

مقاله پژوهشی

مطالعه اثر مدیریت آبیاری و محلول پاشی محرک های رشد بر عملکرد کمی و برخی ویژگی های کیفی زعفران

محمد رضا مالکی^۱، محمد جواد ثقه الاسلامی^{۲*}، سید غلامرضا موسوی^۳ و حسن فیضی^۴

تاریخ پذیرش: ۲۳ شهریور ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: ۲۲ فروردین ۱۳۹۹

مالکی، م.ر.، ثقه الاسلامی، م.ج.، موسوی، س.غ. و فیضی، ح. ۱۳۹۹. مطالعه اثر مدیریت آبیاری و محلول پاشی محرک های رشد بر عملکرد کمی و برخی ویژگی های کیفی زعفران، زراعت و فناوری زعفران. ۸(۴): ۵۱۱-۵۲۵.

چکیده

به منظور بررسی اثر زمان آبیاری و محلول پاشی برخی محرک های رشد بر زعفران، آزمایشی در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در شهرستان زاوه خراسان رضوی انجام و داده های حاصل از سال دوم (۹۷-۱۳۹۶) مورد تحلیل قرار گرفت. آزمایش به صورت کرت های خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار بود. عامل اصلی مدیریت آبیاری در ۴ سطح I₁ (آبیاری اول طبق عرف منطقه یعنی ۲۰ مهر ماه)، I₂ (آبیاری اول ده روز دیرتر از عرف منطقه (۳۰ مهر ماه))، I₃ (آبیاری طبق عرف منطقه به همراه یک آبیاری اضافی ده روز پس از آخرین آبیاری (۲۰ مهر ماه + ۱۰ اردیبهشت ماه)) و I₄ (آبیاری اول ده روز دیرتر از عرف منطقه به همراه یک آبیاری اضافی ده روز پس از آخرین آبیاری (۳۰ مهر ماه + ۱۰ اردیبهشت ماه)) بودند. همچنین عامل فرعی شامل تیمارهای محلول پاشی G₁ (شاهد بدون محلول پاشی)، G₂ (محلول پاشی اسید سالیسیلیک)، G₃ (محلول پاشی کود کامل میکرو)، G₄ (محلول پاشی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم) و G₅ (محلول پاشی نانو ذرات دی اکسید سیلیسیم) بود. در این آزمایش صفات مختلف گل و بانه و ویژگی های کیفی کلاله تعیین شد. نتایج مقایسه میانگین های ویژگی های بانه نشان داد تیمارهای محلول پاشی کود کامل میکرو و دی اکسید سیلیسیم بیشترین تعداد بانه دختری (۵/۵۶) را داشتند، به طوریکه کاربرد این دو ماده حدود ۲۵ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان دادند. همچنین آبیاری I₄ با ۷/۰۶ کیلوگرم در هکتار کمترین، و آبیاری II با ۱۰/۴۶۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار وزن خشک کلاله و خامه را به خود اختصاص دادند. محلول پاشی کود کامل میکرو با ۱۰/۲۷۵ کیلوگرم در هکتار وزن خشک کلاله و خامه برترین تیمار بود. بالاترین مقدار کروسین در بین تیمارهای محلول پاشی مربوط به کود کامل با ۲۶۴/۵ و دی اکسید تیتانیوم با ۲۶۳/۸ میلی گرم بر گرم بود. مقدار پیکروکروسین در تیمارهای کود کامل و اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد دارای افزایش بود. همچنین تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک با مقدار ۰/۹۳۰ میلی گرم بر گرم بیشترین میزان کلروفیل را نشان داد. به طور کلی به منظور کسب حداکثر عملکرد، آبیاری بر اساس عرف منطقه در ۲۰ مهر ماه و همچنین مصرف کود کامل توصیه می شود.

کلمات کلیدی: اسید سالیسیلیک، خشکی، کود، کلاله، کیفیت، نانو

- ۱ - دانشجوی دکتری مهندسی کشاورزی - گرایش زراعت، گروه کشاورزی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
 - ۲ - دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی، گیاهان دارویی و علوم دامی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
 - ۳ - دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی، گیاهان دارویی و علوم دامی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
 - ۴ - دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه تربت حیدریه
- (*) - نویسنده مسئول: mjseghat@iaubir.ac.ir

مقدمه

زعفران با نام علمی (*Crocus sativus* L.) از خانواده زنبقیان (Iridaceae) به عنوان گران‌بهارترین محصول کشاورزی و دارویی جهان است. اگر چه این گیاه اصولاً به عنوان گیاهی با نیاز آبی کم، به ویژه برای مناطق نیمه خشک، معرفی شده است اما بررسی‌های مختلف نشان داده است مدیریت آبیاری از جمله زمان آبیاری در مراحل مختلف رشد، به ویژه اولین و آخرین آبیاری، اثرات قابل توجهی بر عملکرد کمی و کیفی آن دارد. در این زمینه گزارش شده اثرات مثبت آبیاری بر عملکرد زعفران ناشی از تأثیر مثبت رطوبت بر رشد و نمو بنه‌های دختری و توسعه ریشه می‌باشد (Gholami et al., 2006). در تحقیقی روی زعفران، بهدانی (Behdani, 2005) تأثیر تاریخ اولین آبیاری بر ویژگی‌های زعفران را بررسی کرد و نشان داد ۱۵ تا ۲۰ روز پس از اولین آبیاری، گلدهی زعفران شروع می‌شود. در آزمایش مذکور در مقایسه چهار شهر بیرجند، تربت حیدریه، گناباد و قاین، تربت حیدریه از لحاظ زمانی اولین آبیاری را داشت. در پژوهشی دیگر در این زمینه مشخص شد عملکرد بالاتر زعفران با فواصل کوتاهتر آبیاری به دست می‌آید. آبیاری با فواصل ۱۲ روزه در تربت حیدریه بسیار متداول بوده که یکی از دلایل بالا بودن عملکرد در این شهرستان بود (Behdani et al., 2005). همچنین متوسط عملکرد برای مزارع با کاربرد آبیاری تابستانه بالاتر از مزارعی بود که آبیاری تابستانه انجام ندادن (Behdani et al., 2005). نتایج بررسی‌های انجام شده در خواب نیز نشان داد بیشترین عملکرد و تعداد گل زعفران از تیمار اولین آبیاری در ۳۰ مهر ماه حاصل شد، اما بیشترین وزن تر کل بنه و متوسط وزن بنه از تیمار اولین آبیاری در ۱۵ آبان حاصل گردید (Osmani Roudi et al., 2015). آن‌ها این موضوع را به شرایط خاص آب و هوایی و اثر متفاوت آن‌ها بر رشد بنه و تولید گل نسبت دادند.

زعفران نیز همانند سایر گیاهان برای رشد مناسب می‌بایست عناصر غذایی مورد نیاز خود را از خاک جذب نماید. لذا تامین عناصر غذایی کافی برای این گیاه نیز جهت کسب عملکرد مناسب ضروری می‌باشد. تأمین خاکی عناصر غذایی در گیاه زعفران از تقریباً اواخر بهمن ماه و همزمان با تسریع شکل‌گیری بنه‌های دختری (به علت تحلیل نسبی ریشه‌ها) محدود می‌شود. در این زمان، محلول پاشی یا تغذیه برگ‌ی یکی از راه‌های برطرف نمودن نیاز غذایی این گیاه می‌باشد (Kafi et al., 2010). محققین در بررسی اثر تغذیه برگ‌ی بر افزایش عملکرد زعفران در منطقه قاین و بجستان نتیجه گرفتند مصرف کود مایع رایج در بازار (دلفارد) در اسفندماه موجب افزایش ۳۳ درصدی میزان محصول شد (Hosseini et al., 2004). در همین زمینه (Alizadeh et al., 2018) نشان داد مصرف کودهای زیستی و شیمیایی سبب افزایش معنی دار عملکرد خشک کلاله و خامه زعفران و محتوای کروسین، پیکروکروسین و سافرانال آن شد. نظر به اثر سوء زیست محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، توجه محققین به بررسی تأثیر کاربرد سایر ترکیبات و محرک‌های رشد و راهکارهای دیگر حاصلخیزی خاک معطوف گشته است. از سوی دیگر ورود موضوع نانو به عرصه علوم مختلف، انجام تحقیقات در زمینه تأثیر کاربرد نانو ذرات در تولید محصولات کشاورزی را مورد توجه قرار داده است. یکی از ترکیباتی که کاربرد آن در سال‌های اخیر در اراضی کشاورزی مورد توجه محققین قرار گرفته است سیلیسیم می‌باشد. این ترکیب جذب پتاسیم را تحریک و جذب سدیم را محدود می‌کند و در نتیجه سبب افزایش نسبت انتخابی پتاسیم به سدیم می‌شود و تجمع پتاسیم، نیتروژن و گوگرد در گیاه و تغذیه آن را بهبود می‌بخشد. نانو ذرات اکسید سیلیسیم نیز استحکام دیواره سلولی را افزایش می‌دهد. این ترکیب می‌تواند بعد از جذب، یک نوار مضاعف در دیواره سلولی شکل دهد که مانع نفوذ قارچ،

این پژوهش طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در شهرستان زاوه خراسان رضوی با ارتفاع ۱۴۷۰ متر از سطح دریا، طول جغرافیایی " ۴۲، ۲۶' ۵۹ ° و عرض جغرافیایی " ۴۲، ۲۱' ۳۵° اجرا گردید. دمای حداقل و حداکثر در منطقه بر اساس میانگین بلند مدت به ترتیب ۱۲/۵ و ۳۸/۸ درجه سانتیگراد است. همچنین میزان بارندگی در دوسال ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ به ترتیب ۱۸۲ و ۱۶۹ میلیمتر بود. آزمایش بصورت کرت های خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی مدیریت آبیاری در ۴ سطح I1 (آبیاری اول طبق عرف منطقه (۲۰ مهر ماه))، I2 (آبیاری اول ده روز دیرتر از عرف منطقه (۳۰ مهر ماه))، I3 (آبیاری طبق عرف منطقه به همراه یک آبیاری اضافی ده روز پس از آخرین آبیاری (۲۰ مهر ماه + ۱۰ اردیبهشت ماه)) و I4 (آبیاری اول ده روز دیرتر از عرف منطقه به همراه یک آبیاری اضافی ده روز پس از آخرین آبیاری (۳۰ مهر ماه + ۱۰ اردیبهشت ماه)) بودند. همچنین عامل فرعی (G) شامل تیمارهای محلول پاشی G1 (شاهد بدون محلول پاشی)، G2 (محلول پاشی اسید سالیسیک)، G3 (محلول پاشی کود میکرو کامل)، G4 (محلول پاشی نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم) و G5 (محلول پاشی نانو ذرات دی اکسید سیلیسیم) بود. نقشه اعمال تیمارها در هر دو سال یکسان در نظر گرفته شد. بافت خاک محل آزمایش از نوع لومی شنی با میزان ماده آلی ۰/۵۸ درصد، شوری ۰/۸۱ دسی زیمنس بر متر و pH برابر با ۷/۹۸ بود. برای کاشت از بنه هایی با وزن 1 ± 0.9 استفاده گردید. کاشت بنه ها در تاریخ ۱۶ مهر ماه سال ۱۳۹۵ با تراکم ۱۰۰ بنه در متر مربع (فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی متر، فاصله روی ردیف ۵ سانتی متر و عمق کاشت ۲۰ سانتی متر) انجام شد. اولین آبیاری در تاریخ ۲۰ مهر ماه صورت گرفت. از این زمان به بعد سایر مراحل آبیاری بر اساس تیمارهای تعریف شده و با حجم مساوی در هر مرحله انجام شد. اسید سالیسیک به میزان یک

باکتری و نماتد شده و در نتیجه مقاومت به بیماری را افزایش می دهد. از سوی دیگر در این شرایط تعرق نیز کاهش یافته و رشد گیاه در شرایط خشکی بهبود می یابد. (Wang, 1999). در آزمایش مصرف اسید سالیسیک در سطح یک میلی مولار سبب افزایش میزان کروسین و فعالیت آنتی اکسیدانی قوی تر کلانله در بین تیمارهای مختلف (۱، ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی مولار) شد، ولی اثر منفی بر روی میزان ساfranال داشت (Tajik et al., 2015). در آزمایشی دیگر روی زعفران نیز تولید کربوهیدرات های محلول، قندها و متابولیت های ثانویه با کاربرد سالیسیک اسید افزایش یافت (Ghasemzadeh et al., 2012). کاربرد تیتانیوم نیز در برخی پژوهش های دیگر در کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته است. در این زمینه در پژوهشی کاربرد تیتانیوم به صورت محلول پاشی روی برگ های فلفل باعث افزایش اسید اسکوربیک و کاپسانتین (مسئول ایجاد رنگیزه قرمز) در میوه فلفل شد (Martinez Sanchez et al., 1991). تیتانیوم بر فعالیت های بیوشیمیایی گیاه اثر گذاشته و باعث افزایش فعالیت آنزیم های کاتالاز، نیترات ردوکتاز و پراکسیداز می شود. افزایش فعالیت این آنزیم ها تحت تأثیر تیتانیوم به افزایش جذب آهن نسبت داده شده است. همچنین تیتانیوم با بهبود جذب نیتروژن منجر به افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش طول بوته های فلفل شد. به طور کلی از آنجایی که نانوکودها به مقدار بسیار کم مورد استفاده قرار گرفته و همچنین عناصر خود را به تدریج و بر اساس نیاز گیاه آزاد می کنند (Baghai & Maleki Farahani, 2014; Lai, 2007) میزان آبتشویی آن ها کاهش یافته و در نتیجه سازگاری مناسبی با محیط زیست دارند. این پژوهش با هدف مطالعه اثر مدیریت آبیاری و محلول پاشی با محرک های مختلف رشد بر ویژگی های کمی و کیفی زعفران در شهرستان زاوه انجام شد.

مول، کود کامل میکرو (با نام تجاری بریکسل کمبی شامل ۰.۳ درصد مس، ۶.۸ درصد آهن، ۱.۱ درصد روی، ۲.۶ درصد منگنز، ۰.۹ درصد بر و ۰.۲ درصد مولیبدن قابل حل در آب) به میزان یک کیلوگرم در هکتار در ۴۰۰ لیتر آب، نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم با غلظت ۳۰ پی پی ام و نانو ذرات دی اکسید سیلیسیوم با غلظت ۵۰ پی پی ام در هر محلول پاشی در تیمارهای مربوطه به کار رفتند. محلول پاشی کود بریکسل کمبی در تاریخ های اول، چهاردهم و بیست و هشتم اسفند انجام شد. اعمال تیمارهای آبیاری و محرک های رشد به همین طریق در سال دوم (۹۶/۹۷) نیز ادامه یافت و برداشت گل در طی سوم تا ۲۴ آبان سال ۱۳۹۶ انجام شد. در طول گلدهی برداشت گل در طی ۱۰ مرحله و از مساحت ۴ متر مربع از هر کرت صورت پذیرفت و شاخص های تعداد گل، وزن تر و خشک گل و وزن تر و خشک کلاله در مترمربع تعیین شد. به منظور افزایش دقت، نمونه های برداشت شده در کلمن حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شده و به سرعت تعیین وزن شدند. وزن خشک های مربوطه پس از خشک شدن در آون و در دمای ۵۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت تعیین گردید. اواخر خرداد سال ۱۳۹۷ عملیات برداشت بنه ها و تعیین صفات آن ها صورت گرفت. به منظور محاسبه تعداد و وزن بنه های دختری تولید شده در هر بنه مادری، پس از زرد شدن تمامی برگ های مزرعه، بنه های نیم متر مربع از هر کرت خارج و تعداد بنه ها شمارش و وزن آن ها تعیین شد. جهت اندازه گیری میانگین وزن بنه های دختری، از هر کرت ۱۰ بنه دختری بصورت تصادفی برداشت شده و توزین شد. برای تعیین ویژگی های کیفی زعفران شامل کروسین و پیکروکروسین و سافرانال مقدار ۵ میلی گرم از نمونه با ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شده و به بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری منتقل شد. سپس مقدار ۹۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. محتویات بالن ژوژه به مدت ۲۰ دقیقه در همزن

مغناطیس با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. سپس بالن ژوژه تا خط نشانه با آب مقطر به حجم ۱۰۰ سی سی رسید. این محلول سریع و به دور از نور به وسیله صافی و پمپ خلاء صاف گردید. میزان ترکیبات شیمیایی زعفران بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 2008).

$$E = \frac{A \times 100}{M} \times \frac{100}{100 - H}$$

در این معادله A میزان ترکیبات شیمیایی زعفران در طول موج های مختلف (پیکروکروسین ۲۵۷ نانومتر، سافرانال ۳۳۰ نانومتر و کروسین ۴۴۰ نانومتر)، M جرم نمونه زعفران بر حسب گرم و H میزان رطوبت و مواد فرار موجود در نمونه بود.

جهت تعیین میزان کلروفیل نیز از روش طیف سنجی توسط اسپکتوفتومتر استفاده شد. به این منظور ۰/۵ گرم برگ تازه زعفران را کوبیده و سپس با ۲۰ میلی لیتر استون ۸۰٪ مخلوط می کنیم. نمونه به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شده و در نهایت پس از صاف کردن، عصاره بدست آمده در اسپکتوفتومتر قرار داده و میزان جذب در طول موج تعیین شده و سپس میزان کلروفیل بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Sartory & Grobbelaar, 1984).

لازم به ذکر است با توجه به ماهیت تیمارها و از آنجایی که در زعفران عملکرد سال اول کم و ناچیز می باشد و بیشتر تحت تأثیر ویژگی های بنه های کاشته شده است، در این پژوهش داده های حاصل از برداشت محصول در سال دوم آزمایش (۹۷-۱۳۹۶) مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. آنالیز داده ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام شد و میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

وزن، تعداد و قطر بنه دختری

دی اکسید تیتانیوم و دی اکسید سیلیسیم نیز اگرچه مقدار این صفت را نسبت به شاهد افزایش دادند، اما از نظر آماری تفاوتی با شاهد نداشتند (جدول ۲). کود کامل و ذرات نانو دی اکسید تیتانیوم بیشترین وزن بنه در گیاه را نیز رقم زدند به طوری که به ترتیب ۶۵ و ۵۰ درصد باعث افزایش این صفت شدند. اسید سالیسیلیک و ذرات نانو دی اکسید سیلیسیم از نظر آماری نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی داری نداشتند (جدول ۲).

در گیاه زعفران پس از اینکه برگ ها و ریشه ها به حداکثر اندازه خود رسیدند، تشکیل و رشد بنه های دختری آغاز می گردد و توسعه آنها عمدتاً بر فرآیند فتوسنتز متکی است. لذا به نظر میرسد عناصر غذایی حداکثر بایستی تا اواخر اسفند یعنی تا شروع مرحله سریع افزایش وزن گیاه، به صورت خاکی یا محلول پاشی مصرف شوند. از این زمان به بعد قدرت جذب ریشه کم شده و از میزان سودمندی مصرف عناصر غذایی در خاک کاسته می شود. از طرفی برگ ها نیز رو به زوال می گذارند و عاملی برای پر شدن بیشتر بنه ها وجود نخواهد داشت (Renau-Morata et al., 2012).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و محلول پاشی نشان داد که وزن بنه دختری در تمام سطوح تیمار آبیاری در نتیجه ی محلول پاشی افزایش یافت به جز در آبیاری I4 که شاهد از نظر آماری بیشتر از سایرین و مشابه کود کامل بود. بیشترین وزن بنه دختری (۵/۰۸ گرم) مربوط به تیمار آبیاری II همراه با محلول پاشی کود کامل بود که حدود ۲/۵ برابر وزن بنه دختری در تیمار شاهد در همین سطح آبیاری بود. قطر بنه نیز به طور مشابهی تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و محلول پاشی قرار گرفت. در این حالت اگرچه تیمار شاهد در تمام سطوح آبیاری کمترین مقدار را نشان نداد، اما تیمار کود کامل حداکثر قطر بنه را تولید نمود (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس اثرات زمان آبیاری و محلول پاشی محرک های رشدی در جدول ۱ نشان داده شده است. اثر اصلی مدیریت آبیاری بر وزن، تعداد و قطر بنه دختری معنی دار نبود (جدول ۱). این امر نشان می دهد ۱۰ روز تاخیر در آبیاری و یا یک آبیاری اضافی در انتهای فصل تأثیری بر رشد و نمو و زایش بنه ها ندارد. احتمالاً تفاوت بین تیمارها به اندازه ای نبوده است که بتواند اثر معنی داری داشته باشد. عدم تأثیر ادامه آبیاری در اواخر بهار بر رشد و تولید بنه زعفران در تحقیق رضایی و همکاران (Rezaie et al., 2019a) نیز نشان داده شده است. در تحقیقی دیگر عدم آبیاری (کشت دیم) منجر به کاهش ۲۴ و ۲۶ درصدی به ترتیب در وزن تر و خشک بنه دختری شد. در آزمایش مذکور اگرچه تیمار دیم کمترین وزن کل بنه دختری را با ۳/۱ تن در هکتار ایجاد کرد، اما بین دوره های مختلف آبیاری (۱۲، ۲۴ و ۳۶ روز) اختلاف معنی داری در صفت مذکور مشاهده نشد (Azizi-Zohan et al., 2009). در این آزمایش همچنین تعداد بنه دختری تحت تأثیر آبیاری قرار نگرفت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در تحقیقی که مویبد این نتیجه است اثرات رژیم آبیاری شامل کم آبیاری و پر آبیاری بررسی شد و طبق نتایج آن، تغییر در آبیاری هیچ تأثیری بر تعداد و وزن بنه های دختری نداشت (Fallahi & Mahmudi, 2018).

نتایج مقایسه میانگین ویژگی های بنه (وزن، تعداد و قطر) نشان داد که محلول پاشی کود کامل و دی اکسید سیلیسیم بیشترین تعداد بنه دختری را از نظر آماری به وجود آوردند به طوری که این دو کود ۲۵ درصد افزایش تعداد بنه نسبت به شاهد داشتند (جدول ۲). تیمارهای اسید سالیسیلیک و دی اکسید تیتانیوم نیز اگرچه نسبت به کود کامل و دی اکسید سیلیسیم تعداد بنه دختری کمتری تولید کردند، اما از نظر آماری مشابه آن ها بوده و نتیجه بهتری نسبت به شاهد داشتند. محلول پاشی کود کامل میانگین وزن هر بنه دختری را به ۳/۶ گرم رساند که بالاتر از سایر سطوح کودی بود. اسید سالیسیلیک،

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثرات زمان آبیاری و محلول پاشی محرک های رشد بر برخی ویژگی های زعفران
 Table 1- Analysis of variance for the effect of irrigation time and foliar application of growth stimulator on some traits of saffron

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	وزن به درجه Weight of corn per plant	میانگین وزن هر به Mean weight of each corn	تعداد به جایگزینی corn Number of replacement corn	قطر به Corn diameter	وزن تر کلاهک و خانه Fresh weight of stigma and style	وزن خشک کلاهک و خانه Dry weight of stigma and style	وزن تر کلاهک Fresh weight of weight of stigma	وزن خشک کلاهک Dry weight of stigma	محتوی کلروفیل Chlorophyll l content	سازفانال Safrazal	پیکروکروسین Picrocrocin	کروسین Crocin
بلوک Block	2	843.19*	11.73**	17.09 ^{ns}	970.62*	2450**	64.6*	635**	26.1**	0.003*	110.2*	53**	2481**
آبیاری Irrigation (I)	3	641.68 ^{ns}	3.76 ^{ns}	17.31 ^{ns}	360.01 ^{ns}	4607**	120.9*	463*	28.1**	0.0008 ^{ns}	27.4 ^{ns}	12.6 ^{ns}	32 ^{ns}
خطای a Error a	6	411.23	6.32	11.22	275.52	903	40.09	126	5.3	0.0012	17.1 ^{ns}	19.1	143
محرک های رشد Growth stimulator (G)	4	585.45*	4.62*	12.88*	298.18 ^{ns}	1898*	57.5 ^{ns}	657**	27.6**	0.012*	40.5*	29.8*	71*
I*G	12	844.46 ^{ns}	14.7**	7.71 ^{ns}	1038.89*	1285 ^{ns}	53.3 ^{ns}	269 ^{ns}	10.8 ^{ns}	0.033**	44.4 ^{ns}	38.5 ^{ns}	507**
خطای b Error b	32	1238.12	9.37	31.53	1225.4	4314	310.7	542	20	0.024	160.6	77.2	198
کل Total	59	4564.16	50.73	97.78	4568.66	15461	647.2	2695	120.1	0.076	400.3	230.3	3434
ضریب تغییرات C.V. (%)	—	19.65	17.56	19.75	15.93	26.77	35.61	16	15.37	3.07	6.37	1.79	0.94

ns: Non significant, *: significant at 5% probability level, **: significant at 1% probability level.
 -ns: عدم بودبود اختلاف معنی دار، *: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و **: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر محلولپاشی محرک های رشد بر برخی ویژگی های بنه های دخترتی زعفران

Table 2- Mean comparison for the effect of foliar application of growth stimulator on some traits of replacement corm of saffron

نوع محرک رشد stimulator type Growth	قطر بنه Corm diameter (mm)	وزن بنه در هر کلون Corm weight per clone (g)	میانگین وزن هر بنه Mean of corm weight (g)	تعداد بنه دخترتی در هر کلون Number of replacement's corm per clone
شاهد (فاقد محلول پاشی) Control (without foliar application)	20.6 ^a	12.61 ^c	2.75 ^b	4.42 ^b
اسید سالیسیلیک Salicylic acid (1 mmol)	22.4 ^a	14.79 ^{bc}	2.99 ^b	4.8 ^{ab}
کود کامل Complete fertilization (1 kg.ha ⁻¹)	27.2 ^a	21.5 ^a	3.6 ^a	5.56 ^a
TiO ₂ دی اکسید تیتانیوم (30 ppm)	24.8 ^a	18.49 ^{ab}	3.15 ^{ab}	4.76 ^{ab}
دی اکسید سیلیسیم SiO ₂ (50 ppm)	24.2 ^a	15.17 ^{bc}	3.06 ^b	5.57 ^a

در هر ستون، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند. Means followed by at least one same letters in each column are not significantly different on the basis of Duncan test at the 5% level of probability.

شیمیایی NPK حاصل شد.

عملکرد اقتصادی (وزن تر و خشک کلاله و خامه)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، تیمار آبیاری بر تمامی صفات کمی تأثیر معنی داری داشت، به طوری که وزن تر کلاله و خامه و وزن خشک کلاله را در سطح یک درصد و وزن خشک کلاله و خامه و وزن تر کلاله را در سطح ۵ درصد تحت تأثیر قرار داد. نوع محلول پاشی کود به غیر از وزن خشک کلاله و خامه، بر وزن تر این صفت در سطح ۵ درصد، و بر وزن تر و خشک کلاله در سطح یک درصد معنی دار بود. همچنین اثر متقابل تیمارهای آبیاری و محلول پاشی بر تمامی صفات مربوط به عملکرد اقتصادی زعفران معنی دار نبود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که آبیاری I4 با ۲۸/۴۰۲ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار وزن تر کلاله و خامه تولید کرد، در حالی که سطوح تیمار آبیاری I1، I2، و I3 به ترتیب با مقادیر ۴۶/۶۵۵، ۵۰/۶۷۴ و ۴۷/۷۳ کیلوگرم در هکتار با هم اختلاف معنی داری نداشتند (جدول ۴).

در یک آزمایش دو ساله، به کار بردن تیمارهای تغذیه ای اثری مثبت بر وزن کل بنه های دخترتی در گیاه در مقایسه با شاهد داشت. در پژوهش مذکور وزن بنه های دخترتی بعد از مصرف اسید سالیسیلیک در سال اول به میزان ۱۲ درصد افزایش یافت (Aghhvani et al., 2018). در تحقیقی دیگر نیز مشخص شد اگرچه تا ۸۰ درصد تولید زیست توده در اندام هایی مثل گل زعفران به متغیرهای مرتبط با خاک، همچون میزان فسفر قابل جذب و مواد آلی بستگی دارد، بهبود رشد این گیاه می تواند تا حد زیادی به ذخایر بنه مادری و محلول پاشی عناصر غذایی نیز وابسته باشد. به علت نقش عناصر ریز مغذی در رشد زایشی و عملکرد نهایی زعفران (Moosavi & Ronaghi, 2010)، کاربرد این عناصر در قالب محلول پاشی می تواند به ویژه در خاک های قلیائی موثر باشد. به نظر می رسد بهبود تعداد و وزن بنه های دخترتی در تحقیق حاضر ناشی از مصرف کودهای مختلف به صورت محلول پاشی، و به ویژه کود کامل باشد. در آزمایش رضایی و همکاران (Rezaie et al., 2019a) نیز بیشترین تعداد بنه دخترتی در تیمار مصرف کود

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و محلولپاشی محرک های رشد بر برخی ویژگی های بنه زعفران

Table 3- Mean comparison for the interaction of irrigation and foliar application of growth stimulator on some traits of daughter corm of saffron

تیمار Treatment	قطر بنه Corm diameter (mm)	میانگین وزن هر بنه Mean weight of corm (g)
شاهد Control	15.76 ^c	2.08 ^d
اسید سالیسیلیک Salicylic acid	28.86 ^b	3.47 ^b
I1 کود کامل Complete fertilization	41.26 ^a	5.08 ^a
نانو دی اکسید تیتانیوم Nano TiO ₂	28.56 ^b	3.62 ^b
نانو دی اکسید سیلیسیم Nano SiO ₂	25.5 ^b	3.18 ^{bc}
شاهد Control	17.96 ^c	2.45 ^c
اسید سالیسیلیک Salicylic acid	20.7 ^{bc}	2.86 ^c
I2 کود کامل Complete fertilization	20.23 ^{bc}	3.03 ^{bc}
نانو دی اکسید تیتانیوم Nano TiO ₂	24.23 ^b	3.05 ^{bc}
نانو دی اکسید سیلیسیم Nano SiO ₂	24.16 ^b	3.04 ^{bc}
شاهد Control	18.8 ^c	2.36 ^c
اسید سالیسیلیک Salicylic acid	22.26 ^{bc}	2.84 ^c
I3 کود کامل Complete fertilization	22.06 ^{bc}	3.11 ^{bc}
نانو دی اکسید تیتانیوم Nano TiO ₂	24.5 ^b	3.11 ^{bc}
نانو دی اکسید سیلیسیم Nano SiO ₂	23.36 ^{bc}	2.98 ^c
شاهد Control	29.9 ^b	4.12 ^b
اسید سالیسیلیک Salicylic acid	18.93 ^c	2.8 ^c
I4 کود کامل Complete fertilization	25.26 ^b	3.2 ^{bc}
نانو دی اکسید تیتانیوم NanoTiO ₂	22 ^{bc}	2.82 ^c
نانو دی اکسید سیلیسیم Nano SiO ₂	23.8 ^{bc}	3.04 ^b

در هر ستون، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد یا یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند.

Means followed by at least one same letters in each column are not significantly different on the basais of Duncan test at the 5% level of probability.

I1 (آبیاری اول طبق عرف منطقه (۲۰ مهر))، I2 (آبیاری اول ده روز دیرتر از عرف منطقه (۳۰ مهر))، I3 (آبیاری طبق عرف منطقه به همراه یک آبیاری اضافی ده روز پس از آخرین آبیاری (۲۰ مهر + ۱۰ اردیبهشت)) و I4 (آبیاری اول ده روز دیرتر از عرف منطقه به همراه یک آبیاری اضافی ده روز پس از آخرین آبیاری (۳۰ مهر + ۱۰ اردیبهشت))، I1 (Control (traditional irrigation) (11 October)), I2 (Irrigation at 10 days after I1 (21 October)), I3 (I1+ one additional irrigation after the last irrigation (30 April)) and I4 (The first irrigation time was included at 10 days later than the traditional irrigation+ one additional irrigation 10 days after the last irrigation (21 October + 31 October)).

نشان می دهد تأخیر ده روزه در آبیاری پاییزه و همچنین ادامه آبیاری در بهار سال بعد از طریق یک مرحله آبیاری بیشتر، هر دو اثر منفی بر عملکرد اقتصادی زعفران داشته اند، به طوری که ترکیب این دو تیمار آبیاری کمترین عملکرد را داشته است. برخی پژوهش های دیگر (Rezaie et al., 2019b; Mosaferei, 2001) نیز نشان داده اند که ادامه آبیاری بعد از عرف منطقه در

همچنین آبیاری I4 با ۷/۰۶ کیلوگرم در هکتار کمترین، و آبیاری I1 با ۱۰/۴۶۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار وزن خشک کلاله و خامه را به خود اختصاص دادند. بیشترین وزن تر و خشک کلاله مربوط به تیمار آبیاری I1 بود که به ترتیب برابر ۳۰/۵۱۸ و ۶/۵۷۹ کیلوگرم در هکتار بود. سایر تیمارهای آبیاری از نظر این دو صفت مشابه یکدیگر بودند (جدول ۴). این نتایج

زعفران، بیشترین و کمترین عملکرد اقتصادی را به ترتیب در فاصله آبیاری ۱۴ روز با ۰/۲۷ گرم بر متر مربع و ۷ روز با ۰/۰۹ گرم بر متر مربع دانستند. در پژوهش آن ها تیمار با فاصله ۱۴ روز آبیاری تعداد گل بیشتری تولید کرده بود. در آزمایش حاضر نیز تیمارهای آبیاری و کودی که عملکرد اقتصادی بالاتری دارند، صفات مربوط به گل در آن ها نسبت به سایرین بهبود یافته است (جدول ۴).

اواخر بهار که بنه در مرحله خواب حقیقی است، می تواند بر خواب بنه ها اثر سوئی گذاشته و گلدهی را نیز کاهش دهد. آبیاری اضافی در شرایط دمایی بالا می تواند منجر به افزایش خسارت کنه در بنه ها نیز گردد. در حقیقت قطع زودتر آبیاری در بهار، فرصت بیشتری برای خواب بنه ها فراهم کرده و در نتیجه گیاه فرصت بیشتری برای آغاز گل و گل انگیزی دارد (Rezaie et al., 2019b). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) در بررسی اثر فاصله آبیاری بر عملکرد اقتصادی

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی آبیاری و محلول پاشی محرک های رشد بر وزن کلاله و خامه زعفران

Table 4- Mean comparison for the simple effects of irrigation and foliar application of growth stimulators on the weight of saffron stigma and style

تیمارها Treatments	وزن خشک کلاله Dry weight of stigma (kg.ha ⁻¹)	وزن تر کلاله Fresh weight of stigma (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک کلاله و خامه Dry weight of stigma and style (kg.ha ⁻¹)	وزن تر کلاله و خامه Fresh weight of stigma and style (kg.ha ⁻¹)
آبیاری Irrigation				
I1	6.579 ^a	30.518 ^a	10.463 ^a	46.655 ^a
I2	4.991 ^b	24.148 ^b	9.802 ^{ab}	50.674 ^a
I3	4.994 ^b	23.793 ^b	7.671 ^{bc}	47.73 ^a
I4	5.069 ^b	24.423 ^b	7.06 ^c	28.402 ^b
محرک های رشد Growth promoters				
شاهد (فاقد محلول پاشی) Control (without foliar application)				
	4.377 ^c	20.741 ^c	7.224 ^b	35.035 ^b
اسید سالیسیلیک Salicylic acid (1mmol کود کامل)				
	5.315 ^b	25.127 ^b	9.004 ^{ab}	49.465 ^a
Compleate fertilization (1 kg.ha ⁻¹)				
	6.517 ^a	31.163 ^a	10.275 ^a	49.06 ^a
نانو دی اکسید تیتانیوم TiO ₂ Nano (30 ppm)				
	5.441 ^b	25.76 ^b	8.772 ^{ab}	44.202 ^{ab}
نانو دی اکسید سیلیسیم Nano TiO ₂ (50 ppm)				
	5.33 ^b	25.813 ^b	8.473 ^{ab}	39.064 ^b

در هر ستون، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند.

Means followed by at least one same letters in each column are not significantly different on the basais of Duncan test at the 5% level of probability.

I1 (آبیاری اول طبق عرف منطقه (۲۰ مهر))، I2 (آبیاری اول ده روز دیرتر از عرف منطقه (۳۰ مهر))، I3 (آبیاری طبق عرف منطقه به همراه یک آبیاری اضافی ده روز پس از آخرین آبیاری (۲۰ مهر + ۱۰ اردیبهشت)) و I4 (آبیاری اول ده روز دیرتر از عرف منطقه به همراه یک آبیاری اضافی ده روز پس از آخرین آبیاری (۳۰ مهر + ۱۰ اردیبهشت)). Control (traditional irrigation) (11 October), I2 (Irrigation at 10 days after I1 (21 October)), I3 (I1+ one additional irrigation after (I1 the last irrigation (30 April)) and I4 (The first irrigation time was included at 10 days later than the traditional irrigation+ one additional irrigation 10 days after the last irrigation (21 October + 31 October)).

در آزمایشی حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2003) نشان دادند مصرف کود در زمان آماده کردن زمین و محلول پاشی یکبار کود مایع مخلوط حاوی عناصر نیتروژن، فسفر، پتاس، کلات‌های آهن، روی، منگنز و مس با غلظت هفت هزار در اسفند ماه در مزارع زعفران موجب افزایش ۳۳ درصدی محصول شد.

میزان کروسین، پیکروکروسین، سافرانال و کلروفیل
نتایج نشان داد که تیمار آبیاری بر هیچکدام از صفات کیفی تأثیر معنی‌داری نداشت، اما تیمار محرک رشد سافرانال، کروسین، پیکروکروسین و کلروفیل را از نظر آماری در سطح ۵ درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). بالاترین مقدار کروسین در بین تیمارهای محلول‌پاشی مربوط به کود کامل با ۲۶۴/۵ و دی اکسید تیتانیوم با ۲۶۳/۸ میلی‌گرم بر گرم بود. مقدار پیکروکروسین در کود کامل و اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد دارای افزایش بود. اسید سالیسیلیک با مقدار ۰/۹۳۰ میلی‌گرم بر گرم کلروفیل، برترین تیمار محلول‌پاشی در این صفت بود به طوری که سایر کودها حتی اختلاف معنی‌داری با تیمار عدم محلول‌پاشی نشان ندادند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و محلول‌پاشی در مورد صفات کیفی (جدول ۶) نشان داد در تمامی سطوح آبیاری، تیمار عدم محلول‌پاشی کمترین عملکرد مقدار کروسین را داشت. بالاترین مقدار کروسین کودهای مختلف در هر سطح آبیاری متفاوت بود، به طوری که در آبیاری II کود کامل با ۲۷۰، در آبیاری I3 کود دی اکسید تیتانیوم با ۲۶۹/۳، و در آبیاری I4 نیز کود دی اکسید تیتانیوم با ۲۶۵/۶ میلی‌گرم بر گرم بیشترین مقادیر را نشان دادند. بررسی اثر متقابل بر میزان کلروفیل نیز نشان داد که به جز افزایش آماری تیمار کود دی اکسید تیتانیوم با ۰/۹۷۵ میلی‌گرم بر گرم نسبت به سایر تیمارهای کودی در آبیاری I4، همه

در آزمایشی دیگر نیز در این زمینه بررسی‌ها نشان داد بیشترین عملکرد کلاله در زعفران در تیمار عدم اعمال آبیاری بلافاصله بعد از کشت حاصل شد. وزن کلاله خشک برای این تیمار ۳/۹۶ برابر بیشتر از اعمال آبیاری بلافاصله پس از کاشت بود (Koocheki et al., 2016). در یک آزمایش دو ساله دیگر گزارش شد که در سال اول اجرای آزمایش (برداشت اول)، کاهش آبیاری تا سطح ۵۰ درصد، تأثیر معنی‌داری در کاهش تعداد گل، عملکرد گل تر و عملکرد کلاله خشک زعفران نداشت (Koocheki et al., 2014).

در بین تیمارهای محلول‌پاشی بیشترین وزن تر کلاله و خامه مربوط به تیمار کود کامل با ۴۹/۰۶ و اسید سالیسیلیک با ۴۹/۴۶۵ کیلوگرم در هکتار بود که به ترتیب ۴۱ و ۳۹ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ۴). همچنین تیمار محلول-پاشی کود کامل بیشترین وزن خشک کلاله و خامه (۱۰/۲۷۵ کیلوگرم در هکتار) را داشت. لازم به ذکر است که اگرچه سایر تیمارهای کودی نیز سبب افزایش این صفت نسبت به تیمار شاهد عدم محلول‌پاشی شدند، اما این افزایش (۴۲ درصد) فقط در تیمار کود کامل نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار گردید. محلول‌پاشی کود کامل بیشترین وزن تر کلاله را نیز با ۳۱/۱۶۳ کیلوگرم در هکتار نشان داد که نسبت به تیمار شاهد ۵۰ درصد ارتقاء یافته بود. تیمارهای اسید سالیسیلیک، دی اکسید تیتانیوم و دی اکسید سیلیسیم که به ترتیب ۲۱، ۲۴ و ۲۵ درصد عملکرد بهتری در این صفت نسبت به شاهد داشتند، از نظر آماری مشابه هم بودند. همچنین این سه تیمار محلول‌پاشی به ترتیب با ۵/۳۱۵، ۵/۴۴۱ و ۵/۳۳۳ کیلوگرم در هکتار، وزن خشک کلاله را نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی بهبود بخشیدند. اگر چه در این صفت نیز محلول‌پاشی کود کامل منجر به تولید ۶/۵۱۷ کیلوگرم در هکتار وزن خشک کلاله شد که برترین تیمار را با افزایشی معادل ۴۸ درصد نسبت به شاهد رقم زد.

اسید سالیسیلیک به طور مثبت و معنی داری کروسین و سافرانال را در زعفران افزایش داد (Tajik et al., 2015). در آزمایشی دیگر کاربرد کود در شرایط عدم تنش، میزان کلروفیل و کارتنوئیدهای زعفران را افزایش داد (Turkyilmaz et al., 2005). اکبریان و همکاران (Akbarian et al., 2012) نیز نشان دادند با محلول پاشی آهن، مقادیر کروسین، پیکروکروسین و سافرانال به طور معنی داری افزایش یافت. برخی ترکیبات و عناصر غذایی، نقش مهمی در رشد و نمو گیاه بازی می کنند و در برخی سیستم های انتقال پیام و تحریک و تولید آنزیم های بیوسنتز متابولیت های ثانویه، هم چون کارتنوئیدهای زعفران موثر هستند (Chen et al., 2006). هر عاملی مثل کاربرد کودها که باعث افزایش تولید هیدرات کربن شود می تواند با تجزیه آن ها به ترکیبات ثانویه گلیکوزیدی (کروسین و پیکروکروسین)، میزان این ترکیبات در زعفران را افزایش دهد (Patten & Glick, 1996).

کودها در سایر سطوح آبیاری با یکدیگر و حتی شاهد از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشتند. در آزمایشی دیگر روی زعفران، اگرچه اثر سطوح آبیاری بر مقدار کروسین و پیکروکروسین معنی دار بود، سافرانال تحت تأثیر آن قرار نگرفت (Koocheki & Seyyedi, 2016).

برخی از محققین بیان کردند که مدیریت آبیاری به طور معنی داری قادر به تغییر پیکروکروسین و سافرانال نمی باشد (Feizi et al., 2014). در آزمایشی دیگر در بردسیر کرمان نیز قطع آبیاری در زمان های مختلف قبل و بعد از عرف منطقه (اول اردیبهشت) تأثیر معنی داری بر ویژگی های کیفی زعفران نداشت (Rezaiee et al., 2019). مصرف کود در زعفران به سبب تأثیر بر فراهمی عناصر غذایی، مواد هورمونی و ویتامین های محلول در آب، ایجاد حالت همکاری با سایر میکروارگانیسم ها و تولید ترکیبات اولیه مؤثر در بیوسنتز گلوکوزیدها و تجزیه آن ها به ترکیبات ثانویه ممکن است بر عملکرد کیفی زعفران تأثیر گذاشته باشد (Heydari et al., 2014). در یک آزمایش گزارش شد که

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی با کودهای مختلف بر میزان کروسین، پیکروکروسین، سافرانال و کلروفیل زعفران

Table 5- Mean comparison for the effect of foliar application on crocin, picrocrocin, safranal and chlorophyll of saffron

محرک رشد Growth promoters	کلروفیل Chlorophyll (mg.g ⁻¹)	سافرانال Safranal (mg.g ⁻¹)	پیکروکروسین Picrocrocin (mg.g ⁻¹)	کروسین Crocine (mg.g ⁻¹)
شاهد (فاقد محلول پاشی) Control (without foliar applicaton)	0.886 ^b	33.7 ^a	88.9 ^c	261.5 ^c
اسید سالیسیلیک Salicylic acid (1 mmol)	0.93 ^a	35.6 ^a	90.3 ^{ab}	263.3 ^{abc}
کود کامل Complete fertilization (1 kg.ha ⁻¹)	0.908 ^{ab}	36 ^a	90.9 ^a	264.5 ^a
نانو دی اکسید تیتانیوم TiO ₂ Nano (30 ppm)	0.903 ^b	34.7 ^a	89.5 ^{bc}	263.8 ^{ab}
نانو دی اکسید سیلیسیم TiO ₂ Nano (50 ppm)	0.901 ^b	35.6 ^a	89.5 ^{bc}	262.3 ^{bc}

در هر ستون، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند.

Means followed by at least one same letters in each column are not significantly different on the basais of Duncan test at the 5% level of probability.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و محلولپاشی بر میزان کروسیلین و کلروفیل زعفران

Table 6- Mean comparison for the interaction of irrigation and foliar application on crocin and chlorophyll content of saffron

تیمارها	کلروفیل	کروسیلین
Treatments	Chlorophyll (mg.g ⁻¹)	Crocin (mg.g ⁻¹)
شاهد (فاقد محلول پاشی)	0.889 ^b	258.6 ^c
Control (without foliar application)		
اسید سالیسیلیک	0.925 ^{ab}	262.3 ^c
Salicylic acid (1 mmol)		
کود کامل	0.908 ^b	271 ^a
Complete fertilization (1 kg.ha ⁻¹)		
نانو دی اکسید تیتانیوم	0.879 ^b	258.3 ^c
Nano TiO ₂ (30 ppm)		
نانو دی اکسید سیلیسیم	0.905 ^b	261.6 ^c
Nano SiO ₂ (50 ppm)		
شاهد (فاقد محلول پاشی)	0.896 ^b	262.3 ^c
Control (without foliar application)		
اسید سالیسیلیک	0.942 ^b	266 ^b
Salicylic acid (1 mmol)		
کود کامل	0.922 ^{ab}	265.6 ^b
Complete fertilization (1 kg.ha ⁻¹)		
نانو دی اکسید تیتانیوم	0.868 ^{bc}	262 ^c
Nano TiO ₂ (30 ppm)		
نانو دی اکسید سیلیسیم	0.932 ^{ab}	265 ^b
Nano TiO ₂ (50 ppm)		
شاهد (فاقد محلول پاشی)	0.89 ^b	261.6 ^c
Control (without foliar application)		
اسید سالیسیلیک	0.919 ^{ab}	263 ^c
Salicylic acid (1 mmol)		
کود کامل	0.929 ^{ab}	259.6 ^c
Complete fertilization (1 kg.ha ⁻¹)		
نانو دی اکسید تیتانیوم	0.892 ^b	269.3 ^a
Nano TiO ₂ (30 ppm)		
نانو دی اکسید سیلیسیم	0.888 ^b	263.3 ^c
Nano TiO ₂ (50 ppm)		
شاهد (فاقد محلول پاشی)	0.864 ^c	263.3 ^c
Control (without foliar application)		
اسید سالیسیلیک	0.935 ^{ab}	262 ^c
Salicylic acid (1 mmol)		
کود کامل	0.872 ^{bc}	262 ^c
Complete fertilization (1 kg.ha ⁻¹)		
نانو دی اکسید تیتانیوم	0.975 ^a	265.6 ^b
Nano TiO ₂ TiO ₂ (30 ppm)		
نانو دی اکسید سیلیسیم	0.879 ^b	259.3 ^c
Nano TiO ₂ SiO ₂ (50 ppm)		

در هر ستون، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند.

Means followed by at least one same letters in each column are not significantly different on the basis of DMRT test at the 5% level of probability.

I1 (آبیاری اول طبق عرف منطقه (۲۰ مهر))، I2 (آبیاری اول ده روز دیرتر از عرف منطقه (۳۰ مهر))، I3 (آبیاری طبق عرف منطقه به همراه یک آبیاری اضافی ده روز پس از آخرین آبیاری (۲۰ مهر + ۱۰ اردیبهشت)) و I4 (آبیاری اول ده روز دیرتر از عرف منطقه به همراه یک آبیاری اضافی ده روز پس از آخرین آبیاری (۳۰ مهر + ۱۰ اردیبهشت)).
 (I1: Control (traditional irrigation) (11 October), I2 (Irrigation at 10 days after I1 (21 October)), I3 (I1+ one additional irrigation after the last irrigation (30 April)) and I4 (The first irrigation time was included at 10 days later than the traditional irrigation+ one additional irrigation 10 days after the last irrigation (21 October + 31 October)).

نتیجه گیری

همچنین با توجه به نامناسب بودن شرایط خاک از لحاظ حاصلخیزی و درصد پایین ماده آلی، مصرف کودهای مختلف به ویژه کود کامل، سبب بهبود تکثیر بانه ها و افزایش وزن آن ها شد. تیمارهای اسید سالیسیلیک و دی اکسید تیتانیوم نیز اگرچه نسبت به کود کامل و دی اکسید سیلیسیم تعداد بانه دختری کمتری تولید کردند، اما از نظر آماری مشابه آن ها بوده و نتیجه بهتری نسبت به شاهد داشتند. تولید بانه های بیشتر و قوی تر در تیمارهای محلول پاشی شده نسبت به شاهد سبب افزایش عملکرد اقتصادی زعفران نیز شد. اگرچه تیمارهای آبیاری تأثیر معنی داری بر شاخص های کیفی زعفران نداشتند، اما مصرف کود کامل سبب بهبود این شاخص ها در زعفران شد. لذا می توان در مجموع مصرف این کود کامل را به همراه آبیاری بر اساس عرف منطقه توصیه نمود.

در مجموع نتایج نشان داد تأخیر ۱۰ روزه در شروع آبیاری در ابتدای فصل و یا انجام آبیاری اضافی در انتهای فصل، اثر معنی داری بر ویژگی های مختلف بانه زعفران نداشت. از سوی دیگر انجام اولین آبیاری زعفران بر اساس عرف منطقه در تاریخ ۲۰ مهرماه، احتمالاً از طریق بهبود شرایط خاک و فعال سازی به موقع بانه ها، سبب بهبود عملکرد اقتصادی شد. همچنین علیرغم اینکه تأخیر ده روزه در اولین آبیاری در پاییز تأثیر معنی داری بر عملکرد تر و خشک کلاله و خامه نداشت، اما زمانی که با انجام آبیاری اضافی در انتهای فصل همراه شد، احتمالاً به دلیل ایجاد اختلالات فیزیولوژیکی در روند طبیعی خواب بانه ها و کوتاه کردن دوره خواب، نه تنها تأثیر مثبتی بر رشد و عملکرد زعفران نداشت، بلکه حتی سبب کاهش عملکرد اقتصادی نیز شد.

منابع

- Akbarian, M.M., Heidari Sharifabad, H., Noormohammadiand, G., and Darvish Kojouri, F. 2012. The effect of potassium, zinc and iron foliar application on the production of saffron (*Crocus sativa*). *Annals of Biological Research* 3 (12): 5651-5658.
- Alizadeh, M.B., Makarian, H., Ebadi, A., Eizadi Darbandi, E., and Gholami, A. 2018. Effect of biological and chemical fertilizers on stigma yield and quality of saffron (*Crocus sativus* L.) in climatic conditions of Ardabil. *Iranian Journal of Crop Sciences* 20 (1): 16-29. (In Persian).
- Aghavani, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., and Koocheki, A. 2018. Increasing saffron (*Crocus sativus* L.) corm size through the mycorrhizal inoculation, humic acid application and irrigation managements. *Journal of Plant Nutrition* 41: 1047-1064.
- Azizi-Zohan, A.A., Kamghar-Haghighi, A.A., and Sepaskhah, A.A. 2009. Saffron production as influenced by rainfall, irriigation method and intervals. *Archives of Agronomy and Soil Sciences* 55 (5): 547-555.
- Baghai, N., and Maleki Farahani, S. 2014. Comparison of nano and micro chelated iron fertilizers on quantitative yield and assimilates allocation of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research* 2 (1): 156-169. (In Persian).
- Behdani, M. 2005. The ecological distribution and protection of function fluctuations of saffron in Khorasan. PhD. Thesis, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
- Behdani, M.A., Koocheki, A.R., Nassiri, M., and Rezvani Moghadam, P. 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield

- and nutrition (on farm trial). Iranian Journal of Field Crop Research 3: 1-14. (In Persian with English Summary).
- Chen, J.Y., Wen, P.F., Kong, W.F., Pan, Q.H., Zhan, J.C., and Li, J.M. 2006. Effect of salicylic acid on phenylpropanoids and phenylalanine ammonia-lyase in harvested grape berries. Postharvest Biological Technology 40: 64-72.
- Fallahi, H.R., and Mahmudi, V. 2018. Effect of organic and chemical fertilizers on growth and flowering of saffron plant with two irrigation regimes. Agronomy and Technology of Saffron 6 (2): 147-166. (In Persian).
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H., Karimi, E., and Ibrahim M. 2012. Involvement of salicylic acid on antioxidant and anticancer properties, anthocyanin production and chalcone synthase activity in ginger (*Zingiber officinal eroscoe*) varieties. International Journal of Molecular Science 13: 14828-14844.
- Feizi, H., Mollafilabi, A., Sahabi, H., and Ahmadian, A. 2014. Effect of summer irrigation and conservation tillage on flower yield and qualitative characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology 2 (4): 255-263. (In Persian).
- Gholami-Turanposhti, M., Maghsoodi Moud, A.A., and Farahbakhsh, H. 2006. Effect of two levels of irrigation on water relations of three Iranian saffron (*Crocus sativus* L.) clones. In: Proceeding of the 3th Conference of Irrigation Management of Water and Soil. Kerman, Iran. pp. 1780-1787.
- Heydari, Z., Besharati, H., and Maleki Farahani, S. 2014. Effect of application of some chemical and biological fertilizers on quantitative and qualitative traits of saffron. Agronomy and Technology of Saffron 2 (3): 177-189. (In Persian).
- Hosseini, M., Hemmati-Kakhki, A., and Karbasi, A.R. 2003. Study of social and economic effects of ten years research on saffron. 3rd National Symposium on Saffron, Mashhad, Iran.
- Hosseini, M., Sadeghi, B., and Agha Amiri, S.A. 2003. Effect of foliar nutrition on increment of saffron yield. Third International Conference of Saffron. 2-3 December 2003. Mashhad, Iran.
- Hosseini, M., Sadeghi, B., and Agha Amiri, S.A. 2004. Influence of foliar fertilization on yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Acta Horticulturae 650: 207-209.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2008. Chemical analysis of saffron. Institute of Standards and Industrial Research of Iran.
- Kafi, M. 2006. Saffron Ecophysiology. In: Kafi, M., Koocheki, A., Rashed, M.H., Nassiri, M. (Eds.), Saffron (*Crocus sativus* L.) Production and Processing. Science Publishers, Enfield. pp. 39-58.
- Koocheki, A., and Seyyedi, S.M. 2016. Effects of different water supply and corm planting density on crocin, picrocrocin and safranal, nitrogen uptake and water use efficiency of saffron grown in semi-arid region. Notulea Science Biology 8 (3): 334-341.
- Koocheki, A.R., Tabrizi, L., and Mohammad Abadi, M. 2011. Evaluation of effect of high corm density and three methods of cultivation on some agronomical traits of saffron and corm behavior. Horticulture Journal of Iran 3 (1): 36-49. (In Persian with English Summary).
- Lai, R. 2007. Soil Science. In the era of hydrogen economy and 10 billion people, The Ohio State University, USA, pp.1-9.
- Martinez Sanchez, F., Nunez, M., Amoros, A., Gimenez, J.L., and Alcaraz, C.F. 1993. Effect of titanium leaf spray treatments on ascorbic acid levels of *Capsicum annum* L. fruits. Journal of Plant Nutrition 16 (5): 3-131.
- Moosavi, A.A., and Ronaghi, A. 2010. Growth and iron-manganese relationships in dry bean as

- affected by foliar and soil applications of iron and manganese in a calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition* 33: 1353-1365.
- Mosaferi, H. 2001. Effect of different regimes of irrigation on saffron yield. M.Sc. Thesis of irrigation and drainage, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- Osmani Roudi, H.R., Masoumi, A., Hamidi, H., and Razavi, S.A.R. 2015. Effects of first irrigation date and organic fertilizer treatments on Saffron (*Crocus sativus* L.) yield under Khaf climatic conditions. *Saffron Agronomy and Technology* 3 (1): 25-33.
- Patten, C., and Glick, B.R. 1996. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. *Canadian Journal of Microbiology* 42: 207-220.
- Renau-Morata, B., Nebauer, S.G., Sánchez, M., and Molina, R.V. 2012. Effect of cormsize, water stress and cultivation conditions on photosynthesis and biomasspartitioning during the vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Industrial Crops and Product* 39: 40-46.
- Rezaie, A., Moradi, R., and Feizi, H. 2019a. Influence of the last irrigation cut-off time and various fertilizer resources on corm characteristics of saffron. *Saffron Agronomy and Technology* 7 (3): 287-300.
- Rezaie, A., Feizi, H., and Moradi, R. 2019b. Response of quantitative and qualitative characteristics of Saffron flower to the last irrigation cut-off time and various fertilizer resources. *Saffron Agronomy and Technology* 7 (1): 3-25. (In Persian).
- Sartory, D.P., and Grobbelaar, J.U. 1984. Extraction of chlorophyll a from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia* 114: 177-187.
- Tajik, S., Zarinkamar, F., and Niknam, V. 2015. Effects of salicylic acid on carotenoids and antioxidant activity of saffron (*Crocus sativus* L.). *Applied Food Biotechnology* 2 (4): 33-37.
- Turkyılmaz, B., Aktas, L.Y., and Guven, A. 2005. Salicylic acid induced some biochemical and physiological changes in *Phaseolus vulgaris* L. *Science English Journal Firat University* 17: 319-326.
- Wang, L. (1999). Bio mineralized nanostructured materials and plant silicon nutrition. *Progress in Chemistry* 11 (2): 119-128.

Studying the Effect of Irrigation Management and Foliar Application of Growth Stimulator on Yield and Some Qualitative Traits of Saffron

Mohammadreza Maleki¹, Mohammadjavad Seghatoleslami^{2}, Gholamreza Mousavi³ and Hasan Feizi⁴*

Submitted: 10 April 2020

Accepted: 13 September 2020

Maleki, M., Seghatoleslami, M., Mousavi, G., Feizi, H. 2021. Studying the Effect of Irrigation Management and Foliar Application of Growth Stimulator on Yield and Some Qualitative Traits of Saffron. *Saffron Agronomy & Technology*, 8(3): 511-525.

Abstract

This experiment was carried out as a split-plot based on randomized complete block design with three replications in 2016-2017 and 2017-2018, and the data related to 2017-2018 were analyzed. The irrigation time for the main plot (A) consisted of 4 levels including I1: control (traditional irrigation) on October 12, I2: irrigation at 10 days after I1, I3: I1+ one additional irrigation after the last irrigation (April 30), I4: the first irrigation time was done 10 days later than the traditional irrigation+ one additional irrigation 10 days after the last irrigation. Subplot (B) was the foliar application of various stimulators including of G1: control, G2: acid salicylic, G3: Complete micro fertilizer, G4: Nano Tio₂, G5: Nano Sio₂. In this experiment, different traits of corm and flower and stigma quality were determined. The results indicated that foliar application of complete micro fertilizer and Sio₂ nanoparticles had the highest number of daughter corms. Moreover, both of them caused a 25 percent increase over the control group. Irrigation times at I4 and I1 yielded the maximum and minimum dry weight contents of style and stigma. Foliar application of complete micro fertilizer was the best treatment in terms of the dry weight of style and stigma. The most contents of crocin among various fertilizers belonged to complete micro and Tio₂ nanoparticles. The highest amount of picrocrocin belonged to complete micro fertilizer and salicylic acid. The salicylic acid foliar application was the best treatment in terms of chlorophyll content of saffron leaves. In conclusion, the first irrigation on October 12 and using complete micro fertilizer are recorded.

Keywords : Drought, Nano oxide titanium, Saffron quality, Saffron style yield, Salicylic acid.

1- Ph. D Student of Agriculture Department, Birjand branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran

2- Associate Professor of Agricultural, Medicinal Plants and Animal Sciences Research Center, Birjand branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran

3 - Associate Professor of Agricultural, Medicinal Plants and Animal Sciences Research Center, Birjand branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran

4- Associate Professor of Department of Crop Production, University of Torbat-e- Heydarieh

(*- Corresponding author Email: mjseghat@iaubir.ac.ir)

DOI: 10.22048/JSAT.2020.226314.1390