I×S	12	417.39*	37.91*	0.012*	0.035 ^{ns}
خطای فرعی Error B	36	192.61	17.80	0.004	0.030

^{ns}، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.
^{ns}, * and ** are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۱. ادامه

Table 1. Continued

منابع تغییر S.O.V.	وزن درشت‌ترین بنه Highest corm weight	وزن کل بنه Total corm weight	تعداد بنه Corm number	محتوی آب نسبی برگ RWC
تکرار Replication	5.70 ^{ns}	81.57 ^{ns}	1.19 ^{ns}	0.07 ^{ns}
آبیاری (I) Irrigation (I)	62.01*	964.56*	34.33*	0.22*
خطای اصلی Error A	3.83	72.72	4.95	0.02
پلیمر سوپر جاذب (S) Super-absorbent polymer (S)	36.96**	383.74**	18.77**	.04*
I×S	19.64*	247.44*	10.04*	0.02 ^{ns}
خطای فرعی Error B	9.64	111.26	4.83	0.02

^{ns}، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.
^{ns}, * and ** are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آبیاری و پلیمر سوپر جاذب بر طول برگ زعفران در مراحل مختلف رشد در سال دوم

Table 2. Analysis of variance (mean of squares) for the effect of irrigation and super-absorbent polymer on leaf length of saffron during growth period in the second year

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
تکرار Replication	2	0.15 ^{ns}	0.48 ^{ns}	0.18 ^{ns}	1.11 ^{ns}	0.25 ^{ns}
آبیاری (I) Irrigation (I)	2	0.19 ^{ns}	0.10 ^{ns}	2.43 ^{ns}	13.57 ^{ns}	28.36 ^{ns}
خطای اصلی Error A	4	0.58	0.72	0.86	2.62	65.34
پلیمر سوپر جاذب (S) Super-absorbent polymer (S)	6	0.10 ^{ns}	0.46 ^{ns}	0.54 ^{ns}	5.41 ^{ns}	2.32 ^{ns}
I×S	12	0.15 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.96 ^{ns}	8.21 ^{ns}	10.49 ^{ns}
خطای فرعی Error B	36	0.20	0.33	0.83	6.06	25.77

^{ns}، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

L₁ تا L₁₀: نشان‌دهنده طول برگ زعفران در مقاطع زمانی مختلف در دوره رشد رویشی هستند.

^{ns}, * and ** are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

L₁ to L₁₀: are leaf length of saffron in different times during growth period.

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀
تکرار Replication	2	24.49 ^{ns}	39.66 ^{ns}	22.90 ^{ns}	14.05 ^{ns}	7.69 ^{ns}
آبیاری (I) Irrigation (I)	2	72.84 ^{ns}	88.37 ^{ns}	58.37 ^{ns}	33.46 ^{ns}	52.05 ^{ns}
خطای اصلی Error A	4	19.08	31.36	14.63	16.90	10.55
پلیمر سوپر جاذب (S) Super-absorbent polymer (S)	6	34.51 ^{ns}	55.73*	57.90**	63.62**	55.51**
I×S	12	31.98 ^{ns}	83.60**	71.01**	52.38**	55.99**
خطای فرعی Error B	36	17.34	20.34	15.42	13.79	16.38

^{ns}، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

L₁ تا L₁₀: نشان‌دهنده طول برگ زعفران در مقاطع زمانی مختلف در دوره رشد رویشی هستند.

^{ns}, * and ** are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

L₁ to L₁₀: are leaf length of saffron in different times during growth period.

نداشت. این موضوع می‌تواند به دلیل تجمع بیش از حد رطوبت در محیط اطراف ریشه و بنه باشد که آلودگی‌های قارچی و پوسیدگی در بنه‌ها را افزایش داد (جدول ۷)، ولی در تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی، بیشترین تعداد گل با مصرف ۵۰ گرم در متر مربع سوپر جاذب، شمارش شد. این موضوع نشان می‌دهد که در شرایط تنش رطوبتی

بیشترین تعداد گل در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری در شاهد حاصل شد و مصرف سوپر جاذب در زیر ردیف‌های کاشت در همه موارد باعث کاهش معنی‌دار تعداد گل شد. همچنین مصرف سوپر جاذب بصورت یکنواخت روی سطح زمین به مقدار ۵۰ گرم در متر مربع (50SA) نیز اختلاف معنی‌داری با مصرف آن بصورت ردیفی در زیر ردیف کاشت

همچنین با مصرف ۱۰ گرم سوپر جاذب بصورت یکنواخت بیش از سایر تیمارها بود. این موضوع می‌تواند به دلیل اثرات منفی سوپر جاذب در شاهد بر رشد بنه‌ها و افزایش شیوع آلودگی‌های قارچی در آن‌ها باشد. بررسی نتایج وزن بنه و تعداد بنه نیز نشان داد که نتایج مشابهی در این خصوص وجود دارد.

کاهش آبیاری در مناطق گرم و کویری استان یزد به شدت بر صفات رویشی گیاه از جمله طول برگ تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد داشت و این تأثیر از حدود ۶۰ روز پس از شروع سبز شدن برگ‌ها معنی‌دار شد. کاهش رشد برگ‌ها به عنوان منبع تولید مواد فتوسنتزی و تأمین‌کننده مواد غذایی که در بنه‌های زعفران تجمع می‌یابند می‌تواند موجب کاهش رشد بنه‌ها نیز بشود و از آنجا که در زعفران گلدهی بیش از هر عامل دیگری متأثر از وزن بنه‌های مادری است (Latifi & Mashayekhi, 1996)، لذا هر عاملی که موجب کاهش فتوسنتز و کاهش تولید و انتقال مواد غذایی به بنه‌ها شود می‌تواند موجب کاهش وزن بنه‌ها و نهایتاً کاهش عملکرد زعفران در سال بعد شود.

کاهش آبیاری تا سطح ۵۰ درصد نیاز آبی موجب کاهش وزن بزرگترین بنه و وزن کل بنه‌ها شد، اما اختلاف معنی‌داری در این خصوص بین ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی وجود نداشت. در عین حال، تعداد بنه بیش از وزن بنه‌ها تحت تأثیر آبیاری قرار گرفته و کاهش آبیاری تا سطح ۷۵ درصد نیاز آبی موجب کاهش معنی‌دار تعداد بنه شد. از آنجا که درصد گلدهی بیش از آنکه متأثر از تعداد کل بنه‌ها باشد متأثر تعداد بنه‌های بیش از پنج گرم می‌باشد (Sadeghi, 1997)، لذا افزایش وزن بنه‌های بزرگ می‌تواند شاخص دقیق‌تری برای سنجش میزان سازگاری گیاه به شرایط کم‌آبی باشد. در واقع، گیاه زعفران در شرایط کم‌آبی با کاهش تعداد بنه و افزایش وزن بنه‌های دختری نوعی سازگاری برای حفظ بقاء خود بکار برده که ثبات گلدهی را در شرایط تنش خفیف را در پی خواهد داشت، چرا که محققان دیگر نیز به این نکته اشاره کرده‌اند که این گیاه مقاوم به تنش خشکی است (Goliaris, 1999).

بررسی صفات فیزیولوژیکی مؤثر بر رشد برگ‌ها از جمله محتوی نسبی آب برگ و میزان تراوش یونی غشاء نیز نشان داد که تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار محتوی نسبی آب برگ و افزایش تراوش یونی غشاء شد.

مصرف سوپر جاذب به مقدار مناسب می‌تواند با افزایش ظرفیت رطوبتی خاک اثرات ناشی از تنش خشکی را تعدیل نموده و موجب بهبود عملکرد زعفران در مناطق خشک و کویری شود.

همچنین مصرف ۵۰ گرم سوپر جاذب در متر مربع بصورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت در سطوح آبیاری موجب کاهش عملکرد و کاهش تعداد گل شد. بررسی اثرات ساده سطوح سوپر جاذب بر صفت تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلانه نیز نشان داد که مصرف ۵۰ گرم در متر مربع بصورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت موجب کاهش معنی‌دار این صفات در مقایسه با سایر تیمارها شد. بنابراین، مصرف ۵۰ گرم سوپر جاذب بصورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت زعفران توجیه‌پذیر نبوده و موجب کاهش عملکرد نیز شد، اما مصرف ۱۰ و ۳۰ گرم سوپر جاذب در زیر ردیف‌های کاشت در تیمار ۵۰ درصد آبیاری موجب افزایش صفات مرتبط با عملکرد شد و این تیمارها در سطح آبیاری ۵۰ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. از این‌رو، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با توجه به قیمت نسبتاً بالای سوپر جاذب‌ها، مصرف ۱۰ گرم در متر مربع سوپر جاذب بصورت ردیفی در زیر ردیف کاشت می‌تواند ضمن افزایش تولید از هزینه مصرف سوپر جاذب‌ها تا ۸۰ درصد بکاهد.

نتایج مشابهی نیز در صفات وزن تر گل و وزن خشک کلانه بدست آمد که با توجه به رابطه مستقیم بین وزن گل و تعداد گل منطقی بنظر می‌رسد. از این‌رو، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تعداد گل در زعفران بیش از هر صفتی می‌تواند بر عملکرد تأثیرگذار باشد و هر عاملی که بتواند تعداد گل را افزایش دهد، می‌تواند از طریق افزایش وزن گل موجب افزایش عملکرد شود.

بررسی اثرات متقابل بین تیمار آبیاری و سوپر جاذب‌ها در صفت طول برگ (ادامه جدول ۷) نیز نشان می‌دهد که تحت شرایط تنش ملایم و حتی شدید آبیاری، مصرف سوپر جاذب به مقدار ۵۰ گرم در متر مربع بصورت یکنواخت موجب افزایش طول برگ در مقایسه با شاهد شد؛ همچنین مصرف ۳۰ گرم سوپر جاذب بصورت یکنواخت و یا ۱۰ گرم سوپر جاذب بصورت ردیفی در زیر ردیف‌های کشت در این تیمار اختلاف معنی‌داری با مصرف ۵۰ گرم در سطح آبیاری ۵۰ درصد ایجاد ننمود؛ در حالی‌که در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، رشد برگ‌ها در شاهد و

و حیات روستاها به ویژه در بخش کویر مرکزی ایران باشد، اما در عین حال، توجه توسعه کشت آن در این مناطق و حصول عملکرد مطلوب، منوط به حفظ رطوبت خاک می‌باشد. اینکار یا از طریق افزایش دفعات آبیاری و عمق آبیاری و یا از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در محیط اطراف ریشه مقدور است. از آنجا که در نواحی کویری محدودیت منابع آبی امکان آبیاری مکرر را کاهش می‌دهد، از این‌رو استفاده از مواد سوپر جاذب می‌تواند راهکاری برای تعدیل تنش خشکی و حصول عملکرد بیشتر و حتی افزایش سطح زیر کشت مدنظر قرار گیرد.

نتایج این تحقیق نشان داد که بهترین راهکار برای افزایش عملکرد زعفران در شرایط آزمایش تأمین آب مورد نیاز گیاه زعفران در حد ۱۰۰ درصد نیاز آبی است که در این شرایط نیازی به مصرف هیچگونه مواد سوپر جاذب نبوده و حتی مصرف آن‌ها به دلیل افزایش درصد پوسیدگی بنه می‌تواند موجب کاهش عملکرد نیز شود، اما در صورت محدودیت دسترسی به منابع آبی، استفاده از مواد سوپر جاذب می‌تواند تا حدی تنش رطوبتی را کاهش داده و عملکرد را بطور معنی‌داری افزایش دهد؛ به طوری که در شرایط تنش رطوبتی شدید ($50\% ET$) مصرف ۵۰ گرم در متر مربع سوپر جاذب باعث شد تا عملکرد زعفران بر مبنای تعداد گل، وزن خشک کلاله و وزن تر گل با شاهد در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری نداشته باشد، هرچند مصرف ۳۰ گرم و یا ۱۰ گرم سوپر جاذب بصورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت نیز اختلاف معنی‌داری با تیمار فوق نداشت. بنابراین، مصرف این مقادیر سوپر جاذب می‌تواند مصرف آب را تا ۵۰ درصد در مزارع زعفران بدون کاهش معنی‌دار عملکرد کاهش دهد. این نتایج تقریباً در تیمار متوسط تنش خشکی ($75\%ET$) نیز بدست آمد. با این تفاوت که مصرف سوپر جاذب صرف نظر از نوع تیمار در این سطح از آبیاری اختلاف معنی‌داری با شاهد از نظر عملکرد و اجزاء عملکرد نداشت و تنها مصرف سوپر جاذب به مقدار ۵۰ گرم در متر مربع در زیر ردیف‌های کاشت باعث کاهش عملکرد شد.

نتایج سایر محققان نیز بیانگر افزایش میزان نشت الکتروولیت و کاهش میزان نسبی آب برگ، در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Beltrano & Ronco 2008; Sabet, 2009). همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کمترین مقدار محتوی نسبی آب برگ در شاهد و مصرف ۱۰ گرم سوپر جاذب بصورت سرپاش بدست آمد و سایر مقدار مصرف سوپر جاذب و نحوه مصرف آن بر محتوی نسبی آب برگ تأثیر معنی‌داری نداشت. از نظر میزان تراوش یونی برگ نیز کمترین میزان تراوش یونی برگ با مصرف ۳۰ گرم سوپر جاذب بصورت سرپاش قبل از کاشت بدست آمد. به نظر می‌رسد که افزایش میزان تراوش یونی در شاهد به دلیل تنش خشکی و توام با آن تنش شوری حادث شده در سطح مزرعه به دلیل عدم آبشویی مناسب خاک و افزایش تراوش یونی در سایر تیمارهای ناشی از مصرف سوپر جاذب ناشی از افزایش آلودگی قارچی در سطح بنه‌های زعفران بر اثر افزایش رطوبت در محیط خاک اطراف بنه باشد.

مقایسه میانگین نشان داد که مصرف سوپر جاذب بصورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت تأثیر مثبتی بر افزایش گلدهی، وزن تر گل و وزن خشک کلاله، تعداد بنه و وزن بنه نداشته و حتی مصرف ۵۰ گرم در متر مربع سوپر جاذب بصورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت تأثیر منفی بر صفات اندازه‌گیری شده در مقایسه با شاهد داشت. این در حالی است که بیشترین تأثیر مثبت ناشی از مصرف ۳۰ گرم در متر مربع سوپر جاذب بصورت سرپاش و مخلوط با خاک قبل از کاشت بود. چرا که کاربرد سوپر جاذب به صورت سرپاش مخلوط با خاک باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک (Islam et al., 2011) و بهبود تخلخل (Gagi, 1999) شرایط بهتری را برای رشد و نمو بنه‌ها فراهم نموده که این امر در نتیجه افزایش وزن تر گل را موجب شده است. کوهستانی و همکاران (Koohestani et al., 2009) اظهار نمودند که با افزایش شدت تنش خشکی و کاهش آب قابل دسترس، تأثیر سوپر جاذب‌ها روی بهبود عملکرد محسوس‌تر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که زعفران گیاه کم‌آب‌خواهی است و با توجه به بحران خشکی و کم‌آبی در مناطق کویری ایران می‌تواند جایگزین مناسبی برای حفظ بخش کشاورزی

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر ساده سطوح آبیاری بر صفات رویشی زعفران در سال دوم

Table 3. Mean comparisons for the simple effect of irrigation levels on vegetative traits of saffron in the second year

سطح آبیاری (بر اساس تبخیر و تعرق) Irrigation levels (based on %ET)	محتوی آب نسبی برگ RWC	تعداد بنه Corm number	وزن کل بنه Total corm weight	وزن درشت ترین بنه Highest corm weight
			گرم در گیاه g/plant	
50	0.5966 ^{c*}	2.7619 ^c	15.295 ^b	9.524 ^b
75	0.701 ^b	4.381 ^b	25.547 ^a	11.871 ^a
100	0.801 ^a	5.286 ^a	28.100 ^a	12.871 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's multiple range test.

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

سطح آبیاری (بر اساس تبخیر و تعرق) Irrigation levels (based on %ET)	نشت الکترونی برگ Electrolyte leakage in leaf	وزن خشک کلاله Dry stigma weight	وزن تر گل Fresh flower weight	تعداد گل Flower No.
		گرم در کرت g/plot		
50	0.675 ^a	0.317 ^b	18.698 ^b	55.047 ^b
75	0.534 ^b	0.350 ^{ab}	21.190 ^{ab}	62.952 ^{ab}
100	0.401 ^c	0.372 ^a	22.523 ^a	67.190 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's multiple range test.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر ساده سطوح آبیاری بر طول برگ زعفران در مراحل مختلف رشد در سال دوم

Table 4. Mean comparisons for the simple effect of irrigation levels on leaf length of saffron during growth period in the second year

سطح آبیاری (بر اساس تبخیر و تعرق) Irrigation levels (based on %ET)	L ₁₀	L ₉	L ₈	L ₇	L ₆
	سانتی‌متر cm				
50	32.714 ^{b*}	33.381 ^b	32.500 ^b	30.071 ^b	26.648 ^b
75	34.119 ^{ab}	34.690 ^{ab}	34.095 ^{ab}	31.905 ^{ab}	28.024 ^{ab}
100	35.857 ^a	35.905 ^a	35.833 ^a	34.167 ^a	30.333 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

L₁ تا L₁₀: نشان‌دهنده طول برگ زعفران در مقاطع زمانی مختلف در دوره رشد رویشی هستند.

* Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's multiple range test.

L₁ to L₁₀: are leaf lengths of saffron in different times during growth period.

جدول ۴. ادامه

Table 4. Continued

سطح آبیاری (بر اساس تبخیر و تعرق) Irrigation levels (based on %ET)	L_5	L_4	L_3	L_2	L_1
	سانتی‌متر cm				
50	19.762 ^a	9.714 ^a	4.910 ^{ab}	3.195 ^a	2.338 ^a
75	19.690 ^a	11.286 ^a	4.876 ^b	3.262 ^a	2.405 ^a
100	21.738 ^a	10.795 ^a	5.481 ^a	3.333 ^a	2.219 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

L_1 تا L_{10} : نشان‌دهنده طول برگ زعفران در مقاطع زمانی مختلف در دوره رشد رویشی هستند.

* Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's multiple range test. L_1 to L_{10} : are leaf lengths of saffron in different times during growth period.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر ساده مقدار و روش کاربرد سطوح پلیمر سوپر جاذب بر صفات رویشی زعفران در سال دوم

Table 5. Mean comparisons for the simple effect of rates and application method of super-absorbent polymer on vegetative traits of saffron in the second year

پلیمر سوپر جاذب (گرم بر متر مربع) Super-absorbent polymer (g.m ⁻²)	تعداد بونه Corm number	محتوی آب نسبی برگ	محتوی آب نسبی برگ	نشت الکترونی برگ Electrolyte leakage in leaf
		RWC	RWC	
شاهد	4.556 ^{ab*}	21.189 ^{abc}	10.222 ^{ab}	0.40 ^a
10 A	5.000 ^{ab}	24.078 ^{ab}	10.433 ^{bc}	0.556 ^{abc}
30 A	4.889 ^{ab}	29.967 ^a	14.611 ^a	0.383 ^c
50 A	5.889 ^a	30.822 ^a	13.311 ^{ab}	0.422 ^{bc}
10 R	4.111 ^{ab}	24.522 ^{ab}	12.367 ^{abc}	0.502 ^{abc}
30 R	3.000 ^{bc}	17.967 ^{bc}	9.856 ^c	0.578 ^{ab}
50 R	1.556 ^c	12.322 ^c	9.156 ^c	0.676 ^a

A و R: به ترتیب نشان‌دهنده مصرف پلیمر سوپر جاذب روی خاک قبل از کاشت و زیر ردیف کاشت می‌باشند.

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

A and R: are applications of super-absorbent polymer as on the soil and under planting row, respectively.

* Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's multiple range test.

جدول ۵. ادامه

Table 5. Continued

پلیمر سوپر جاذب (گرم بر متر مربع) Super-absorbent polymer (g.m ⁻²)	محتوی آب نسبی برگ RWC	وزن خشک کلاله	وزن تر گل	تعداد گل Flower No.
		Dry stigma	Fresh flower	
شاهد	0.604 ^b	0.363 ^a	20.058 ^{ab}	62.22 ^{ab}
10 A	0.603 ^b	0.347 ^{ab}	21.369 ^a	62.00 ^{ab}
30 A	0.777 ^a	0.331 ^{ab}	21.913 ^a	62.78 ^{ab}
50 A	0.735 ^{ab}	0.393 ^a	24.069 ^a	69.78 ^a
10 R	0.745 ^{ab}	0.351 ^a	19.912 ^{ab}	63.33 ^{ab}
30 R	0.734 ^{ab}	0.357 ^a	21.533 ^a	63.00 ^{ab}
50 R	0.698 ^{ab}	0.282 ^b	16.772 ^b	49.00 ^b

A و R: به ترتیب نشان‌دهنده مصرف پلیمر سوپر جاذب روی خاک قبل از کاشت و زیر ردیف کاشت می‌باشند.

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

A and R: are applications of super-absorbent polymer as on the soil and under planting row, respectively.

* Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's multiple range test.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر ساده مقدار و روش کاربرد سطوح پلیمر سوپر جاذب بر طول برگ زعفران در مراحل مختلف رشد در سال دوم

Table 6. Mean comparisons for the simple effect of rates and application methods of super-absorbent polymer on leaf length of saffron during growth period in the second year

پلیمر سوپر جاذب (گرم بر متر مربع) Super-absorbent polymer (g.m ⁻²)	L ₁₀	L ₉	L ₈	L ₇	L ₆
	سانتی متر cm				
شاهد Control	32.667 ^{b*}	32.333 ^{bc}	32.111 ^{bc}	31.67 ^{ab}	26.956 ^b
10 A	32.833 ^b	33.833 ^{bc}	33.167 ^{bc}	31.722 ^{ab}	27.833 ^{ab}
30 A	35.333 ^{ab}	36.167 ^{ab}	36.000 ^{ab}	32.889	29.444 ^{ab}
50 A	39.111 ^a	39.111 ^a	37.944 ^a	36.222 ^a	31.611 ^a
10 R	34.278 ^b	35.222 ^b	33.833 ^{bc}	31.889 ^{ab}	27.722 ^{ab}
30 R	33.889 ^b	35.000 ^b	35.500 ^{ab}	32.222 ^{ab}	29.222 ^{ab}
50 R	31.500 ^b	30.944 ^c	30.444 ^c	27.722 ^b	25.556 ^b

A و R: به ترتیب نشان دهنده مصرف پلیمر سوپر جاذب روی خاک قبل از کاشت و زیر ردیف کاشت می باشند.

* در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند.

A and R: are applications of super-absorbent polymer as on the soil and under planting row, respectively.

* Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's multiple range test.

جدول ۶. ادامه

Table 6. Continued

پلیمر سوپر جاذب (گرم بر متر مربع) Super-absorbent polymer (g.m ⁻²)	L ₅	L ₄	L ₃	L ₂	L ₁
	سانتی متر cm				
شاهد Control	19.722 ^a	10.278 ^a	5.278 ^a	3.511 ^a	2.356 ^a
10 A	19.944 ^a	10.778 ^a	5.067 ^a	3.167 ^a	2.356 ^a
30 A	20.722 ^a	11.389 ^a	5.111 ^a	2.956 ^a	2.200 ^a
50 A	20.611 ^a	10.111 ^a	4.667 ^a	3.033 ^a	2.222 ^a
10 R	20.389 ^a	11.833 ^a	5.456 ^a	3.244 ^a	2.244 ^a
30 R	21.222 ^a	9.667 ^a	5.022 ^a	3.422 ^a	2.378 ^a
50 R	20.167 ^a	10.133 ^a	5.022 ^a	3.511 ^a	2.489 ^a

A و R: به ترتیب نشان دهنده مصرف پلیمر سوپر جاذب روی خاک قبل از کاشت و زیر ردیف کاشت می باشند.

* در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند.

A and R: are applications of super-absorbent polymer as on the soil and under planting row, respectively.

* Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's multiple range test.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح و روش کاربرد سطوح پلیمر سورب جاذب و آبیاری بر صفات رویشی زعفران در سال دوم
Table 7. Mean comparisons for the interaction effect of application method of super-absorbent polymer and irrigation levels on vegetative traits of saffron in the second year

سطح آبیاری Irrigation levels (based on ET)	سطح آبیاری پلیمر سورب جاذب (گرم بر متر مربع) Super-absorbent polymer (g m ⁻²)	تعداد گل Flower No.	وزن گل بنه			تعداد بنه Corm number	
			وزن تر گل	وزن خشک کاله	وزن درشت‌ترین بنه		
100	10 A	82.67 ^{ab}	27.66 ^a	0.45 ^a	15.33 ^{ab}	43.83 ^a	8.67 ^a
	10 R	60.67 ^{abcd}	19.26 ^{abcd}	0.37 ^{abc}	11.77 ^{abcd}	26.40 ^{abcd}	5.00 ^{abcd}
	30 A	74.67 ^{abc}	26.88 ^{ab}	0.37 ^{abc}	15.83 ^{ab}	32.67 ^{abcd}	5.67 ^{abc}
	30 R	61.33 ^{abcd}	20.73 ^{abcd}	0.39 ^{abc}	8.50 ^{cd}	15.00 ^{abcd}	2.67 ^{cd}
	50 A	63.33 ^{abcd}	21.66 ^{abcd}	0.30 ^{cd}	13.33 ^{abcd}	26.07 ^{abcd}	4.67 ^{abcd}
	50 R	42.67 ^d	15.32 ^d	0.27 ^{cd}	9.00 ^{cd}	13.17 ^{cd}	1.67 ^{cd}
	شماره	85.00 ^d	26.17 ^{cd}	0.46 ^{cd}	16.33 ^d	39.57 ^{cd}	8.67 ^d
50	10 A	45.67 ^{cd}	15.71 ^d	0.27 ^{cd}	6.13 ^{cd}	7.73 ^d	2.00 ^{cd}
	10 R	58.00 ^{cd}	18.42 ^{cd}	0.33 ^{cd}	11.33 ^{abcd}	20.67 ^{abcd}	3.33 ^{cd}
	30 A	50.00 ^{cd}	17.77 ^{cd}	0.26 ^{cd}	13.00 ^{abcd}	19.00 ^{abcd}	3.00 ^{cd}
	30 R	66.00 ^{cd}	21.74 ^{cd}	0.34 ^{cd}	8.93 ^{cd}	11.27 ^d	2.00 ^{cd}
	50 A	72.33 ^{cd}	25.65 ^{cd}	0.44 ^{cd}	13.00 ^{abcd}	30.80 ^{abcd}	6.33 ^{cd}
	50 R	51.67 ^{cd}	17.13 ^d	0.29 ^{cd}	8.27 ^{cd}	9.93 ^d	1.33 ^d
	شماره	41.66 ^d	14.44 ^d	0.27 ^{cd}	6.00 ^d	7.67 ^d	1.33 ^d
75	10 A	57.67 ^{cd}	20.73 ^{abcd}	0.32 ^{cd}	9.83 ^{cd}	20.67 ^{abcd}	4.33 ^{cd}
	10 R	71.33 ^{cd}	22.06 ^{abcd}	0.33 ^{cd}	14.00 ^{abcd}	26.50 ^{abcd}	4.00 ^{cd}
	30 A	63.67 ^{cd}	21.10 ^{abcd}	0.36 ^{cd}	15.00 ^{abcd}	38.23 ^{cd}	6.00 ^{cd}
	30 R	61.67 ^{cd}	22.12 ^{abcd}	0.34 ^{cd}	12.13 ^{abcd}	27.65 ^{abcd}	4.33 ^{cd}
	50 A	73.67 ^{cd}	24.91 ^{abcd}	0.44 ^{cd}	13.60 ^{abcd}	35.60 ^{abcd}	6.67 ^{cd}
	50 R	52.67 ^{cd}	17.84 ^{cd}	0.29 ^{cd}	10.20 ^{abcd}	13.87 ^{cd}	1.67 ^{cd}
	شماره	60.00 ^{cd}	19.57 ^{abcd}	0.36 ^{cd}	8.33 ^{cd}	16.33 ^{abcd}	3.67 ^{cd}
درجه آزادی		36	36	36	36	36	36
میانگین خطا		192.61	17.80	0.004	9.64	111.26	4.83
مقدار I.S.D		22.98	6.99	0.105	5.14	17.47	3.64
S _e		8.01	2.44	0.04	1.80	6.09	1.27

*R و R₂ به ترتیب نشان‌دهنده مصرف پلیمر سورب جاذب روی خاک قبل از کاشت و زیر زینت کاشت می‌باشند.
 A and R₂ are applications of super-absorbent polymer as on the soil and under planting row, respectively.
 * Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's multiple range test.

جدول ۷. ادامه

سطح آبیاری (بر اساس تیغبر و تعرق) Irrigation levels (based on ET)	پلیمر سوپرجاذب Super-absorbent polymer (g.m ⁻²)	سایز میله (cm)					سرعت طول شدن Leaf elongation rate cm/day				
		L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀	L ₁₁
100	10 A	42.07 ^a	43.17 ^a	41.83 ^a	40.33 ^{ab}	0.61 ^a	0.21 ^e				
	10 R	29.00 ^{ab}	32.00 ^{ab}	34.83 ^{ab}	31.33 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.51 ^{ab}				
	30 A	34.33 ^{ab}	37.17 ^{ab}	37.67 ^{ab}	39.07 ^{ab}	0.49 ^{ab}	0.38 ^{ab}				
	30 R	29.83 ^{ab}	31.67 ^{ab}	31.74 ^{ab}	31.83 ^{ab}	0.41 ^{ab}	0.60 ^{ab}				
	50 A	33.33 ^{ab}	36.17 ^{ab}	36.50 ^{ab}	37.00 ^{ab}	0.49 ^{ab}	0.43 ^{ab}				
50	50 R	28.17 ^{ab}	30.00 ^{ab}	30.00 ^{ab}	30.83 ^{ab}	0.37 ^{ab}	0.68 ^{ab}				
	شاهد	41.33 ^{ab}	40.67 ^{ab}	39.33 ^{ab}	40.00 ^{ab}	0.39 ^{ab}	0.28 ^{ab}				
	10 A	23.00 ^b	26.17 ^b	28.00 ^b	26.17 ^b	0.33 ^{bc}	0.34 ^{ab}				
	10 R	35.33 ^{ab}	35.83 ^{ab}	36.83 ^{ab}	37.00 ^{ab}	0.49 ^{ab}	0.58 ^{ab}				
	30 A	31.33 ^{ab}	34.67 ^{ab}	35.50 ^{ab}	33.50 ^{ab}	0.44 ^{ab}	0.31 ^{ab}				
75	30 R	30.33 ^{ab}	35.00 ^{ab}	34.67 ^{ab}	32.50 ^{ab}	0.43 ^{ab}	0.49 ^{ab}				
	50 A	36.17 ^{ab}	38.00 ^{ab}	40.33 ^{ab}	41.17 ^a	0.52 ^{ab}	0.20 ^{ab}				
	50 R	27.17 ^b	31.33 ^{ab}	30.83 ^{ab}	30.83 ^{ab}	0.38 ^{ab}	0.32 ^{ab}				
	شاهد	25.17 ^b	26.50 ^b	27.50 ^b	27.83 ^b	0.32 ^{bc}	0.77 ^a				
	10 A	27.50 ^{bc}	30.17 ^{bc}	31.67 ^{bc}	32.00 ^{ab}	0.37 ^{bc}	0.43 ^{ab}				
درجه آزادی	10 R	31.33 ^{ab}	33.67 ^{ab}	34.00 ^{ab}	34.50 ^{ab}	0.44 ^{ab}	0.20 ^{ab}				
	30 A	33.00 ^{ab}	36.17 ^{ab}	35.33 ^{ab}	32.83 ^{ab}	0.46 ^{ab}	0.28 ^{ab}				
	30 R	36.50 ^{ab}	39.83 ^{ab}	39.17 ^{ab}	37.33 ^{ab}	0.52 ^{ab}	0.53 ^{ab}				
	50 A	38.67 ^{ab}	39.67 ^{ab}	40.50 ^{ab}	39.17 ^{ab}	0.57 ^{ab}	0.26 ^{ab}				
	50 R	27.83 ^{ab}	30.00 ^{ab}	32.00 ^{ab}	32.83 ^{ab}	0.38 ^{ab}	0.62 ^{ab}				
میانگین خطا	28.50 ^{ab}	29.17 ^{ab}	30.17 ^{ab}	30.17 ^{ab}	0.40 ^{ab}	0.53 ^{ab}					
LSD	20.34	15.42	13.79	16.38	0.005	0.030					
S _e	7.47	6.50	6.15	6.70	0.12	0.29					
	2.00	2.27	2.14	2.34	0.04	0.1					

A and B: are applications of super-absorbent polymer at the soil under plowing row, respectively.

* Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's multiple range test.

4 and 5: are applications of super-absorbent polymer at the soil under plowing row, respectively.

* Means with the same letters in each column have not significant difference at 5% probability level based on Duncan's multiple range test.

منابع

- Alam, A., 2007. Status and prospects of mechanization in saffron cultivation in Kashmir. *Acta Hort.* 739, 383-388.
- Allahyari, S., Golchin, A., and Vaezi, A.R., 2013. Studying the effect of water super absorbent polymer on yield and yield components of two variants of chickpea under dryland farming. *Plant Prod. Stud.* 20(1), 125-140. [in Persian With English Summary].
- Behdani, M.A., Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A., 2008. Evaluation of irrigation management of saffron at agro ecosystem scale in dry region of Iran. *Asian J. Plant Sci.* 7(1), 22-25.
- Beltrano, J., and Ronco, M.G., 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. *Brazil J. Plant Physiol.* 20(1), 29-37.
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O., Aboukhaled, A., Damagnez, J., Dastane, N. G., Van den berg, C., Rijtema, P.E., Ashford, O.M., and Frere, M., 1977. Guidelines for predicting crop water requirement. FAO Irrigation and drainage paper, 24, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Fazeli Rostampour, M., and Mohebian, S.M., 2011. The effect of water deficit and superabsorbent polymer on remobilization of photosynthesis materials (*Zea mays* L.) in maize. *J. Environ. Stress Agric. Sci.* 4(2), 127-138. [in Persian with English Summary].
- Gagi, K.N., 1999. Effect of moisture absorbent polymer (PR_{3995A}) on some soil physical properties. MSc Thesis in College of Agriculture of Tarbiat Modarres, Tehran, Iran. [in Persian with English Summary].
- Goliaris, A.H., 1999. Saffron cultivation in Greece. In: Neghbi, M., (Eds.), *Saffron*. Harwood Academic. Publication, The Netherland. pp. 73-83.
- Hassan, B., and Shah, M.H., 2002. Increased sustainability and yield of saffron in Kashmir. In: proceedings of seminar-cum-workshop on saffron (*Crocus sativus*), June 14, 2001, SKUAST-K, India, 55-58.
- Islam, M.R., Xue, X., Mao, S., Ren, C., Enejiri, A.E., and Hu, Y., 2011. Effects of water-saving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in oat (*Avena sativa* L.) under drought stress. *J. Sci. Food Agric.* 91, 680-686.
- Kafi, M., Rashed Mohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A., 2002. *Saffron Production and Processing*. Zaban va Adab Press, Mashhad, Iran. 280 p. [in Persian].
- Kaya, C., Higgess, D., and Kirnak, H., 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *J. Plant Physiol.* 27(3-4), 47-5.
- Khorramdel, S., Gheshm, R., Amin Ghafari, A., and Esmaielpour, B., 2014. Evaluation of soil texture and superabsorbent polymer impacts on agronomical characteristics and yield of saffron. *J. Saffron Res.* 1(2), 120-135. [in Persian with English Summary].
- Koohestani, S., Askari, N., and Maghsoudi, K., 2009. Investigating the influence of superabsorbent hydrogels on corn yield (*Zea mays* L.) under drought stress. *Iran. Water Res.* 3 (5), 71-78. [in Persian With English Summary].
- Latifi, N., and Mashayekhi, K., 1996. Examining the effect of corm weight on saffron flowering. Abstracts of the 4th Congress on Crop Science, 4-7 September, Isfahan, Iran. [in Persian].
- Pirzad, A., Moghadam, A.F., Razban, M., and Raei, Y., 2012. Investigating the flower yield, essence and harvest index of *Matricaria chamomilla* under irrigation regimes and amounts of A₂₀₀ superabsorbent. *Know. Agric. Sustain. Prod.* 22(3), 85-99. [in Persian With English Summary].
- Sabet Teimouri, M., Kafi, M., Avarseji, Z., and Orooji, K., 2009. Investigation of drought stress levels on leaf chlorophyll content in saffron. 3rd International Symposium on Saffron Biology and Technology, Kozani, Greece. Pp. 333.
- Sabet Teimouri, M., Kafi, M., Avarseji, Z., and Orooji, K., 2010. The effect of drought stress, size and coating of corm on

Morpho-ecophysiological characteristics of saffron (Crocus sativus L.) under greenhouse conditions. J. Agroecol. 2(2), 323-334. [in Persian with English Summary].

Sadeghi, B. 1997. *Effect of storage and sowing date of corm on saffron flowering. Organization of Scientific and Industrial of Iran, Research Center of Khorasan, Mashhad, Iran. [in Persian].*

Tohidi-Moghadam, H.R., Shirani-Rad, A.H., and Nour-Mohammadi, G., 2009. *Effect of super absorbent application on antioxidant enzyme activities in canola (Brassica napus L.) cultivars under water stress conditions. Am. J. Agric. Biol. Sci. 4(3), 215-223. [in Persian with English Summary].*

Yazdani, F., Allahdadi, I., and Akbari, G.A., 2007. *Impact of super absorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (Glycine max L.) under drought stress condition. Pak. J. Boil. Sci. 10(23), 4190-4196.*



Effect of Different Rates and Application Methods of Super-absorbent Polymer in Saffron Cultivation under Different Irrigation Levels

Mehdi Safari¹, Gholamreza Khajou², Ali Akbar Maghsoudi Moud³, Ghasem Mohammadi nejhada⁴

1- Ph.D student of agronomy, Shahid Bahonar university of Kerman

2- Associate professor of crop ecology, agriculture faculty, Shahid Bahonar university of Kerman

3- Associate professor of crop physiology, agriculture faculty, Shahid Bahonar university of Kerman

4- Associate professor of plant breeding, agriculture faculty, Shahid Bahonar university of Kerman

**Corresponding Author Email: m_safari_1350@yahoo.com*

Received 16 June 2017; Accepted 17 October 2017

Abstract

To identify the strategies for enhancing the yield and development of saffron cultivation in arid and semi-arid areas, an experiment was carried out as split plot layout based on a RCBD with three replications in Charkhab village around the Yazd city during 2013-2014. Three irrigation levels including 50, 75 and 100% of water requirements were applied to the main plots whereas 7 levels of super-absorbent polymer which consisted of control (without super-absorbent polymer), three levels of uniform distribution of super-absorbent polymer in 10, 30 and 50 g.m⁻² before planting time and three row distribution levels of super-absorbent polymer with the same rates under rows were applied to the sub plots. Results showed whereas the irrigation volume were significantly increased, flower number, flower fresh weight, stigma dry weight, corms total weight, the biggest corm weight and corm number increased, while the electrolyte leakage in leaf was decreased. Leaf length was gradually affected by irrigation 60 days after the start to become green. In addition, the application of super-absorbent polymer had behavior similar to irrigation and in most cases the application of 30 to 50 g of superabsorbent which were uniformly distributed over the ground surface and the use of 10 g of super-absorbent polymer in row cultivation had better effects. In some cases, 50 g super-absorbent polymer in rows had a negative effect on the measured features. Also, there is an interaction between irrigation and super-absorbent polymer. Therefore, this suggested that the damages caused by water deficit in saffron fields in arid and semi-arid areas can be reduced by using super-absorbent polymer.

Keywords: *Compatibility with water scarcity, Irrigation interval, Vegetative growth, Yield.*