تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۹
۹۱۴-۹۰۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.1342.1276

مقاله پژوهشی

اثر سطوح مختلف آب مصرفی و پلیمر سوپرجاذب بر شاخص‌های رشدی و عملکرد زعفران

مهدی صفری‌زارچ[1*]، غلامرضا خواجویی‌نژاد[2]، علی‌اکبر مقصودی‌مود[3]، قاسم محمدی‌نژاد[4]

۱. دانشجوی دکتری مهندسی کشاورزی، زراعت، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان
۲. دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان
۳. دانشیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان
۴. دانشیار اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۱

چکیده

اگرچه زعفران یک گیاه کم‌توقع ازنظر نیاز غذایی و آبی محسوب می‌شود، اما ارزش تجاری آن ازیک‌طرف و محدودیت منابع آب از طرف دیگر سبب شده که بررسی اثرات تنش خشکی بر روی اجزای مختلف این گیاه دارای اهمیت ویژه‌ای در کشورمان باشد. یک آزمایش مزرعه‌ای دوساله در استان یزد به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آب مصرفی و پلیمر سوپرجاذب بر شاخص‌های رشدی و عملکردی زعفران انجام شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت اسپلیت‌پلات در ۳ تکرار اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل سه سطح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق، ET) و کرت‌های فرعی شامل سه سطح مختلف پلیمر سوپرجاذب به میزان ۱۰، ۳۰ و ۵۰ گرم بر مترمربع بود که به دو شیوه ردیفی و پخش یکنواخت در کرت‌های آزمایشی اعمال گردیدند. درنهایت، تأثیر تیمارهای اصلی و فرعی بر شاخص‌های موردنظر بررسی و با تیمار شاهد (بدون مصرف سوپرجاذب) مقایسه شد. نتایج حاصله نشان داد که با افزایش حجم آبیاری، تعداد گل، وزن خشک کلاله و وزن کل بنه‌ها افزایش اما میزان تراوش یونی کاهش یافت. در اغلب موارد مصرف سوپرجاذب به مقدار ۳۰ تا ۵۰ گرم به‌صورت توزیع یکنواخت روی سطح زمین و یا مصرف ۱۰ گرم سوپرجاذب به‌صورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت نتیجه بهتری را در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها داشت. بین سطوح تیمار آبیاری و سوپرجاذب اثر متقابل معنی‌دار وجود داشت. به‌طوری‌که در شرایط عدم تنش خشکی، مصرف سوپرجاذب بخصوص در مقادیر ۵۰ گرم در مترمربع موجب کاهش عملکرد شد ولی در شرایط تنش شدید خشکی بهترین نتایج با کاربرد ۳۰ گرم در مترمربع سوپرجاذب به دست آمد. مصرف سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی با هدف افزایش محتوای آب برگ زعفران مفید و قابل توصیه بوده ولی در شرایط عدم تنش، غیرقابل توصیه خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: **تراوش یونی، تنش خشکی، رشد رویشی، زعفران، نیاز آبی.**

مقدمه

زعفران گیاهی کم‌توقع با نیاز غذایی (Kafi et al., 2002) و آبی پائینی است، اما درعین‌حال بروز تنش خشکی و محدودیت‌های تغذیه‌ای می‌تواند بر رشد این گیاه نیز همانند سایر گیاهان تأثیرگذار باشد. لذا آبیاری مناسب زعفران می‌تواند نقش مهمی در ظهور گل بخصوص در سال اول داشته باشد (Sabet Teymouri et al., 2010). تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک، تعداد و طول ریشه و برگ و کاهش میزان کلروفیل a و b و نسبت بین آن‌ها شده است (Sabet Teymouri et al., 2010). بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2008) ابراز داشتند که کاهش دور آبیاری در زعفران می‌تواند عملکرد را افزایش دهد آن‌ها آبیاری مزارع زعفران با فواصل کوتاه‌تر (۱۲ روزه) را یکی از مهم‌ترین عوامل بالاتر بودن عملکرد زعفران در تربت‌حیدریه در مقایسه با گناباد دانسته‌اند. حسن و شاه (Hassan and

* نگارنده پاسخگو: مهدی صفری‌زارچ. پست الکترونیک: m.safari@pnu.ac.ir

Shah, 2002) ابراز داشتند که هرچند زعفران نیاز آبی کمی دارد اما درعین‌حال تنش خشکی بر عملکرد، رشد و توسعه زعفران تأثیر منفی دارد. به‌طوری‌که کاهش بارندگی طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳ باعث کاهش عملکرد زعفران در منطقه کشمیر از ۳ کیلو در هکتار به حدود ۱/۵ کیلو در هکتار شد (Alm, 2007).

ازجمله راهکارهایی که برای افزایش مقاومت به تنش خشکی در گیاهان موردتوجه قرار گرفته است کاربرد مواد خارجی مثل اسید سالیسیلیک و سایکوسل و یا استفاده از مواد سوپرجاذب است. ازاین‌رو چنانچه کاربرد این مواد باعث افزایش مقاومت زعفران به تنش خشکی شود می‌توان افزایش تولید در زعفران توأم با کاهش مصرف آب و افزایش سطح زیر کشت را متصور شد.

در مورد تأثیر کاربرد سوپرجاذب‌ها بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی مطالعات فراوانی صورت گرفته است. یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2007) تأثیر مقادیر متفاوت سوپرجاذب را در چهار سطح صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار بر رشد و عملکرد یک رقم سویا تحت سه رژیم متفاوت آبیاری موردبررسی قرار دادند و نتیجه‌گیری کردند که کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در همه سطوح آبیاری بیشترین تأثیر را بر رشد و عملکرد سویا داشته است. کوهستانی و همکاران (Kouhestani et al., 2009). ابراز داشتند که کاربرد مقدار ۳۰۰ کیلو در هکتار باعث افزایش تعداد ردیف در بلال ذرت تحت شرایط تنش خشکی شده است و بر سایر صفات اندازه‌گیری شده نیز تحت شرایط تنش و عدم تنش تأثیر مثبت داشته است. رستم‌پور و محبیان (Rostampour and Mohebian, 2001) نیز تأثیر سطوح مختلف سوپرجاذب را بر رشد و عملکرد ذرت مورد ارزیابی قرار دادند و ابراز نمودند که مصرف ۶۰ کیلو در هکتار سوپرجاذب بر تمام خصوصیات موردبررسی تحت تنش خشکی تأثیر مثبت داشته است و میزان مصرف آب در ذرت را به میزان ۲۰٪ کاهش داده است اما در شرایط عدم تنش کاربرد سوپرجاذب تأثیر قابل‌توجهی نداشته است. پیرزاد و همکاران (Pirzad et al., 2012) ابراز داشتند که کاربرد سوپرجاذب تا ۱۸۰ کیلو در هکتار تأثیر مثبت در افزایش عملکرد گل گیاه بابونه آلمانی تحت شرایط تنش خشکی داشته است. الهیاری و همکاران (Alahayari et al., 2013) تأثیر سه سطح کاربرد سوپرجاذب به مقدار صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ گرم در مترمربع را بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم نخود بررسی نمودند. آن‌ها ابراز داشتند که کاربرد سوپرجاذب تأثیر مثبت و معنی‌داری بر کلیه صفات مورد ارزیابی داشته است و بهترین نتیجه با کاربرد ۳۰۰ گرم در مترمربع سوپرجاذب به دست آمده است. توحیدی مقدم و همکاران (Tawhidi Moghadam et al., 2009) ابراز داشتند که کاربرد پلیمر سپر جاذب در کلزا، موجب حفظ آب و بهبود قابلیت دسترسی گیاه به آب خاک و نهایتاً کاهش تأثیر تنش آبی پس از مرحله گرده‌افشانی شده است.

هدف از انجام این پژوهش بررسی سطوح مختلف آب مصرفی و مقادیر مختلف پلیمر سوپرجاذب بر شاخص‌های رشد و عملکرد زعفران تحت شرایط مزرعه‌ای و طی دو سال متوالی در منطقه یزد است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در منطقه چرخاب شهرستان اشکذر واقع در استان یزد، طی دو سال متوالی (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) و در زمینی به مساحت تقریبی ۸۰۰ مترمربع در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت اسپلیت‌پلات در ۳ تکرار اجرا شده است. کرت‌های اصلی آزمایش شامل سه سطح آبیاری (آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی، ۷۵٪ نیاز آبی و ۱۰۰٪ نیاز آبی که اختصاراً به ترتیب با علائم 50%ET، 75%ET و 100%ET نشان داده‌شده‌اند) و کرت‌های فرعی آزمایش شامل سه سطح مختلف مصرف ماده پلیمر سوپرجاذب بود که به دو شیوه ردیفی و یکنواخت در کرت‌های آزمایشی توزیع شد و به همراه تیمار شاهد جمعاً شامل ۷ سطح تیمار فرعی شد. بنابراین کرت‌های فرعی این آزمایش شامل شاهد با عدم مصرف سوپرجاذب (.Cont)، مصرف ۱۰ گرم بر مترمربع سوپرجاذب به‌صورت پخش یکنواخت (۱۰ .S.A)، مصرف ۳۰ گرم بر مترمربع سوپرجاذب به‌صورت پخش یکنواخت (۳۰ .S.A)، مصرف ۵۰ گرم بر مترمربع سوپرجاذب به‌صورت پخش یکنواخت (۵۰ .S.A)، مصرف ۱۰ گرم بر مترمربع سوپرجاذب در زیر ردیف‌های کاشت (۱۰ .S.A Row)، مصرف ۳۰ گرم بر مترمربع سوپرجاذب در زیر ردیف‌های کاشت (۳۰ .S.A Row) و مصرف ۵۰ گرم بر مترمربع سوپرجاذب در زیر ردیف‌های کاشت (۵۰ .S.A Row) است. مزرعه موردنظر قبل از کاشت به‌صورت کامل شخم‌خورده و قبلاً با کود گاوی به مقدار ۴۰ تن در هکتار مخلوط شده است. برای کاشت از بنه‌های خریداری‌شده از منطقه قائن واقع در خراسان جنوبی استفاده شده است. متوسط وزن بنه‌ها پس از حذف خاک

چسبیده به آن و لایه‌های پوسته (به‌جز یک‌لایه) حدود ۸ گرم بود. بر اساس تحقیقات محمدآبادی و همکاران (Mohammadabadi et al., 2011) فاصله ردیف برای کاشت ۲۰ سانتیمتر و فاصله هر بنه در ردیف ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. همچنین عمق کاشت مناسب طبق نتایج تحقیقات آقازاده و همت‌زاده (Aghazadeh and Hemmatzadeh, 2012) ۲۰ سانتیمتر است. بدین ترتیب، با توجه به ابعاد هر کرت (۱ *۲/۵ متر) ۴ ردیف کاشت در نظر گرفته شد. با توجه به محدودیت تعداد پیاز، ردیف پنجم به‌صورت نکاشت به‌عنوان مرز بین تیمارهای فرعی در نظر گرفته شد.

به‌منظور اعمال تیمار آبیاری، دور به‌صورت ثابت ۱۵ روز در نظر گرفته شد (Sepahkhah and Kamgar Haghighi, 2009). زمان شروع اولین آبیاری ۳ هفته قبل از رسیدن دمای هوا به ۱۲ درجه سانتی‌گراد بود (Alizadeh et al., 2009). آبیاری دوم تا پایان دوره گلدهی مزرعه به تعویق افتاد تا امکان عبور و مرور در مزرعه طی دوره گلدهی فراهم گردد. پس از پایان دوره گلدهی، آبیاری پس از محاسبه تبخیر و تعرق گیاه (به روشی که در زیر توضیح داده شده است) و بر مبنای ۱۰۰٪، ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی گیاه و با فواصل ثابت ۱۵ روزه اعمال شد. برای محاسبه حجم آب آبیاری در هر نوبت، ابتدا تبخیر و تعرق مرجع (ETo) بر اساس آمار هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه مطالعاتی (ایستگاه سینوپتیک یزد) و با استفاده از روش فائو پنمن مانتیث محاسبه گردید. سپس تبخیر و تعرق گیاه زعفران (ETc) در هر دوره آبیاری با استفاده از ضرایب گیاهی زعفران که توسط عزیزی زهان (Azizi Zahan, 2000) برای مراحل مختلف رشدی آن ارائه شده است، محاسبه گردید و مبنای محاسبه و اعمال حجم آبیاری در تیمارهای اصلی این آزمایش قرار گرفت؛ به‌طوری‌که بر اساس سطح هر کرت آزمایشی (۲/۵ مترمربع)، ابتدا حجم آب موردنیاز تیمار آبیاری کامل (100%ET) محاسبه و سپس حجم آب موردنیاز سایر تیمارها (50%ET و 75%ET) بر اساس اعمال ضریب ۵۰٪ و ۷۵٪ تیمار آبیاری کامل، تعیین شدند. کنترل حجم آبیاری با استفاده از کنتور نصب‌شده در ابتدای مزرعه صورت گرفته است. برای تعیین محتوای نسبی آب برگ و نیز میزان تراوش یونی غشا در برگ و بنه از روش کایا و همکاران (Kaya et al., 2001) استفاده شد.

تجزیه واریانس، تجزیه همبستگی صفات در آزمایش‌های انجام‌شده و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. همچنین از این نرم‌افزار برای مقایسه میانگین اثرات ساده توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. مقایسه میانگین و تجزیه اثرات متقابل با استفاده از نرم‌افزار MS TATc صورت گرفت. برای رسم نمودارها، رسم منحنی‌های رگرسیونی و انتخاب بهترین خط برازش داده شده بر داده‌ها در هر مورد از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس محتوای نسبی آب برگ زعفران طی سال‌های اول و دوم اجرای آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس محتوای نسبی آب برگ زعفران در سال اول اجرای آزمایش

Table 1. Analysis of variance (mean square) of relative water content in saffron in the first year

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	محتوای نسبی آب برگ Relative Water Content: سال اول Firth year	سال دوم Second year
آبیاری Irrigation (I)	2	0.21**	0.135**
سوپرجاذب Superabsorbent (S)	6	0.041ns	0.0019ns
آبیاری×سوپرجاذب I × S	12	0.021ns	0.0079ns
خطا Error	42	0.701	0.012

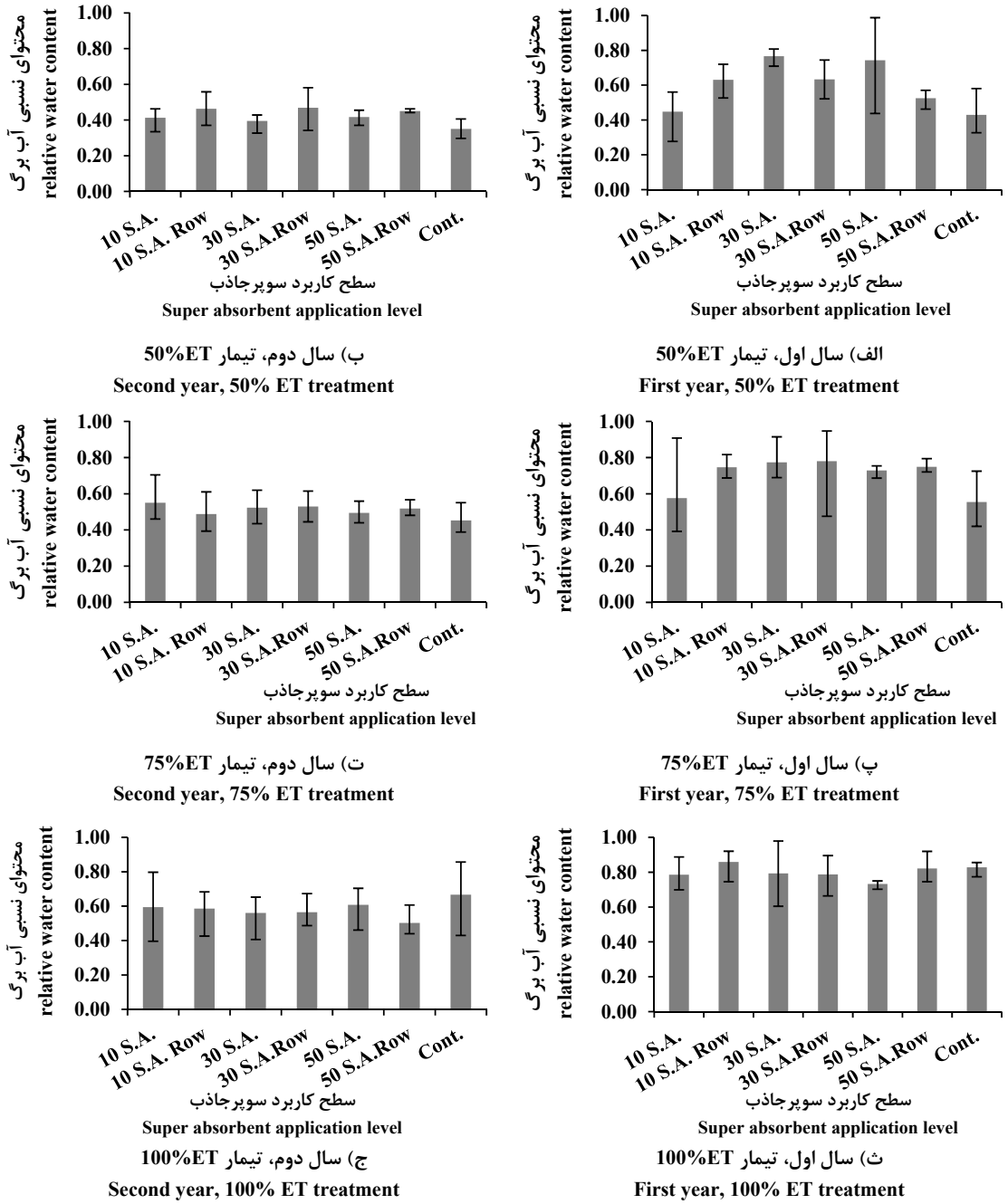
* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال آماری پنج و یک درصد و ns: غیر معنی‌دار.

* and ** Represents a significance at 5% and 1% probability level, respectively, and ns means non-significant.

جداول تجزیه واریانس در دو سال مورد آزمایش، بیانگر این است که تغییرات RWC عمدتاً تحت تأثیر عامل آب مصرفی (که به‌صورت درصدی از ET محاسبه و اعمال گردیده است) بوده و با کاهش آب مصرفی میزان محتوای نسبی آب برگ نیز کاهش یافته است که با نتایج بیتس و همکاران (Bates et al. 1973) مبنی بر کاهش میزان نسبی آب برگ تحت شرایط تنش خشکی مشابه است.

شکل ۱ تغییرات میانگین محتوای نسبی آب برگ (RWC) گیاه زعفران تحت تیمارهای مختلف حجم آب

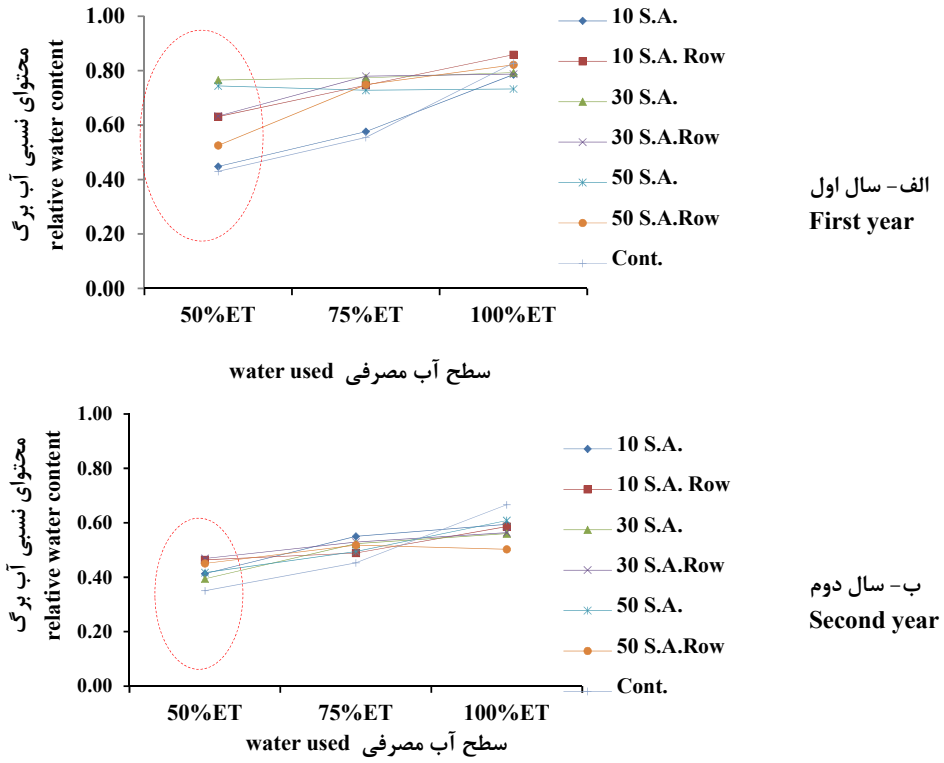
مصرفی و سطوح مختلف سوپرجاذب طی دو سال متوالی را نشان می‌دهد. مقادیر RWC در سال اول آزمایش بین ۰/۲۷۷ تا ۰/۹۸۸ (میانگین ۰/۶۹۹ و انحراف معیار ۰/۱۷۰) و در سال دوم بین ۰/۲۹۷ تا ۰/۸۵۷ (میانگین ۰/۵۰۴ و انحراف معیار ۰/۱۱۸) بوده است.



شکل ۱. تغییرات میانگین محتوای نسبی آب برگ زعفران تحت تیمارهای مختلف حجم آب مصرفی و سطوح مختلف سوپرجاذب طی دو سال متوالی (میله‌های عمودی بر روی هر نمودار، حداقل و حداکثر مشاهداتی در تکرارهای مختلف را نشان می‌دهد)

Fig. 1. Average changes in the relative content of saffron leaf water under different treatments of water volume and different levels of superabsorbent over two consecutive years (vertical bars on each chart show the minimum and maximum observations in different iterations)

شکل ۲ نیز نمودارهای تغییرات محتوای نسبی آب برگ زعفران در سطوح مختلف آب مصرفی و مقادیر مختلف مصرف سوپرجاذب (۱۰ گرم، ۳۰ گرم و ۵۰ گرم) در دو سال متوالی را نشان می‌دهد. یکی از نکات قابل‌مشاهده بر روی این نمودار، روند افزایشی محتوای نسبی آب برگ براثر افزایش آب مصرفی زعفران در اثر اعمال تیمارهای ۵۰٪ET، 75%ET و ۱۰۰٪ET و تحت مقادیر مختلف مصرف سوپرجاذب است. همچنین، محدوده تغییرات RWC براثر مصرف نرخ‌های مختلف مصرف سوپرجاذب در سال اول نسبت به سال دوم دارای تفاوت‌هایی نسبت به هم است. به‌طوری‌که، در سال اول و برای هر یک از تیمارهای آب مصرفی، مقادیر RWC در نرخ‌های مختلف مصرف سوپرجاذب دارای تفاوت‌های عددی قابل‌توجهی نسبت به همدیگر هستند؛ اما در سال دوم، این تفاوت‌ها به‌مراتب کمتر شده و به‌عبارتی‌دیگر، اثر کاربرد مقادیر مختلف سوپرجاذب (۱۰ گرم، ۳۰ گرم و ۵۰ گرم) بر محتوای نسبی آب برگ زعفران به همدیگر نزدیک‌تر شده است. به‌عنوان‌مثال، در تیمار آب مصرفی ۵۰٪ET (که به‌صورت دوایر قرمزرنگ نشان داده شده است)، تفاوت RWC ناشی از کاربرد مقادیر مختلف سوپرجاذب (۱۰ گرم، ۳۰ گرم و ۵۰ گرم) بین ۰/۴۳۰ تا ۰/۷۴۴ و در سال دوم بین ۰/۳۵۰ تا ۰/۵۱۸ به دست آمده است.



شکل ۲. مقایسه تغییرات محتوای نسبی آب برگ زعفران در سطوح مختلف آب مصرفی در دو سال متوالی

Fig. 2. Comparison of changes in the relative content of saffron leaf water in different levels of water consumption in two consecutive years

جداول تجزیه واریانس در خصوص وزن بنه، بیانگر این موضوع است که تغییرات وزن بنه عمدتاً تحت تأثیر عامل اصلی یعنی آب مصرفی مزرعه (که به‌صورت درصدی از ET محاسبه و اعمال گردیده است) نبوده است. همچنین در سال دوم، اثر متقابل دو عامل اصلی و فرعی بر پارامتر وزن بنه معنی‌دار نشد. این نتایج برخلاف نتایج حسینی و همکاران (Hossaini et al., 2010) است که افزایش ۳۶ درصدی وزن بنه‌ها در تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در مختلف

سوپرجاذب طی دو سال متوالی را نشان می‌دهد. مقادیر وزن بنه در سال اول آزمایش بین ۲/۷۰ تا ۱۶/۰۰ گرم (میانگین ۶/۴۹ و انحراف معیار ۲/۴۳) و در سال دوم بین ۲/۰۷ تا ۱۳/۵۰ گرم (میانگین ۴/۲۴ و انحراف معیار ۲/۰۴) بوده است.

شکل ۳ نیز نمودارهای تغییرات وزن بنه زعفران در سطوح مختلف آب مصرفی و مقادیر مختلف مصرف سوپرجاذب (۱۰، ۳۰ و ۵۰ گرم در مترمربع) در دو سال متوالی را نشان می‌دهد. بر اساس آزمون آماری (t LSD) در سطح اطمینان ۹۵٪ که در نرم‌افزار آماری SAS انجام شد، وزن بنه براثر افزایش آب مصرفی زعفران در تیمارهای ET ۵۰٪، ET ۷۵٪ و ET ۱۰۰٪ تغییرات معنی‌داری نداشت. البته نتایج به دست آمده برای CW در سال اول با سال دوم، دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ بود.

جدول ۳. نتایج تجزیه مرکب پارامتر وزن بنه گیاه زعفران (CW) طی سال‌های اول (۱۳۹۳) و دوم (۱۳۹۴) آزمایش تحت تأثیر سه تیمار اصلی حجم آب آبیاری (50%ET, 75%ET, 100%ET) و هفت تیمار فرعی کاربرد سوپرجاذب (10SA, 10SArow, 30SA, 30SArow, 50SA, 50SArow, control)

Table 3. Analysis of variance (mean square) of Corm weight during two years as influenced by irrigation volume (50, 75 and 100% ET) and superabsurbant

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	وزن بنه Corm Weight
Year (Y)	سال	1	127.8**
Error a	خطای a	4	6.588
Irrigation (I)	آبیاری	2	10.115ns
Y*I	سال*آبیاری	2	1.347ns
Error b	خطای b	8	5.525
Super (S)	سوپرجاذب	6	11.299*
I*S	آبیاری* سوپرجاذب	12	8.667*
Y*S	سال* سوپرجاذب	6	4.392ns
Error c	خطای c	12	4.305

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال آماری پنج و یک درصد و ns؛ غیر معنی‌دار.

* and ** Represents a significance at a probability level of 5% and 1%, respectively, and ns; Non-significant

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک برگ (DLW) در هر دو سال مورد آزمایش بیانگر این موضوع است که تغییرات DLW عمدتاً تحت تأثیر عامل اصلی آزمایش یعنی آب مصرفی مزرعه (یا درصد تغییرات ET) قرار گرفت. در سال اول مقدار P عامل اصلی (میزان آب مصرفی) برابر با ۰/۰۳۱۷ و در سال دوم برابر با ۰/۰۱۴۳ و هر دو کمتر از ۰/۰۵ به دست آمده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که مقدار آب مصرفی مزرعه تأثیر قابل‌توجهی بر وزن خشک برگ داشته و مقایسه آن در تیمارهای اصلی با یکدیگر، ازنظر آماری و در سطح اطمینان ۹۵٪ دارای تفاوت‌هایی می‌باشند.، بین تیمارهای مختلف آب مصرفی، تفاوتی ازنظر میزان میانگین DLW در سطح اطمینان ۹۵٪ وجود نداشت. ولی بین نتایج سال اول و سال دوم، تفاوت‌های میانگین DLW در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار بود. با افزایش مقدار سوپرجاذب مصرفی، مقدار DLW زعفران کاهش یافت. این کاهش در هر دو سال آزمایش نیز مشاهده شد و می‌تواند ناشی از عدم تأثیر ماده سوپرجاذب بر مقدار DLW تحت شرایط بدون تنش خشکی باشد. به‌عبارت‌دیگر، اثر سوپرجاذب بر میزان وزن خشک برگ در شرایط تنش خشکی، قابل‌مشاهده خواهد بود.

جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن خشک برگ زعفران به‌منظور مقایسه نتایج سال اول و دوم اجرای آزمایش

Table 4. Analysis of variance (mean square) of leaf dry weight in order to comparise results of two year

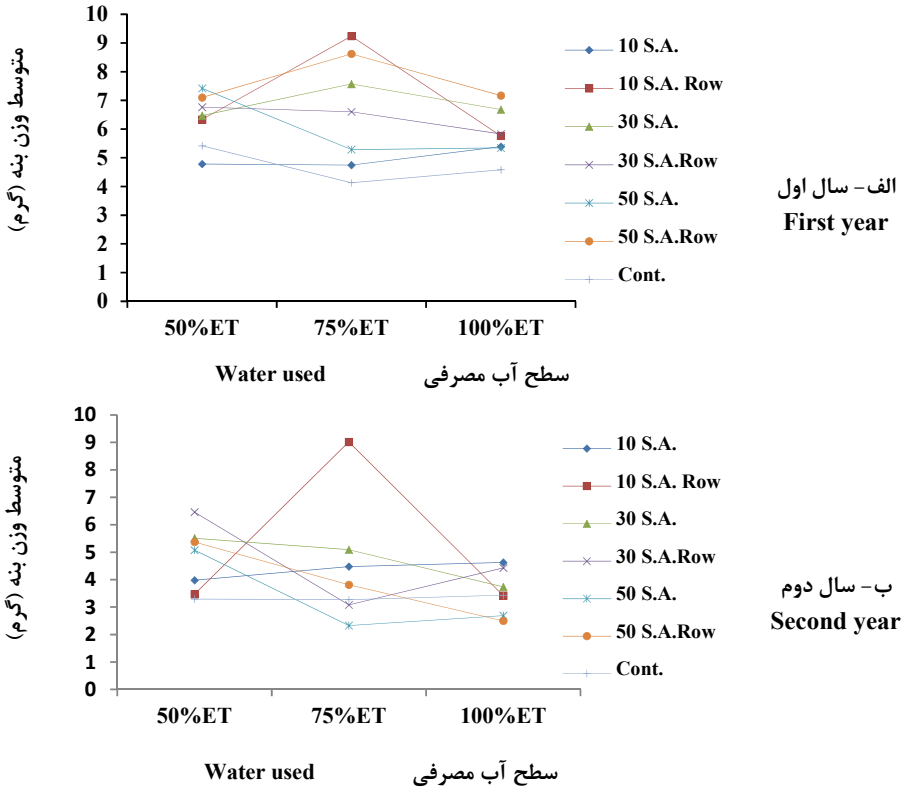
S.O.V منبع تغییرات	df درجه آزادی	Leaf dry weight وزن خشک برگ
Between group بین گروه‌ها	1	321.92**
Within group داخل گروه‌ها	124	5.851ns
Total مجموع	125	8.38

نتایج تجزیه واریانس وزن کلاله خشک زعفران (DS) طی سال‌های اول و دوم اجرای آزمایش بیانگر این موضوع است که تغییرات DS در هر دو سال مورد آزمایش، تحت تأثیر هر دو عامل اصلی و فرعی یعنی حجم آب آبیاری (اصلی) و ماده سوپرجاذب (فرعی) بوده است. مقادیر DS در سال اول آزمایش بین ۰/۱۸ تا ۰/۵۳ گرم (میانگین ۰/۳۴ و انحراف معیار ۰/۰۸) و در سال دوم بین ۰/۱۸ تا ۰/۵۲ گرم (میانگین ۰/۳۵ و انحراف معیار ۰/۰۷) بوده است. شکل ۳ به ایجاد رابطه رگرسیونی بین مقادیر کاربرد سوپرجاذب (گرم در مترمربع) و میانگین وزن کلاله خشک زعفران تحت تیمارهای مختلف آب مصرفی طی دو سال متوالی پرداخته است. خطوط این نمودار حاصل میانگین‌گیری DS تکرارهای مختلف تحت کاربرد مقادیر صفر، ۱۰، ۳۰ و ۵۰ گرم در مترمربع سوپرجاذب

(بدون در نظر گرفتن روش کاربرد ردیفی و یا یکنواخت در داخل هر کرت آزمایشی) در هرسال به‌صورت مجزا می‌باشند. همچنین معادلات برازش شده بر نقاط این نمودار دارای ضرایب تبیین (R2) بالا و معنی‌دار ازنظر آماری هستند. بر اساس مشاهدات موجود و برای دو تیمار ۵۰٪ET و ۷۵٪ET، بیشترین میزان DS یا وزن کلاله خشک زعفران در تیمار ۵۰ گرم سوپرجاذب بود و در مقادیر صفر، ۱۰ و ۳۰ گرم در مترمربع سوپرجاذب، مقدار DS نسبت به تیمار ۵۰ گرم در مترمربع، کمتر گزارش شد. در مورد تیمار ۱۰۰٪ET شرایط برعکس بوده و با افزایش میزان کاربرد ماده سوپرجاذب، مقدار DS کاهش یافت. این کاهش در هر دو سال آزمایش دیده شد و می‌تواند ناشی از عدم تأثیر ماده سوپرجاذب در شرایط بدون تنش خشکی باشد. به‌عبارت‌دیگر، اثر سوپرجاذب بر مقدار DS در شرایطی مؤثرتر خواهد بود که مزرعه تحت تنش خشکی قرار داشته باشد.

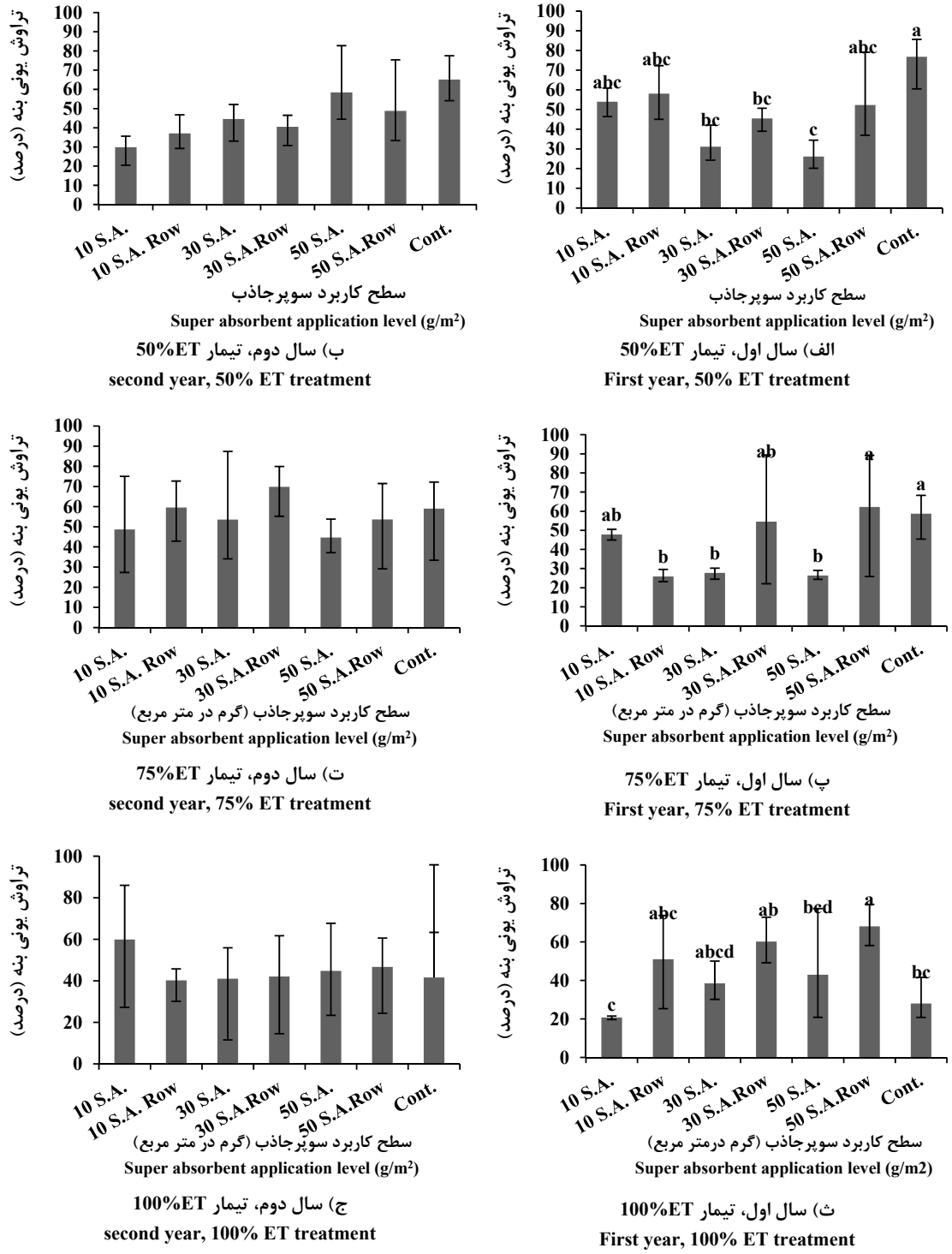
تراوش یونی بنه

نتیجه تجزیه واریانس در سال اول آزمایش، بیانگر این موضوع است که تغییرات ELC عمدتاً تحت تأثیر عامل اصلی یعنی آب مصرفی مزرعه (که به‌صورت درصدی از ET محاسبه و اعمال گردیده است) بوده است. ازآنجایی‌که مقدار P عامل اصلی (آب مصرفی) برابر با ۰/۴۶۶۵ و بیشتر از ۰/۰۵ به دست آمده است، مقدار آب مصرفی مزرعه تأثیر قابل‌توجهی بر ELC زعفران نداشت و مقایسه ELC تیمارهای اصلی با یکدیگر، فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بود. شکل ۴ نیز تغییرات میانگین تراوش یونی بنه (ELC) زعفران تحت تیمارهای مختلف حجم آب مصرفی و سطوح مختلف سوپرجاذب طی دو سال متوالی را نشان می‌دهد. مقادیر ELC در سال اول آزمایش بین ۰/۱۹ تا ۰/۸۹ (میانگین ۰/۴۶ و انحراف معیار ۰/۲۰) و در سال دوم بین ۰/۱۱ تا ۰/۹۶ (میانگین ۰/۵۱ و انحراف معیار ۰/۱۹) بوده است.



شکل ۳. مقایسه تغییرات وزن بنه زعفران در سطوح مختلف آب مصرفی در دو سال متوالی

Fig. 3. Comparison of weight changes of saffron corn in different levels of water consumption in two consecutive years

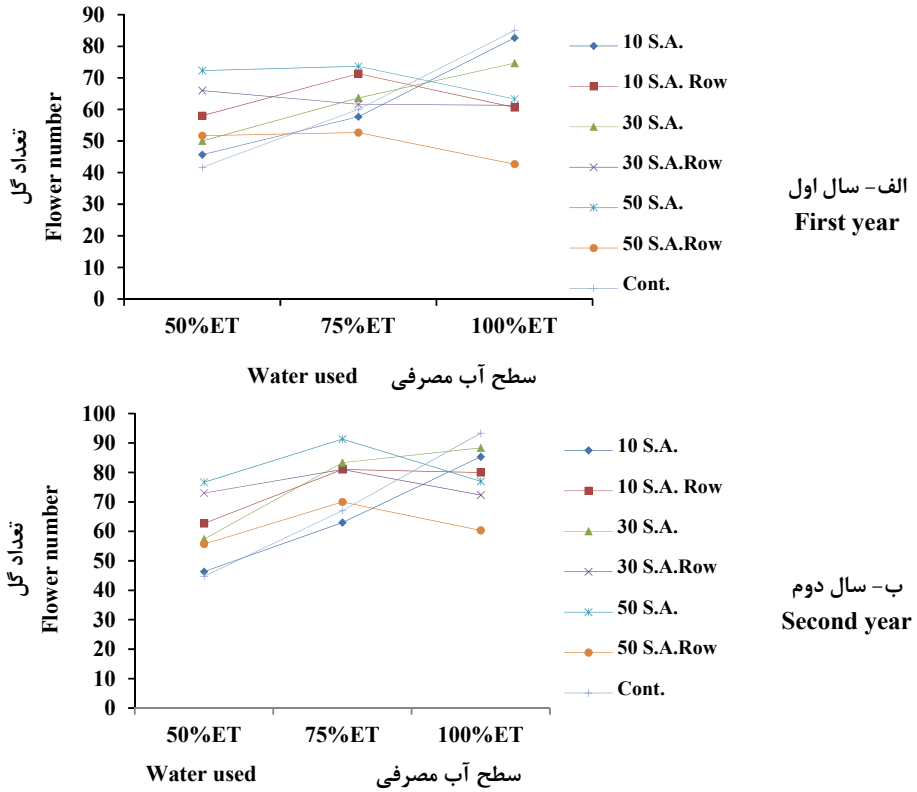


شکل ۴. میانگین تراوش یونی بنه زعفران تحت تیمارهای مختلف حجم آب مصرفی (50%ET, 75%ET, 100%ET) و سطوح مختلف سوپرجاذب (10SA, 10SA. Row, 30SA, 30SA.Row, 50SA, 50SA.Row, Cont.) طی دو سال متوالی. میله‌های عمودی قرار گرفته بر روی هر نمودار، حداقل و حداکثر مشاهدات در تکرارهای مختلف را نشان می‌دهد.

Fig. 4. Average saffron ionic leakage under different treatments of water volume (50% ET, 75% ET, 100% ET) and different superabsorbent levels (10SA, 10SA. Row, 30SA, 30SA.Row, 50SA, 50SA.Row, Cont.) For two consecutive years. The vertical bars on each diagram show the minimum and maximum observations in different iterations

تعداد گل

تغییرات FN طی دو سال موردمطالعه تحت تأثیر عامل (تیمار) اصلی و همچنین اثر متقابل عامل اصلی*عامل فرعی بوده است. شکل ۵ نمودارهای تغییرات تعداد گل زعفران در سطوح مختلف آب مصرفی و تحت مقادیر مختلف مصرف سوپرجاذب (۱۰، ۳۰ و ۵۰ گرم در مترمربع) در دو سال آزمایش را نشان می‌دهند. به‌طورکلی، می‌توان گفت که با افزایش حجم آب مصرفی، تعداد گل زعفران افزایش یافت که این اثر می‌تواند ناشی از کاهش تنش خشکی و همچنین افزایش وزن بنه و به دنبال آن افزایش تعداد گل باشد.



شکل ۵. مقایسه تغییرات تعداد گل زعفران در سطوح مختلف آب مصرفی در دو سال متوالی

Fig. 5. Comparison of changes in the number of saffron flowers in different levels of water consumption in two consecutive years

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاکی از روند افزایشی محتوای نسبی آب برگ براثر افزایش آب مصرفی و تحت مقادیر مختلف سوپرجاذب بود. همچنین مشخص شد که بیشترین میزان RWC برگ زعفران در تیمار ۳۰ گرم بر مترمربع مصرف سوپرجاذب بود. به‌طوری‌که؛ در اثر اعمال مقادیر صفر، ۱۰ و۵۰ گرم بر مترمربع سوپرجاذب، مقدار RWC نسبت به تیمار ۳۰ گرم بر مترمربع کاهش داشت. علاوه بر این، مقایسه نتایج سال اول با سال دوم نشان داد که اثر کاربرد مقادیر متفاوت سوپرجاذب (۱۰، ۳۰ و ۵۰ گرم بر مترمربع) بر محتوای نسبی آب برگ زعفران کمتر شد. نتایج تجزیه مرکب پارامترهای مختلف گیاه زعفران طی سال‌های اول (۱۳۹۳) و دوم (۱۳۹۴) آزمایش تحت تأثیر سه تیمار اصلی حجم آب آبیاری (ET, 75%ET, 100%ET٪۵۰) و هفت تیمار فرعی کاربرد سوپرجاذب (۱۰ SA, 10SArow, 30SA, 30SArow, 50SA, 50SArow, control) نشان دادند که اثر تیمار اصلی آزمایش (حجم آب مصرفی) تنها بر پارامترهای تراوش یونی بنه (ELC) و وزنه بنه (CW) ازنظر آماری معنی‌دار نبود

و اثر آن بر سایر پارامترها در سطوح اطمینان ۹۵٪ یا ۹۹٪ معنی‌دار شد. به‌عبارت‌دیگر، تغییر حجم آب مصرفی در مزرعه زعفران تأثیری بر تراوش یونی بنه و همچنین وزن بنه زعفران نداشت. به دلیل اینکه زعفران یک گیاه چندساله محسوب می‌شود و این آزمایش نیز در دو سال متوالی صورت گرفت، ارتباط آماری بین برخی پارامترهای سال دوم با پارامترهای سال اول آزمایش و بالعکس نیز بررسی شد. به‌عنوان‌مثال، وزن بنه در سال ۱۳۹۴ با پارامترهای طول برگ در همان سال و تراوش یونی بنه در سال قبل دارای همبستگی معنی‌دار ازلحاظ آماری بود. همچنین مشخص شد که با افزایش طول برگ در سال دوم، وزن بنه در همان سال افزایش یافت. همچنین با افزایش تراوش یونی بنه در سال اول، وزن بنه در سال دوم کاهش یافت.

منابع

Aghazadeh, R., Hemmatzadeh, A., 2012. Effect of date, depth and planting distance on the vegetative and reproductive traits of saffron (*Crocus sativus* L.) in climatic conditions of Mako city. Modern Knowledge of Sustainable Agriculture. 8(1), 1-10. [In Persian with English summary].

Alahyari, S., Golchin, A., Vaezi, A.R., 2013. Study of the effect of water superabsorbent polymer application on yield and yield components of two cultivars of chickpeas under rainy conditions. Plant Production Research. 20(1), 125-140. [In Persian with English summary].

Alam, A., 2007. Status and prospects of mechanization in saffron cultivation in Kashmir. Acta Horticulturae. 739,383-388.

Alizadeh, A., Sayari, N., Ahmadian, J., Mohammadian, A., 2009. Investigation of the most appropriate time to start irrigating saffron cultivation in Khorasan Razavi, North and South Khorasan provinces. Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries). 23(1), 109-118. [In Persian with English summary].

Azizi Zahan, A., 2000. Study of water requirement, irrigation method and distance in saffron. Master Thesis, Shiraz University. [In Persian].

Bates, L., Waldren, R.P., Teare, I. D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39, 205-207.

Behdani, M.A. Nassiri mahallati, M., Koocheki, A. 2008. Evaluation of irrigation management of saffron at agro ecosystem scale in dry region of Iran. Asian journal of plant Sciences, 7(1), 22-25.

Fazeli Rostampour, M., Mohebbian, S.M., 2011. Investigation of the effect of dehydration and superabsorbent polymer on re-transfer of photosynthetic materials in grain corn (*Zea mays* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences. 4(2), 127-138.

Hassan, B., Shah M.H., 2002. Increased sustainability and yield of saffron in Kashmir. In: Proceedings of saffron (*Crocus sativus*), June 14, 2001, SKUAST-K, India, 55-58.

Husaini, A.M., Kamili, A.N., Wani, M.H., Teixeira da Silva, J.A., Bhat, G.N., 2010. Sustainable saffron (*Crocus sativus* kashmirianus) production: technological and policy interventions for Kashmir. Functional Plant Science and Biotechnology. 4(2), 116-127.

Kafi, M., Rashed Mahsal, M.H., Koocheki, A., Malafilabi, A., 2002. Saffron, Technology, Production and Processing. First Edition, Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad. [In Persian].

Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H., 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulgarian Journal of Plant Physiology. 27(3-4), 47-59.

Kouhestani, Sh., Askari, N., Maghsoudi, K., 2009. Investigation of the effect of superabsorbent hydrogels on grain corn yield (*Zea mays* L.) under drought stress conditions. Iranian Water Research. 3(5), 71-78.

Mohammadabadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., Falahi, J., 2011. Effects of planting pattern and time of first irrigation on saffron (*Crocus sativus* L.) growth and yield. Agricultural Ecology. 3(1), 84-93.

Pirzad, A., Moghadam, AF, Razban, M., Rai, Y., 2012. Study of flower yield, essential oil and

harvesting index of German chamomile *Matricaria chamomilla* L. under irrigation regimes and A200 superabsorbent values. Agricultural Knowledge and Sustainable Production. 22(3), 85-99. [In Persian with English summary].

Sabet Teymouri, M., Kafi, M., Orsaji, Z., Arjoui, K., 2010. Effect of drought stress, size and cover of coriander on morpho-ecophysiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) in greenhouse conditions. Agricultural Ecology. 2(2), 323-334. [In Persian with English summary].

Sepaskhah, A.R., Kamgar-Haghighi, A.A., 2009. Saffron Irrigation Regime. International Journal of Plant Production. 3(1), 1-16.

Tohidi-Moghadam, H.R., Shirani-Rad, A.H., Nour-Mohammadi, G., 2009. Effect of super absorbent application on antioxidant enzyme activities in canola (*Brassica napus* L.) cultivars under water stress conditions. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 4(3), 215-223.

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

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 13, No. 3, p. 903-914
Fall 2020
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.1342.1276

Original article

Effects of applied water and superabsorbent polymer on the growth index and yield in saffron

M. Safari Zarch[1*], Gh.R. Khajoei Nezad[2], A.A. Maghsoudi[2], Gh. Mohammad Nejad[2]

1. Ph.D. Student of Crop Physiology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

2. Associated Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

Received 29 January 2018; Accepted 10 February 2020

Abstract

Although saffron is a low-yielding plant in terms of food and water needs, but its commercial value on the one hand and limited water resources on the other hand has caused the study of the effects of drought stress on various components of this plant to be of particular importance in our country. A two-year field test in Yazd province was conducted to investigate the effect of different levels of water consumption and superabsorbent polymer on the growth and functional characteristics of saffron. This experiment was performed in the form of a randomized complete block design and as a split-plot in 3 replications. The main plots consisted of three irrigation levels (50, 75 and 100% evapotranspiration, ET) and the sub-plots included three different levels of superabsorbent polymer at 10, 30 and 50 g/m^2, in two consecutive methods and uniform distribution in experimental plots. Were applied. Finally, the effect of the main and secondary treatments on the desired indicators was investigated and compared with the control treatment (without the use of superabsorbent). The results showed that with increasing irrigation volume, number of flowers, dry weight of stigmas and total weight of buds increased but the rate of ionic leakage decreased. In most cases, consuming 30 to 50 grams of superabsorbent in a uniform distribution on the ground or consuming 10 grams of superabsorbent in a row under planting rows had a better result compared to control and other treatments. There was a significant interaction between irrigation and superabsorbent treatment levels. In the absence of drought stress, superabsorbent consumption, especially at 50 g/m^2, reduced yield, but in severe drought stress, the best results were obtained with 30 g/m^2 superabsorbent. The use of superabsorbent in dry stress conditions with the aim of increasing the saffron leaf water content is useful and recommended, but in non-stress conditions, it will be recommended.

Keywords: Drought stress, Ionic leakage, Saffron, Vegetative growth, Water requirement.

[*]Correspondent author: Mahdi Safari Zarch; E-Mail: m.safari@pnu.ac.ir